UZAL-CBS



BİLDİRİLER KİTABI

Editörler:
Prof. Dr. Derya MAKTAV
Doç. Dr. Uğur AVDAN

VII. UZAL-CBS 2018

18-21 EYLÜL

ESKİŞEHİR

ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

ANADOLU ÜNİVERSİTESİ 60

İTÜ

TMMOB
HARİTA VE KADASTRO
MÜHENDİSLERİ ODASI

BİLDİRİLER KİTABI

VII. UZAKTAN ALGILAMA-CBS SEMPOZYUMU
(UZAL-CBS 2018)
18-21 Eylül 2018, Eskişehir

Editörler
Prof.Dr. Derya MAKTAV
Doç.Dr. Uğur AVDAN

VII. UZAKTAN ALGILAMA CBS SEMPOZYUMU
(18-21 Eylül 2018 / Eskişehir)

Editörler:
Prof.Dr. Derya Maktav
Doç.Dr. Uğur Avdan

Grafik Tasarım Koordinatörü:
Doç.Dr. Halit Turgay Ünalan

Sayfa Tasarımı:
M. Emin Yüksel

Kapak Tasarımı:
Dr. Öğrencisi Serhan Tuncer
Araş. Gör. Emre Bektöre

Grafiker:
Güner Özlem Çayırlı

Dizgi:
Arzu Ercanlar

Dil ve Yazım İncelemesi:
Prof. Dr. Emine Kolaç
Uzman Emine Erdir Koyuncu
Uzman Hatice Köken Çalışkan

ISBN: 978-605-69034-0-3

Eskişehir Teknik Üniversitesi Yayınları No: 1

Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü Yayınları No: 1

VII. UZAKTAN ALGILAMA CBS SEMPOZYUMU

(18-21 Eylül 2018 / Eskişehir)

Değerli Araştırmacılar,

2006 yılından bu yana iki yılda bir düzenlenen Uzaktan Algılama-Coğrafi Bilgi Sistemleri (UZAL-CBS) Sempozyumu'nun yedincisi Eskişehir Teknik Üniversitesi, İstanbul Teknik Üniversitesi ve TMMOB-Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası organizasyonuyla 18-21 Eylül 2018 tarihleri arasında Eskişehir Teknik Üniversitesi ev sahipliğinde Eskişehir'de düzenlenecektir.

Geçtiğimiz yıllarda farklı disiplinleri bir araya getirme ve bilgi paylaşım vizyonu başarıyla gerçekleşen UZAL-CBS, uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri alanlarında çalışmalar yürütmekte olan araştırmacıları bir araya getiren ulusal düzeyde çok önemli bir organizasyon olma özelliğine sahiptir.

UZALCBS-2018'e uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri konularında çalışan tüm akademisyenleri, araştırmacıları, kamu ve özel sektör temsilcilerini katkı vermeye davet ederken, sizleri Eskişehir'de ağırlamak ve aramızda görmekten mutluluk duymaktayız.

Saygılarımızla,

Prof.Dr. Derya MAKTAV
İstanbul Teknik Üniversitesi (Sempozyum Eş-başkanı)

Doç.Dr. Uğur AVDAN
Eskişehir Teknik Üniversitesi (Sempozyum Eş-başkanı)



DAVETLİ KONUŞMACI

Prof.Dr. Alper Yılmaz
The Ohio State University
Department of Civil, Environmental and Geodetic Engineering
Department of Computer Science and Engineering

Automated Geospatial Placement of a Camera Network for Wide Area Surveillance
Discussion of the geospatial placement of a camera network for indoor and outdoor scenarios using Geographic Information System (GIS), and Building Information Modeling (BIM). We formulate the camera placement as a minimization problem that ensures the most common constraints that must be satisfied for a surveillance task using an objective function. Our framework enables one to solve the problem of configuring a network of cameras for different scenarios. Estimating the configuration of a network of cameras is done through enforcing visibility of certain objects or regions in the scene. In contrast to existing studies, our model uses viewed material properties such as the scene irradiance to enhance the accuracy of the model. The reversibility principle of light allows us to change our viewing direction from camera to object, and formulate the camera placement problem as a network problem.

Yürütme Kurulu

Prof. Dr. Derya MAKTAV, Başkan, İTÜ

Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU, Çukurova Üniv.

Prof. Dr. Filiz SUNAR, İTÜ

Prof. Dr. Erkan BEŞDOK, Erciyes Üniv.

Prof. Dr. Taşkın KAVZOĞLU, Gebze Teknik Üniv.

Prof. Dr. Fatmagül KILIÇ, YTÜ

Doç. Dr. Hüseyin TOPAN, Bülent Ecevit Üniv.

Doç. Dr. Uğur AVDAN, Anadolu Üniv.

Dr. Kaan KALKAN, TÜBİTAK Uzay

Düzenleme Kurulu

Prof. Dr. Yücel GÜNEY, Anadolu Üniv.

Prof. Dr. Alper ÇABUK, Anadolu Üniv.

Prof. Dr. Yasin Dursun SARI, Anadolu Üniv.

Prof. Dr. Semra GÜNAY AKTAŞ, Anadolu Üniv.

Doç. Dr. Saye Nihan ÇABUK, Anadolu Üniv.

Doç. Dr. Uğur AVDAN, Anadolu Üniv.

Dr. Öğr. Üyesi Hakan UYGUÇGİL, Anadolu Üniv.

Dr. Öğr. Üyesi Emrah PEKKAN, Anadolu Üniv.

Dr. Öğr. Üyesi Muammer TÜN, Anadolu Üniv.

Dr. Öğr. Üyesi Atınç ÖZDEMİR, Anadolu Üniv.

Dr. Merve ERSOY MİRİCİ

Araş. Gör. Emre BEKTÖRE, Anadolu Üniv.

Araş. Gör. Dr. Resul ÇÖMERT, Anadolu Üniv.

Araş. Gör. Dr. Onur KAPLAN, Anadolu Üniv.

Araş. Gör. Nuri Erkin ÖÇER, Anadolu Üniv.

Araş. Gör. Sunay MUTLU, Anadolu Üniv.

Ögr. Gör. Dilek KÜÇÜK MATCI, Anadolu Üniv.

Dr. Öğrencisi Serhan TUNCER, Anadolu Üniv.

Dr. Öğrencisi Gordana KAPLAN, Anadolu Üniv.

YL. Öğrencisi Emir BALKAN, Anadolu Üniv.

Orhan KASAP, HKMO – Genel Başkanı

Öğr. Gör. Dr. Taylan ÖCALAN, HKMO

Yeliz KARAARSLAN, HKMO

Bilim Kurulu

Prof. Dr. Ayhan ALKIŞ, YTÜ

Prof. Dr. Zafer ASLAN, İstanbul Aydın Üniv.

Prof. Dr. Bülent BAYRAM, YTÜ

Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU, Çukurova Üniv.

Prof. Dr. Erkan BEŞDOK, Erciyes Üniv.

Prof. Dr. Mehmet Ali ÇULLU, Harran Üniv.

Prof. Dr. Hamza EROL, Çukurova Üniv.

Prof. Dr. Hakan KARABÖRK, Selçuk Üniv.

Prof. Dr. Taşkın KAVZAOĞLU, GTÜ

Prof. Dr. Fatmagül KILIÇ, YTÜ

Prof. Dr. Yusuf KURUCU, Ege Üniv.

Prof. Dr. Derya MAKTAV, İTÜ

Prof. Dr. Nebiye MUSAOĞLU, İTÜ

Prof. Dr. Dursun Zafer ŞEKER, İTÜ

Prof. Dr. Namık Kemal SÖNMEZ, Akdeniz Üniv.

Prof. Dr. Filiz SUNAR, İTÜ

Prof. Dr. Hayriye Esbah TUNCAY, İTÜ

Prof. Dr. Naci YASTIKLI, YTÜ

Prof. Dr. Alper YILMAZ, Ohio State Univ.

Doç. Dr. Özgün AKÇAY, Çanakkale 18 Mart Üniv.

Doç. Dr. Niyazi ARSLAN, Çukurova Üniv.

Doç. Dr. Ayhan ATEŞOĞLU, Bartın Üniv.

Doç. Dr. Uğur AVDAN, Anadolu Üniv.

Doç. Dr. Filiz BEKTAŞ BALÇIK, İTÜ

Doç. Dr. Çiğdem GÖKSEL, İTÜ

Doç. Dr. Mustafa Ümit GÜMÜŞAY, YTÜ

Doç. Dr. Uğur Murat LELOĞLU, ODTÜ

Doç. Dr. Ali Özgün OK, Nevşehir Üniv.

Doç. Dr. Derya ÖZTÜRK, Ondokuz Mayıs Üniv.

Doç. Dr. Füsun BALIK ŞANLI, YTÜ

Doç. Dr. Onur ŞATIR, Van Yüzüncü Yıl Üniv.

Doç. Dr. Umut Güneş SEFERCİK, BEÜ

Doç. Dr. Hüseyin TOPAN, BEÜ

Doç. Dr. Tarık TÜRK, Cumhuriyet Üniv.

Doç. Dr. Murat UYSAL, Afyon Kocatepe Üniv.

Dr. Öğr. Üyesi Saygın ABDİKAN, BEÜ

Dr. Öğr. Üyesi İsmail AYAZLI, Cumhuriyet Üniv.

Dr. Öğr. Üyesi Nusret DEMİR, Akdeniz Üniv.

Dr. Öğr. Üyesi Melis UZAR, YTÜ

Dr. Kaan KALKAN, TÜBİTAK



Dr. Batuhan OSMANOĞLU, NASA/GSFC

HERE

1985 yılında, dijital haritalama ve ilk araç içi navigasyon sistemlerini geliştirme hedefiyle çıktığımız yolculukta, NAVTEQ ve sonrasında Nokia olarak 30 yıldır konum bakışı ile dünyayı anlamlandırıyoruz.

Dünya lideri otomobil üreticileriyle iş birliği yaparak, Kuzey Amerika ve Avrupa'da 5 araç içi navigasyon sisteminden 4'üne servis sağlıyoruz. Otonom sürüşten Nesnelerin İnterneti'ne kadar, Intel, NVIDIA, Audi, BMW, Daimler, Esri, Oracle, Mobileye ve Tencent gibi sektör liderleriyle stratejik ortaklıklar kurarak konum teknolojisinin geleceğini oluşturuyoruz.

8000 kişi, 200 ofis ile 56 ülkede, Amsterdam'daki genel merkezi ve Chicago'ya Berlin'e ve Mumbai'ye kadar uzanan geliştirme merkezleriyle, ortak bir tutkuyla çalışan küresel bir takımız. Veri bilimcileri ve yazılım geliştiricilerinden, ürün mühendislerine ve harita uzmanlarına, konum teknolojisini kullanarak daha iyi bir gelecek inşa etmek için birçok farklı uzmanlıktan bir araya geliyoruz.

Sürücülerin güvenli bir şekilde varış noktalarına ulaşmasına, belediyelerin altyapılarını akıllıca yönetmesine ve işletmelerin mal varlıklarını optimize ederek daha iyi sonuçlar almasına yardımcı olan yeni nesil bulut tabanlı konum platformu hizmetlerimiz de dahil olmak üzere HERE hakkında daha fazla bilgi edinmek için 360.here.com ve https://www.here.com/en adresini ziyaret edebilirsiniz.



ESRI

Esri (Environmental Systems Research Institute), merkezi Redlands, California'da olan coğrafi bilgi sistemleri (CBS) yazılımı geliştiricisidir. Esri CBS pazar lideridir ve 1969 yılından itibaren kullanıcılarına CBS desteği sağlar.

Esri, konumun bilimiyle tüm kullanıcılarına ortak bir vizyon sunar. Esri Türkiye, Dünya çapındaki Esri ağının bir üyesidir. 2007 yılında Esri firması ortaklığı ile faaliyetine başlamış olup, firmanın Türkiye distribütörlüğünü yürütmektedir.

Esri Türkiye, ArcGIS teknolojisine dayalı olarak kapsamlı ürün ve çözümleri, profesyonel hizmetler, teknik destek ve eğitim hizmetleri sunmaktadır. Ayrıca Esri'nin Dünya çapındaki teknik destek ağı olan "Global Support" sistemine entegre olup, verilen hizmetlerin kalitesi, Esri tarafından da değerlendirmekte ve gün geçtikçe artmaktadır.



Atay Mühendislik - PhaseOne

Atay Mühendislik 1994 yılından bu yana Türkiye'de Jeodezi, Uzaktan Algılama ve Fotogrametri alanlarında çalışan kullanıcıların ihtiyaçlarını yurtdışı partnerleriyle birlikte karşılamaktadır. 2011 yılından bu yana İnsansız Hava Araçları ve görüntü işleme yazılımlarıyla birlikte en güncel teknolojiyi ülkemizde temsil etmektedir.

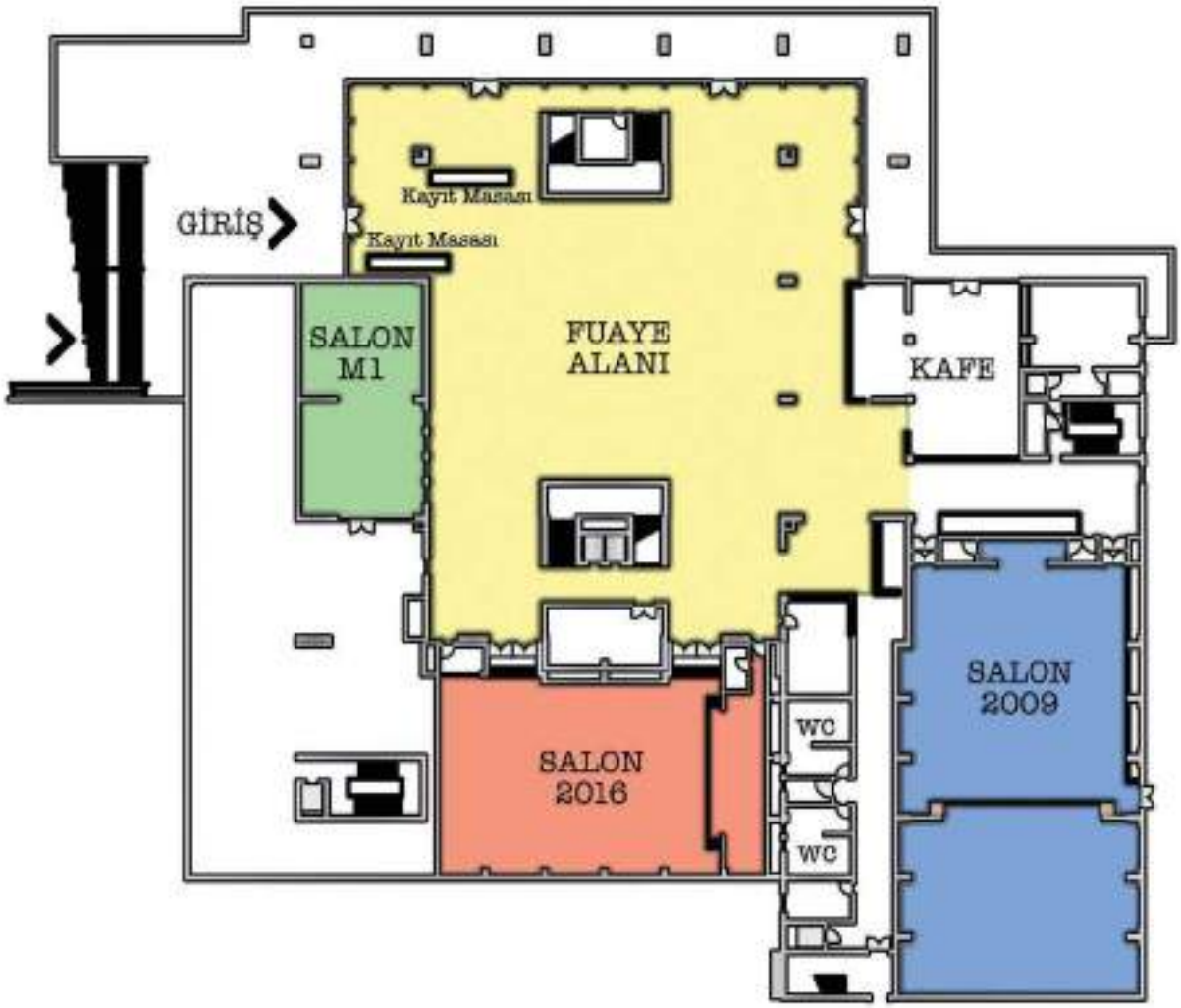


1993 yılından bu yana en iyi fotoğrafları kullanıcılarıyla buluşturan PhaseOne, 2012 yılından bu yana endüstriyel kullanıcıları için özel ve amaca yönelik kamera ve sensörler üretmektedir. Dünyanın en fazla tercih edilen medium format kamerası olarak Danimarka merkezinden tüm Dünyaya çözümlerini sunmakta ve en başarılı Uzaktan Algılama faaliyetlerinde yer almaktadır. 2018 yılında tanıtılan IXM serisiyle 100 MP kameraları artık 630 gram ağırlığındadır. PhaseOne Türkiye temsilciliğini 2012 yılından bu yana Atay Mühendislik başarıyla sürdürmektedir.

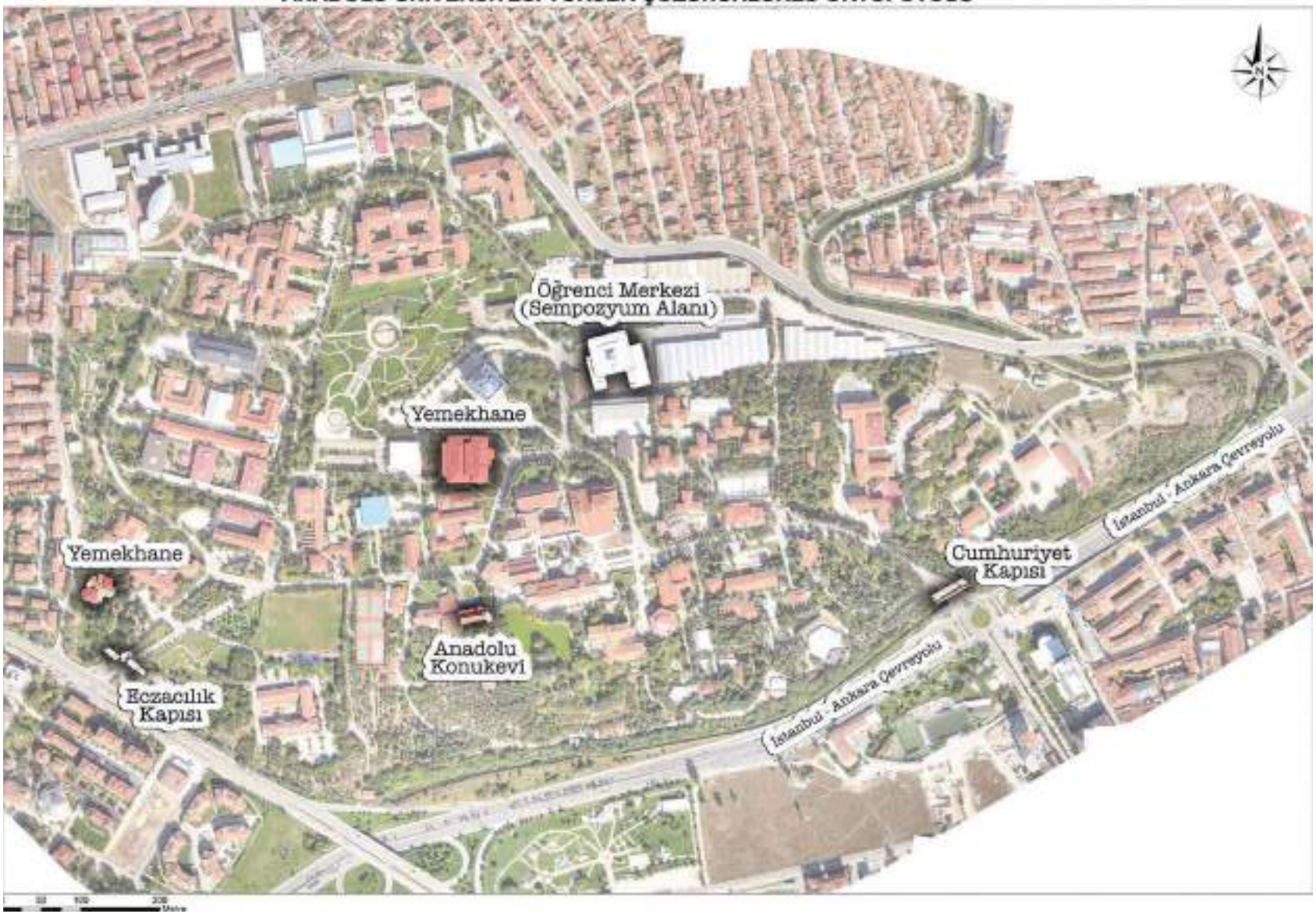
DESTEK VEREN KURULUŞLAR		
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ	İTÜ İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ	
YAZILIM VE BİLİŞİM SPONSORU		
geobilgi	espark	
ÖDÜL SPONSORU		
dataes	akropol	

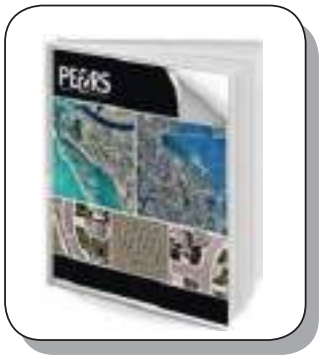
STANT AÇAN FİRMALAR					
SİK SİSTEM	başarsoft	GRAFTEK	TURKSAT	geoldo	LEOSIS
PAKSOY	ATAV	PHASEONE	SEZA	TÜBİTAK	leo dijital
netcad	here	esri Türkiye		VOXEL sensing	

ÖĞRENCİ MERKEZİ SEMPOZYUM PLANI



ANADOLU ÜNİVERSİTESİ YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ ORTOFOTOSU





Photogrammetric Engineering & Remote Sensing Journal

UZAL-CBS 2018 için sözlü/poster sunum olarak kabul edilen ve sunulan tüm bildiriler arasında seçilecek olan çalışmalar dergi hakem sürecinden geçtikten sonra "Photogrammetric Engineering & Remote Sensing" dergisinde basılacaktır.

Bildirilerin dergide basılmasını talep eden yazarların Türkçe tam metinlerini gönderdiklerinde bu taleplerini bildirmeleri gerekmektedir. Söz konusu dergiye gönderilmek üzere UZAL-CBS bilim komitesince seçilecek bildirilerin tam metinlerinin (full paper) sempozyum sonrası İngilizce olarak ve gerekli iyileştirmeler yapıldıktan sonra UZAL-CBS'ye gönderilmesi gerekmektedir.

SEMPOZYUM PROGRAMI

	Saat	Salon 2009		
18 Eylül 2018 - Salı	09.30 - 10.20	Tören ve Açılış Konuşmaları		
	10.20 - 11.00	Prof. Dr. Alper Yılmaz		
	11.00 - 11.45	Sponsor Sunumları (HERE, ESRI, ATAY Mühendislik)		
	11.45 - 12.00	Sponsor Sunumları (European Space Imaging)		
	12.00 - 13.30	Fotoğraf Çekimi ve Öğle Yemeği		
		Salon 2009	**Salon 2016**	**Salon M1**
	13.30 - 15.10	**Görüntü İşleme / Hiperspekrtral Uygulamaları** Oturum Başkanı: Prof. Dr. Filiz SUNAR	**Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları** Oturum Başkanı: Fatmagül KILIÇ	**3 Boyutlu Modelleme – Lidar/Optik Uygulamaları** Oturum Başkanı: Doç. Dr. Füsun BALIK ŞANLI
		HİPERSPEKTRAL GÖRÜNTÜLERİN SINIFLANDIRILMASINDA GELİŞMİŞ KARAR ORMANI TOPLU ÖĞRENME ALGORİTMALARININ PERFORMANS ANALİZİ **(6108)** **İSMAİL ÇÖLKESEN (GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ),** ÖMER HABİB ERTEKİN (GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	YÜKSEKLİK VERİLERİNİN KULLANILABİLİRLİĞİ VE KALİTESİ: ENDÜSTRİYEL DURUM ÇALIŞMASI **(6161)** **KARANİ KARDAŞ (HAVELSAN A.Ş.)**	YASADIŞI YAPILAŞMANIN LİDAR VERİLERİ VE İMAR PLANLARININ KARŞILAŞTIRILMASI İLE SAPTANMASI **(6165)** **BERİL VAROL (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ),** ELİF ÖZLEM YILMAZ (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), DERYA MAKTAV (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), SERDAR BAYBURT (BİMTAŞ)
		HİPERSPEKTRAL GÖRÜNTÜLERİN OTO-KODLAYICI DERİN ÖĞRENME İLE SINIFLANDIRILMASI **(6167)** **MEHMET AKİF GÜNEN (ERCİYES ÜNİVERSİTESİ),** ÜMİT HALUK ATASEVER (ERCİYES ÜNİVERSİTESİ), ERKAN BEŞDOK (ERCİYES ÜNİVERSİTESİ)	COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ(CBS) TABANLI ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR ANALİZİ İLE ŞANLIURFA İL MERKEZİ'NİN TAŞKIN ALANLARININ BELİRLENMESİ **(6204)** **REŞİT GERGER (HARRAN ÜNİVERSİTESİ),** MUSTAFA TANRIVERDİ (HARRAN ÜNİVERSİTESİ)	3B YÜZ TANIMADA KİLİT NOKTA TEMELLİ ALGORİTMALARIN KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI VE DOĞRULUK ANALİZİ **(6180)** **MUHAMMED ENES ATİK (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ),** ZAİDE DURAN (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), BÜLENT BAYRAM (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)

18 Eylül 2018 - Salı		LANDSAT 8 VE SENTINEL-2 UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE BÖLGESEL ORTALAMA BULUTLULUK TESPİTİ **(7040)** **KAAN KALKAN (TÜBİTAK UZAY)**	SINIR İHLALLERİ KAPSAMINDA, MUHTEMEL GEÇİŞ GÜZERGÂHLARININ OTOMATİK OLARAK BELİRLENMESİ **(6655)** **ALİCAN GÖKBUA (AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ),** SERDAR SELİM (AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ)	3B-CBS İÇİN 3B KAPALI ALAN NAVİGASYONU **(6989)** MERT BEŞİKTEPE (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), EMRECAN GÜLCEMAL (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), MUHAMMED FURKAN KAYA (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), **ALPER ŞEN (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)**
		WORLDVIEW-2 GÖRÜNTÜSÜ KULLANILARAK NESNE TABANLI GÖRÜNTÜ ANALİZİ VE TAGUCHİ OPTİMİZASYON TEKNİĞİ İLE YARI OTOMATİK BİNA ÇIKARIMI **(6403)** **HASAN TONBUL (GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ),** TAŞKIN KAVZOĞLU (GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	YEREL VE ULUSAL ÖLÇEKTE "AKILLI KENT" PERSPEKTİFİ **(7039)** **ABDULLAH ÖZDEMİR (ORDU BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ),** ARZU ÖZDEMİR (ORDU BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ)	KOZMİK IŞINLARIN RADAR VERİSİ ÜZERİNDEKİ MUHTEMEL ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI **(6666)** **HAKAN KÖKSAL (AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ),** ALİ KILÇIK (AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ), NUSRET DEMİR (AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ)
		CORINE SINIFLANDIRMASININ TEMATİK DOĞRULUK ANALİZİNDE LUCAS METODOLOJİSİNİN KULLANIMI **(6163)** **FULYA BAŞAK SARIYILMAZ (GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ),** NEBİYE MUSAOĞLU (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	TÜRKİYE'DE TAŞINMAZ SATIŞ FİYATLARI SİCİLİ OLUŞTURULMASINA YÖNELİK BİR MODEL ÖNERİSİ **(6203)** **ELİF TAŞ ARSLAN (AREL ÜNİVERSİRESİ),** VOLKAN ÇAĞDAŞ (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	3DETECTOR-LIDAR NOKTA BULUTU VERİSİNDEN OTOMATİK AĞAÇ KONUMU BELİRLEME SİSTEMİ **(7016)** **CENGİZ GÜZEL (HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ),** BÜŞRA ŞAHİN (HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ), SILA BAŞ (HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ), MUSTAFA TÜRKER (HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ)
	15.10 – 15.30	Ara		

18 Eylül 2018 - Salı		Salon 2009	Salon 2016	Salon M1
	15.30 – 17.10	**Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları** Oturum Başkanı: Doç. Dr. Derya ÖZTÜRK	**Lidar Uygulamaları** Oturum Başkanı: Prof. Dr. Taşkın KAVZOĞLU	**Uzaktan Algılama Uygulamaları** Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Saygın ABDİKAN
		TRAFİK SİNYALİZASYON ENVANTERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİNE DÖNÜŞÜMÜ VE ENTEGRASYONU **(6142)** **YUNUS EMRE ÖNDER (İSBAK),** İBRAHİM PAZARBAŞI (İSBAK), SERHAT GÜRKAN YILMAZ (İSBAK)	LİDAR VERİSİNDEN BİNA ÇATI DÜZLEMLERİNİN OTOMATİK ÇIKARIMI VE MODELLEMESİ **(7017)** **MURAT GÜLER (HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ),** MUSTAFA TÜRKER (HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ)	MUĞLA İLİ KIYI SULARININ UZAKTAN ALGILAMA TEKNİĞİ İLE SU KALİTESİNİN BELİRLENMESİ VE HARİTALANMASI **(7026)** **OKTAY TOKSÖZ (ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK İL MÜDÜRLÜĞÜ),** MURAT UYSAL (AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ)
		MEZARLIK OTOMASYON PROJESİ **(6147)** ŞEYDA AKAR (İSBAK), **DAMLA YETGİN (İSBAK)**	TAM DALGA BOYU LİDAR VERİLERİ İLE BİTKİ ÖRTÜSÜ SINIFLANDIRMA OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI **(6440)** AYŞE BÜŞRA KURTAK (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), **NACİ YASTIKLI (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)**	İSTANBUL PARLAKLIK SICAKLIĞININ MEKAN-ZAMANSAL DEĞİŞİMLERE BAĞLI OLARAK İZLENMESİ **(6157)** **BATURALP ARISOY (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ),** Filiz BEKTAŞ BALÇIK (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)
		BLOCKCHAIN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ UYGULAMALARI **(6362)** **ARİF FURKAN MENDİ (HAVELSAN A.Ş.),** ALPER ÇABUK (ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	KENTSEL VE KIRSAL ALANLARDA HAVA LİDAR VERİLERİ ÜZERİNDE YER FİLTRELEME YÖNTEMLERİNİN PERFORMANS ANALİZLERİ **(7022)** **MUSTAFA VARLI (HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ),** MUSTAFA TÜRKER (HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ)	

18 Eylül 2018 - Salı		TOPLU TAŞIMA GÜZERGÂHLARININ BELİRLENMESİNDE CBS OLANAKLARININ KULLANILABİLİRLİĞİ **(6186)** **ABDULLAH ÖZDEMİR (ORDU BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ),** ARZU ÖZDEMİR (ORDU BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ)	LİDAR NOKTA BULUTU YEREL KOMŞULUK ÖZNİTELİK VERİLERİ KULLANILARAK BİNA ÇIKARIMI **(7008)** MERVE YILDIZ ERDEMİR (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), **NACİ YASTIKLI (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)**	
		KENTSEL BÜYÜME SİMÜLASYON MODEL DOĞRULUĞUNUN FARKLI KALİBRASYON YÖNTEMLERİ KULLANILARAK ARAŞTIRILMASI **(6530)** **İSMAİL ERCÜMENT AYAZLI (CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ),** DERYA KOTAY (CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ), AHMET EMİR YAKUP (CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ)	LiDAR VERİSİNDEN OTOMATİK BİNA ÇATI DÜZLEMİ ÇIKARMADA RANSAC ALGORİTMASININ İYİLEŞTİRİLMESİ **(6120)** **SİBEL CANAZ SEVGEN (ANKARA ÜNİVERSİTESİ),** FEVZİ KARSLI (KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), NORBERT PFEIFER (TU WIEN)	FARKLI İNDEKSLER KULLANILARAK OTOMATİK KIYI ÇİZGİSİ ÇIKARIMI **(6983)** **EYÜP KUTLUHAN KULA (AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ),** NUSRET DEMİR (AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ)
	17.30	**Açılış Kokteyli**		

19 Eylül 2018 - Çarşamba	Saat			
	09.00 - 10.10	**Poster Sunumları**		
	10.10 - 10.30	**Ara**		
	10.30 - 12. 30	**Panel (Salon 2009)**		
	12.30 - 13.30	**Öğle Yemeği**		
		Salon 2009	**Salon 2016**	**Salon M1**
	13.30 - 15.10	**Coğrafi Veri Yönetimi ve Yasal Mevzuatlar** Oturum Başkanı: Doç. Dr. Mustafa Ümit GÜMÜŞAY	**Hidroloji ve Jeoloji Uygulamaları** Oturum Başkanı: Prof. Dr. Nebiye MUSAOĞLU	**Orman ve Tarım Uygulamaları** Oturum Başkanı: Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU
		TÜRKİYE'DE AKILLI KENT STRATEJİSİ VE EYLEM PLANİNİN OLUŞTURULMASI **(6962)** **HÜSEYİN BAYRAKTAR (CBS GENEL MÜDÜRLÜĞÜ),** DURSUN YILDIRIM BAYAR (CBS GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), HAKAN GÜVEN (CBS GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), HARUN BADEM (CBS GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), EDA SOYLU SENGÖR (CBS GENEL MÜDÜRLÜĞÜ), BESTAMİ KARA (CBS GENEL MÜDÜRLÜĞÜ)	JEOLOJİDE FOTOGRAMETRİNİN KULLANIMI VE YAKIN RESİM FOTOGRAMETRİ YÖNTEMİ İLE KAYAÇLARIN MODELLENMESİ **(5959)** **FATİH TUZLU (SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ),** MEHMET ÖZÇELİK (SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ)	YÜZEY SICAKLIĞI VE SPEKTRAL YANMA İNDEKSLERİNİN ORMAN YANGINI ANALİZİNDE KULLANIMI **(6119)** **EMRE ÇOLAK (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ),** FİLİZ SUNAR (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)
		BAĞLANTILI VERİLERİN YAYINLANMASI VE GÖRSELLEŞTİRİLMESİ **(6201)** **GÜLTEN KARA (KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ),** DENİZTAN ULUTAŞ KARAKOL (KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), İSRA AKYAZI (KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), ÇETİN CÖMERT (KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	HİDROELEKTRİK SANTRALLERİNİN BAZI EKOSİSTEM SERVİSLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN HARİTALANMASI **(6691)** **ONUR ŞATIR (VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ),** SEVİM TUĞÇE YELER (VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ)	ORMAN AĞAÇ SINIR EKOTONU DEĞİŞİMLERİNİN MEŞCERE HARİTALARI İLE VE CBS TEKNİKLERİ KULLANILARAK İZLENMESİ **(5470)** **MALİHEH AREKHİ (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ),** ULAS YUNUS OZKAN (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ,), AHMET YEŞİL (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ), FUSUN BALIK ŞANLI (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)

19 Eylül 2018 - Çarşamba		KÜLTÜREL MİRAS BELGELEMESİNDE ÇOK DİSİPLİNLİ EĞİTİM TASARIMI VE SİVİL BİLİM YAKLAŞIMI **(6459)** **NUŞRET DEMİR (AKDENİZ UNİVERSİTESİ), VD**	HAVZA ÖLÇEĞİNDE TEMSİL EDİCİ ALANSAL ORTALAMA BUHARLAŞMA-TERLEME MİKTARININ LANDSAT GÖRÜNTÜLERİNDEN ELDE EDİLMESİ **(7013)** DENİS DENİZHAN YANMAZ (ODTÜ), **ZUHAL AKYUREK (ODTÜ),** İSMAİL YUCEL (ODTÜ)	ORTA ANADOLU KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN PATATES VE PANCAR BİTKİLERİNİN FENOLOJİK EVRELERİNE AİT ÇOK BANTLI SPEKTRAL İMZALARININ BELİRLENMESİ **(7002)** **GİZEM ÇİÇEK (EGE ÜNİVERSİTESİ),** YUSUF KURUCU (EGE ÜNİVERSİTESİ)
			HİDROLOJİK MODELLEMEDE CBS VE UA TEKNİKLERİNİN KULLANILMASI **(7679)** **ALPER UĞURLUOĞLU (ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI),** ALİ ARDA ŞORMAN (ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	ARAZİ ÖRTÜSÜ VE ARAZİ KULLANIMI SINIFLARININ SENTİNEL-2 GÖRÜNTÜSÜ VE NESNE TABANLI SINIFLANDIRMA YÖNTEMİYLE BELİRLENMESİ **(6154)** **FATMAGÜL İRFANOĞLU (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ),** FİLİZ BEKTAŞ BALÇIK (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)
		KADASTRO 2034 VİZYONU AÇISINDAN TÜRKİYE KADASTROSUNUN MEVCUT DURUM ANALİZİ **(6731)** **ZEYNEL ABİDİN POLAT (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)**	JEOARKEOLOJİDE YENİ BİR YAKLAŞIM: DİJİTAL JEOARKEOLOJİ **(7007)** LEVENT UNCU (BİLECİK ŞEYH EDEBALİ ÜNİVERSİTESİ), **EBUBEKİR KARAKOCA (BİLECİK ŞEYH EDEBALİ ÜNİVERSİTESİ)**	MULTİSPEKTRAL GÖRÜNTÜ SERİLERİNDEN BOZKIRLARIN TESPİTİ **(6662)** **LEİLİ NABDEL (ODTÜ),** SEMİHA DEMİRBAŞ ÇAĞLAYAN (ODTÜ, DOGA KORUMA MERKEZİ), UĞUR SİYAMİ ZEYDANLI (DOGA KORUMA MERKEZİ), UĞUR MURAT LELOĞLU (ODTÜ)
	15.10 - 15.30	Ara		

		Salon 2009	Salon 2016	Salon M1
19 Eylül 2018 - Çarşamba	15.30 - 17.10	**Görüntü İşleme ve Sınıflandırma** Oturum Başkanı: Doç. Dr. Hüseyin TOPAN	**Tarım Uygulamaları** Oturum Başkanı: Prof. Dr. Namık Kemal SÖNMEZ	**Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları** Oturum Başkanı: Doç. Dr. Onur ŞATIR
		İHA GÖRÜNTÜLERİNDEN OTOMATİK ARAÇ SAYILMASI **(7111)** **UĞUR ACAR (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ),** BÜLENT BAYRAM (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), LALE ARSLAN (ÖZEL SEKTÖR)	SENTINEL-2A VERISI KULLANARAK TARIMSAL ÜRÜN DESENININ BELIRLENMESI **(7286)** ÖMER GÖKBERK NARİN (AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ), AHMET DELEN (GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ), **SAYGIN ABDİKAN (BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ)**	ORTA ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE ARAZİ KULLANIMI/ ARAZİ ÖRTÜSÜ SİMÜLASYONU (2025-2055) **(6301)** **MERVE ERSOY MİRİCİ (ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ),** SÜHA BERBEROĞLU (ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ)
		YAPAY SİNİR AĞLARI İLE HELİKOPTER PİSTİ TESPİTİ **(6650)** **EMRE BAŞESKİ (HAVELSAN)**	ÇUKUROVA TARIMSAL ÜRÜN DESENİNİN GELECEĞE YÖNELİK MODELLENMESİ **(6730)** **ANIL AKIN (BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ),** NURDAN ERDOĞAN (DEMOKRASİ ÜNİVERSİTESİ), SÜHA BERBEROĞLU (ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ), AHMET ÇİLEK (ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ), MEHMET AKİF ERDOĞAN (ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ), CENK DÖNMEZ (ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ), ONUR ŞATIR (VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ)	GÖKTÜRK-2'NİN MUTLAK VE ÇAPRAZ RADYOMETRİK KALİBRASYON KATSAYILARININ BELİRLENMESİ **(6504)** **İSMAİL HAKKI DEMİRHAN (TÜBİTAK UZAY),** ZİYA TELATAR (ANKARA ÜNİVERSİTESİ)

19 Eylül 2018 - Çarşamba		DERİN ÖĞRENME YÖNTEMLERİ İLE YÜZ GÖRÜNTÜLERİNDEN YAŞ KESTİRİMİ **(6235)** **YUSUF ÇAĞRI DAŞKIN (AKSA DOĞALGAZ),** FÜSUN BALIK ŞANLI (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), TAŞKIN ÖZKAN (NETCAD YAZILIM A.Ş.), HAKAN KARTAL (UHUZAM)	DİJİTAL YÜZEY MODELİNDEN TURUNÇGİL MEYVE AĞAÇLARININ TESPİTİ, ÇIKARIMI VE KÜMELENMESİ: BÜTÜNLEŞİK BİR SİSTEM **(6109)** **ALİ ÖZGÜN OK (NEVŞEHİR H.B.V. ÜNİVERSİTESİ),** ASLI ÖZDARICI OK (NEVŞEHİR H.B.V. ÜNİVERSİTESİ)	EŞDEĞER ANALİZ YÖNTEMİ İLE BELİRLENEN ZEMİNİN BÜYÜTME DEĞERLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK HARİTALANMASI: ESKİŞEHİR ÖRNEĞİ **(5911)** **EBRU CİVELEKLER (ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ),** D. VOLKAN OKUR (ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ), KAMİL B. AFACAN (ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ)
		YÜKSEKLİK TABANLI OLARAK BÖLÜTLENMİŞ LİDAR VERİLERİNDEN OTOMATİK BİNA ÇIKARIMI **(6132)** **SAMED ÖZDEMİR (GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ),** ZEYNEP AKBULUT (GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ), HAYRETTİN ACAR (KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), FEVZİ KARSLI (KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	UZAKTAN ALGILAMA GÖRÜNTÜLERİNDEN TARIMSAL KURAKLIĞIN BELİRLENMESİ **(6121)** **ALİ LEVENT YAĞCI (İZMİR KATİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTES)**	CBS VE BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ İLE GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNİN YERLERİNİN BELİRLENMESİ: MENEMEN ÖRNEĞİ **(6093)** HÜSEYİN KOCA (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), **MELİS UZAR (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)**
		AÇIK MADEN SAHA SINIRLARININ PİKSEL TABANLI VE NESNE TABANLI SINIFLANDIRMA TEKNİKLERİ İLE ÇIKARIMI **(6174)** **ABDULLAH HARUN İNCEKARA (GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ),** AHMET DELEN (GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ), TOLGA BAKIRMAN (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), BÜLENT BAYRAM (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), DURSUN ZAFER ŞEKER (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	JEOLOJİK VE JEOMORFOLOJİK YAPININ TOPRAKLARIN SPEKTRAL YANSIMA ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ **(7005)** ÖZGE DEMİRTAŞ (EGE ÜNİVESİTESİ), YUSUF KURUCU (EGE ÜNİVERSİTESİ), **MUSTAFA TOLGA ESETLİLİ (EGE ÜNİVERSİTESİ)**	SUMO TRAFİK SİMÜLASYONU KULLANILARAK TRAFİK DÜZENLEMELERİNİN ETKİLERİNİN GÖZLENMESİ **(7042)** **CAN BOZ (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ),** FATİH GÜLGEN (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)
	18.00	Gala Yemeği		

20 Eylül 2018 - Perşembe	Saat	Salon 2009	Salon 2016	Salon M1
	09.00 - 10.40	**Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları** Oturum Başkanı: Doç. Dr. Filiz BEKTAŞ BALÇIK	**Fotogrametri ve İnsansız Hava Araçları** Oturum Başkanı: Prof. Dr. Naci YASTIKLI	**Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları** Oturum Başkanı: Doç. Dr. Murat UYSAL
		ADANA SEYHAN BARAJ GÖLÜ ALANININ MEVSİMSEL DEĞİŞİMİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE ANALİZİ **(6116)** NİYAZİ ARSLAN (ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ), **SEVİM YASEMİN ÇİÇEKLİ (ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ),** CENK DÖNMEZ (ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ), ALİİHSAN ŞEKERTEKİN (ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ)	İHA TABANLI OYULMA ÖLÇÜMLERİ İLE KÖPRÜ ÇOKLU AFET PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ **(6137)** **ORKAN ÖZCAN (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ),** OKAN ÖZCAN (AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ)	JEOTERMAL KAYNAKLARIN VE TESİSLERİN CBS YÖNTEMLERİ KULLANILARAK İRDELENMESİ: ESKİŞEHİR ÖRNEĞİ **(5915)** **MEHTAP ÖZENEN KAVLAK (ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ),** EMRAH PEKKAN (ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), SAYE NİHAN ÇABUK (ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)
		SENTINEL 2A ÇOK SPEKTRALI GÖRÜNTÜLERDEN İKİLİ KAR ÖRTÜSÜ HARİTALAMASI İÇİN İLK DOĞRULAMA SONUÇLARI **(6134)** **SEMİH KUTER (ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ),** ZUHAL AKYÜREK (ODTÜ)	MENDERESLİ NEHİRLERDEKİ MORFODİNAMİK SÜREÇLERİN İHA ÖLÇÜMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ **(6138)** ORKAN ÖZCAN (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), **SEMİH SAMİ AKAY (İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ)**	AÇIK KAYNAKLI WEB TABANLI COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ **(6195)** **İLYAS YALÇIN (ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ),** SULTAN KOCAMAN (HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ)

20 Eylül 2018 - Perşembe		YER YÜZEY SICAKLIĞI ANOMALİSİ ÜRETİMİNDE YÜKSEKLİK ETKİSİNİN AZALTILMASI **(7012)** MUSTAFA YALÇIN (AFYON KOCATEPE UNİVERİSTESİ), **NİZAR POLAT (HARRAN ÜNİVERSİTESİ),** MEHMET ALİ UGUR (AFYON KOCATEPE UNİVERİSTESİ), MEHMET ALİ DERELİ (GİRESUN ÜNİVERSİTESİ), ABDULGAFUR ÇAPADİŞ (AFYON KOCATEPE ÜNİVERİSTESİ)	YÜKSEK KONUM DOĞRULUKLU NOKTA BULUTU SAĞLAYAN HAVA KAYNAKLI LAZER İHA ÜRETİMİ VE VERİ KALİTESİNİN DEĞERLENDİRMESİ **(6308)** UMUT GÜNEŞ SEFERCİK (BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ), SERKAN KARAKIŞ (BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ), **CAN ATALAY (BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ)**	TAŞINMAZ DEĞERLEMEDE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİNİN KULLANILMASI: MARDİN MİDYAT ÖRNEĞİ **(6160)** **GÜLÇİN YAĞMAHAN (MARDİN KADASTRO MÜDÜRLÜĞÜ),** FATİH GÜLGEN (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)
		MARMARA GÖLÜ (MANİSA) ALANSAL DEĞİŞİMİNİN UA VE CBS İLE ANALİZİ **(6191)** **MEHTAP BAYRAK (İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ)**	TARİHİ HAVA FOTOĞRAFLARINDAN ÜRETİLEN YOĞUN NOKTA BULUTLARINDAN KENTSEL ALAN DEĞİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ **(5817)** **CİHAN ALTUNTAŞ (SELÇUK ÜNİVERSİTESİ)**	COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ TABANLI KAVRAMSAL AYLIK YAĞIŞ AKIŞ MODELİ **(6166)** **KADER BENLİ (DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ),** OKAN FISTIKOĞLU (DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ)
		KIZILIRMAK NEHRİ'NİN MİKROİKLİMSEL ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ **(7036)** **ÇAĞDAŞ KUŞÇU ŞİMŞEK (CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ),** HALİME ÖDÜL (CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ), CANBERK CABBAROĞLU (CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ)	MERCAN RESİFLERİNİN SUALTI FOTOGRAMETRİSİ İLE 3 BOYUTLU MODELLENMESİ **(6148)** FİTNAT KÖSEOĞLU (HACETTEPE üNİVERSİTESİ), **SULTAN KOCAMAN (HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ)**	COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) VE ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ (AHS) KULLANILARAK AFET SONRASI POTANSİYEL TOPLANMA ALANLARININ YER SEÇİMİ: DENİZLİ KENTİ ÖRNEĞİ **(6898)** **ARZU PALAZCA (PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ),** NUR SİNEM PARTİGÖÇ (PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ)
	10.40 - 11.00	**Ara**		

20 Eylül 2018 - Perşembe		Salon 2009	Salon 2016	Salon M1
	11.00 - 12.20	**Afet Yönetimi** Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Ercüment AYAZLI	**Uzaktan Algılama ve Çevresel Uygulamalar** Oturum Başkanı: Doç. Dr. Çiğdem GÖKSEL	**Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Bilişim Uygulamaları** Oturum Başkanı: Prof. Dr. Dursun Zafer ŞEKER
		KAYNAŞLI İLÇESİ İÇİN DEPREM TABANLI KAYIP TAHMİNİ **(6227)** **HÜSEYİN BAYRAKTAR (DÜZCE ÜNİVERSİTESİ)**	KORUNAN ALANLARIN ZAMANSAL DEĞİŞİMİNİN LANDSAT UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE ANALİZİ: İĞNEADA LONGOZ ORMANLARI ÖRNEĞİ **(6102)** **MERVE TOKER (ORMAN VE SU İSLERİ BAKANLİĞİ),** FİLİZ SUNAR (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	AKILLI ŞEHİRLERİN AKILLI ATIK YÖNETİMİ ÇÖZÜMLERİ **(7095)** **KADRİYE KIRKOCA (ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ),** ZEHRA YİĞİT AVDAN (ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)
		GÜNEYDOĞU KARADENİZ DENİZ ALANLARINDA RADAR UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMİYLE HİDROKARBON SIZINTILARI TESPİTİ **(6652)** **AYÇA KARAÇAY (TÜRKİYE PETROLLERİ)**	GÖRÜNTÜ FÜZYONU VE SINIFLANDIRMA TEKNİKLERİ KULLANARAK SU YÜZEYİNDEKİ ALANSAL DEĞİŞİMİN BELİRLENMESİ **(6671)** **MESUT ÇOŞLU (AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ),** HASAN RAŞİT TÜRKKAN (AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ), NAMIK KEMAL SÖNMEZ (AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ)	GÖNÜLLÜ COĞRAFİ BİLGİ, SİVİL BİLİM VE KATILIMCI COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ ARASINDAKİ BENZERLİKLER VE FARKLILIKLAR **(6661)** **HACER KÜBRA SEVİNÇ (SİNOP ÜNİVERSİTESİ),** İSMAİL RAKIP KARAŞ (KARABÜK ÜNİVERSİTESİ)
		AFET YÖNETİMİ DÖNGÜSÜNE ÜNİVERSİTE GENÇLİĞİNİN DAHİL EDİLMESİ: IUSARC ÖRNEĞİ **(6135)** **YUSUF EKER (SİVİL SAVUNMA TEŞKİLATI BAŞKANLIĞI)**	SENTİNEL-1 VERİLERİ KULLANILARAK SULAK ALANLARIN AYLIK PERİYOTLARLA TAKİP EDİLMESİ **(6678)** **GORDANA KAPLAN (ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ),** UĞUR AVDAN (ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	3 BOYUTLU ŞEHİR MODELİ OLUŞTURMA VE WEB-TABANLI GÖRSELLEŞTİRME **(6181)** MEHMET BÜYÜKDEMİRCİOĞLU (HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ), **SULTAN KOCAMAN (HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ),** ÜMİT IŞIKDAĞ (MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ)

20 Eylül 2018 - Perşembe		HEYELAN AFETİNİN YAPILAR VE TOPOĞRAFYA ÜZERİNDE BIRAKTIĞI ETKİLER: YUKARI AĞCAGÜNEY ÖRNEĞİ (SAMSUN) **(6342)** **EMRE ÇOŞKUNLU (SAMSUN AFAD), AYTEK ERSAN (SAMSUN AFAD),** ERKİN TEKİN (SAMSUN AFAD), EMRE DOĞRAMACI (SAMSUN AFAD), KIVANÇ ÇALIŞKAN (SAMSUN AFAD), KEMAL GÖKHAN SANCAK (SAMSUN AFAD), LEVENT UÇARLI (SAMSUN AFAD)	GECE VE GÜNDÜZ YER YÜZEY SICAKLIĞI GÖRÜNTÜLERİ İLE YÜZEY ISI ADASI ANALİZİ **(6905)** **ALİİHSAN ŞEKERTEKİN (ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ),** SEVİM YASEMİN ÇİÇEKLİ (ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ), NİYAZİ ARSLAN (ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ)	ADRES VE ADRESİN MEKÂNSAL YÖNETİMİ; ORDU BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ ÖRNEĞİ **(6185)** **ABDULLAH OZDEMİR (ORDU BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ),** AYSUN GÜL (ORDU BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ), ARZU ÖZDEMİR (ORDU BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ)
	12.20 - 13.30	**Öğle Yemeği**		
		Salon 2009	**Salon 2016**	**Salon M1**
	13.30 - 14.50	**Radar – Lidar – Optik Uygulamaları** Oturum Başkanı: Dr. Kaan KALKAN	**Uzaktan Algılama Uygulamaları** Oturum Başkanı: Doç. Dr. Ali Özgün OK	**Uzaktan Algılama Veri Analizi** Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Nusret DEMİR
		METEOROLOJİ RADARI GÖRÜNTÜLERİNDEN ÜÇBOYUTLU GERİÇATIM VE GÖRSELLEŞTİRME **(6677)** **MUSTAFA PESEN (ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ),** UĞUR MURAT LELOĞLU (ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	LANDSAT-8 UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN DERİN ÖĞRENME ALGORİTMALARI KULLANARAK KIYI ÇİZGİSİ ÇIKARIMI **(6685)** **FIRAT ERDEM (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ),** BÜLENT BAYRAM (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	1/25000 ÖLÇEKLİ STANDART TOPOĞRAFİK HARİTALARDAN ELDE EDİLEN SAYISAL YÜKSEKLİK MODELLERİN DOĞRULUK ANALİZİ **(6126)** **SEMİH YILDIZ (ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ),** ZUHAL AKYÜREK (ORDA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), ABDURRAHİM AYDIN (DÜZCE ÜNİVERSİTESİ)

20 Eylül 2018 - Perşembe	13.30 - 14.50	HAVA LIDAR NOKTA BULUTU VERİLERİNİN ANALİZİ VE WEB ORTAMINDA SUNUMU **(6183)** ENES KALPAKOĞLU (HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ), LATİF KILIÇ (HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ), SERKAN URAL (HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ), BERK ANBAROĞLU (HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ), **SULTAN KOCAMAN (HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ)**	HİDROKARBON ARAMACILIĞINDA ÇİZGİSELLİĞİN BULUNMASI İÇİN BİR YÖNTEM **(6663)** **TÜNAY ÖZTÜRK (ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ),** HAKAN UYGUÇGİL (ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)	UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİ KULLANILARAK TÜRKİYE GENELİNDE BULUTLULUK ANALİZİ **(7035)** **ZÜHAL KURT (ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ),** NAZIM AKSAKER (ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ), RAVIDE KEZBAN SEYHAN (ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ), MEHMET AKIF ERDOĞAN (ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ), GÜLNIHAL KURT (ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ)
		GÖKTÜRK-2 VE PLEIADES 1A GÖRÜNTÜLERİNİN KALİTESİNİN İNCELENMESİ **(7086)** EZGİ BURÇİN GAZEL (HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ), SEMANUR SEYFELİ (HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ), **SULTAN KOCAMAN (HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ),** ARMIN GRUEN (ETH ZURICH), MATTHIAS TROYER (ETH ZURICH)	GEOETRİM 2018 C# SÜRÜMÜ: GÖRÜNTÜ TEMELLİ KONUM BİLGİSİ ÜRETİMİ İÇİN YAZILIM GELİŞTİRİLMESİ **(6467)** **YUNUS EMRE ELKAR (BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ),** HÜSEYİN TOPAN (BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ)	UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİ KULLANILARAK TÜRKİYE GENELİNDE IŞIK KİRLİLİĞİ ANALİZİ **(7037)** **RAVİDE KEZBAN SEYHAN (ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ),** NAZIM AKSAKER (ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ), ZÜHAL KURT (ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ), MEHMET AKIF ERDOĞAN (ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ)
		TARİHİ YAPILARIN DOKÜMANTASYONU İÇİN YERSEL VE GÖRÜNTÜ TABANLI NOKTA BULUTLARININ BİRLİKTE KULLANILMASI **(6128)** **YASİN TOSUN (AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ),** MURAT UYSAL (AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ)	ARAZİ TAHRİBATININ DENGELENMESİ BİLİMSEL KAVRAM ÇERÇEVESİ KAPSAMINDA COLLECT EARTH METODOLOJİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ **(6209)** **AYHAN ATEŞOĞLU (BARTIN ÜNİVERSİTESİ),** AHMET ŞENYAZ (ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI)	

20 Eylül 2018 - Perşembe	14.50 – 15.10	**Ara**
		Salon 2009
	15.10 - 16.50	**Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri** **Oturum Başkanı: Doç. Dr. Umut Güneş SEFERCİK**
		OPTİK GÖRÜNTÜLERDEN KONUM BİLGİSİ ELDE ETMEDE KULLANILAN ALGILAYICI YÖNELTME YÖNTEMLERİ **(6708)** **HÜSEYİN TOPAN (BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ)**
		PLÉİADES UYDU GÖRÜNTÜSÜNÜN HAVA LIDAR VERILERI ENTEGRASYONU İLE NESNE TABANLI SINIFLANDIRILMASI VE DOĞRULUK ANALİZİ **(6179)** **SEDANUR GÜRDAL (BİMTAŞ), FÜSUN BALIK ŞANLI (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), SERDAR BAYBURT (BİMTAŞ)**
		FRAKTAL BOYUT VE LAKÜNARİTE İNDEKSİ İLE CORINE ARAZİ ÖRTÜSÜ/ KULLANIMI SINIFLARININ MEKÂNSAL DEĞİŞİMLERİNİN ANALİZİ: ANKARA ÖRNEĞİ **(6659)** **DERYA ÖZTÜRK (ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ), FATMAGÜL KILIÇ GÜL (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)**
		2015 VE 2017 TUZ GÖLÜ KAMPANYA VERİLERİNİ KULLANARAK GÖKTÜRK-2 BANTLARINA AİT RADYOMETRİK KAZANÇLARIN KIYASLANMASI **(6448)** **HÜSNE SEDA DEVECİ (TÜBİTAK UZAY), İSMAİL HAKKI DEMİRHAN (TÜBİTAK UZAY)**
		KADASTRODA ÜÇ BOYUTLU GÖSTERİM: İMKÂN VE KISITLAMALAR **(6986)** **FATİH DÖNER (GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ), SAMET ŞİRİN (ÇEVRE VE ŞEH. BAKANLIĞI)**
	16.50 – 17.20	**Ara**
	17.20	**Kapanış Oturumu** **En İyi Sözlü, Poster ve Öğrenci Sunum Ödülleri** **Teşekkür Konuşmaları** **UZAL-CBS 2020 Tanıtım Sunumu**

POSTER SUNUMLARI

1	5890	ÇOK AŞAMALI ORTANCA SÜZGEÇ YÖNTEMİNE DAYALI BİR YAKLAŞIM **PELİN ALTINIŞIK (OMÜ),** ERHAN ERGÜN (OMÜ)
2	6079	GSM VE GPS TABANLI ARAÇ TAKİP VE YÖNLENDİRME SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ **ÖZKAN KAYA (DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ)**
3	6113	FARKLI ÇÖZÜNÜRLÜKLERDEKİ UYDU GÖRÜNTÜLERİ VE BÜYÜK ÖLÇEKLİ HARİTALARDAN YARARLANARAK EKİLİ ALANLARIN İZDÜŞÜM VE YÜZEY ALANLARI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ **KADRİYE CANSU BERBER (İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ),** FÜSUN BALIK ŞANLI (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), MELİH BAŞARANER (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)
4	6125	GÖRÜNTÜ SINIFLANDIRMA ARAYÜZÜ: PYTHON VE K-ORTALAMA YÖNTEMİ **RECAİ ALPER EMEK (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ),** FATMA GÜL KILIÇ (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), EMRE AKKANAT (YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)
5	6152	ORTA ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN DEĞİŞİM SAPTAMA İLE YANMIŞ ORMAN ALANLARIN HARİTALANMASI **İBRAHİM TAŞCI (BOTAŞ-AHK),** ZEHRA YİĞİT AVDAN (ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), UĞUR AVDAN (ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ), RESUL ÇÖMERT (GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ)
6	6153	KENTSEL KARAR VERME YÖNTEMLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİNE BİR ÖRNEK **HANDE MELİS ÖZÇATAL (BOZÜYÜK BELEDİYESİ),** HAKAN UYGUÇGİL (ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)
7	6170	NDVI ZAMAN SERİSİ GÖRÜNTÜLERİNDE DEĞİŞKENLİĞİN İZLENMESİ **HAKAN YILDIZ (GTHB TARLA BİTKİLERİ MERKEZ ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ),** EDİZ ÜNAL (GTHB TARLA BİTKİLERİ MERKEZ ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ), METİN AYDOĞDU (GTHB TARLA BİTKİLERİ MERKEZ ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ)
8	6184	ESGAZ & İZMİRGAZ BÜTÜNLEŞİK ALTYAPI BİLGİ SİSTEMLERİ PROJESİ: WEB TABANLI CBS UYGULAMASI ÖRNEĞİ SULTAN GÖKÇEN BİLGEN (İZMİR DOĞAL GAZ A.Ş.), **FULYA DEMİRCİOĞLU (ESGAZ A.Ş.),** ERDEM ÖZAŞIK (ESGAZ A.Ş.), ENDER SUNERLİ (İZMİR DOĞAL GAZ A.Ş.), CEMAL YILDIZ (İZMİR DOĞAL GAZ A.Ş.)
9	6190	DALAMAN ÇAYI DRENAJ HAVZASI'NIN MORFOMETRİK İNDİSLER KULLANARAK HİDROLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ **AYTEKİN ERTEN (NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ),** ALPER GÜRBÜZ (NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ)
10	6193	UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ ENTEGRASYONUYLA İKLİMSEL DEĞİŞİMLERİN BEYŞEHİR GÖLÜ'NE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ, ORTA-BATI ANADOLU **ESRA GÜRBÜZ (AKSARAY ÜNİVERSİTESİ),** NİZAMETTİN KAZANCI (ANKARA ÜNİVERSİTESİ)
11	6210	SARIOT GÖLÜ (POLYESİ) HAVZASININ JEOMORFOMETRİK ANALİZİ MUHAMMED EMİN ÇAYIR (KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ), **MUHTEREM KÜÇÜKÖNDER (KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ)**

12	6217	PETROL KÖKENLİ ALTERASYONLAR VE JEOTERMAL ALTERASYONLARIN UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ İLE BELİRLENMESİ: ALAŞEHİR (MANİSA) **ELİF AYDIN (TÜRKİYE PETROLLERİ)**
13	6432	GOOGLE EARTH GÖRÜNTÜLERİNİN DETAYLI TOPRAK ETÜTLERİNDE KULLANIMLARININ ARAŞTIRILMASI **YAVUZ ŞAHİN TURGUT (ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ)**
14	6439	SABİT KANATLI İNSANSIZ HAVA ARAÇLARINDA (İHA) KANAT TASARIMININ UÇUŞ SÜRESİ, MANEVRA KABİLİYETİ VE KALKIŞ HIZI (VSTALL) ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI ERSİN AKŞAR (AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ), **SERDAR SELİM (AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ)**
15	6623	TÜRKİYE'DEKİ BELEDİYELERİN KENT BİLGİ SİSTEMLERİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ C. BERTAN GÜLLÜDAĞ (AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ), **ERCÜMENT AKSOY (AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ)**
16	6668	SENTINEL-1 PolSAR VE SENTINEL-2 OPTİK UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN FÜZYON İLE SINIFLANDIRILMASI **EMİNE AÇIKSARI,** ÖZGÜN AKÇAY (ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ), E. ÖZGÜR AVŞAR (ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ)
17	6670	ÇOK ZAMANLI UYDU VERİLERİYLE ARAZİ ÖRTÜSÜ DEĞİŞİMİ ANALİZİ: DİKİLİ İLÇESİ - ÇUKURALAN ALTIN MADENİ **ANALİ AZABDAFTARİ (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ),** FİLİZ SUNAR (İSTANBUL TEKNIK ÜNIVERSITESI)
18	6672	UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN ZAMANSAL DEĞİŞİM ANALİZİ İÇİN MATLAB TABANLI BİR ARA YÜZ TASARIMI **GÖZDE AYDIN (ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ),** E. ÖZGÜR AVŞAR (ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ), ÖZGÜN AKÇAY (ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ)
19	6990	YANMIŞ ORMAN ALANLARININ DESTEK VEKTÖR MAKİNALARI VE ROTASYON ORMAN İLERİ SINIFLANDIRMA YÖNTEMLERİ KULLANARAK NESNE-TABANLI TESPİTİ: WORLDVIEW-2 UYDU GÖRÜNTÜSÜ ÖRNEĞİ MURAT KURUCA (ANADOLU ÜNİVERSİTESİ), **DİLEK KÜÇÜK MATÇI (ANADOLU ÜNİVERSİTESİ),** UĞUR AVDAN (ANADOLU ÜNİVERSİTESİ)
20	7000	TARİHİ YAPILARIN BELGELENMESİNDE FARKLI YÖNTEMLERLE ELDE EDİLEN VERİLERİN ENTEGRASYONU **SERHAN TUNCER (ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ),** RESUL ÇÖMERT (GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ), UĞUR AVDAN (ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)
21	7030	POTANSİYEL BALIKÇILIK ALANLARININ UYDU VERİLERİYLE TESPİTİ **FERHAT BÜYÜKDEVECİ (GIDA TARIM VE HAYVANCILIK BAKANLIĞI),** NAZIM AKSAKER (ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ)
22	7087	UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK SU KÜTLESİ DEĞİŞİMİNİN İZLENMESİ (SEYFE GÖLÜ ÖRNEĞİ) **MUSTAFA YAMAN (TAPU VE KADASTRO GENEL MÜDÜRLÜĞÜ),** ZEHRA YİĞİT AVDAN (ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)

23	7088	UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK KURAKLIĞIN İZLENMESİ (SULTAN SAZLIĞI MİLLİ PARKI ÖRNEĞİ) **ENGİN KORKMAZ (MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI),** ZEHRA YİĞİT AVDAN (ANADOLU ÜNİVERSITESİ)
24	7093	MISIR BİTKİSİNİN VERİMİNİN İZLENMESİNDE İLERİ TEKNOLOJİ UYGULAMALARI **NGHİ TAN DO (ANADOLU ÜNİVERSİTESİ),** ZEHRA YİĞİT AVDAN (ANADOLU ÜNİVERSİTESİ)
25	7287	NESNE TABANLI ARAZİ ÖRTÜSÜ / ARAZİ KULLANIMI DEĞİŞİM ANALİZİ: İSTANBUL 3. HAVALİMANI **Z. DAMLA UÇA AVCI (İTÜ),** FİLİZ SUNAR (İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ)
26	7482	İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ TARIMDA KULLANIMI **GÖKÇE İREM ARAÇ (MANİSA BAĞCILIK ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ)**
27	7617	ORTOFOTO VERİ TEMASININ INSPIRE KAPSAMINDA İNCELENMESİ **BUSE AYÇA ATAÇ (NETCAD YAZILIM A.Ş.),** SELAHATTİN ÇAMİÇİ (NETCAD YAZILIM A.Ş.)

İÇİNDEKİLER

[6108] HİPERSPEKTRAL GÖRÜNTÜLERİN SINIFLANDIRILMASINDA GELİŞMİŞ KARAR ORMANI TOPLU ÖĞRENME ALGORİTMALARININ PERFORMANS ANALİZİ 2
[6167] HİPERSPEKTRAL GÖRÜNTÜLERİN OTO-KODLAYICI DERİN ÖĞRENME İLE SINIFLANDIRILMASI 11
[7040] LANDSAT 8 VE SENTINEL-2 UYDU GÖRÜNTÜLERI İLE BÖLGESEL ORTALAMA BULUTLULUK TESPİTİ 20
[6403] WORLDVIEW-2 GÖRÜNTÜSÜ KULLANILARAK NESNE TABANLI GÖRÜNTÜ ANALİZİ VE TAGUCHİ OPTİMİZASYON TEKNİĞİ İLE YARI OTOMATİK BİNA ÇIKARIMI 25
[6163] CORINE SINIFLANDIRMASININ TEMATİK DOĞRULUK ANALİZİNDE LUCAS METODOLOJİSİNİN KULLANIMI 32
[6161] YÜKSEKLİK VERİLERİNİN KULLANILABİLİRLİĞİ VE KALİTESİ: ENDÜSTRİYEL DURUM ÇALIŞMASI 41
[6204] COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) TABANLI ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR ANALİZİ İLE ŞANLIURFA İL MERKEZİ'NİN TAŞKIN ALANLARININ BELİRLENMESİ 50
[6655] SINIR İHLALLERİ KAPSAMINDA, MUHTEMEL GEÇİŞ GÜZERGÂHLARININ OTOMATİK OLARAK BELİRLENMESİ 60
[7039] YEREL VE ULUSAL ÖLÇEKTE "AKILLI KENT" PERSPEKTİFİ 67
[6203] TÜRKİYE'DE TAŞINMAZ SATIŞ FİYATLARI SİCİLİ OLUŞTURULMASINA YÖNELİK BİR MODEL ÖNERİSİ 75
[6165] YASADIŞI YAPILAŞMANIN LIDAR VERİLERİ VE İMAR PLANLARININ KARŞILAŞTIRILMASI İLE SAPTANMASI 85
[6180] 3B YÜZ TANIMADA KİLİT NOKTA TEMELLİ ALGORİTMALARIN KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI VE DOĞRULUK ANALİZİ 93
[6989] 3B-CBS İÇİN 3B KAPALI ALAN NAVİGASYONU 104
[6666] KOZMİK IŞINLARIN RADAR VERİSİ ÜZERİNDEKİ MUHTEMEL ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI 111
[7016] 3DETECTOR - LIDAR NOKTA BULUTU VERİSİNDEN OTOMATİK AĞAÇ KONUMU BELİRLEME SİSTEMİ 116
[6142] TRAFİK SİNYALİZASYON ENVANTERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİNE DÖNÜŞÜMÜ VE ENTEGRASYONU 126

[6147] MEZARLIK OTOMASYON PROJESİ 137
[6362] BLOCKCHAIN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ UYGULAMALARI 145
[6186] TOPLU TAŞIMA GÜZERGÂHLARININ BELİRLENMESİNDE CBS OLANAKLARININ KULLANILABİLİRLİĞİ 153
[6530] KENTSEL BÜYÜME SİMÜLASYON MODEL DOĞRULUĞUNUN FARKLI KALİBRASYON YÖNTEMLERİ KULLANILARAK ARAŞTIRILMASI 160
[7017] LİDAR VERİSİNDEN BİNA ÇATI DÜZLEMLERİNİN OTOMATİK ÇIKARIMI VE MODELLEMESİ 168
[6440] TAM DALGA BOYU LIDAR VERİLERİ İLE BİTKİ ÖRTÜSÜ SINIFLANDIRMA OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI 178
[7022] KENTSEL VE KIRSAL ALANLARDA LİDAR VERİLERİ ÜZERİNDE YER FİLTRELEME YÖNTEMLERİNİN PERFORMANS ANALİZLERİ..... 188
[7008] LİDAR NOKTA BULUTU YEREL KOMŞULUK ÖZNİTELİK VERİLERİ KULLANILARAK BİNA ÇIKARIMI 198
[6120] LİDAR VERİSİNDEN OTOMATİK BİNA ÇATI DÜZLEMİ ÇIKARMADA RANSAC ALGORİTMASININ İYİLEŞTİRİLMESİ 208
[7026] MUĞLA İLİ KIYI SULARININ UZAKTAN ALGILAMA TEKNİĞİ İLE SU KALİTESİNİN BELİRLENMESİ VE HARİTALANMASI 216
[6157] İSTANBUL PARLAKLIK SICAKLIĞININ MEKAN-ZAMANSAL DEĞİŞİMLERE BAĞLI OLARAK İZLENMESI 226
[6983] FARKLI İNDEKSLER KULLANILARAK OTOMATİK KIYI ÇİZGİSİ ÇIKARIMI 238
[6962] TÜRKİYE'DE AKILLI KENT STRATEJİSİ VE EYLEM PLANININ OLUŞTURULMASI 246
[6201] BAĞLANTILI VERİLERİN YAYINLANMASI VE GÖRSELLEŞTİRİLMESİ..... 251
[6459] KÜLTÜREL MİRAS BELGELEMESİNDE ÇOK DİSİPLİNLİ EĞİTİM TASARIMI VE SİVİL BİLİM YAKLAŞIMI 259

[6731] KADASTRO 2034 VİZYONU AÇISINDAN TÜRKİYE KADASTROSUNUN MEVCUT DURUM ANALİZİ 265
[5959] JEOLOJİDE FOTOGRAMETRİNİN KULLANIMI VE YAKIN RESİM FOTOGRAMETRİ YÖNTEMİ İLE KAYAÇLARIN MODELLENMESİ 273
[6663] HİDROKARBON ARAMACILIĞINDA ÇİZGİSELLİĞİN BULUNMASI İÇİN BİR YÖNTEM 279
[7013] HAVZA ÖLÇEĞİNDE TEMSİL EDİCİ ALANSAL ORTALAMA BUHARLAŞMA-TERLEME MİKTARININ LANDSAT GÖRÜNTÜLERİNDEN ELDE EDİLMESİ 288
[7679] HİDROLOJİK MODELLEMEDE CBS VE UA TEKNİKLERİNİN KULLANILMASI..... 298
[7007] JEOARKEOLOJIDE YENI BİR YAKLAŞIM: DİJİTAL JEOARKEOLOJİ 305
[6119] YÜZEY SICAKLIĞI VE SPEKTRAL YANMA İNDEKSLERİNİN ORMAN YANGINI ANALİZİNDE KULLANIMI 311
[5470] ORMAN AĞAÇ SINIR EKOTONU DEĞİŞİMLERİNİN MEŞCERE HARİTALARI İLE CBS TEKNİKLERİ KULLANILARAK İZLENMESİ 321
[7002] ORTA ANADOLU KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN PATATES VE PANCAR BİTKİLERİNİN FENOLOJİK EVRELERİNE AİT ÇOK BANTLI SPEKTRAL İMZALARININ BELİRLENMESİ 328
[6154] ARAZİ ÖRTÜSÜ VE ARAZİ KULLANIMI SINIFLARININ SENTİNEL-2 GÖRÜNTÜSÜ VE NESNE TABANLI SINIFLANDIRMA YÖNTEMİYLE BELİRLENMESİ 334
[6662] MULTİSPEKTRAL GÖRÜNTÜ SERİLERİNDEN BOZKIRLARIN TESPİTİ 344
[7111] İHA GÖRÜNTÜLERİNDEN OTOMATİK ARAÇ SAYILMASI 351
[6650] YAPAY SİNİR AĞLARI İLE HELİKOPTER PİSTİ TESPİTİ 358
[6235] DERİN ÖĞRENME YÖNTEMLERİ İLE YÜZ GÖRÜNTÜLERİNDEN YAŞ KESTİRİMİ 368
[6132] YÜKSEKLIK TABANLI BÖLÜTLENMIŞ LIDAR VERILERINDEN OTOMATIK BINA ÇIKARIMI 375
[6174] AÇIK MADEN SAHA SINIRLARININ PİKSEL TABANLI VE NESNE TABANLI SINIFLANDIRMA TEKNİKLERİ İLE ÇIKARIMI 380
[7286] SENTİNEL-2A VERİSİ KULLANARAK TARIMSAL ÜRÜN DESENİNİN BELİRLENMESİ 386
[6730] ÇUKUROVA TARIMSAL ÜRÜN DESENİNİN GELECEĞE YÖNELİK MODELLENMESİ..... 392

[6109] DİJİTAL YÜZEY MODELİNDEN TURUNÇGİL MEYVE AĞAÇLARININ TESPİTİ, ÇIKARIMI VE KÜMELENMESİ: BÜTÜNLEŞİK BİR SİSTEM 402
[6121] UZAKTAN ALGILAMA GÖRÜNTÜLERİNDEN TARIMSAL KURAKLIĞIN BELİRLENMESİ 413
[7005] JEOLOJİK VE JEOMORFOLOJİK YAPININ TOPRAKLARIN SPEKTRAL YANSIMA ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ 419
[6301] ORTA ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE ARAZİ ÖRTÜSÜ/ARAZİ KULLANIMI SİMÜLASYONU (2025-2055) 429
[6504] GÖKTÜRK-2'NİN MUTLAK VE ÇAPRAZ RADYOMETRİK KALİBRASYON KATSAYILARININ BELİRLENMESİ..... 441
[5911] EŞDEĞER ANALİZ YÖNTEMİ İLE BELİRLENEN ZEMİNİN BÜYÜTME DEĞERLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK HARİTALANMASI: ESKİŞEHİR ÖRNEĞİ 448
[6093] CBS VE BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ İLE GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNİN YERLERİNİN BELİRLENMESİ: MENEMEN ÖRNEĞİ 458
[7042] SUMO TRAFIK SIMÜLASYONU KULLANILARAK TRAFIK DÜZENLEMELERININ ETKILERININ GÖZLENMESI 467
[6116] ADANA SEYHAN BARAJ GÖLÜ ALANININ MEVSİMSEL DEĞİŞİMİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE ANALİZİ 473
[6134] SENTINEL-2A ÇOK SPEKTRALI GÖRÜNTÜLERDEN İKİLİ KAR ÖRTÜSÜ HARİTALAMASI İÇİN İLK DOĞRULAMA SONUÇLARI 481
[7012] YER YÜZEY SICAKLIĞI ANOMALİSİ ÜRETİMİNDE YÜKSEKLİK ETKİSİNİN AZALTILMASI 490
[6191] MARMARA GÖLÜ (MANİSA) ALANSAL DEĞİŞİMİNİN UA VE CBS İLE ANALİZİ 495
[7036] KIZILIRMAK NEHRİ'NİN MİKRO-İKLİMSEL ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ..... 506
[6137] İHA TABANLI OYULMA ÖLÇÜMLERİ İLE KÖPRÜ ÇOKLU AFET PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ 516
[6138] MENDERESLİ NEHİRLERDEKİ MORFODİNAMİK SÜREÇLERİN İHA ÖLÇÜMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ 523
[6308] YÜKSEK KONUM DOĞRULUKLU NOKTA BULUTU SAĞLAYAN HAVA KAYNAKLI LAZER İHA ÜRETİMİ VE VERİ KALİTESİNİN DEĞERLENDİRMESİ..... 532

[5817] TARİHİ HAVA FOTOĞRAFLARINDAN ÜRETİLEN YOĞUN NOKTA BULUTLARINDAN KENTSEL ALAN DEĞİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ 541
[6148] MERCAN RESİFLERİNİN SUALTI FOTOGRAMETRİSİ İLE 3 BOYUTLU MODELLENMESİ 549
[5915] JEOTERMAL KAYNAKLARIN VE TESİSLERİN CBS YÖNTEMLERİ KULLANILARAK İRDELENMESİ: ESKİŞEHİR ÖRNEĞİ 560
[6195] AÇIK KAYNAKLI WEB TABANLI COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ 570
[6160] TAŞINMAZ DEĞERLEMEDE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİNİN KULLANILMASI: MARDİN MİDYAT ÖRNEĞİ 580
[6166] COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ TABANLI KAVRAMSAL AYLIK YAĞIŞ-AKIŞ MODELİ 589
[6898] COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) VE ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ (AHS) KULLANILARAK AFET SONRASI POTANSİYEL TOPLANMA ALANLARININ YER SEÇİMİ: DENİZLİ KENTİ ÖRNEĞİ..... 598
[6227] KAYNAŞLI İLÇESİ İÇİN DEPREM TABANLI KAYIP TAHMİNİ 609
[6652] GÜNEYDOĞU KARADENİZ DENİZ ALANLARINDA RADAR UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMİYLE HİDROKARBON SIZINTILARI TESPİTİ 614
[6135] AFET YÖNETİMİ DÖNGÜSÜNE ÜNİVERSİTE GENÇLİĞİNİN DÂHİL EDİLMESİ: IUSARC ÖRNEĞİ 623
[6342) HEYELAN AFETİNİN YAPILAR VE TOPOGRAFYA ÜZERİNDE BIRAKTIĞI ETKİLER: YUKARI AĞCAGÜNEY ÖRNEĞİ (SAMSUN) 628
[6102] KORUNAN ALANLARIN ZAMANSAL DEĞİŞİMİNİN LANDSAT UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE ANALİZİ: İĞNEADA LONGOZ ORMANLARI ÖRNEĞİ 641
[6671] GÖRÜNTÜ FÜZYONU VE SINIFLANDIRMA TEKNİKLERİ KULLANARAK SU YÜZEYİNDEKİ ALANSAL DEĞİŞİMİN BELİRLENMESİ 650
[6678] SENTİNEL-1 VERILERİ KULLANILARAK SULAK ALANLARIN AYLIK PERIYOTLARLA TAKİP EDİLMESİ 658
[6905] GECE VE GÜNDÜZ YER YÜZEY SICAKLIĞI GÖRÜNTÜLERİ İLE YÜZEY ISI ADASI ANALİZİ 665
[7095] AKILLI ŞEHİRLERİN AKILLI ATIK YÖNETİMİ ÇÖZÜMLERİ 673
[6661] GÖNÜLLÜ COĞRAFİ BİLGİ, SİVİL BİLİM VE KATILIMCI COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ ARASINDAKİ BENZERLIKLER VE FARKLILIKLAR 680

[6181] 3 BOYUTLU ŞEHİR MODELİ OLUŞTURMA VE WEB TABANLI GÖRSELLEŞTİRME 689
[6185] ADRES VE ADRESİN MEKÂNSAL YÖNETİMİ; ORDU BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ ÖRNEĞİ 695
[6677] METEOROLOJİ RADARI GÖRÜNTÜLERİNDEN ÜÇ-BOYUTLU GERİÇATIM VE GÖRSELLEŞTİRME 708
[6183] HAVA LIDAR NOKTA BULUTU VERİLERİNİN ANALİZİ VE WEB ORTAMINDA SUNUMU 716
[7086] GÖKTÜRK-2 VE PLEIADES 1A GÖRÜNTÜLERİNİN KALİTESİNİN İNCELENMESİ 723
[6128] TARİHİ YAPILARIN DOKÜMANTOSYONUNDA YERSEL VE GÖRÜNTÜ TABANLI NOKTA BULUTLARININ BİRLİKTE KULLANILMASI 731
[6685] LANDSAT-8 UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN DERİN ÖĞRENME ALGORİTMALARI KULLANARAK KIYI ÇİZGİSİ ÇIKARIMI 744
[6691] HİDRO ELEKTRİK SANTRALLERİNİN BAZI EKOSİSTEM SERVİSLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN HARİTALANMASI 753
[6467] GEOETRİM 2018 C# SÜRÜMÜ: GÖRÜNTÜ TEMELLI KONUM BILGISI ÜRETIMI IÇIN YAZILIM GELIŞTIRILMESI 758
[6209] ARAZİ TAHRİBATININ DENGELENMESİ BİLİMSEL KAVRAM ÇERÇEVESİ KAPSAMINDA COLLECT EARTH METODOLOJİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ 769
[6126] 1/25 000 ÖLÇEKLİ STANDART TOPOĞRAFİK HARİTALARDAN ELDE EDİLEN SAYISAL YÜKSEKLİK MODELLERİN DOĞRULUK ANALİZİ 783
[7035] UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİ KULLANILARAK TÜRKİYE GENELİNDE BULUTLULUK ANALİZİ 793
[7037] UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİ KULLANILARAK TÜRKİYE GENELİNDE IŞIK KİRLİLİĞİ ANALİZİ 802
[6708] OPTİK GÖRÜNTÜLERDEN KONUM BİLGİSİ ELDE ETMEDE KULLANILAN ALGILAYICI YÖNELTME YÖNTEMLERİ 809
[6179] PLÉİADES UYDU GÖRÜNTÜSÜNÜN HAVA LİDAR VERİLERİ ENTEGRASYONU İLE NESNE TABANLI SINIFLANDIRILMASI VE DOĞRULUK ANALİZİ 821

[6659] FRAKTAL BOYUT VE LAKÜNARİTE İNDEKSİ İLE CORINE ARAZİ ÖRTÜSÜ/KULLANIMI SINIFLARININ MEKÂNSAL DEĞİŞİMLERİNİN ANALİZİ: ANKARA ÖRNEĞİ 830
[6448] 2015 VE 2017 TUZ GÖLÜ KAMPANYA VERİLERİNİ KULLANARAK GÖKTÜRK-2 BANTLARINA AİT RADYOMETRİK KAZANÇLARIN KIYASLANMASI 836
[6986] KADASTRODA ÜÇ BOYUTLU GÖSTERIM: İMKÂN VE KISITLAMALAR 845
[5890] ÇOK AŞAMALI ORTANCA SÜZGEÇ YÖNTEMİNE DAYALI BİR YAKLAŞIM 853
[6079] GSM VE GPS TABANLI ARAÇ TAKİP VE YÖNLENDİRME SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ 859
[6113] FARKLI ÇÖZÜNÜRLÜKLERDEKİ UYDU GÖRÜNTÜLERİ VE BÜYÜK ÖLÇEKLİ HARİTALARDAN YARARLANARAK EKİLİ ALANLARIN İZDÜŞÜM VE YÜZEY ALANLARI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ 865
[6125] GÖRÜNTÜ SINIFLANDIRMA ARAYÜZÜ: PYTHON VE K-ORTALAMA YÖNTEMİ 874
[6152] ORTA ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN DEĞİŞİM SAPTAMA İLE YANMIŞ ORMAN ALANLARIN HARİTALANMASI 880
[6153] KENTSEL KARAR VERME YÖNTEMLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİNE BİR ÖRNEK 888
[6170] NDVI ZAMAN SERİSİ GÖRÜNTÜLERİNDE DEĞİŞKENLİĞİN İZLENMESİ 894
[6184] ESGAZ&İZMİRGAZ BÜTÜNLEŞİK ALTYAPI BİLGİ SİSTEMLERİ PROJESİ: WEB TABANLI CBS UYGULAMASI ÖRNEĞİ 899
[6190] DALAMAN ÇAYI DRENAJ HAVZASI'NIN MORFOMETRİK İNDİSLER KULLANARAK HİDROLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ 905
[6193] UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ ENTEGRASYONUYLA İKLİMSEL DEĞİŞİMLERİN BEYŞEHİR GÖLÜ'NE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ, ORTA-BATI ANADOLU 911
[6210] SARIOT GÖLÜ (POLYESİ HAVZASININ JEOMORFOMETRİK ANALİZİ 921
[6217] PETROL KÖKENLİ ALTERASYONLAR VE JEOTERMAL ALTERASYONLARIN UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ İLE BELİRLENMESİ: ALAŞEHİR (MANİSA) İLK SONUÇLAR 928

[6432] GOOGLE EARTH GÖRÜNTÜLERİNİN DETAYLI TOPRAK ETÜTLERİNİN HAZIRLIK AŞAMASINDA KULLANIMLARININ ARAŞTIRILMASI, MEKANSAL VE ZAMANSAL DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ 936
[6439] SABİT KANATLI İNSANSIZ HAVA ARAÇLARINDA (İHA) KANAT TASARIMININ UÇUŞ SÜRESİ, MANEVRA KABİLİYETİ, KALKIŞ HIZI (VSTALL) ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI 945
[6623] TÜRKİYE'DEKİ BELEDİYELERİN KENT BİLGİ SİSTEMLERİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ 952
[6668] SENTINEL-1 POLSAR VE SENTINEL-2 OPTİK UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN FÜZYON ILE SINIFLANDIRILMASI..... 955
[6670] ÇOK ZAMANLI UYDU VERİLERİYLE ARAZİ ÖRTÜSÜ DEĞİŞİMİ ANALİZİ: DİKİLİ İLÇESİ - ÇUKURALAN ALTIN MADENİ 963
[6672] UYDU GÖRÜNTÜLERINDEN ZAMANSAL DEĞIŞIM ANALIZI IÇIN MATLAB TABANLI BIR ARA YÜZ TASARIMI 970
[6990] YANMIŞ ORMAN ALANLARININ DESTEK VEKTÖR MAKİNALARI VE ROTASYON ORMAN İLERİ SINIFLANDIRMA YÖNTEMLERİ KULLANARAK NESNE-TABANLI TESPİTİ: WORLDVIEW-2 UYDU GÖRÜNTÜSÜ ÖRNEĞİ 978
[7000] TARİHİ YAPILARIN BELGELENMESİNDE FARKLI YÖNTEMLERLE ELDE EDİLEN VERİLERİN ENTEGRASYONU 988
[7030] POTANSİYEL BALIKÇILIK ALANLARININ UYDU VERİLERİYLE TESPİTİ 995
[7087] UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK SU KÜTLESİ DEĞİŞİMİNİN İZLENMESİ (SEYFE GÖLÜ ÖRNEĞİ) 1001
[7088] UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK KURAKLIĞIN İZLENMESİ (SULTAN SAZLIĞI MİLLİ PARKI ÖRNEĞİ) 1009
[7093] MISIR BİTKİSİNİN VERİMİNİN İZLENMESİNDE İLERİ TEKNOLOJİ UYGULAMALARI 1018
[7287] NESNE TABANLI ARAZİ ÖRTÜSÜ/ARAZİ KULLANIMI DEĞİŞİM ANALİZİ: İSTANBUL 3. HAVALİMANI 1024
[7482] İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ TARIMDA KULLANIMI 1032
[7617] ORTOFOTO VERİ TEMASININ INSPIRE KAPSAMINDA İNCELENMESİ 1040



18 Eylül 2018

13:30 - 15:10

SALON 2009

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6108

HİPERSPEKTRAL GÖRÜNTÜLERİN SINIFLANDIRILMASINDA GELİŞMİŞ KARAR ORMANI TOPLU ÖĞRENME ALGORİTMALARININ PERFORMANS ANALİZİ

İsmail ÇÖLKESEN[1], Ömer Habib ERTEKİN[2]

[1] Dr. Öğr. Üyesi, Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 41400, Gebze, KOCAELİ, icolkesen@gtu.edu.tr

[2]Müh., Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 41400, Gebze, KOCAELİ, habibertekin@gtu.edu.tr

ÖZET

Günümüze kadar sınıflandırma işleminin gerçekleştirilmesi ve güvenirliği yüksek tematik harita üretimi amacıyla birçok sınıflandırma algoritması geliştirilmiş ve uygulamalarda kullanılmıştır. Çoklu sınıflandırma sistemleri olarak bilinen ve sınıflandırma işleminin gerçekleştirilmesinde birden çok sınıflandırma algoritmasının bir arada kullanılmasını esas alan toplu öğrenme algoritmaları uydu görüntülerinin sınıflandırılmasını da içerisine alan birçok örüntü tanıma probleminde başarıyla kullanılmaktadır. Çoklu sınıflandırma sistemleri içerisinde işlem hızı, tahmin başarısı ve kullanıcılar açısından kolay anlaşılabilir yapısı nedeniyle karar ağaçlarını esas alan toplu öğrenme algoritmaları veya karar ormanı olarak bilinen algoritmalar yaygın bir kullanıma sahiptir. Bu çalışmada, son yıllarda farklı disiplinlerce sınıflandırma problemlerinde kullanılmaya başlanan ancak uzaktan algılanmış görüntülerin sınıflandırılması problemlerindeki performansları sınırlı sayıda çalışmada test edilen yeni nesil karar ormanı yapılarından rotasyon orman (RotOr) ve kanonik korelasyon orman (KKO) algoritmalarının hiperspektral görüntülerin sınıflandırılmasındaki performansları karşılaştırılmalı olarak analiz edilmiştir. Söz konusu algoritmalar ile birlikte standart karar ormanı algoritması olarak bilinen rastgele orman (RO) algoritması da değerlendirmeye alınmış ve tüm algoritmaların performansları istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Uygulamada temel veri kaynağı olarak AVIRIS sensöründen elde edilen 224 spektral banda sahip Indian Pine veri seti ve ROSIS sensöründen elde edilen 103 spektral banda sahip Pavia Üniversitesi hiperspektral veri setleri kullanılmıştır. Algoritmaların performans analizinde standart doğruluk ölçütlerinin (genel doğruluk ve Kappa değerleri) yanında, işlem süresi ve karar ormanı sınıflandırıcıları için önemli bir performans göstergesi olarak kabul edilen çeşitlilik ölçütleri (diversity measures) değerlendirmeye alınarak algoritmaların performansları detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar her iki hiperspektral görüntü için de KKO algoritması ile en yüksek sınıflandırma doğruluğuna ulaşıldığını (AVIRIS için %87 ve ROSIS için %94) ve sınıflandırma doğrulukları arasındaki farklılıkların Mcnemar's testine göre istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, bu çalışma RO algoritmasının gelişmiş versiyonları olarak bilinen KKO ve RotFor algoritmalarının hiperspektral görüntülerin sınıflandırılmasındaki etkinliğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Sözcükler: hyperspektral görüntü, kanonik orman, rastgele orman, rotasyon orman, toplu öğrenme

ABSTRACT

PERFORMANCE ANALYSIS OF ADVANCED DECISION FOREST ENSEMBLE LEARNING ALGORITHMS IN HYPERSPECTRAL IMAGE CLASSIFICATION

Up to now, a variety of classification algorithms have been developed and utilized in applications for performing classification process and producing accurate thematic maps. Ensemble learning algorithms, known as multiple classifier systems and based on the use of multiple-classifiers to perform classification process, have been successfully used in many pattern recognition problems including classification of satellite imagery. Within the multiple-classifier systems, ensemble learning algorithms based on decision trees or known as decision forest algorithms have been widely-used due to their processing speed, predictive capacity and easy structure to understand by the user. In this study, the comparative performance of up-to-date decision forest algorithms, rotation forest (RotFor) and canonical correlation forest (CCF) which have been used for classification problems in different disciplines, but they have limited use in remote-sensing applications, were compared and analysed in the classification of hyperspectral imagery. In this study, the performances of up-to-date decision forest algorithms, rotation forest (RotFor) and canonical correlation forest (CCF) which have been used for classification problems in different disciplines, but they have limited use in remote-sensing applications, were compared and analysed in the classification of hyperspectral imagery. In application, the Indian Pine data set with 224 spectral bands obtained from the AVIRIS sensor and the hyperspectral data set of Pavia University with 103 spectral bands obtained from the ROSIS sensor were used as the basic data source. In this study, as well as the standard accuracy measures (overall accuracy and Kappa values), the performances of the algorithms were analysed in detail considering computational cost and diversity measures accepted as an important performance indicator for decision forest algorithms. Results showed that the highest classification accuracies (87% for AVIRIS and 94% for ROSIS) were achieved with the CCF algorithm for both hyperspectral images and differences in classification accuracy were statistically significant according to McNemar's test. All in all, this study verifies the effectiveness of CCF and RotFor algorithms, known as advanced versions of the RO algorithm, in the classification of hyperspectral images.

Keywords: hyperspectral image, canonical forest, random forest, rotation forest, ensemble learning

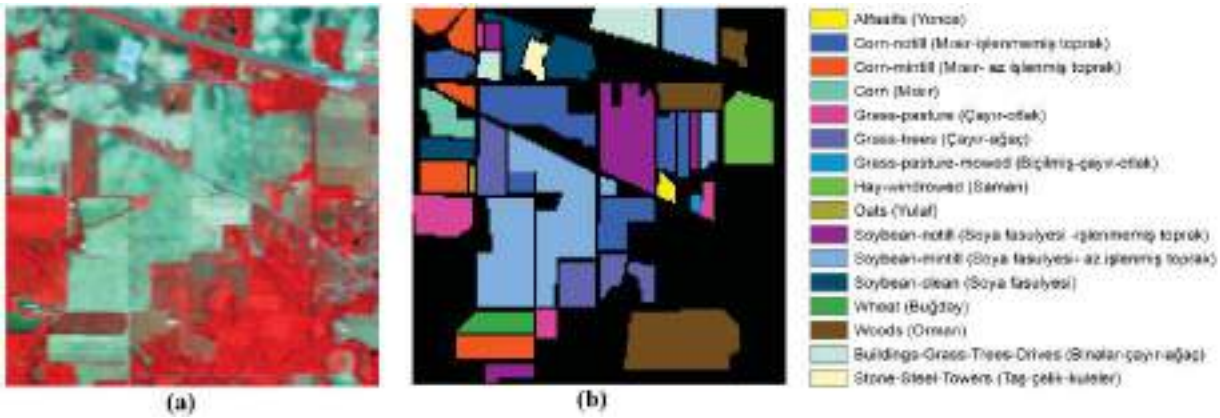
1. GİRİŞ

Yeryüzündeki doğal ve yapay nesneleri ifade eden arazi kullanımı ve arazi örtüsüne ilişkin mekânsal dağılımların doğru ve güvenilir bir şekilde tespit edilmesi küresel ve yerel ölçekli birçok çalışma için büyük önem arz etmektedir. Geçmişten günümüze uzaktan algılama teknolojileri yeryüzüne ilişkin bilgilerin elde edilmesinde önemli bir araç olarak kullanılmış ve uzaktan algılanmış görüntüler birçok çalışmada temel veri kaynağı olarak değerlendirmeye alınmıştır. Bu bağlamda uydu görüntülerinin sınıflandırılması yardımıyla arazi örtüsü ve arazi kullanımını temsil eden tematik haritaların üretilmesi uzaktan algılama alanında önemli çalışma konularından birisidir. Sınıflandırma işlemi neticesinde üretilen tematik haritaların yeryüzündeki doğal ve yapay özelliklerin temsiliyeti noktasındaki güvenirliği, arazi kullanımı ve arazi örtüsü bilgisine ihtiyaç duyan birçok çalışmanın başarısı açısından kritik öneme sahiptir. Tematik harita doğruluğu sınıflandırma işleminin başarısı ile doğrudan ilişkili olup; temel olarak ilgi duyulan alandaki arazi kullanımı ve arazi örtüsü yapısına, kullanılan görüntülerin özelliklerine, çalışma ölçeğine ve sınıflandırma işleminin gerçekleştirilmesinde kullanacak yönteme bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Lu ve Weng 2007). Sınıflandırma işleminin gerçekleştirilmesi amacıyla günümüze kadar birçok sınıflandırma tekniği ve yöntemi geliştirilmiş ve uygulamalarda kullanılmıştır (Tso ve Mather 2009; Li vd. 2014). Uzaktan algılama teknolojilerinde yaşanan yenilikler beraberinde uydu görüntülerinin mevcut özelliklerinin özellikle çözünürlükler açısından gelişmesine imkân sağlamıştır. Bunun doğal bir sonucu olarak güncel ancak karmaşık yapılı veri setlerinin sınıflandırılması ve doğruluğu yüksek tematik harita üretiminde klasik sınıflandırma yöntemleri yerine makine öğrenme ve yapay zekâ algoritmalarının kullanılması önemli bir araştırma konusu hâline gelmiştir (Çölkesen 2017; Ghamisi vd. 2017; Maxwell vd. 2018).

Son yıllarda literatürde tek bir sınıflandırıcı yerine birden çok sınıflandırıcının belirli bir sınıflandırma problemin çözümünde kullanılmasını esas alan toplu öğrenme algoritmaları uzaktan algılama alanını da içerisine alan birçok sınıflandırma probleminin çözümünde kullanıldığı görülmektedir (Rokach 2010, Ren vd. 2016; Sagi ve Rokach 2018). Toplu öğrenme algoritmalarının esası birden çok sınıflandırıcının problem çözümünde kullanılması ve her bir sınıflandırıcının tahminlerinin ağırlıklı oylama yaklaşımı ile birleştirilerek nihai sınıflandırma sonucunun belirlenmesi şeklinde ifade edilebilir (Dietterich 2000). Literatürde toplu öğrenme algoritmaları kullanımı ile sınıflandırma performansında önemli derecede artış olduğu vurgulanmaktadır (Rokach 2010; Kavzoglu ve Colkesen 2013; Belgiu ve Drăguţ 2016; Rokach 2016). Günümüze kadar toplu öğrenme algoritması olarak başta hızlandırma, torbalama, rastgele orman (RO) ve dönüşümlü orman (RotOr) olmak üzere birçok algoritma geliştirilmiştir. Birden çok karar ağacı sınıflandırıcısının bir arada kullanılması esasına dayanan ve karar ormanı olarak da isimlendirilen toplu öğrenme algoritmaları tahmin doğruluğundaki başarıları, kısa işlem süresi ve matematiksel olarak anlaşılabilir yapılarıyla yüzlerce spektral banttan oluşan ve karmaşık yapılı hiperspektral uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında başarıyla kullanılmaktadır. Örneğin, Chan ve Paelinckx (2008) 126 spektral banda sahip Hymap görüntüsünün sınıflandırılması probleminde karar ağaçlarını esas alan AdaBoost ve RO algoritmaları ile yapay sinir ağları algoritmasının sınıflandırma performanslarını karşılaştırmıştır. Elde edilen sonuçlar AdaBoost ve rastgele orman algoritmalarının benzer sonuçlar verdiği ama her ikisinin de yapay sinir ağlarından daha doğru sonuçlar elde ettiğini göstermektedir. Xia vd. (2014) AVIRIS, ROSIS ve DAIS sensörlerinden elde edilen hiperspektral görüntülerin sınıflandırılması probleminde torbalama, AdaBoost, RO, RotOr olarak bilinen toplu öğrenme algoritmaları yanında destek vektör makineleri algoritmasını kullanmış ve sınıflandırma sonuçlarına göre RO algoritmasıyla en yüksek sınıflandırma doğruluklarına ulaşıldığı belirtilmiştir. Bu çalışmada AVIRIS ve ROSIS sensörlerinden elde edilen hiperspektral görüntülerin sınıflandırılmasında gelişmiş karar ormanı algoritmalarından RotOr, kanonik korelasyon orman (KKO) ve RO algoritmalarının performansları karşılaştırılmalı olarak analiz edilmiştir.

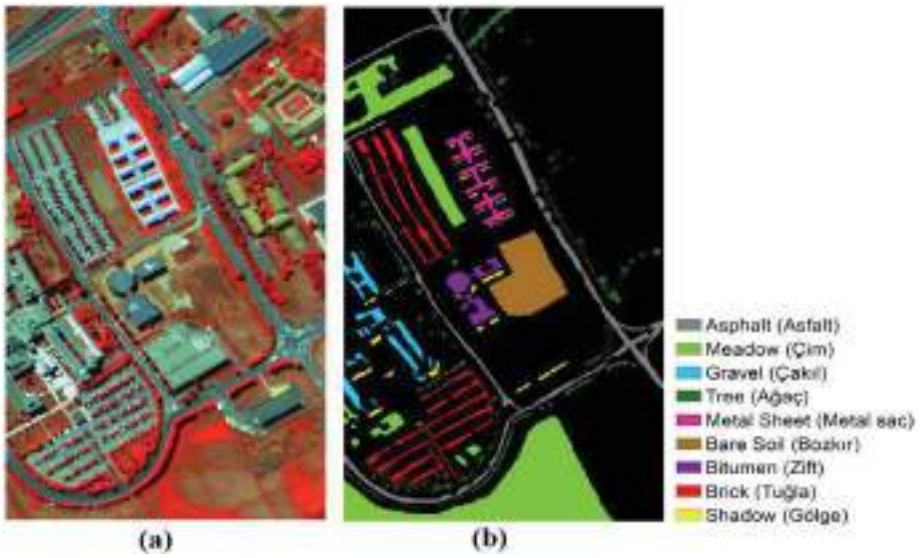
2. ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN VERİ

Çalışma kapsamında karar ağaçlarını esas alan RotFor, KKO ve RO toplu öğrenme algoritmalarının hiperspektral görüntülerin sınıflandırılmasındaki performansı karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda birçok örüntü tanıma ve sınıflandırma algoritmasının performans analizinde test verisi olarak kullanılan AVIRIS ve ROSIS sensörleri tarafından kaydedilen iki farklı hiperspektral veri seti değerlendirmeye alınmıştır. Indian Pine veri seti, AVIRIS sensörü tarafından 0.4–2.5 μm aralığında kaydedilen 224 spektral banttan oluşmakta ve toplam 145x145 pikselden oluşan bir görüntüdür (Şekil 1a). Su soğurma bantları (104-108, 150-163) çıkarıldığında geriye kalan 200 bantlı veri seti sınıflandırma probleminde temel veri kaynağı olarak kullanılmıştır. Hiperspektral görüntünün üçte-ikisinde tarım arazilerinden yer alırken, geriye kalan kısımlarını orman veya diğer bitki türleri oluşturmaktadır. Indian Pine görüntüsüne ait 16 arazi örtüsü sınıfını gösteren bir yer doğrulama verisi mevcuttur ve sınıflandırma işleminin gerçekleştirilmesinde söz konusu veri seti kullanılmıştır (Şekil 1b).



Şekil 1. (a) AVIRIS Indian pine veri seti ve (b) 16 arazi örtüsü sınıfını gösteren bir yer doğrulama verisi.

Pavia Üniversitesi veri seti İtalya'da Pavia bölgesini içerisine alan bölgede ROSIS sensörü tarafından kaydedilen 610x610 pikselden oluşan bir alanı kapsamaktadır (Şekil 2a). Görüntünün geometrik çözünürlüğü 1,3 metre olup toplam 103 spektral banda sahip bir görüntüdür. Hiperspektral görüntüdeki arazi örtüsünün büyük bir çoğunluğu su geçirimsiz yüzeylerden oluşurken diğer arazi örtüsü tipleri ağaçlar, çimenlik alanlar ve çıplak arazilerden oluşmaktadır. Şekil 2b'de gösterildiği üzere Pavia Üniversitesi görüntüsüne ait 9 arazi örtüsü sınıfını gösteren bir yer doğrulama verisi mevcuttur ve sınıflandırma işleminin gerçekleştirilmesinde söz konusu veri setinden yararlanılmıştır.



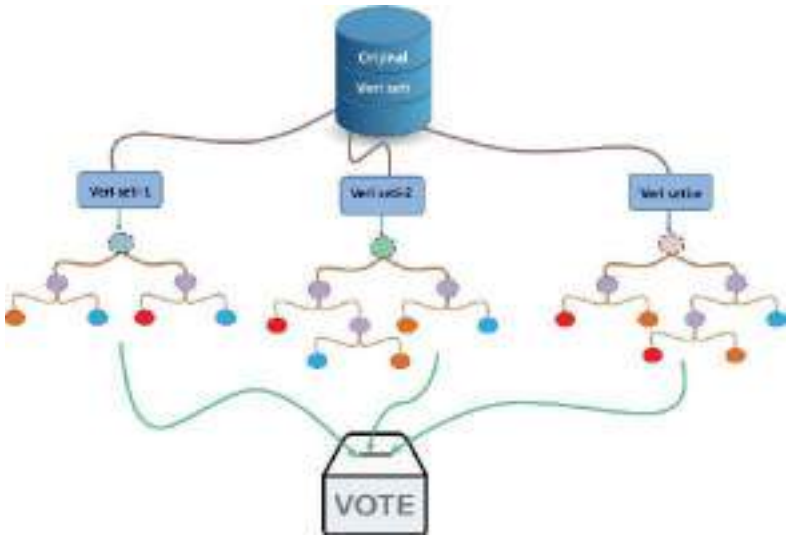
Şekil 2. (a) ROSIS Pavia üniversitesi veri seti ve (b) 9 arazi örtüsü sınıfını gösteren bir yer doğrulama verisi.

3. KARAR ORMANI TOPLU ÖĞRENME ALGORİTMALARI

Toplu öğrenme algoritmalarının temel çalışma prensibi belirli bir sınıflandırma probleminin çözümünde birden çok sınıflandırıcının kullanılması ve söz konusu sınıflandırıcıların tahminlerinden yola çıkılarak nihai kararın verilmesi şeklinde ifade edilebilir. Bu noktada, birçok farklı sınıflandırma algoritması kullanılarak toplu öğrenme modeli oluşturulabileceği gibi (hibrit model), tek bir sınıflandırıcı esas alınarak toplu öğrenme modeli (homojen model) oluşturabilmek mümkündür. Literatürde karar ormanı algoritmaları olarak isimlendirilen, karar ağaçlarını esas alan homojen yapılı toplu öğrenme algoritmaları uzaktan algılamada sınıflandırma problemlerinin çözümünde sıklıkla tercih edilmektedir. Karar ormanı algoritmalarının temel çalışma prensibi orman yapısını oluşturan her bir karar ağacın farklı bir veri seti kullanılarak eğitilmesi ve sınıflandırma sonuçlarının birleşimi neticesinde sonuç tahminin yapılmasıdır. Bu çalışmada, son yıllarda kullanılmaya başlanan KKO ve RotOr algoritmalarının hiperspektral görüntülerin sınıflandırması probleminde kullanımları ele alınmıştır. Sınıflandırma performansları yaygın kullanıma sahip RO algoritmasının performansı ile karşılaştırılarak sonuçlar analiz edilmiştir.

3.1. Rastgele Orman

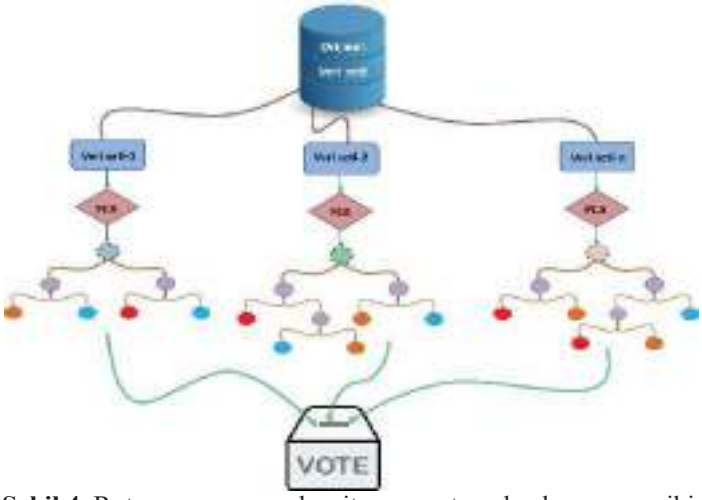
Rastgele orman (RO) algoritması tahmin işlemindeki başarısından dolayı uzaktan algılanmış görüntülerin sınıflandırılmasında en yaygın kullanıma sahip toplu öğrenme algoritmalarındandır (Belgiu ve Drăguţ 2016). RO algoritması, karar ağaçlarının temel sınıflandırıcı olarak kullanıldığı ve birden çok karar ağacının bir araya getirilerek toplu öğrenme modelinin oluşturulması esasına dayandığından karar ormanı olarak adlandırılan homojen yapılı bir toplu öğrenme yaklaşımıdır (Breiman 2001). Şekil 3'te temel çalışma prensibi gösterilen RO algoritması, karar ormanındaki her bir ağaç modeli oluşturulmasında kullanılacak eğitim veri setini orijinal eğitim veri seti içerisinden rastgele seçilen veri setleri yardımıyla gerçekleştirir. Söz konusu rastgele örneklenen veri setinin 2/3'ü karar ağacı yapısını oluşturmak için kullanılırken 1/3'lük kısmı oluşturulan karar ağacı modelinin geçerliliğini test etmek için kullanılır. Ormandaki her bir ağaç yapısı rastgele seçilen veri setleri ile oluşturulduğundan belirli bir örnek için farklı tahminler üretebilmektedir. Bu durum ormandaki çeşitlilik (diversity) kavramıyla açıklanmaktadır. Bu nedenle, sınıf etiketi belli olmayan bir örneğin sınıflandırılması işleminde, karar ormanındaki her bir ağaç modelinin tahminleri ağırlıklı oylama (majority voting) prensibinden hareketle birleştirilerek örneğe ilişkin nihai sınıflandırma işlemi gerçekleştirilir. Diğer bir ifadeyle, sınıf etiketi bilinmeyen herhangi bir örnek, tüm ağaç tahminlerinde en fazla oy alan sınıfa atanması suretiyle sınıflandırılır.



Şekil 3. Rastgele orman algoritmasının temel çalışma prensibi.

3.2. Rotasyon orman

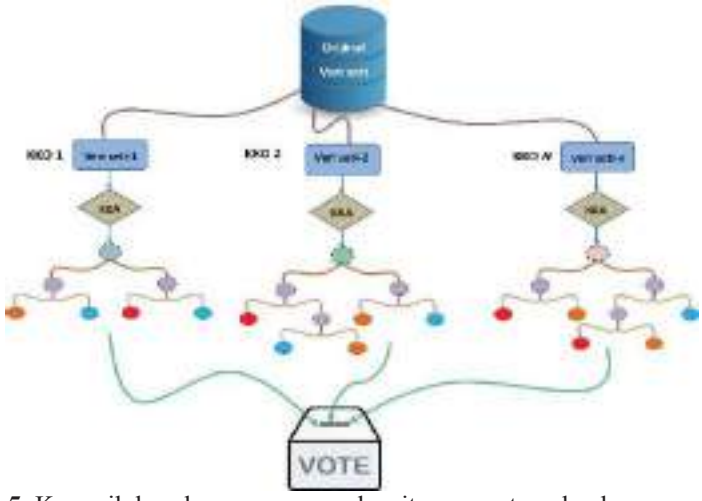
Rotasyon orman (RotOr) algoritması gelişmiş bir karar ormanı yaklaşımı olarak son yıllarda uzaktan algılanmış görüntülerin sınıflandırılmasında başarıyla kullanılmaktadır (Rodríguez vd. 2006; Kavzoglu ve Colkesen 2013; Zhang vd. 2018). RotOr algoritması temel sınıflandırıcı olarak karar ağaçlarını esas almakta ve ormandaki ağaç yapılarının oluşturulmasında rastgele seçilen veri setlerinin kullanılmasını esas aldığından RO algoritmasının gelişmiş bir versiyonu olarak ifade edilebilir. Aradaki en önemli fark ormandaki çeşitliliğin arttırılmasına yönelik olarak, ağaç oluşumunda rastgele seçilen örneklerin direkt olarak kullanılması yerine, seçilen örneklere ilk önce temel bileşenler analizinin uygulanması ve dönüşüm neticesinde elde edilen bileşenler yardımıyla ağaç yapılarının oluşturulmasıdır (Şekil 4). Diğer bir ifadeyle, ormandaki her bir karar ağacının eğitiminde kullanılacak veri seti temel bileşenler analizi yardımıyla belirlenmektedir. Temel bileşenler analizi ile ayırt ediciliği en yüksek olan özellikler (bantlar) belirlenmektedir. Veri setindeki değişkenliği arttırmak için dönüşüm neticesinde elde edilen tüm bileşenler dikkate alınır. Sınıf etiketi belli olmayan herhangi bir örneğe ilişkin nihai sınıflandırma işlemi ormandaki tüm ağaçlara ilişkin tahminlerin ağırlıklı oylama yaklaşımı ile birleştirilmesi neticesinde gerçekleştirilir.



Şekil 4. Rotasyon ormanı algoritmasının temel çalışma prensibi.

3.3. Kanonik Korelasyon Ormanı

Rainforth ve Wood (2015) tarafından önerilen kanonik korelasyon ormanı (KKO) karar ağaçlarını esas alan yeni nesil bir karar ormanı algoritmasıdır. Algoritmanın temel çalışma prensibi klasik karar ormanı yaklaşımlarına benzer şekilde olup, orman içerisindeki her bir karar ağacı modeli kanonik korelasyon analizi (KK) neticesinde elde edilen bileşenler kullanılarak oluşturulur (Şekil 5). Diğer bir ifadeyle, rastgele orman yönteminde olduğu gibi her bir ağaç modeli oluşumunda kullanılmak üzere orijinal veri seti içerisinden rastgele seçilen örneklerin kullanılması yerine, rastgele seçilen örneklere öncelikle KK analizi uygulanır ve elde edilen bileşenler ağaç oluşumunda dikkate alınır. Karar ağaçlarının eğitiminde ve model oluşumunda KK analizi ile elde edilen bileşenler kullanıldığından, oluşturulan ağaç modeli kanonik korelasyon ağacı olarak isimlendirilmektedir. KK analizi iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkilerin incelenmesinde kullanılan bir dönüşüm tekniği olup, KKO algoritması oluşumunda eğitim veri setindeki sınıflar ile özellikler (bantlar) arasındaki korelasyonu maksimum olmasını sağlayan özellik dönüşümleri gerçekleştirilir (Çölkesen ve Kavzoğlu, 2017).



Şekil 5. Kanonik korelasyon ormanı algoritmasının temel çalışma prensibi.

4. UYGULAMA

Uygulama kapsamında AVIRIS ve ROSIS hiperspektral görüntülerinin sınıflandırılması ve tematik harita üretiminde RotOr, KKO ve RO sınıflandırıcıları değerlendirmeye alınmıştır. Sınıflandırma modellerinin oluşturularak kontrollü sınıflandırma işleminin gerçekleştirilmesi amacıyla her iki görüntü için mevcut bulunan yer doğrulama verileri içerisinden her bir sınıf için toplam örnek sayısının %10'u eğitim veri seti için kullanılırken, geri kalan pikseller oluşturulan sınıflandırma modellerinin performans analizinde kullanılmak üzere test veri seti olarak kullanılmıştır (Çizelge 1). RotOr, KKO ve RO algoritmaları ile toplu öğrenme modeli veya karar ormanı oluşumunda

değerlendirmeye alınacak ağaç sayısı kullanıcı tarafından belirlenen bir parametredir. KKO algoritmasının en önemli özelliklerinden birisi kullanılacak ağaç sayısının algoritmanın sınıflandırma performansında anlamlı değişiklikler ortaya çıkarmaması olarak ifade edilmektedir. Bu KKO algoritması için ağaç sayısı standart olarak 200 olarak önerilmiş ve uygulamada her iki görüntü için bu ağaç sayısı esas alınmıştır. RO ve RotOr algoritmaları için ağaç sayısı 5-katlı çapraz geçerlilik yaklaşımıyla belirlenmiştir. Sonuç olarak RotOr için ağaç sayısı AVIRIS görüntüsü için 200, ROSIS görüntüsü için 100 olarak belirlenirken; RO algoritması için ağaç sayısı AVIRIS görüntüsü için 200, ROSIS görüntüsü için 500 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 1. Indian Pine (AVIRIS) ve Pavia Üniversitesi (ROSIS) hiperspektral uydu görüntülerine ilişkin arazi örtüsü sınıfları ve toplam örnek piksel sayıları.

Indian Pine (AVIRIS) görüntüsü			***Pavia Üniversitesi (ROSIS) görüntüsü***		
Sınıf No	**Arazi örtüsü sınıfı**	**Piksel sayısı**	**Sınıf No**	**Arazi örtüsü sınıfı**	**Piksel sayısı**
1	Alfaalfa (Yonca)	54	1	Asphalt (Asfalt)	6631
2	Corn-notill (Mısır-işlenmemiş toprak)	1434	2	Meadow (Çim)	18649
3	Corn-mintill (Mısır- az işlenmiş toprak)	834	3	Gravel (Çakıl)	2099
4	Corn (Mısır)	234	4	Tree (Ağaç)	3064
5	Grass-pasture (Çayır-otlak)	497	5	Metal Sheet (Metal sac)	1345
6	Grass-trees (Çayır-ağaç)	747	6	Bare Soil (Bozkır)	5029
7	Grass-pasture-mowed (Biçilmiş-çayır-otlak)	26	7	Bitumen (Zift)	1330
8	Hay-windrowed (Saman)	489	8	Brick (Tuğla)	3682
9	Oats (Yulaf)	20	9	Shadow (Gölge)	947
10	Soybean-notill (Soya fasulyesi -işlenmemiş toprak)	968			
11	Soybean-mintill (Soya fasulyesi- az işlenmiş toprak)	2468			
12	Soybean-clean (Soya fasulyesi)	614			
13	Wheat (Buğday)	212			
14	Woods (Orman)	1294			
15	Buildings-Grass-Trees-Drives (Binalar-çayır-ağaç)	380			
16	Stone-Steel-Towers (Taş-çelik-kuleler)	95			
	Toplam	***10.366***		***Toplam***	***42.776***

Toplu öğrenme algoritmaları için tespit edilen optimum parametre değerleri ile AVIRIS ve ROSIS görüntüleri için sınıflandırma modelleri oluşturulmuş ve RotOr, KKO ve RO algoritmalarının test veri seti için hesaplanan genel sınıflandırma doğrulukları, Kappa değerleri ve ölçülen işlem zamanı Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelgede her iki uydu görüntüsü için hesaplanan en yüksek sınıflandırma doğrulukları, Kappa değerleri ve en düşük işlem süresi koyu olarak gösterilmiştir. Çizelgeden de görüleceği üzere özellikle tarımsal ürünlerin spektral olarak büyük benzerlikler gösterdiği 16 arazi örtüsü sınıfını içeren AVIRIS görüntüsünün sınıflandırılmasında KKO algoritması ile hesaplanan genel doğruluklar ve Kappa değerleri RotOr algoritmasına göre %5, RO algoritmasına göre %12 daha yüksektir.

Çizelge 2. RotOr, KKO ve RO algoritması için hesaplanan doğruluk ölçütleri.

	Indian Pine (AVIRIS) görüntüsü			***Pavia Üniversitesi (ROSIS) görüntüsü***		
Algoritma	Genel doğruluk (%)	Kappa değeri	İşlem süresi (saniye)	Genel doğruluk (%)	Kappa değeri	İşlem süresi (saniye)
RotOr	82,27	0,796	21,58	92,85	0,908	30,34
KKO	**87,13**	**0,852**	26,76	**94,32**	**0,924**	24,16
RO	74,78	0,709	**3,31**	89,35	0,856	**19,88**

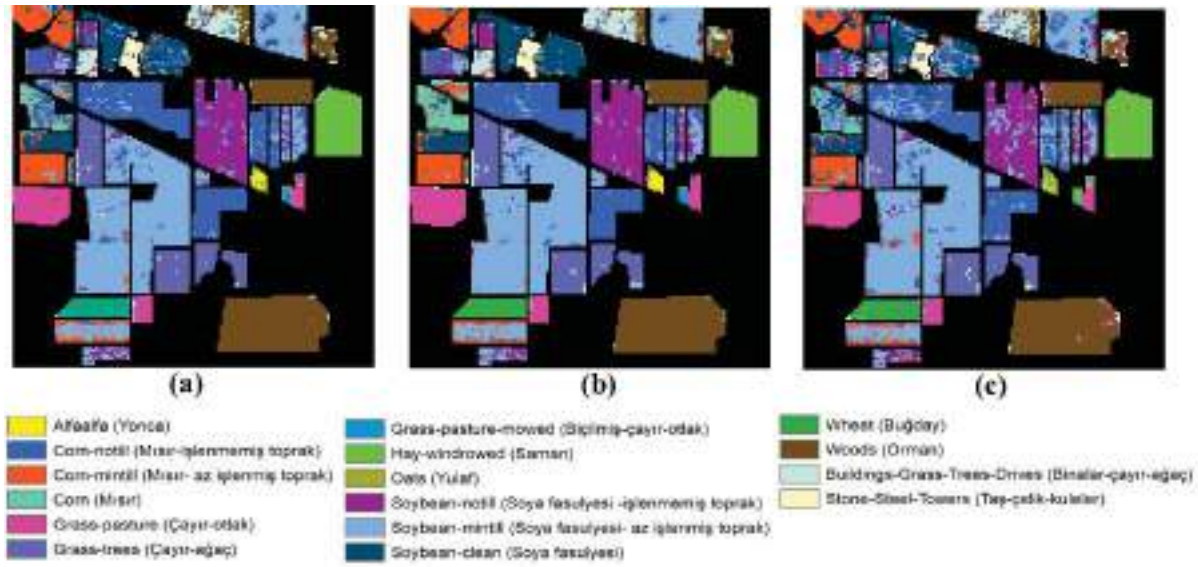
Diğer taraftan farklı yapı malzemeleri ile inşa edilen yapılaşmış alanların yoğun olduğu ROSIS görüntüsünün sınıflandırılması neticesinde KKO algoritması kullanımı ile RotOr algoritmasına göre %2, RO algoritmasına göre %5 daha doğru sınıflandırma sonuçları elde edilmiştir. Sınıflandırma doğrulukları arasındaki söz konusu farklılıkların McNemar's testi sonuçlarına göre istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür. Elde edilen bu sonuçlar özellikle uygulamada dikkate alınan karmaşık yapılı hiperspektral verilerin sınıflandırılmasında kanonik korelasyon ormanı algoritmasının daha başarılı sonuçlar verdiğini göstermektedir. Toplu öğrenme modeli oluşumunda ihtiyaç duyulan işlem süresi açısından sonuçlar ele alındığında RO orman algoritmasının RotOr ve KKO algoritmalarına göre çok daha hızlı oluğu görülmektedir.

Karar ormanı gibi tek bir sınıflandırıcının kullanıldığı toplu öğrenme algoritmalarının sınıflandırma işlemindeki başarısı, ormandaki her bir ağacın farklı eğitim verileri kullanılarak oluşturulması veya karar ormanı içerisindeki çeşitliliğin sağlanmasıyla doğrudan ilişkilidir (Diez-Pastor vd. 2015). Bu nedenle uygulama kapsamında RotOr, KKO ve RO algoritmalarına ilişkin hesaplanan sınıflandırma doğrulukları ve karar ormanındaki çeşitlilik arasındaki ilişkinin ortaya koyulması amacıyla Kuncheva ve Whitaker (2003) tarafından önerilen 3 farklı çeşitlilik ölçütü (Q-istatistiği, korelasyon katsayısı ve entropi) değerlendirmeye alınmıştır. Q-istatistiği (Q) iki sınıflandırma sonucu arasındaki benzerliği ölçerken, korelasyon katsayısı (ρ) ise iki sınıflandırma sonucu arasındaki korelasyonu ölçmektedir. Dolayısıyla düşük Q ve ρ değerleri çeşitliliğin daha yüksek olduğunu ifade etmektedir. Entropi (Ent) ölçütü 0 ile 1 arasında değerler alırken, 0 sınıflandırma sonuçları arasında farklılık olmadığını, 1 farklılık olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla yüksek Ent değerleri çeşitliliğin yüksek olduğunu ifade etmektedir. RotOr, KKO ve RO için hesaplanan istatistiki değerler Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği üzere her iki hiperspektral görüntü içinde en yüksek entropi değeri ile en düşük Q ve ρ değerlerine KKO algoritması ile ulaşılmıştır. Elde edilen bu sonuç, hesaplanan sınıflandırma doğruluklarına paralel olup, karar ormanındaki çeşitliliğin sınıflandırma doğruluğu ile ilişkili olduğunu destekler niteliktedir.

Çizelge 3. RotOr, KKO ve RO algoritması için hesaplanan çeşitlilik ölçütlerine ilişkin istatistiki sonuçlar.

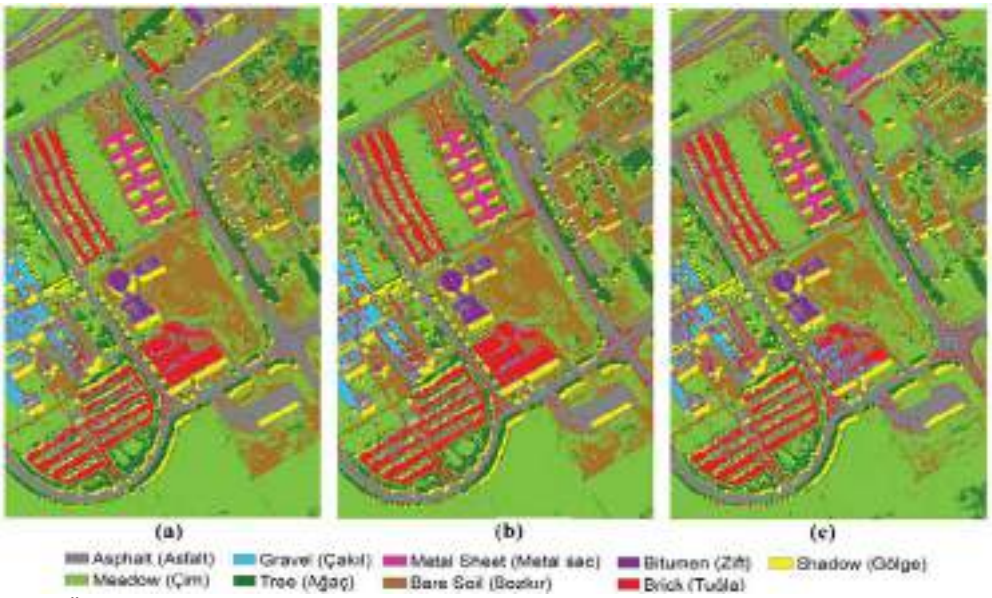
	Indian Pine (AVIRIS) görüntüsü			***Pavia Üniversitesi (ROSIS) görüntüsü***		
Algoritma	Q (↓)	ρ (↓)	Ent (↑)	Q (↓)	ρ (↓)	Ent (↑)
RotOr	0,5609	0,2979	0,4903	0,6851	0,2838	0,2501
KKO	**0,5074**	**0,2573**	**0,5061**	**0,6728**	**0,2731**	**0,2927**
RO	0,6054	0,3324	0,4779	0,7140	0,3387	0,2483

AVIRIS ve ROSIS hiperspektral görüntüleri için oluşturulan RotOr, KKO ve RO sınıflandırma modelleri her iki görüntüye uygulanarak tematik haritalar üretilmiştir. Indian Pine (AVIRIS) görüntüsü için RotOr, KKO ve RO toplu öğrenme modelleri ile üretilen tematik haritalar Şekil 6'da verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere RO algoritması ile üretilen tematik haritada (Şekil 6c) 16 sınıfı temsil eden pikseller arasındaki hatalı sınıflandırmaların çok fazla olduğu dolayısıyla tematik harita doğruluğunun diğer algoritmalara göre düşük olduğu açıkça görülmektedir. Diğer taraftan, tematik haritaların görsel analizi neticesinde KKO ile üretilen tematik haritada (Şekil 6b) sınıflar arasındaki ayrımın daha kolay olduğu ifade edilebilir. Özellikle sınırlı sayıda yer doğrulama verisine sahip yulaf (20 piksel), biçilmiş-çayır-otlak (26 piksel) ve yonca (54 piksel) sınıfları için KKO algoritması ile daha doğru bir sınıflandırma yapıldığı görülmektedir.



Şekil 6. Indian Pine (AVIRIS) görüntüsü için a) RotOr, b) KKO ve c) RO ile üretilen tematik haritalar.

Pavia Üniversitesi (ROSIS) görüntüsü için RotOr, KKO ve RO toplu öğrenme modelleri ile üretilen tematik haritalar Şekil 7'de verilmiştir. Şekilden de görüleceği RotOr ve KKO algoritmaları yardımıyla üretilen tematik haritalar ROSIS görüntüsü için mevcut 9 arazi örtüsü sınıfının temsiliyeti noktasında daha başarılıdır. Özellikle su geçirimsiz yüzeyler olarak bilinen metal sac, tuğla, asfalt, çakıl ve zift sınıflarını temsil eden pikseller söz konusu haritalarda daha doğru bir şekilde sınıflandırılmıştır. Diğer taraftan RO algoritması ile üretilen tematik haritada benzer spektral özelliklere sahip çim, ağaç ve bozkır sınıflarını temsil eden pikseller arasındaki hatalı sınıflandırmaların daha fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 7. Pavia Üniversitesi (ROSIS) görüntüsü için a) RotOr, b) KKO ve c) RO ile üretilen tematik haritalar. [1]

5. SONUÇ

Bu çalışmada, karar ormanı olarak bilinen özellikle son yıllarda yaygın olarak kullanılan rastgele orman (RO) algoritmasının performansını arttırmak üzere geliştirilen rotasyon orman (RotOr) ve kanonik korelasyon orman (KKO) algoritmalarının hiperspektral görüntülerin sınıflandırılmasındaki performansları istatistiksel yaklaşımlarla detaylı bir şekilde incelenmiştir. Hiperspektral görüntülerin sınıflandırılmasında karar ormanı algoritmalarının kullanılmasına ilişkin elde edilen sınıflandırma sonuçlarından bazı önemli bulgular elde edilebilir. Sınıflandırma performansları açısından sonuçlar ele alındığında, özellikle benzer spektral özelliklere sahip 16 arazi örtüsü sınıfı için sınırlı sayıda yer doğrulama verisi içeren Indian Pine (AVIRIS) görüntüsünün sınıflandırılmasında KKO algoritması kullanımıyla sınıflandırma doğruluğunda RotOr algoritmasına göre %5, RO algoritmasına göre %12'ye varan seviyelerde artış olduğu görülmektedir. Diğer taraftan, Pavia Üniversitesi (ROSIS) görüntüsüne ilişkin sınıflandırma sonuçları KKO algoritması ile ağırlıklı olarak su geçirimsiz yüzeylerden oluşan 9 arazi örtüsü sınıfını temsil eden piksellerin sınıflandırılmasında KKO algoritmasının RotOr algoritmasına göre %2, RO algoritmasına göre %5 düzeyinde daha doğru sonuçlar ürettiğini göstermektedir. Her iki görüntü için sınıflandırma doğruluğunda bu düzeyindeki söz konusu iyileşmeler McNemar's test sonuçlarına göre istatistiksel olarak anlamlı olup, KKO algoritmasının sınıflandırma işlemindeki üstünlüğünü destekler niteliktedir. Bu durum kanonik korelasyon analizinde sadece bantlar arasındaki korelasyona değil bantlar ile sınıflar arasındaki korelasyonunda dikkate alınmasının bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Sınıflandırma işlemi için gerekli işlem süresi açısından sonuçlar ele alındığında, RO algoritması diğer algoritmalara göre oldukça az işlem süresi gerektirdiği tespit edilmiş olup, algoritmanın problem çözmedeki hızı literatürdeki birçok çalışmayı destekler niteliktedir. Karar ağaçlarını esas alan homojen yapılı toplu öğrenme algoritmalarının performansı çeşitlilik (diversity) ve doğruluk arasındaki ilişki ele alındığında, KKO algoritmasının her iki görüntü için yüksek doğrulukta sonuçlar ürettiği ve aynı zamanda çalışmada ele alınan çeşitlilik ölçütlerine göre (Q-istatistiği, korelasyon katsayısı ve entropi) ormandaki ağaçların çeşitliliği noktasında daha başarılı olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuç, karar ormanı olarak bilinen toplu öğrenme yaklaşımlarının kullanımında ormandaki çeşitliliğin sınıflandırma doğruluğu ile yakın ilişkili olduğu göstermektedir. Tüm sonuçlar bir arada ele alındığında, spektral olarak benzer özelliklere sahip arazi örtüsü sınıflarını içeren hiperspektral özellikteki görüntülerin sınıflandırılması gibi karmaşık yapılı sınıflandırma problemlerinin çözümünde KKO ve RotOr olarak adlandırılan güncel karar ormanı algoritmalarının daha başarılı olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

Belgiu, M., Drăguţ, L., 2016. Random Forest in Remote Sensing: A Review of Applications and Future Directions. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 114, 24-31.

Breiman, L., 2001. Random forests. *Machine Learning*, 45(1), 5-32.

Chan, J. C. W., Paelinckx, D., 2008. Evaluation of Random Forest and Adaboost tree-based ensemble classification and spectral band selection for ecotope mapping using airborne hyperspectral imagery. *Remote Sensing of Environment*, 112(6), 2999-3011.

Çölkesen, İ., 2017. Fonksiyonel Ağaçlar ile Obje-Tabanlı Sınıflandırma: WorldView-2 Uydu Görüntüsü Örneği", *Harita Dergisi*, 157(1),9-21.

Çölkesen, İ., Kavzoglu, T., 2017. Kanonik Korelasyon Orman Algoritması ile Uzaktan Algılanmış Görüntülerin Sınıflandırılması, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17(1) Özel Sayı, 102-111.

Dietterich, T. G., 2000. An Experimental Comparison of Three Methods for Constructing Ensembles of Decision Trees: Bagging, Boosting, and Randomization. *Machine Learning*, 40(2), 139-157.

Diez-Pastor, J. F., Rodriguez, J. J., Garcia-Osorio, C. I., Kuncheva, L. I., 2015. Diversity Techniques Improve the Performance of the Best Imbalance Learning Ensembles. *Information Sciences*, 325, 98-117.

Ghamisi, P., Plaza, J., Chen, Y. S., Li, J., Plaza, A., 2017. Advanced Spectral Classifiers for Hyperspectral Images A review. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 5(1), 8-32.

Kavzoglu, T., Colkesen, I., 2013. An Assessment of Effectiveness of Rotation Forest Ensemble for Land Use and Land Cover Mapping, *International Journal of Remote Sensing*, 34(12), 4224-4241.

Kuncheva, L.I., Whitaker, C. J., 2003, Measures of Diversity in Classifier Ensembles and Their Relationship with The Ensemble Accuracy. *Machine Learning,* 51(2), 181-207.

Li, M., Zang, S. Y., Zhang, B., Li, S. S., Wu, C. S., 2014. A Review of Remote Sensing Image Classification Techniques: the Role of Spatio-contextual Information. *European Journal of Remote Sensing*, 47, 389-411.

Lu, D., Weng, Q., 2007. A Survey of Image Classification Methods and Techniques for Improving Classification Performance. *International Journal of Remote Sensing*, 28(5), 823-870.

Maxwell, A. E., Warner, T. A., Fang, F., 2018. Implementation of Machine-learning Classification in Remote Sensing: An Applied Review. *International Journal of Remote Sensing*, 39(9), 2784-2817.

Rainforth, T., Wood, F., 2015. Canonical Correlation Forests. https://arxiv.org/pdf/1507.05444.pdf (Erişim zamanı 21.06.2018).

Ren, Y., Zhang, L., Suganthan, P. N., 2016. Ensemble Classification and Regression-Recent Developments, Applications and Future Directions. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, 11(1), 41-53.

Rodríguez, J. J., Kuncheva, L. I., 2006. Rotation Forest: A New Classifier Ensemble Method. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 28(10), 1619-1630.

Rokach, L., 2010, Ensemble-based Classifiers. *Artificial Intelligence Review*, 33(1-2), 1-39.

Rokach, L., 2016, Decision Forest: Twenty Years of Research. *Information Fusion*, 27, 111-125.

Sagi, O., Rokach, L., 2018. Ensemble learning: A survey. *Wiley Interdisciplinary Reviews-Data Mining and Knowledge Discovery*, 8(4).

Tso, B., Mather, P. M., 2009. *Classification Methods for Remotely Sensed Data*, 2nd, London: Taylor & Francis.

Xia, J. S., Du, P. J., He, X. Y., Chanussot, J., 2014. Hyperspectral Remote Sensing Image Classification Based on Rotation Forest. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 11(1), 239-243.

Zhang, H. S., Wang, T., Liu, M. F., Jia, M. M., Lin, H., Chu, L. M., Devlin, A. T., 2018. Potential of Combining Optical and Dual Polarimetric SAR Data for Improving Mangrove Species Discrimination Using Rotation Forest. Remote Sensing, 10(3).

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6167

HİPERSPEKTRAL GÖRÜNTÜLERİN OTO-KODLAYICI DERİN ÖĞRENME İLE SINIFLANDIRILMASI

Mehmet Akif GÜNEN[1], Ümit Haluk ATASEVER[2],Erkan BEŞDOK[3]

[1]Araş.Gör., Erciyes Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 38039, Talas, Kayseri, akif@erciyes.edu.tr
[2]Dr.Öğr.Üyesi., Erciyes Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 38039, Talas, Kayseri, uhatasever@erciyes.edu.tr
[3]Prof.Dr., Erciyes Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 38039, Talas, Kayseri, ebesdok@erciyes.edu.tr

ÖZET

Yapay sinir ağları makine öğrenimi alanındaki birçok problemde sıklıkla kullanılmaktadır. Yapay sinir ağları ilk ortaya çıktıklarında donanım yetersizliği sebebiyle çok fazla ilgi görememiş olsa da günümüzde GPU teknolojisindeki önemli gelişmeler sayesinde birçok farklı disiplin tarafından kullanılmaktadır. Örüntü tanıma, medikal uygulamalar, ses tanıma, otonom sürüş ve görüntü sınıflandırma gibi geniş bir yelpazede makine öğrenimi uygulamaları yapılmaktadır. Bütün bu çalışma alanlarının hepsinin ortak problemi verinin ne şekilde temsil edildiğine bağlı olarak değişen performanslarıdır. Bundan dolayı veriyi en iyi şekilde temsil edecek özniteliklerin çıkartılarak daha iyi sınıflandırma performansı sağlanabilmektedir. Derin öğrenme yöntemleri herhangi bir veri ön işlemesi yapmadan veriyi en iyi temsil eden öznitelikleri çıkartır. Yığınlanmış Autoencoder yapısı giriş verisinden yeni öznitelik bilgisi üreten Oto-Kodlayıcılardan (OK) oluşur. OKlar giriş verisini gizli katmanlardan geçirerek özyinelemeli olarak farklı bir şekilde temsil edilmesini sağlarlar. Problemlerin tipine bağlı olarak bir veya birden fazla OKlar birbiri arkasına bağlanabilir. OK ile işlenen verinin sınıflandırılması için kullanılan ve mantıksal regresyonun genişletilmiş bir formu olan Softmax, Yığınlanmış Autoencoder yapısının son adımı olarak kullanılabilmektedir. Bu çalışmada, çalışma alanı olarak AVIRIS sensörü ile elde edilen 16 farklı sınıf etiket değerine sahip, 200 bantlı Indian Pines ve 7 farklı sınıf etiket değerine sahip Salinas-A veri seti kullanılmıştır. Çalışma kapsamında iki katmanlı Yığınlanmış Oto-Kodlayıcı yapısı kullanılarak rastgele belirlenen test alanındaki sınıflandırma doğruluğunu en fazla yapan parametre (Saklı katman sayıları, epok sayıları, transfer fonksiyonları) değerleri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar kendi içinde değerlendirildikten sonra Destek Vektör Makineleri, Karar ağaçları, Diskriminant Analizi, k-En Yakın Komşuluk, Torbalama-Karar Ağaçları ve Rastgele Alt Uzay k-En Yakın Komşuluk yöntemleri ile elde edilen test doğruluğu ile karşılaştırılmıştır. Derin öğrenme yapısı donanıma bağlı olarak oldukça yavaş çalışmasından dolayı parametre belirleme işlemi oldukça zordur. Buna karşın GPU teknolojisindeki hızlı gelişmeler bu durumu tersine çevirmektedir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda Yığınlanmış Oto-Kodlayıcı tekniğinin diğer yöntemlerden daha başarılı sonuçlar elde ettiği görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: derin öğrenme, hiperspektral görüntüler, Oto-Kodlayıcı, sınıflandırma

ABSTRACT

CLASSIFICATION OF HYPERSPECTRAL IMAGES WITH AUTOENCODER DEEP LEARNING

Artificial neural networks are frequently used in many problems in the field of machine learning. Although artificial neural networks have not shown much interest due to lack of hardware when they first appeared, they are now being used by many different disciplines due to significant improvements in GPU technology. A wide range of machine learning applications such as pattern recognition, medical applications, speech recognition, autonomous driving and image classification are being implemented. The common problem of all of these workspaces is their varying performance, depending on how the data is represented. Therefore, better classification performance can be achieved by extracting he attributes that best represent the data. Deep learning methods extract the best representations of the data without pre-processing any data. The stacked Autoencoder structure consists of Autoencoder (AE) which generates new attribute information from the input data. The AEs pass input data through hidden layers, allowing them to be recursively represented in a different way. Depending on the type of problems, one or more AEs can be connected one after the other. Softmax, an extended form of logical regression used for the classification of AE-processed data, can be used as the last step of the stacked Autoencoder structure. In this study, "Indian Pines" with 16 different class label values and "Salinas" data set with 7 different class label values obtained with AVIRIS sensor were used as the study area. In the study, the parameters (hidden layer numbers, epoch numbers, and transfer functions) that maximize the classification accuracy of the randomly determined test were investigated using the two-layer Stacked Autoencoder structure. After the obtained results are evaluated in themselves, they are compared with the test accuracy obtained by Support Vector Machines, Decision Trees, Discriminant Analysis, k-Nearest Neighborhood, Bagging-Decision Trees and Random Subspace k-Nearest Neighborhood methods. Due to the fact that the deep learning structure works quite slowly depending on the equipment, parameter setting is very difficult. However, the rapid development on GPU technology is reversing this situation. Experimental studies have shown that the Stacked Autoencoder technique is more successful than the other methods.

Keywords: deep learning, hyperspectral images, Autoencoder, classification

1. GİRİŞ

Hiperspektral görüntü işleme yöntemi son yıllarda oldukça popüler bir konudur. Yeryüzü hakkında bilgi elde etmek için çeşitli sayıda sensörlerle donatılmış çok fazla sayıda hiperspektral uzaktan algılama uyduları vardır. Elektromanyetik spektrumda görünür bölge ile kızılötesi bölge arasında kalan alanın algılanmasında hiperspektral görüntüleme sistemleri kullanılmaktadır. Klasik algılama sistemlerine göre daha fazla bant sayısı içerirler ve bundan dolayı da daha dar bant genişliklerine sahiptirler. Birbirinden bağımsız farklı disiplinler tarafından çeşitli amaçlarla kullanılmakta olan hiperspektral görüntüler uzaktan algılama, tarım, askerî amaç, doğal felaket tespitleri ve bölgesele planlamalarda kullanılmaktadır. Özellikle yeryüzü kullanım türlerinin belirlenmesi, madencilik uygulamaları, jeolojik çalışmalar için farklı spektral aralıklarda yüksek bant sayısına sahip görüntüler etkili olmaktadır. Hiperspektral veriler yüksek boyutlarından dolayı işlenebilir hâle gelmesi için ön-işlemden geçirilebilirler (Ergül, 2013). Çizelge 1'de günümüzde sıklıkla kullanılan bazı Hiperspektral algılama sistemlerinin taşıyıcı platformları, kamera spektral aralığı, bant sayısı ve algılayıcıları verilmiştir (Ergül, 2013; Varshney ve Arora, 2004). Yüksek boyuttaki veriler bant azaltımı veya özellik seçimi yapılarak daha kolay işlenebilir hâle getirilebilirler. Bu işlemler veriyi temsil eden öz bilginin kalmasını sağlarken fazla bilgilerin de kullanılmamasını sağlar. Bu sebepten dolayı kullanılan veri setinde herhangi bir ön işlem yapılamamıştır. Güneşten gelen ışınlar değişik karakteristik yüzeylerde farklı dalga boylarında ve aralıkta yansıma yaparak pasif görüntüleme sistemi olan Hiperspektral görüntüleme aygıtlarınca yakalanırlar. Multispektral ve geniş bant görüntüleme sistemlerine göre daha dar bant genişliğine ve daha fazla bant sayısına sahip olan Hiperspektral görüntüleme sistemleri sayesinde farklı yansıtma özelliğine sahip nesnelerin tespit edilmesinde işlem yükü bakımından daha fazla olsa da sınıflandırma başarısı göz önüne alındığında daha etkili sonuç ürettiği görülmektedir (Atasever vd., 2018). Şekil 1'de Elektromanyetik spektrum üzerinde algılama sistemlerinin gösterimi yapılmıştır.



Şekil 1. Çeşitli Algılama Sistemlerinin Elektromanyetik Spektrum Üzerinde Gösterimi.

Hiperspektral görüntüleri çeşitli sınıflandırma teknikleri kullanılarak yorumlanabilir. Sınıflandırma kontrollü veya kontrolsüz olarak yapılabilir. Sınıflandırma problemini gerçekleştirmek için literatürde Destek Vektör Makineleri, Karar ağaçları, Diskriminant Analizi, k-En Yakın Komşuluk, Torbalama-Karar Ağaçları, yöntemleri, yapay sinir ağları, meta-sezgisel yöntemler (Akgün vd., 2004; Çivicioğlu vd., 2016; Friedl ve Brodley, 1997; Teke ve Sakarya, 2013; Varshney ve Arora, 2004) gibi sınfılandırma yöntemler ile K-Ortalamalar, Bulanık C-Ortalamalar , Markov Rastgele Alanlar (Cohen vd., 1991; Hung vd., 2011) yöntemi gibi kümeleme yöntemleri vardır. Son yıllarda GPU teknolojisindeki ilerleme ile birlikte derin öğrenme ağları (DÖA) da sivil kullanıcılar tarafından oldukça yoğun olarak kullanılmaktadır. Özellikle kompleks sınıflandırma problemlerin çözümü için kullanılan derin öğrenme ağları, öznitelik boyutunun yüksek olduğu hiperspektral görüntülerde de etkili sonuçlar üretmektedir (Liu vd., 2017). Sınıflandırma problemlemlerinde, Oto-Kodlayıcı derin öğrenme ağları veriden yeni öznitelikler üreterek veriyi daha iyi temsil etmektedir (Ma vd., 2016).

Çizelge 1. Sıklıkla kullanılan hiperspektral sistemler ve özellikleri.

Hava Aracı	Algılayıcıları	Bant Sayısı	Spektral Aralık
AAHIS (Advanced Airborne Hyperspectral Imaging Sensors)	STI Industries	288	0.4–0.8 µm
AHI (Airborne Hyperspectral Imager)	University of Hawaii R&D	210	7.9–11.5 µm

TRWIS III	TRW Corporation	384	0.3–2.5 µm
AVIRIS (Airborne Visible Infrared Imaging Spectrometer)	NASA Jet Propulsion Lab.	224	0.4–2.5 µm
COMPASS	Army Night Vision and Electronic Sensors Directorate (NVESD)	384	0.4–2.35 µm
HYDICE (Hyperspectral Digital Imagery Collection Experiment)	Naval Research Lab	210	0.4–2.5 µm
OMIS	SITP	128	0.4–12.5 µm
ARCHER (Airborne Real-time Cueing Hyperspectral Enhanced Reconnaissance)	NovaSol CorpCivil Air Patrol	512	0.5–1.1 µm

Bu çalışmada, önerilen bir yöntemin kalitesini test etmek için yer gerçeklik referansı mevcut veri setine ihtiyaç duyulduğundan dolayı Salinas-A ve Indian Pines Hiperspektral veri setleri kullanılmıştır. Veri seti Oto-Kodlayıcı derin öğrenme ile sınıflandırılmıştır. En iyi sınıf doğruluğuna sahip parametreler kullanılarak yapılan sınıflandırma sonucu, Destek Vektör Makineleri, Karar ağaçları, Diskriminant Analizi, k-En Yakın Komşuluk, Torbalama-Karar Ağaçları ve Alt Uzay k-En Yakın Komşuluk yöntemleri ile ayrıca karşılaştırılmıştır.

2.DERİN ÖĞRENME YAPISI

Makineöğreniminin bir çeşidi olan derin öğrenme; boyut azaltma, özellik çıkartma ve veri dönüşümü için doğrusal olmayan işlemler uygulamaktadır. Katman yapısında, sıralı her katman kendinden önceki çıktıyı kendisine girdi olarak kullanır (Sainath vd., 2012). Bu çalışmada oto-kodlayıcılı derin öğrenme yapısı ve bu yapı ile birlikte çalışan softmax katmanı hiperspektral görüntünün sınıflandırılması için kullanılmıştır.

2.1. Oto-Kodlayıcı

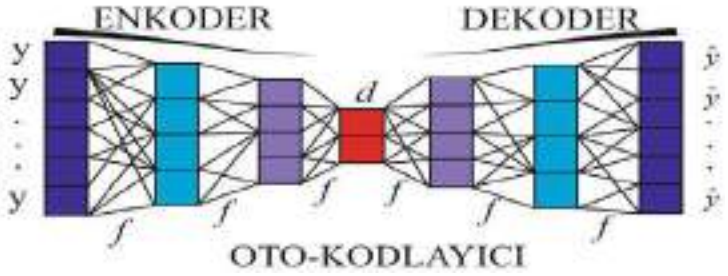
Oto-Kodlayıcılar görüntü ve sinyal işleme konularında boyut düşürme, gürültü giderme ve sınıflandırma işlemlerinde başarılı sonuçlar üretmektedir (Kim, 2014; Le, 2015; Vincent vd., 2008). Oto-Kodlayıcılar, veri eğitiminde kendi ürettikleri verileri tekrar kendi öğrenen öz-öğrenimli bir modeldir. Oto-Kodlayıcılar enkoder ve dekoder olmak üzere iki yapıdan oluşur. Temel olarak enkoder aşamasında veri bir transfer fonksiyonu ile kendisinden farklı boyutta yeni bir veriye dönüştürülür. Tıpkı insan beyni gibi veri daha az veri ile temsil edilebilir veya daha az veriden daha fazla veri üretilebilir. Oto-Kodlayıcı yapısında enkoderin giriş verileri ile gizli katmandan gelen çıkış verisi arasındaki ilişkiyi L enkoder yapısındaki gizli katman sayısı ve giriş vektörü $y = [y_1 \quad y_2 \quad ... \quad y_K]^T$ olmak üzere giriş-çıkış ilişkisi Eşitlik 1'de verilmiştir.

$$d = f(\mathrm{y};\mathrm{w},\mathrm{b}) \tag{1}$$

Burada; $b = [b_1 \quad b_2 \quad ... \quad b_L]^T$, $w = [w_1 \quad w_2 \quad ... \quad w_L]^T$ enkoder yapısının çıkış vektörlerine etkiyen iç parametrelerdir. Dekoder aşamasında değiştirilen veri transfer fonksiyonu yardımıyla kendisiyle aynı boyutta yeni bir veriye dönüştürülür. Bu işlemler gizli katmanlar aracılığıyla yapılır ve problem türüne göre değişkenlik göstermektedir. Enkoder yapısından çıkan çıkış vektörü dekoder yapısının giriş vektörünü oluşturmaktadır. Dekoder yapısında da istenilen sayıda gizli katman seçerek enkoder yapısında olduğu gibi çıkışa bir transfer fonksiyonu ile aktarılır. Bu fonksiyon eşitlik 2'de verilmiştir.

$$\hat{y} = f(d;\hat{w},\hat{b}) \tag{2}$$

Burada; $\hat{b} = [\hat{b}_1 \quad \hat{b}_2 \quad ... \quad \hat{b}_K]^T$, $\hat{w} = [\hat{w}_1 \quad \hat{w}_2 \quad ... \quad \hat{w}_K]^T$ dekoder yapısının çıkış vektörlerine etkiyen iç parametrelerdir. Özetle, oto-kodlayıcı yapısında giriş ve çıkış arasındaki ilişki $\hat{y} = h(w,b,\hat{w},\hat{b};y)$ şeklindedir. Şekil 2'de oto-kodlayıcının enkoder ve dekoder yapısı gösterilmiştir.



Şekil 2. Enkoder ve Dekoder Yapısı.

Oto-Kodlayıcının iç parametreleri (w,b) otokodlayıcının gizli katmanları ile çıkış arasındaki ağırlık ve bias değerlerini, sistem girişi y, sistem çıkışı ise $g_{w,b}(y)$ olmak üzere sistem eğitimi bu parametrelerin optimize edilmesi ile gerçekleştirilir.

$i = \{1,2,...,M\}$ olmak üzere, $e_i = \left\| y^{(i)} - \hat{y}^{(i)} \right\|$ hata kriteri giriş ve çıkış verileri arasındaki farkı ifade eder. Burada $\{y^1, y^2, ..., y^M\}$ giriş verisini, M örneklem sayısını belirtmektedir.

Oto-kodlayıcı yapısının toplam karesel ortalama hatasını Eşitlik 3'te gösterilmiştir. λ aşırı öğrenmenin önlenmesi için kullanılan düzenleyici terimidir.

$$E_{err} = \frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M} e_i^2 + \frac{\lambda}{2}\left(\sum_{j=1}^{L}\|w_j\| + \sum_{j=1}^{K}\|\hat{w}_j\|\right) \tag{3}$$

$\hat{\rho}_j$ ortalama aktivasyon değeri Eşitlik 4'te verilmiştir. ρ değeri ise kullanıcılar tarafından belirlenen seyreklik parametresidir.

$$\hat{\rho}_j = \frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M} f_j(y^{(i)}) \tag{4}$$

Kullback-Leibler yakınsama iki dağılımın birbirine göre ne kadar değiştiğini ölçmek için kullanılmaktadır. Sparsity düzenleyicisi gizli katmandaki çıktının seyrekliğini kısıtlamaya çalışır. Kullback-Leibler yakınsama sparsity düzenleyici olarak kullanabilmekte ya da kullanıcılar tarafından belirlenebilmektedir. Burada β ifadesi seyreklik düzeltme katsayısı olarak ifade edilir (Møller, 1993; Olshausen ve Field, 1997). Eşitlik 5'te Kullback-Leibler yakınsama ifadesi verilmiştir.

$$KL(\rho \| \hat{\rho}_j) = \beta\rho \log\frac{\rho}{\hat{\rho}_j} + (1-\rho)\log\frac{1-\rho}{1-\hat{\rho}_j} \tag{5}$$

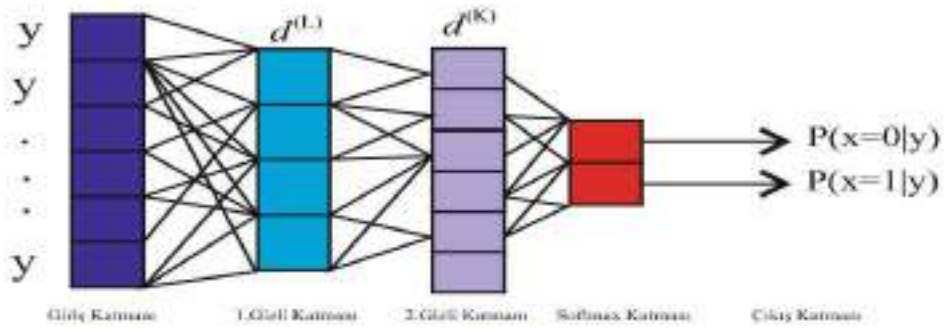
2.2.Softmax

Aralarında sebep-sonuç ilişkisi bulunan iki veya daha fazla değişken arasında ilişki kurularak, kurulan bu ilişki ile yapılan çalışma hakkında tahmin veya kestirim yapmak için regresyon analizlerine ihtiyaç duyarız. Regresyon analizi ile bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi, bu ilişkiler arasındaki gücü, ne tür bir ilişki olduğunu vs. belirlemeye çalışırız. Lineer fonksiyonlarla giriş değerlerine karşılık gelen sürekli kesiksiz değişkenlerin tahminini lineer regresyon yöntemi ile yapılabilir. Ancak kesikli değişkenlerin tahmin edilmesinde lineer regresyon yetersiz kalmaktadır. Lojistik regresyon karar verme sürecinde kullanılan sınıflandırma yöntemidir ve sonucun olasılığını modeller. Multinomial veya log-lineer regresyon olarak literatürde geçen softmax regresyonu lojistik regresyonun genelleştirilmiş hâlidir. Softmaxta değişkenlerde bağımlı değişkeni oluşturan terimler bağımsız olmalıdır ve aralarında bir sıralama bulunması zorunlu değildir. Oto-kodlayıcı yapısında softmax sınıflandırma amacı ile kullanılmaktadır (Yüksel vd., 2018).

2.3. Bütün Ağın Optimize Edilmesi

Oto-kodlayıcılar kullanılarak oluşturulan Derin Öğrenme Ağlarında ilk olarak 1. Gizli katman kullanılarak giriş verisi çıktı olarak kullanılarak ilk eğitim yapılır. Daha sonra buradan elde edilen veri ikinci bir oto-kodlayıcı yapısı ile tekrar eğitilir. Elde edilen bu çıkış verisi Softmax katmanında sınıflandırılır. Elde edilen bütün sistem daha sonra birbirine

şekildeki gibi bağlanır. Birbirine bağlanan bütün yapı Fine Tuning işlemi ile son kez optimize edilir. Bu yığınlanmış oto-kodlayıcı yapısının şematik gösterimi Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Yığınlanmış Oto-Kodlayıcı Yapısı.

3. VERİ SETLERİ VE DENEYSEL UYGULAMALAR

Oto-kodlayıcı yapısının performansını ölçmek için Salinas-A ve Indian Pines veri setleri kullanılmıştır. Bu veri setlerin hem yer gerçeği bilgisinin olması hem de daha önce birçok çalışmada temel veri kaynağı olması nedeniyle bu çalışma için uygun olduklarına karar verilmiştir. Indian Pines veri seti Kuzey Batı Indiana test alanından AVIRIS sensörü ile elde edilmiştir. Görüntü 200 banda sahiptir ve 145x145 piksel büyüklüğündedir. Görüntüde 16 ayrı sınıf bulunmaktadır. Indian pines veri setine ilişkin görsel Şekil 4 ve sınıf bilgileri ise Çizelge 2'de verilmiştir.



Şekil 4. Indian Pines Hiperspektral Uydu Görüntüsü

Salinas-A veri seti ise Salinas veri setinin küçük bir parçasından oluşmaktadır. Bu veri seti Kaliforniya Salinas vadisinden AVIRIS sensörü elde edilen görüntülerden oluşmaktadır. 224 banda sahip veri seti 86×83 piksel çözünürlüğündedir. Salinas-A veri setine ilişkin sınıf bilgileri Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 2. Indian Pines Veri Seti Örneklem Dağılımı.

Sınıf No	Sınıf	Örneklem Adedi (piksel)		Sınıf No	Sınıf	Örneklem Adedi (piksel)
1	Yonca	46		**9**	Yulaf	20
2	Mısır-No till	1428		**10**	Soya-Notill	972
3	Mısır-Min till	830		**11**	Soya-Mintill	2455
4	Mısır	237		**12**	Soya	593
5	Çim ve mera	483		**13**	Buğday	205
6	Çim ve ağaçlar	730		**14**	Orman	1265
7	Biçilmiş, çim ve mera	28		**15**	Binalar, çim, ağaçlar ve sürücüler	386
8	Saman	478		16	Kaya, çelik yapı ve kuleler	93

Çizelge 3. Salinas-A Veri Seti Örneklem Dağılımı.

Sınıf Etiketi	Sınıf	Örneklem Adedi (piksel)
0	Diğer Pikseller	1790
1	Brokoli (Yeşil Ot)	391
2	Mısır (Yeşil Ot)	1343
3	Romaine Cinsi Marul (4 wk)	616
4	Romaine Cinsi Marul (5 wk)	1525
5	Romaine Cinsi Marul (6 wk)	674
6	Romaine Cinsi Marul (7 wk)	799

3.1 Deneysel Uygulamalar

Derin öğrenme metotlarından Oto-Kodlayıcıların Hiperspektral uydu görüntülerindeki performansını ölçebilmek için Karar Ağaçları, Destek Vektör Makinesi, Diskriminant Analizi, k-En Yakın Komşuluk ile grup (ensemble) tekniklerinden Torbalama-Karar Ağaçları ve Rastgele Alt Uzay k-En Yakın Komşuluk(k-NN) teknikleri kullanılarak başarı kıyaslaması yapılmıştır. Çizelge 4'te iki veri seti içinde kıyaslamada kullanılan sınıflandırma tekniklerinin parametreleri verilmiştir. Parametrelerin belirlenmesinin ardından veri setleri ile simülasyonlar tamamlanmıştır. Simülasyonlar neticesinde elde başarı ölçütleri Salinas-A veri seti için Çizelge 5'te; Indian Pines veri seti için Çizelge 6'da verilmiştir. Salinas-A verisinden elde edilen Çizelge 5 incelendiğinde Oto-Kodlayıcının eğitim doğruluğunun k-NN ve Alt uzay k-NN metotlarına göre daha başarız olmasına rağmen; test verisinin doğruluğu ve kappa katsayısı bakımında daha iyi değerler elde etmiş olması modelin sınıflandırma sürecinde veriyi daha iyi genellediğini ortaya çıkarmaktadır. Çizelge 5'e ek olarak test verinin hata matrisi Şekil 5'te verilmiştir. Matris incelendiğinde Oto-Kodlayıcının tüm sınıflar için oldukça iyi bir sınıflandırma başarısı gösterdiği görülmektedir. Çizelge 6'da verilmiş olan Indian Pines veri setine ait bulgularda Oto-Kodlayıcının eğitim doğruluğunun %100 ve test doğruluğunun ise sınıflandırma teknikleri içinde en iyi değer olan %90.37 olduğu görülmüştür. Indian Pines veri setinin test pikselleri için hata matrisi Şekil 6'da verilmiştir. Hata matrisi incelendiğinde sınıflandırma doğruluklarının %75 ile % 99,5 arasında değiştiği görülmektedir. Buradan, Oto-Kodlayıcının sınıflandırma sürecinden genelleme kabiliyetinin oldukça iyi olduğunu çıkarılmaktadır. Ancak Indian Pines veri setinde sınıf sayısı oldukça fazla olması nedeniyle kappa katsayısı hesaplanamamıştır.

Çizelge 4. Sınıflandırma Tekniklerinin Parametreleri.

Oto-Kodalayıcı	**Saklı Katman Sayısı:30, Epok:2000, Encoder Transfer Fonksiyonu: Purelin,** **Decoder Transfer Fonksiyonu: Logsig** **L2 Ağırlık Düzenlemesi Değeri :0.01, Sparsity Oranı:0.08,** **Sparsity Düzenleme Değeri=12**
Karar Ağaçları	Bölünme Kriteri: Gini İndeksi, Maksimum Bölünme Sayısı:20
Diskriminant Analizi Analizi	Diskriminant Tipi: Lineer, Gama Katsayısı: 0
Destek Vektör Makinesi	Çekirdek Fonksiyonu: Gaussian, Kernel Ölçeği: 5, Çoklu sınıflandırma: Bire karşı bir
K-En Yakın Komşuluk	Uzaklık Kriteri: Öklid, Arama Metodu: KD-Tree
Torbalama-Karar Ağaçları	Maksimum Bölünme Sayısı:100, Öğrenme Döngüsü Sayısı :30
Rastgele At Uzay k-NN	Öğrenme Döngüsü Sayısı :30, Alt Uzay Sayısı : *Öznitelik Sayısı*/2

Çizelge 5. Salinas-A Veri Seti İçin Elde Edilen Doğruluk Değerleri.

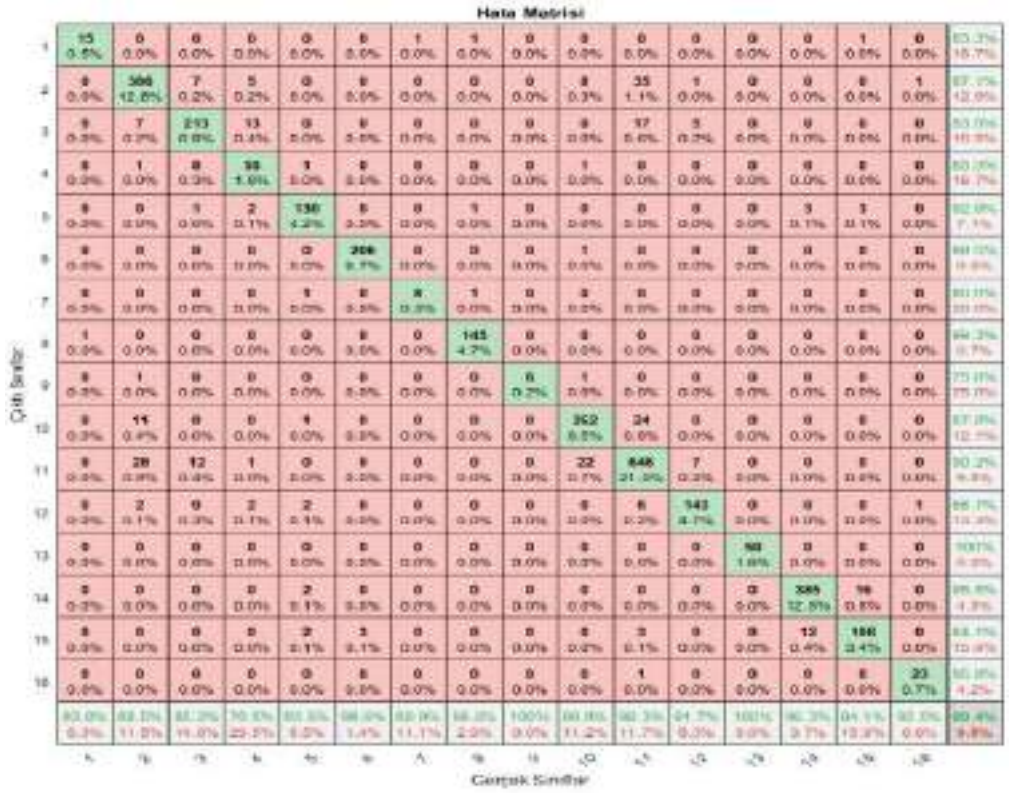
	Oto-Kodlayıcı	Karar Ağaçları	Diskriminant Analizi	DVM	k-NN	Torbalama-Karar Ağaçları	Alt Uzay k-NN
Eğitim Doğruluğu	%93.46	% 82.27	%83.31	%93.14	%97.72	%91.74	%97.72
Test Doğruluğu	% 89.86	%82.48	%82.77	%87.25	%86.13	%88.14	%87.62
Kappa Katsayısı	0.8771	0.7896	0.7944	0.8541	0.8315	0.8591	0.8459



Şekil 5. Salinas-A Veri Setinin Test Pikselleri İçin Elde Edilen Hata Matrisi.

Çizelge 6. Indian Pines Veri seti İçin Elde Edilen Doğruluk Değerleri.

	Oto-Kodlayıcı	Karar ağaçları	Diskriminant Analizi	DVM	k-NN	Torbalama-Karar Ağaçları	Alt Uzay k-NN
Eğitim Doğruluğu	%100	%58.22	%81.57	%99.98	%100	%78.14	%100
Test Doğruluğu	% 90.37	% 57.07	%79.28	%86.79	%75.05	%74.27	%82.69



Şekil 6. Indian Pines Veri setinin Test Pikselleri İçin Elde Edilen Hata Matrisi.

4. SONUÇLAR

Hiperspektral görüntüler günümüzde oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir. Temelde madencilik ve jeoloji çalışmaları için kullanılan bu görüntüler; günümüzde ekoloji, tarım, arkeoloji ve gözlem gibi farklı amaçlar içinde kullanılmaktadır. Hiperspektral görüntülerde de Multispektral görüntülerde olduğu gibi temel tematik bilgi çıkartımı sınıflandırma yoluyla yapılmaktadır. Ancak bant sayısının çok fazla olması sınıflandırma performansını olumsuz biçimde etkilemektedir. Bu çalışmada, derin öğrenme yapılarından Oto-Kodlayıcının sınıflandırma performansı Salinas-A ve Indian Pines veri setleri kullanılarak irdelenmiştir. Deneysel çalışma sırasında altı farklı sınıflandırma tekniği de değerlendirmeye dahil edilerek objektif bir kıyaslama yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Oto-Kodlayıcı tekniğinin her iki veri seti içinde karşılaştırma için kullanılan diğer sınıflandırma tekniklerinden daha başarılı olduğunu ortaya koymuştur.

KAYNAKLAR

Akgün, A., Eronat, A.H. ve Türk, N., 2004. Comparing different satellite image classification methods: An application in Ayvalik District, Western Turkey. *The 4th International Congress for Photogrammetry and Remote Sensing, Istanbul, Turkey*.

Atasever, Ü.H., Taşkanat, T., Günen, M.A. ve Beşdok, E., 2018. Investigation of the Effectiveness of Random Subspace Technique in Classifying Hyperspectral Satellite Images. *II. International Scientific and Vocational Studies Congress – Engineering and Natural Sciences*, Nevşehir, syf: 70

Cohen, F.S., Fan, Z. ve Patel, M.A., 1991. Classification of rotated and scaled textured images using Gaussian Markov random field models. *IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence*(2): 192-202.

Çivicioğlu, P., Günen, M.A., Karkınlı, A.E. ve Beşdok, E., 2016. Evrimsel Arama Algoritmaları Kaotik Doğası ve Geomatik Mühendisliğinde Kullanım Olanakları. *6. UZAKTAN ALGILAMA-CBS SEMPOZYUMU (UZAL-CBS 2016)*, Adana,Türkiye, syf: 80.

Ergül, U., 2013. Hiperspektral görüntülerde spektral ve uzamsal enformasyonun ortaklaşa kullanımı ile sınıflandırılması ve bölütlenmesi. YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

Friedl, M.A. ve Brodley, C.E., 1997. Decision tree classification of land cover from remotely sensed data. *Remote sensing of environment*, 61(3): 399-409.

Hung, C.-C., Kulkarni, S. ve Kuo, B.-C., 2011. A new weighted fuzzy C-means clustering algorithm for remotely sensed image classification. *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 5(3): 543-553.

Kim, Y., 2014. Convolutional neural networks for sentence classification. *arXiv preprint arXiv:1408.5882*.

Le, Q.V., 2015. A tutorial on deep learning part 2: autoencoders, convolutional neural networks and recurrent neural networks. *Google Brain*: 1-20.

Liu, B., Wei, Y., Zhang, Y. ve Yang, Q., 2017. Deep neural networks for high dimension, low sample size data. *Proceedings of the Twenty-Sixth International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI-17*, syf: 2287-2293.

Ma, X., Wang, H. ve Geng, J., 2016. Spectral–spatial classification of hyperspectral image based on deep auto-encoder. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 9(9): 4073-4085.

Møller, M.F., 1993. A scaled conjugate gradient algorithm for fast supervised learning. *Neural networks*, 6(4): 525-533.

Olshausen, B.A. ve Field, D.J., 1997. Sparse coding with an overcomplete basis set: A strategy employed by V1? *Vision research*, 37(23): 3311-3325.

Sainath, T.N., Kingsbury, B. ve Ramabhadran, B., 2012. Auto-encoder bottleneck features using deep belief networks. *Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2012 IEEE International Conference on*, syf: 4153-4156.

Teke, M. ve Sakarya, U., 2013. Classification on hyperspectral images using enhanced Fisher discriminant criterion. *Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2013 21st*, syf: 1-4.

Varshney, P.K. ve Arora, M.K., 2004. *Advanced image processing techniques for remotely sensed hyperspectral data*. Springer Science & Business Media.

Vincent, P., Larochelle, H., Bengio, Y. ve Manzagol, P.-A., 2008. Extracting and composing robust features with denoising autoencoders. *Proceedings of the 25th international conference on Machine learning*, syf: 1096-1103.

Yuksel, M.E., Basturk, N.S., Badem, H., Caliskan, A. ve Basturk, A., 2018. Classification of high resolution hyperspectral remote sensing data using deep neural networks. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 34(4): 2273-2285.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7040

LANDSAT 8 VE SENTINEL-2 UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE BÖLGESEL ORTALAMA BULUTLULUK TESPİTİ

Kaan KALKAN

Dr. TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, 06800, Ankara, kaan.kalkan@tubitak.gov.tr

ÖZET

Ücretsiz olarak servis edilen Landsat serisi uydular ve bu seriye güçlü bir şekilde eklenen Sentinel serisi uydular ile kullanıcılar yüksek zamansal çözünürlüklü uzaktan algılama görüntülerine ulaşarak hızla artan bir şekilde birçok farklı alanda çalışmalar yapmaktadır. Artan zamansal çözünürlüğe rağmen farklı meteorolojik özelliklere sahip bölgelerde uydu görüntülerinde bulunan bulutlar yapılan çalışmaları kısıtlamaktadır. Birçok uzaktan algılama çalışması için ticari uydu görüntüsü siparişi öncesinde ilgili bölgenin bulutluluk oranı incelenerek bulutsuz bir zaman için planlama yapılmaya çalışılmaktadır. Ücretsiz olarak servis edilen ve 30 yıldan fazla bir zamana yayılmış bu verilerin metadata bilgileri ilgili bölgeler için hangi zamanda, ne kadarlık bulut oranına sahip görüntüler elde edildiği bilgisine ulaşılabilmektedir. Bu çalışmada iş bu veriler kullanılarak her hangi bir zaman veya mevsim aralığında görüntü alınması veya ilgili çalışmalarda görüntü kullanılması planlanan bölgeler için ortalama bulutluluk verisi bu metadata bilgileri kullanılarak üretilmiştir.

Anahtar Sözcükler: bulutluluk oranı, Landsat 8, Sentinel-2, uzaktan algılama, metadata

REGIONAL AVERAGE CLOUDNESS CALCULATION USING LANDSAT 8 AND SENTINEL-2 IMAGERY

Different applications of remote sensing are increasing day by day by using freely available Landsat satellite series and Sentinel series which have high temporal resolution. Although high temporal resolution, cloud cover limits studies where have different meteorological conditions. Many different satellite operators use cloud cover data to plan new acquisitions. Metadata information of freely available 30 years of satellite imagery can be used to identify and analyze cloud cover of different regions. In this study, these metadata information is used to analyze calculation of average cloud cover rates for different months and sesasons.

Keywords: cloud cover, Landsat 8, Sentinel-2, remote sensing, metadata

1. GİRİŞ

USGS (United States Geological Survey) tarafından işletilen Landsat serisi uydular en uzun süreli uzaktan algılama veri arşivi olarak karşımıza çıkmaktadır. Sentinel serisi uydular ile bu arşiv Sentinel serisi uyduların sahip olduğu yüksek zamansal çözünürlük ile güçlenmektedir. Bu iki verinin ortak kullanımını sağlamak üzere bir çok araştırma yapılmaktadır (NASA, 2018). Bu iki veri birbirini tamamlar nitelikte bir çok çalışma için girdi sağlayacaktır.

Yüksek zamansal çözünürlüğe ihtiyaç olan çalışmalarda hangi günlerde çekilen verilerin kullanılacağı sorusu önem taşımaktadır. Bu çalışmada;

- Her mevsim için ortalama bulutluluk
- Her ay için ortalama bulutluluk
- Ülke geneli için ortalama bulutluluk
- İlgili Enlem-Boylam aralığı için ortalama bulutluluk

gibi analizler Landsat serisi ve Sentinel serisi uydu görüntülerinin sahip olduğu metadata bilgileri ile hesaplanmıştır.

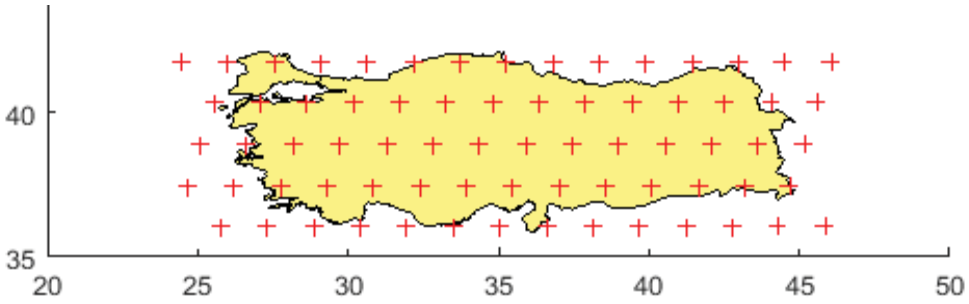
2. YÖNTEM

Ücretsiz servis edilen Landsat ve Sentinel görüntüleri, Amazon Cloud ve Google Cloud servislerinden indirilebilmektedir. Bu görüntülerin hepsini indirip, tüm bu görüntülerde bulut belirleme algoritmalarının (Kalkan ve Maktav, 2017) koşturulması sonucu oluşacak hesaplama iş gücü çok yüksek olacağından, bu veriler ile birlikte sunulan metadata dosyalarında bulunan bulut oranı bilgisi ile çalışma gerçekleştirilmiştir. Geçmişten günümüze birçok uydu görüntüsünün oluşturduğu arşiv düşünülürse dünyanın herhangi bir bölgesi için ilgilenilen zamanda

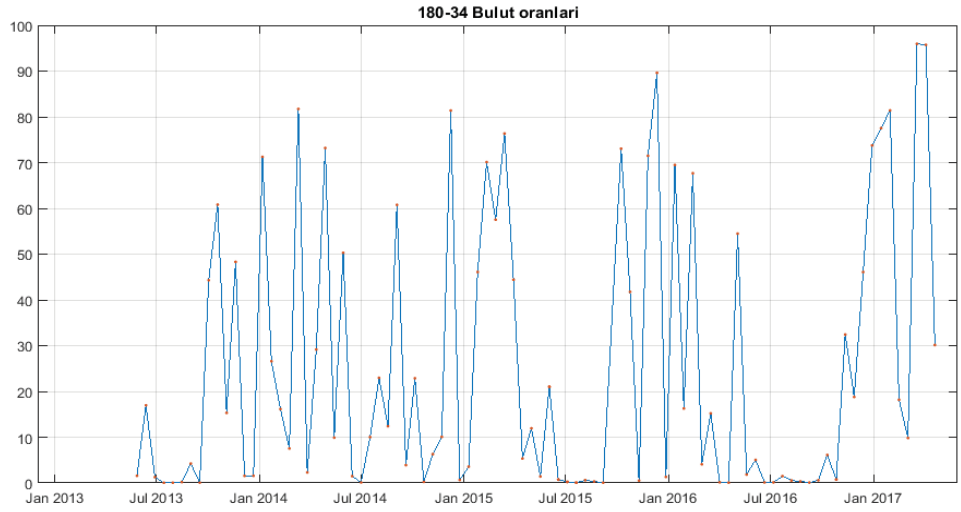
daha önce çekilmiş görüntülerin oluşturduğu veri setinden ilgili bölgede hangi oranda bulutluluk oluşacağı ile ilgili ön bilgi elde edilebilecektir. 2008 yılında benzer bir çalışma Amerika Birleşik Devletleri özelinde ve dünya ölçeğinde Ju ve Roy tarafından gerçekleştirilmiştir (2008).

Landsat 8 görüntülerinden bulutların belirlenmesinde birden fazla yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler USGS (Birleşik Devletler Jeoloji Kurumu) tarafından, ACCA, See-5 CCA, Cirrus CCA ve AT-ACCA olarak listelenmiştir (USGS, 2018). Sentinel-2 görüntülerinden ise Seviye 2A görüntünün üretilmesi sırasında Scene Classification (SC) bölümü içerisinde ayrıntılı bir bulut belirleme algoritması çalıştırılmaktadır (ESA, 2018).

Çalışma Türkiye sınırlarını kapsayan görüntüler ile gerçekleştirilmiştir. Yazılan kod bloğu ile bulut servislerden Türkiye sınırlarına giren Landsat ve Sentinel görüntülerine ait metadata verilerinin tümü indirilerek istatiksel olarak her bölge için ortalama bulut oranı yüzdeleri hesaplanmıştır (Şekil 1-2).



Şekil 1. Landsat path-row'larının Türkiye sınırlarına giren merkez koordinatları.

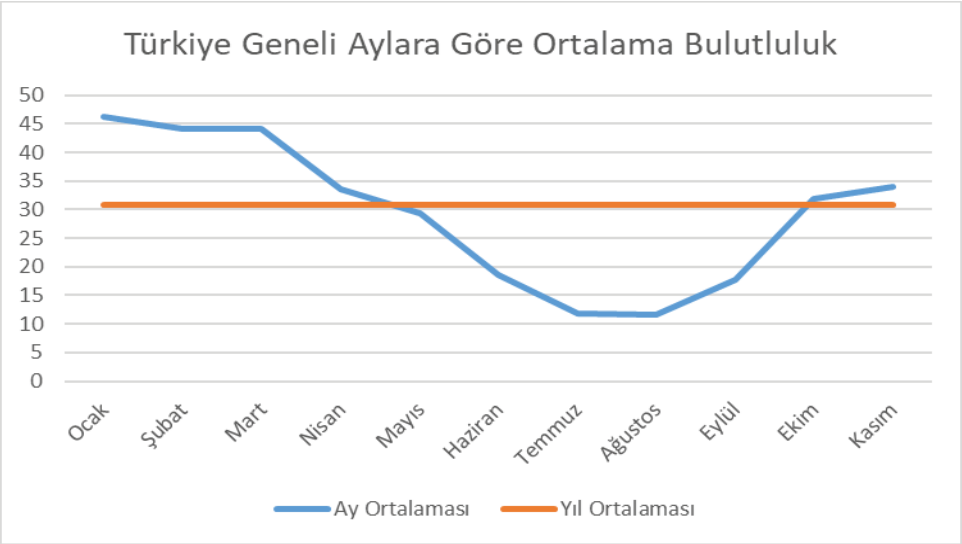


Şekil 2. Örnek olarak 180-34 path-row'una ait Landsat-8 verisinin 4 yıllık bulut verisi.

Bu verilerin oluşturduğu veri tabanı mekânsal olarak Landsat path-row'ları şeklinde CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) ortamında görselleştirilmiştir. Aylar özelinde ortalama bulutluluk yüzdeleri Çizelge 1'de ve grafiği Şekil 3'te verilmiştir. Mevsimler özelinde İlkbahar – Yaz – Sonbahar – Kış ortalama bulutluluk yüzdeleri Çizelge 2'de, haritaları ise Şekil 4-7'de verilmiştir.

Çizelge 1. Aylara göre Türkiye Landsat 8 uydu görüntülerinin ortalama bulut oranları.

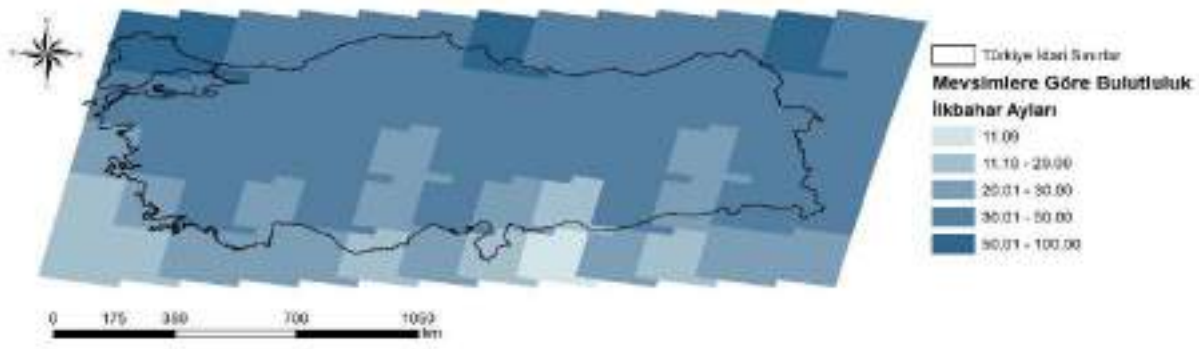
Ocak	46.2
Şubat	44.01
Mart	44.09
Nisan	33.46
Mayıs	29.24
Haziran	18.5
Temmuz	11.8
Ağustos	11.6
Eylül	17.7
Ekim	31.8
Kasım	33.9
Ocak	46.2



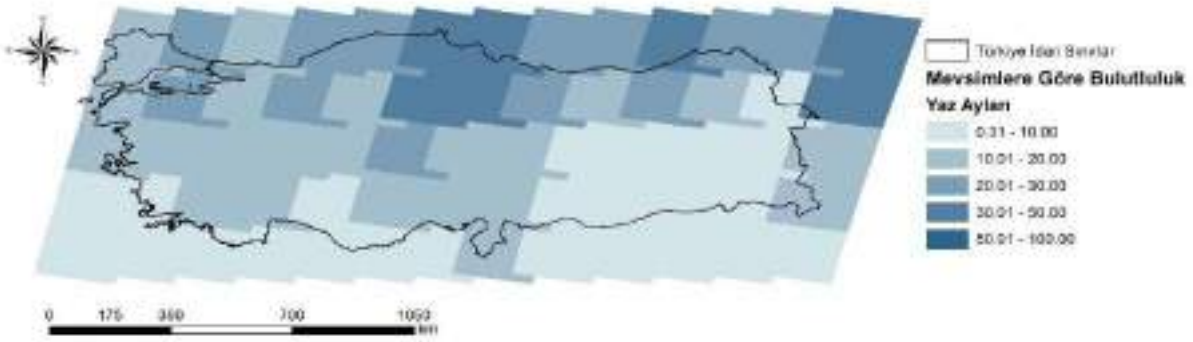
Şekil 3. Türkiye geneli aylara göre ortalama bulutluluk grafiği .

Çizelge 2. Mevsimlere göre Türkiye Landsat 8 uydu görüntülerinin ortalama bulut oranları.

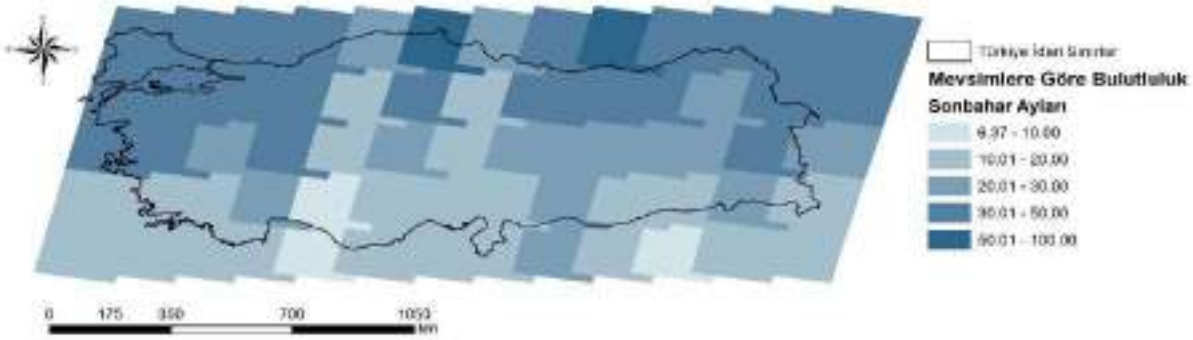
İlkbahar	**Kış**	**Sonbahar**	**Yaz**
35.6	45.8	27.8	14



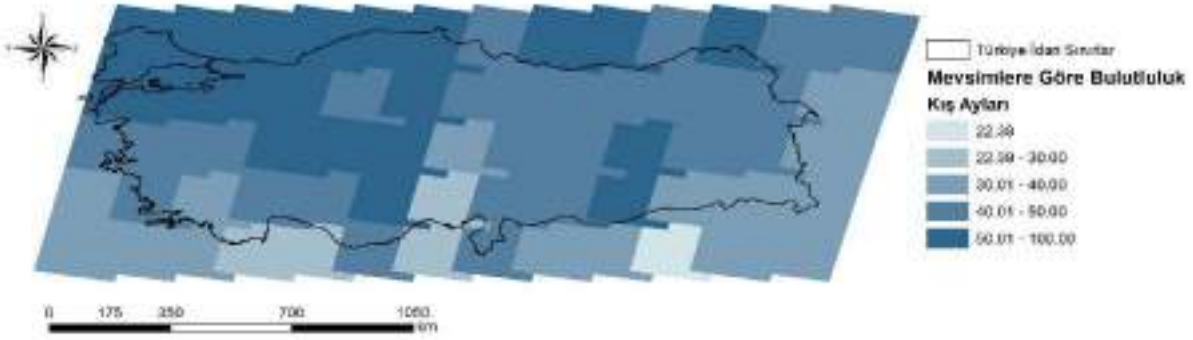
Şekil 4. İlkbahar ayları için ortalama bulutluluk haritası (2014-2016) (Landsat 8 görüntülerinden).



Şekil 5. Yaz ayları için ortalama bulutluluk haritası (2014-2016) (Landsat 8 görüntülerinden).

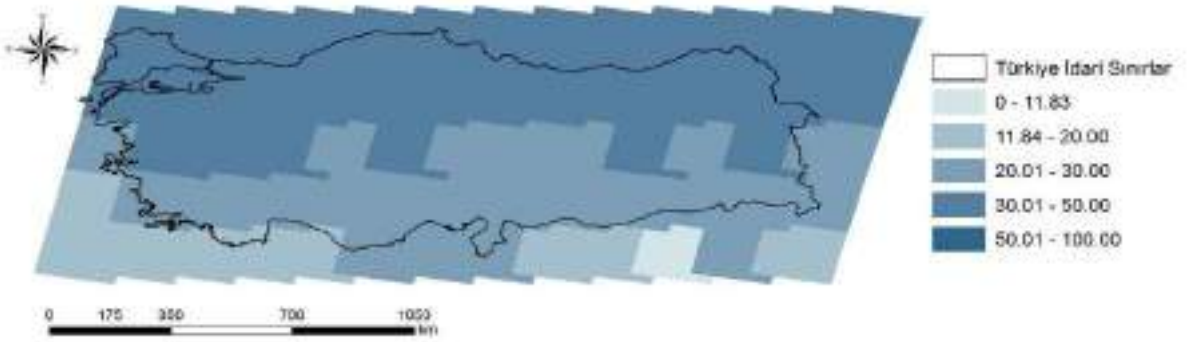


Şekil 6. Sonbahar ayları için ortalama bulutluluk haritası (2014-2016) (Landsat 8 görüntülerinden).



Şekil 7. Kış ayları için ortalama bulutluluk haritası (2014-2016) (Landsat 8 görüntülerinden).

Hesaba temel olan tüm görüntülerin ortalamasının alındığı 2014-2016 yılları Türkiye ortalama uydu görüntüsü bulutluluk haritası Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8. Türkiye ortalama bulutluluk haritası (2014-2016) (Landsat 8 görüntülerinden).

3. SONUÇ

Bu çalışmada, birçok uzaktan algılama çalışmasında temel veri hâline gelen Landsat ve Sentinel serisi uyduların Türkiye üzerinde çektiği görüntülerin ortalama bulutluk oranları farklı zaman dilimlerine göre değerlendirilmiştir. Tarımsal uzaktan algılama, su kirliliği vb. gibi uydu görüntü çekim tarihleri önem arzeden çalışmalarda hangi tarihlerde çekilen görüntülerin kullanılabilir olacağı üzerine bir yöntem önerilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda 2014-2016 yılları arasında çekilen Landsat 8 ve Sentinel-2 görüntülerinin Türkiye genelinde ortalama bulutluluğu %30.8 olarak hesaplanmıştır. İleride geçmişe yönelik tüm açık kaynaklı uydu görüntülerin bulutluluk oranlarının dahil edildiği ve sonuçlarında servis mimarisinde sunulacağı bir çalışma planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

ESA, 2018, Level-2A Algorithm Overview, https://earth.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/level-2a/algorithm, [01.08.2018]

Ju, J., Roy, D. P., 2008, The availability of cloud-free Landsat ETM+ data over the conterminous United States and globally. Remote Sensing of Environment, 112(3), 1196-1211.

Kalkan, K., Maktav, D. 2017, Segmentation Based Cloud and Cloud Shadow Detection in Satellite Imagery. Journal of Aeronautics and Space Technologies, 10(1), 45–54.

NASA, 2018, Harmonized Landsat Sentinel 2, https://hls.gsfc.nasa.gov/, [03.06.2018]

USGS, 2018, How is the percentage of cloud cover calculated in a Landsat scene?, https://landsat.usgs.gov/how-percentage-cloud-cover-calculated, [01.08.2018]

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6403

WORLDVIEW-2 GÖRÜNTÜSÜ KULLANILARAK NESNE TABANLI GÖRÜNTÜ ANALİZİ VE TAGUCHİ OPTİMİZASYON TEKNİĞİ İLE YARI OTOMATİK BİNA ÇIKARIMI

Hasan TONBUL[1], Taşkın KAVZOĞLU[2]

[1]Arş. Gör., Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita mühendisliği Bölümü, 41400, Gebze/Kocaeli, htonbul@gtu.edu.tr
[2]Prof.Dr., Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita mühendisliği Bölümü, 41400, Gebze/Kocaeli, kavzoglu@gtu.edu.tr

ÖZET

Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin yaygınlaşmasıyla birlikte, görüntü içindeki mekânsal detaylar önemli ölçüde artmıştır. Bu durum, yüksek çözünürlüklü görüntülerinin analizi için nesne tabanlı görüntü analizinin (NTGA) önem kazanmasına neden olmuştur. NTGA'nın temel adımı olan görüntü bölütlemede amaç, gerçek yeryüzü nesneleri ile elde edilen görüntü nesnelerinin birebir örtüşmesini sağlamaktır. Literatürde birçok bölütleme algoritması bulunmasına karşın, çoklu-çözünürlük bölütleme metodu en fazla kullanılan metot olarak öne çıkmaktadır. Ancak çoklu-çözünürlük bölütleme için parametre tahmini zorlu bir süreçtir. Bu çalışmada, çoklu-çözünürlük bölütleme yöntemi parametrelerini (ölçek, biçim ve bütünlük) optimize ederek bina çıkarımı yapabilmek amacıyla Taguchi istatiksel optimizasyon metodu önerilmiştir. Bölütleme parametre optimizasyonunu ve bölütleme kalitesini değerlendirmek için, her test için plato objektif fonksiyonu ve sinyal-gürültü oranı ölçülmüştür. Taguchi metoduna göre, ölçek ve biçim arasında göz ardı edilemeyecek önemli bir etkileşim olduğu görülmektedir. Ölçek, biçim ve bütünlük parametreleri için sırasıyla 10, 0,9, 0,9 değerleri bina çıkarımı için en optimum değerler olarak belirlenmiştir. Daha sonra, optimize edilmiş parametreler, yüksek çözünürlük Worldview-2 görüntüsünün sınıflandırılmasında görüntü bölütleme işleminde girdi olarak kullanılmıştır. Kullanılan yaklaşımı değerlendirmek amacıyla rastgele orman kontrollü sınıflandırma işlemi uygulanmış ve %94,2 genel doğruluk (0,93 Kappa değeri) elde edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: görüntü bölütleme, nesne tabanlı görüntü analizi, parametre tahmini, Taguchi, uzaktan algılama

ABSTRACT

With the proliferation of high-resolution satellite images, the amount of attainable spatial information has increased significantly. This has led to the importance of object-oriented image analysis (OBIA) for the analysis of high-resolution images. The goal of image segmentation, which is the fundamental step of OBIA, is to ensure that real earth objects and the created image objects overlap each other. Although there are many segmentation algorithms in the literature, the multi-resolution segmentation has been the most popular one. However, parameter estimation of multi-resolution segmentation is a challenging process. In this study, Taguchi statistical optimization method is proposed to optimize multiple-resolution segmentation method parameters (scale, shape, compactness) for the specific problem of building extraction. The plateau objective function and signal-to-noise ratio are measured for each test to evaluate segmentation parameter optimization and corresponding segmentation quality. According to the Taguchi method, there appears to be an important interaction that cannot be ignored between scale and shape. Scale, shape and compactness parameters of 10, 0.9 and 0.9 were determined as optimum values for the problem considered here. The optimized parameters were then used in the classification of image segmentation of a Worldview-2 image. In order to evaluate the proposed approach, supervised random forest classification was applied to the imagery, and 94.2% overall accuracy (0,93 Kappa coefficient) was obtained.

Key words: remote sensing, object based image analysis, parameter optimization, Taguchi, segmentation

1. GİRİŞ

Uzaktan algılamada arazi örtüsü/kullanımı haritalarının üretilmesi ve güncellenmesi yüksek çözünürlüklü görüntülerinin yaygınlaşması ile önemli ölçüde kolaylaştırmıştır. Ancak, yüksek çözünürlüklü görüntülerde ele alınan nesnelerin yüksek sınıf içi spektral heterojenlik ve yüksek sınıflar arası spektral benzerliğe sahip olması sınıflandırma işlemi için önemli bir sorundur. Bu nedenle, her bir arazi örtüsü sınıfının belirgin bir spektral imzaya sahip olduğunu varsayan geleneksel piksel tabanlı yaklaşımlar, yüksek sınıflandırma doğruluğu seviyesine ulaşmakta başarısız olmaktadırlar (Johnson ve Jozdani, 2018). Buna bağlı olarak, geleneksel piksel tabanlı görüntü analizi tekniklerine alternatif olarak nesne tabanlı görüntü analizi (NTGA) (Blaschke, 2010; Blaschke vd., 2014) yaklaşımı ortaya çıkmıştır.

Görüntü bölütleme, nesne tabanlı görüntü analizinin (NTGA) temelini oluşturmaktadır. Çok çözünürlüklü bölütleme algoritması, en popüler bölütleme algoritmalarından biridir. Bölütleme, genellikle ölçek, biçim ve bütünlük olarak kullanıcılara sunulan üç parametreyle yönetilen görüntünün rengini, dokusunu ve şekil özelliklerini kullanarak homojen görüntü nesneleri oluşturma işlemidir (Liu vd., 2012; Kavzoglu, 2017). Bu parametrelerin optimum kombinasyonunu tanımlama süreci oldukça zordur (Tonbul ve Kavzoğlu, 2017). Analistin parametre seçiminde öznel

davranması da bu işlemin güvenirliğini etkilemektedir. Dolayısıyla, deneme-yanılma yönteminde yer alan zaman ve maliyeti azaltmak ve özellik belirleme doğruluğunu iyileştirmek için bir optimizasyon tekniği kullanmak etkili olabilir (Tonbul ve Kavzoğlu, 2018).

Bölütleme parametresi belirlemek için yapılan çalışmalar, kontrollü yaklaşımlar ve kontrolsüz yaklaşımlar olmak üzere iki genel gruba ayrılabilir. Kontrollü yöntemlerde amaç, oluşturulan görüntü bölütleriyle yer kontrol veya referans poligonlarının örtüşmesini değerlendirerek en uygun bölütlemeyi tanımlamaktır. Kontrollü yöntemlerin aksine, kontrolsüz yaklaşımlar (parametre optimizasyon yöntemleri) referans poligonlarına ihtiyaç duymadan uygulanabilir. Birçok kontrolsüz yöntem, bölütleme sonuçlarının ortalama bölüt içi heterojenliğini ve bölütler arası homojenliğini maksimize eden bölütleme parametrelerini tanımlamayı amaçlamaktadır ((Johnson ve Xie, 2011; Johnson ve Jozdani, 2018).

Kontrolsüz bölütleme yöntemleri arasında yer alan ve Taguchi (1986) tarafından geliştirilen istatiksel optimizasyon tekniği uzaktan algılama alanında parametre optimizasyonu çalışmalarında son yıllarda aktif olarak kullanılmaya başlanmıştır (Idrees vd., 2016; Gibril vd., 2017, 2018). Taguchi ortogonal dizininin kullanımı, olası kombinasyonların deney sayısını sınırlı sayıya indirgemekte ve deney tasarımını daha kolay ve tutarlı bir hâle getirmektedir.

Bu çalışmanın iki temel amacı bulunmaktadır. Birincisi, çoklu-çözünürlük parametrelerinin bölütleme kalite analizine etkisini araştırmaktır. İkinci ve daha önemli amacı ise, Taguchi yöntemi ile sadece her bir parametrenin ana etkisini değil, aynı zamanda her parametre çiftinin yarı otomatik bina çıkarımı doğruluğu üzerindeki etkisini incelemek ve bu etkiyi göz önünde bulundurarak parametreleri optimize etmek ve tematik harita üretimini sağlamaktır.

2. ÇALIŞMA ALANI VE VERİ SETİ

Bu çalışmada, 21 Mart 2012'de elde edilen 2 m konumsal çözünürlükte sekiz spektral bant içeren (0,45 -1,05 μm) multispektral WorldView-2 yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü kullanılmıştır. Görüntü, DigitalGlobe (https://www.digitalglobe.com/resources/product-samples) web sayfasından indirilmiştir. WorldView-2 görüntüsünün pankromatik ve multispektral bantları Gram-Schmidt spektral pankromatik keskinleştirme metodu kullanılarak yeniden örneklenmiş ve 0,5 m konumsal çözünürlüklü görüntü kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı, San Clemente, California, ABD bölgesine ait olup (2.000x2.000 piksel) farklı bina türlerini içeren kentsel alanları içermesi sebebiyle seçilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanına ait WorldView-2 görüntüsü.

3. METODOLOJİ

3.1. Çoklu-Çözünürlük Görüntü Bölütleme

Çoklu-çözünürlük bölütleme yaklaşımı, yerel homojenlik kriterlerine dayanan bir alt bölge birleştirme tekniğidir. Bu yaklaşım, piksel seviyesinden başlar ve kullanıcı tarafından belirlenen bir homojenlik eşiğine ulaşıncaya kadar farklı şekil, boyut ve özellikteki pikselleri görüntü nesneleri hâlinde toplar (Baatz and Schäpe, 2000). Böylelikle, oluşturulan görüntü nesneleri için izin verilen maksimum heterojenlik belirlenir. Çoklu-çözünürlük bölütleme ölçek, biçim ve bütünlük olmak üzere 3 parametreden oluşmaktadır. Ölçek kriteri, ortalama görüntü nesnesi büyüklüğünü kontrol

eden en etkili faktör olarak kabul edilmektedir. Oluşturulan görüntü nesneleri için izin verilen maksimum heterojenliği belirler. Ölçek değeri büyüdükçe oluşturulan görüntü nesnesi boyutları da büyümektedir. Biçim parametresi, renk ve doku bilgisine bağlı olarak arazi örtüsü/kullanımı sınıflarının ayrıştırılmasına etki etmekte, bütünlük parametresi ise görüntü nesne sınırlarının daha keskin ve yumuşak olarak belirlenmesine yardımcı olmaktadır (Kavzoglu vd., 2017). Biçim ve bütünlük parametre değerleri 0 ile 1 değer aralığında tanımlanmaktadır.

3.2. Taguchi Optimizasyonu

Taguchi yöntemi sadece her bir parametrenin ana etkisini değil, aynı zamanda her parametre çiftinin bölütleme doğruluğu üzerindeki etkisini incelemek ve etkileşimli etkiyi göz önüne alarak parametreleri optimize etmek için uygulanmaktadır. Bu yöntem, tasarımı optimize etmek ve her bir deneyin sinyal-gürültü oranını (SGO) ölçerek performansı değerlendirmek için basit ve sistematik bir yöntem sağlayan deney tasarımından ortogonal bir dizi kullanır (Gibril vd., 2018). Taguchi ortogonal dizininin kullanımı, olası kombinasyonların deney sayısını sınırlı sayıya indirgemekte ve deney tasarımını daha kolay ve tutarlı bir hâle getirmektedir.

Çoklu-çözünürlük görüntü bölütleme kalitesinin doğruluğu, parametrelerin (ölçek, biçim ve bütünlük) optimum seçilmesiyle kontrol edilmektedir. Taguchi yönteminde, plato objektif fonksiyonu (POF) hesaplamak için deney tasarımı ve ortogonal dizi ile POF kombinasyonunun sinyal-gürültü oranı (SGO) tahmin edilerek otomatik olarak optimum parametre seçimi gerçekleştirilmiştir. İşlem adımları şu şekilde uygulanmıştır (Idrees vd., 2016):

a. Sürecin kalitesini doğrudan etkileyen parametrelerin ve değerlerin aralığının belirlenmesi

b. Parametrelerin sayısına ve değişken düzeyine göre, tasarım deneyi sayısının tespit edilmesi

c. Her deney için POF hesaplamak için parametre düzeyi kombinasyonlarının kullanılması

d. Taguchi yönteminin SGO değerlerini kullanarak optimum bölütleme parametrelerini analiz etmek ve tahmin etmek için b ve c adımlarının sonuçları birleştirmek

Taguchi ortogonal dizisi, üç parametre (ölçek, biçim ve bütünlük) ve beş tanımlı değişken seviyesinden deney tasarımı yapmak için kullanılmıştır. Ortogonal dizilerdeki seviye kombinasyonuna dayanarak, her bir deney tasarımı için POF değerleri kullanılarak belirlenmiştir. POF değeri, her bir deney seti için görüntüye ait tüm bantların Objektif fonksiyonu (*F*) ortalamaları kullanılarak belirlenmiştir. Yüksek POF değeri bölütleme kalitesinin daha iyi olduğunu göstermektedir. Plato Objektif fonksiyonu (*F*), bölüt içi varyansı (*v*) ve bölütler arası mekânsal otokorelasyon indeksi Moran's I (*MI*) değerini birlikte ele alan bir matematiksel fonksiyon olup şu şekilde hesaplanmaktadır (Fotheringham vd., 2000; Espindola vd., 2006; Johnson ve Xie, 2011):

$$F(V,MI) = F(v) + F(MI) \tag{1a}$$

$$F(x) = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \tag{1b}$$

Burada $x_{\min}$ ve $x_{\max}$, Moran's I veya varyansın maksimum ve minimum değerlerini göstermektedir. Toplam varyans (V) aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\mathrm{V} = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i \cdot v_i}{\sum_{i=1}^{n} a_i} \tag{1c}$$

Burada v_i, i bölütünün varyansını, a_i ise bu bölütün alanını göstermektedir. Moran's I indeksi aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$MI = \frac{n\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} w_{ij}(y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2 (\sum_{i \neq j}\sum w_{ij})} \tag{1d}$$

Burada n toplam bölüt sayısını, w_{ij} mekânsal yakınlık ölçüsünü, y_i ise R_i bölütünün ortalama spektral değerini ve $\bar{y}$ görüntünün ortalama spektral değerini göstermektedir. *MI* değeri [-1, +1] değerleri arasında değişmektedir.

4. DENEYSEL BULGULAR

Bu çalışmada, çoklu-çözünürlük parametrelerini (ölçek, biçim ve bütünlük) optimize etmek için istatistiksel Taguchi yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmada, beş seviye için kullanılan çoklu-çözünürlük parametreleri L25 (35) Çizelge 1'de gösterilmiştir. Böylelikle, 243 olası kombinasyon sayısı 25 kombinasyona indirgenerek iş yükü azaltılmakta ve parametre optimizasyonu sağlanmaktadır. Çizelge 1'deki tanımlanmış seviyeler, görüntüdeki nesne büyüklüğüne göre fazla bölütleme veya yetersiz bölütlemeyi önlemeye yönelik olarak belirlenmiştir.

Çizelge 1. Çoklu-çözünürlük parametreleri için tanımlanmış olası seviyeler.

Seviye	Ölçek	Biçim	Bütünlük
1	10	0.1	0.1
2	15	0.3	0.3
3	20	0.5	0.5
4	25	0.7	0.7
5	30	0.9	0.9

Sonraki aşamada, Espindola vd. (2006) tarafından geliştirilen POF görüntü bölütleme kalitesini belirlemede kullanılmıştır. POF, mekânsal otokorelasyon indeksi (Moran's) ve varyans göstergesini birlikte ele alan bir yaklaşımdır. Bir sonraki adımda, bölütleme sonuçlarını değerlendirmek için sinyal-gürültü oranı (SGO) ölçülmüştür. Taguchi yönteminin istenen çıktıya ait logaritmik fonksiyonları olan SGO, kısıtlamalar ve en aza indirilmesi ya da en üst düzeye çıkarılması gereken değişkenlerle bir optimizasyon ölçüsü sağlar. SGO oranını kullanarak toplu deneysel sonuç ve optimizasyonun analizi, optimum proses (veya bölütleme) parametrelerinin en iyi istatistiksel tahminini üretir (Idrees ve Pradhan, 2016). SGO değeri aşağıda eşitlik 2'de gösterildiği şekilde hesaplanmıştır. Yüksek SGO değeri daha yüksek bölütleme doğruluğunu temsil eder.

$$\text{SGO} = -10\log_{10}\left(\frac{1}{n}\sum\frac{1}{y_i^2}\right) \quad (2)$$

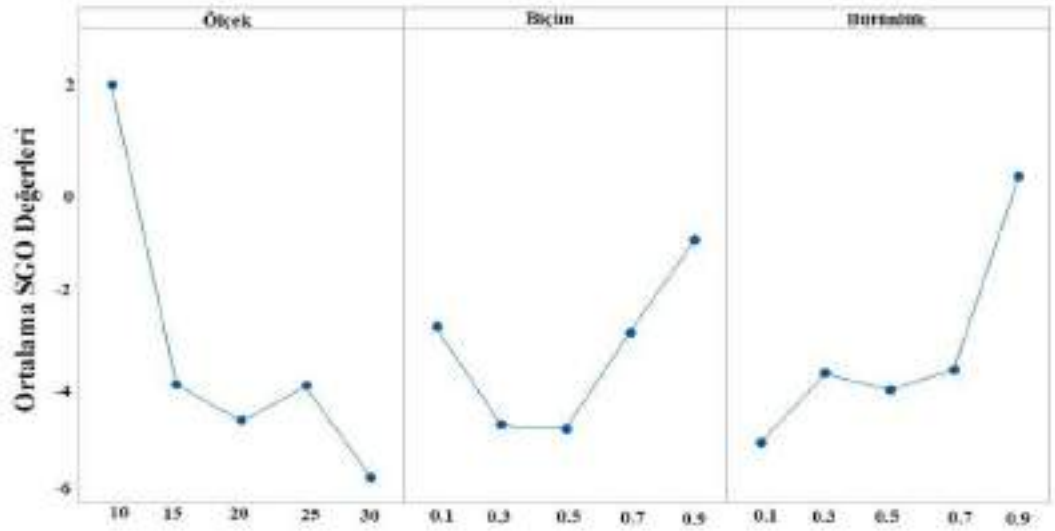
Burada, *n* deneyin tekrarlanma sayısını, *y* her bir bölütleme işlemi için elde edilen POF değerlerini temsil etmektedir. Tüm kombinasyon değerlerine ait POF ve SGO değerleri Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. POF ve SGO değerleri için L25 ortogonal parametre değerleri (En iyi sonucu veren değerler koyu renkle gösterilmiştir.).

Çoklu-çözünürlük parametrelerinin L25 Kombinasyonu					
Test	**Ölçek**	**Biçim**	**Bütünlük**	**POF**	**SGO**
1	10	0,1	0,1	1,159	1,279
2	10	0,3	0,3	1,080	0,669
3	10	0,5	0,5	1,280	2,142
4	10	0,7	0,7	1,157	1,264
5	10	0,9	0,9	**1,750**	**4,861**
6	15	0,1	0,3	0,622	-4,119
7	15	0,3	0,5	0,501	-6,002
8	15	0,5	0,7	0,539	-5,372
9	15	0,7	0,9	1,004	0,034
10	15	0,9	0,1	0,652	-3,718
11	20	0,1	0,5	0,566	-4,947
12	20	0,3	0,7	0,338	-9,415
13	20	0,5	0,9	0,862	-1,288
14	20	0,7	0,1	0,471	-6,542
15	20	0,9	0,3	0,943	-0,505
16	25	0,7	0,3	0,669	-3,486
17	25	0,3	0,9	0,977	-0,201
18	25	0,5	0,1	0,409	-7,761
19	25	0,7	0,3	0,715	-2,914

20	25	0,9	0,5	0,566	-4,940
21	30	0,1	0,9	0,773	-2,241
22	30	0,3	0,1	0,390	-8,174
23	30	0,5	0,3	0,275	-11,204
24	30	0,7	0,5	0,505	-5,935
25	30	0,9	0,7	0,924	-0,690

Her bir parametrenin en iyi seviyesi SGO'ya göre seçilmiştir. En yüksek SGO değeri ele alınan parametre için en optimum değeri göstermektedir. Taguchi optimizasyonu sonucunda elde edilen optimum parametre değerleri Şekil 2'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, Taguchi optimizasyon tekniği ile elde edilen optimum parametrelerin görsel değerlendirmesi, çizelge sonucunda elde edilen değerleri doğrulamaktadır. Buna bağlı olarak, ölçek, biçim ve bütünlük parametreleri için sırasıyla 10, 0,9, 0,9 değerleri bina çıkarımı için en optimum değerler olarak belirlenmiştir.



Şekil 2. Çoklu-çözünürlük parametreleri için SGO oranları grafiği.

Görüntü nesneleri için optimum parametre seçimi ve kalitesinin sınıflandırma doğruluğu üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla, nesne-tabanlı sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma işlemi, elde edilen optimum bölütleme parametre değerleri (Test 5) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Optimize görüntü nesneleri kullanılarak beş arazi örtüsü sınıfı (kırmızı çatı, beyaz çatı, gri çatı, asfalt yol, yeşil alan) belirlenmiş ve rastgele orman kontrollü sınıflandırma işlemi uygulanmıştır. Sınıflandırma işleminde, görüntü nesneleri için tüm bantların minimum, maksimum, standart sapma, bant ortalaması, NDVI (2 yakın kızıl ötesi bant kullanılarak), entropi ve homojenlik olmak üzere toplam 50 adet özellik kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

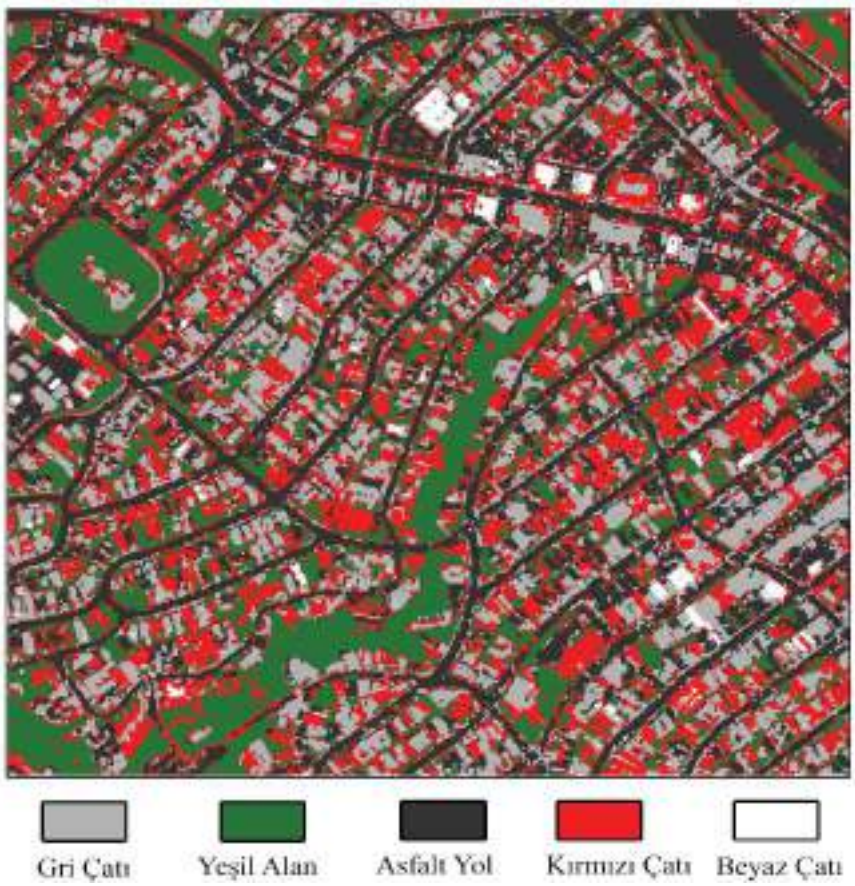
Sınıflandırma doğruluğu (genel doğruluk ve Kappa katsayısı), eşit sayıda örnek içeren test veri seti (her bir sınıf için 3.500 piksel) kullanılarak hata matrisinden hesaplanmıştır. Nesne-tabanlı sınıflandırma sonucunda %94,1 genel doğruluk ve 0.93 Kappa değeri elde edilmiştir. Sınıflandırma sonuçlarına ait doğruluk analizleri Çizelge 3'te sunulmuştur.

Çizelge 3. Sınıflandırma doğruluğu analiz sonuçları.

	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Asfalt yol	98,46	92,91
Gri çatı	93,15	90,87
Yeşil alan	91,33	94,58
Kırmızı çatı	92,05	92,50
Beyaz çatı	95,44	99,97
Genel Doğruluk (%)	**94,1**	
Kappa	**0,93**	

Çizelgeden görüleceği üzere, tüm sınıflar için üretici ve kullanıcı doğruluğu değerlerinin %90'nın üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, en yüksek üretici doğruluğu (%98,46) asfalt yol sınıfı için elde edilirken, en yüksek kullanıcı doğruluğunun (%99,97) beyaz çatı için belirlendiği gözlemlenmiştir.

Sınıflandırma işlemi sonucu elde edilen tematik harita Şekil 3'te gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, genel olarak kırmızı çatılı binaların düzgün olarak belirlendiği gözlemlenirken gri çatılı bina sınıfların düşük de olsa asfalt yol sınıfıyla karıştığı alanlar tespit edilmiştir.



Şekil 3. Sınıflandırılmış görüntü.

5.SONUÇLAR

Uzaktan algılanmış görüntülerin karmaşık spektral yapısına bağlı olarak özellik çıkarımı yapılması ve farklı arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıflarının haritalanması oldukça zorlu bir süreçtir. Özellikle, farklı bina tiplerinin belirlenmesi ve tespit edilmesinde bu problem ön plana çıkmaktadır. Taguchi yöntemi, uzaktan algılama sürecinde parametre değerlendirme ve optimizasyon için etkili bir yaklaşımdır. Bu yöntemin kullanılmasının avantajı, yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılarak yarı otomatik bina çıkarımına ve doğru bir şekilde haritalanmasına imkân vermesidir.

Bu çalışmada, NTGA ve Taguchi optimizasyon tekniği birlikte kullanılarak bina çıkarımı ve haritalanması işlemi gerçekleştirilmiştir. NTGA'da temel adım olan bölütleme işlemi, eCognition Developer yazılımında bulunan çoklu-çözünürlük algoritması kullanılarak Worldview-2 uydu görüntüsü üzerinde uygulanmıştır. Çoklu-çözünürlük parametreleri sınırlı sayıda test uygulayarak, optimum kombinasyon arayışında etkili bulunan Taguchi ortogonal dizi kullanılarak optimize edilmiştir. Optimum bölütleme parametre değerleri kullanılarak bina çıkarımı ve haritalanması %94,1 genel doğrulukla tespit edilmiştir. Sonuç olarak, ölçek, biçim ve bütünlük parametreleri için sırasıyla 10, 0,9, 0,9 değerleri bina çıkarımı için en optimum değerler olarak belirlenmiştir. Nesne tabanlı bina çıkarımı yönteminde, ölçek değişimi, nihai sonuç üzerinde en büyük etkiyi göstermekte ve uygulamalarda ölçek belirlenmesinin daha fazla dikkat edilmesi gerektiğini göstermektedir. Ayrıca, çoklu-çözünürlük algoritmasının iki parametresi (biçim ve bütünlük) ve bu parametrelerin ölçek parametresiyle etkileşimi genellikle göz ardı edilmektedir. Bu çalışmada, tüm parametrelerin bina çıkarımı performansına etki ettiği ve parametre optimizasyonunda değerlendirmeye alınması gerektiği tespit edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Çalışmada kullanılan Worldview-2 görüntüsü DigitalGlobe ® tarafından temin edilmiş olup katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Baatz, M., Schape, A., 2000, Multiresolution Segmentation: An Optimization Approach for High Quality Multi-Scale Image Segmentation. Strobl, J., Blaschke, T. and Griesbner, G. (Ed.), *Angewandte Geographische Informations-Verarbeitung*, XII, Wichmann Verlag, Karlsruhe, Germany, 12-23.

Blaschke, T., 2010, Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65(1): 2-16.

Blaschke, T. Hay, G.J., Kelly, M., Lang, S., Hofmann, P., Addink, E., Feitosa, R.Q., Meer, F., Werff, H., Coillie, F., Tiede, D., 2014, Geographic Object-Based Image Analysis – Towards a new paradigm. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 87: 180–191.

Gibril, M.B.A., Shafri, H.Z.M., Hamedianfar, A., 2017, New semi-automated mapping of asbestos cement roofs using rule-based object-based image analysis and Taguchi optimization technique from WorldView-2 images. *International Journal of Remote Sensing*, 38(2): 467-491.

Gibril, M.B.A., Idrees, M.O., Yao, K., Shafri, H.Z.M., 2018, Integrative image segmentation optimization and machine learning approach for high quality land-use and land-cover mapping using multisource remote sensing data. *Journal of Applied Remote Sensing*, 12(1): 016036.

Espindola, G.M., Camara, G., Reis, I.A., Bins, L.S., Monteiro, A.M., 2006, Parameter Selection for Region-Growing Image Segmentation Algorithms Using Spatial Autocorrelation. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14): 3035–3040.

Fotheringham, A., Brunsdon, C., Charlton, M., 2000, *Quantitative Geography: Perspectives on Spatial Analysis*. 1 st edition, Sage Publications, California. 288 sayfa.

Idrees M. O., Pradhan B., 2016, Hybrid Taguchi-objective function optimization approach for automatic cave bird detection from terrestrial laser scanning intensity image. *International Journal of Speleology*, 45(3), 289–301.

Idrees, M.O., Pradhan, B., Buchroithner, M.F., Shafri, H.Z.M., Bejoc, S.K., 2016, Assessing the transferability of a hybrid Taguchi-objective function method to optimize image segmentation for detecting and counting cave roosting birds using terrestrial laser scanning data. *Journal of Applied Remote Sensing*, 10(3), 035023.

Johnson, B., Xie, Z., 2011, Unsupervised image segmentation evaluation and refinement using a multi-scale approach. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 66: 473–483

Johnson, B.A., Jozdani, S.E., 2018, Identifying Generalizable Image Segmentation Parameters for Urban Land Cover Mapping through Meta-Analysis and Regression Tree Modeling. *Remote Sensing*, 10(1): 73.

Kavzoglu, T., 2017. Object-Oriented Random Forest for High Resolution Land Cover Mapping Using Quickbird-2 Imagery. Samui, P, Roy, S.S., Valentina, B. (Ed.), *Handbook of Neural Computation*, Amsterdam: Elsevier. syf: 607-619.

Kavzoglu, T., Yildiz Erdemir, M., Tonbul, H., 2017, Classification of semi urban landscapes from very high-resolution satellite images using a regionalized multiscale segmentation approach. *Journal of Applied Remote Sensing*, 11(3), 035016.

Liu, Y., Bian, L., Meng, Y., Wang, H., Zhang, S., Yang, Y., Shao, X., Wang, B., 2012, Discrepancy measures for selecting optimal combination of parameter values in object-based image analysis. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 68: 144–156.

Taguchi G., 1986. *Introduction to Quality Engineering: Designing Quality Into Products and Processes*. White Plains, NY, USA: Quality Resources, 191 sayfa.

Tonbul, H., Kavzoğlu, T., 2017, Nesne-Tabanlı Sınıflandırmada Segmentasyon (Bölütleme) Kalitesinin Sınıflandırma Doğruluğu Üzerine Etkisinin İncelenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Özel Sayı: 118-125.

Tonbul, H., Kavzoğlu, T., 2018, Nesne Tabanlı Görüntü Analizinde Görüntü Bölütleme Yaklaşımları ve Bölütleme Kalitesinin Analizi. *Harita Dergisi*, 84(160): 12–23.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6163

CORINE SINIFLANDIRMASININ TEMATİK DOĞRULUK ANALİZİNDE LUCAS METODOLOJİSİNİN KULLANIMI

Fulya Başak SARIYILMAZ[1], Nebiye MUSAOĞLU[2]

[1]Dr. Öğr. Üyesi, Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Uzaktan Algılama Anabilim Dalı, 29100 Merkez, Gümüşhane, geze@gumushane.edu.tr

[2]Prof. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul.

ÖZET

Bu çalışma kapsamında, uydu görüntülerinden üretilen arazi kullanımı ve arazi örtüsü (AKAÖ) haritalarında doğruluk belirleme yöntemi olarak LUCAS metodolojisinden yararlanılması üzerine bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, çalışmanın ilk aşamasında, Sazlıdere Havzası içerisinde seçilen pilot bölgenin 2016 tarihli LANDSAT görüntüsü LUCAS sınıflandırma sistemi ilk seviyesine göre sınıflandırılmış ve ardından sınıflandırma sonuç görüntüsü CORINE metodolojisine benzer şekilde 25 ha ve 5 ha olacak şekilde genelleştirilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında, aynı bölgede LUCAS metodolojisine göre arazi çalışmaları gerçekleştirilmiş ve arazi çalışması sonuçları ile uydu görüntüsünden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar Sözcükler: CORINE, doğruluk analizi, LUCAS, Sazlıdere Havzası,sınıflandırma

ABSTRACT

THE USE OF LUCAS METHODOLOGY FOR THE THEMATIC ACCURACY ASSESSMENT OF CORINE CLASSIFICATION

In this study, a research has been carried out on the utilization of LUCAS methodology as a method of determining the accuracy of land use and land cover (LULC) maps generated from satellite images. For this purpose, in the first phase of the study, the LANDSAT image of the selected pilot region in the Sazlıdere Basin was classified according to the first level of the LUCAS classification system and then the classification result image was generalized to be 25ha and 5ha similar to the CORINE methodology. In the second phase of the study, field works were carried out according to the LUCAS methodology in the same area and the results of the field works and the results obtained from the satellite image were compared.

Keywords: CORINE, accuracy assessment, LUCAS, Sazlidere Basin, classification

1. GİRİŞ

Uydu görüntülerinden üretilen tematik haritalarda her bir sınıfın doğruluğunun belirlenmesi sonuç ürünün kullanılabilirliği ve güvenirliği açısından önem taşımaktadır. Tematik doğruluk analizinde genel olarak sınıflandırma sonuç görüntüsü üzerinden rastgele seçilen piksel veya alanların gerçek yeryüzü verisi ile karşılaştırılması ile bir hata matrisi oluşturulmakta, bu matristen her bir sınıfın doğruluğu ve genel sınıflandırma doğruluğu hesaplanabilmektedir.

1985 yılında Avrupa'da arazi örtüsü hakkında standart veri üretilmesi amacıyla başlatılmış olan CORINE programında, en küçük haritalama birimi 25 hektar ve 100 metre lineer obje genişliği esas kabul ederek uydu görüntülerinden görüntü yorumlama ile zamansal bilgi çıkarılması ve değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ülkemiz ilk CORINE sonuçlarını 2000 yılında yayımlamış, daha sonra 2006 ve 2012 sonuçları ve bu yıllar arasındaki değişimler belirlenmiştir (INFOMAB, 2014). CORINE sonuçlarının doğruluğunu araştırmak amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmış ve ülkelerin birçoğu sonuçlarını Land Use / Cover Area Frame Survey (LUCAS) yöntemi ile test etmişlerdir (URL-1, 2018). Bu çalışma; 2001 yılında başlatılmış ve aralıklarla devam ederek, araştırmacılar tarafından, 2009 yılında 23 Avrupa ülkesinde, toplamda yaklaşık 235.000 noktaya ve 2012 yılında 27 Avrupa ülkesinde ve toplamda yaklaşık olarak 271.000 noktaya gidilerek gerçekleştirilmiştir. 2015 yılında arazi çalışması yapılan nokta sayısı 273.000'e ulaşmıştır (Palmieri ve diğerleri, 2009; URL-2, 2016; URL-3, 2016). Genel olarak çalışma iki aşamada gerçekleştirilir. Bu aşamalar, arazi örtüsü ve kullanımının belirlenmesinde kullanılacak noktaların yerlerine karar verilmesi ve arazi çalışması gerçekleştirilmesi şeklindedir. Belirlenen her bir noktaya gidilerek yapılan arazi çalışmaları ile elde edilen gözlemler, alan formu doldurularak ve fotoğraflar ile belgelenmektedir (Sarıyılmaz, 2017).

Ülkemizde CORINE verileri üretilmesine rağmen LUCAS metodolojisi ile bir doğruluk analizi gerçekleştirilmemiştir. Bu çalışma kapsamında LUCAS metodolojisi detaylı olarak incelenmiş ve Sazlıdere Havzası'nda bu kapsamda gerçekleştirilen uygulamanın ön sonuçları sunulmuştur.

1. ÇALIŞMA ALANI

İstanbul, dünyadaki kentsel alanların yoğunluğu bakımından 22. sıradadır ve Türkiye'nin en kalabalık şehridir (URL-4, 2017). Bu şehir, ekonomik ve sosyal tesislerinin çokluğu ve çeşitliliği nedeniyle ülkemizin diğer şehirlerinden göç almaya devam etmektedir. Bu nedenle il sınırları içindeki kentsel alanlarda önemli değişiklikler gözlemlenmektedir. Zamanla, kentleşmedeki bu dinamik değişimler, içme ve kullanma suyu havzalarını olumsuz yönde etkilemiştir. İstanbul'da başlıca 7 içme ve kullanma suyu havzası vardır. Bunlar Anadolu yakasında Ömerli, Elmalı ve Darlık baraj gölleri, Avrupa yakasındaki Alibeyköy, Terkos, Sazlıdere ve Büyükçekmece baraj gölleridir (Şekil 1.1).

Sazlıdere Havzası, İstanbul'un su ihtiyacını karşılayan en önemli havzalardan biridir. Yaklaşık 170 km^2 alanı kaplayan Sazlıdere Havzası, Arnavutköy ve Başakşehir ilçe sınırları içerisinde bulunmaktadır. Ancak havza alanının büyük bir kısmı Arnavutköy ilçesi içerisinde yer alır. Bölge, Kuzey Marmara Otoyolu, İstanbul'un üçüncü uluslararası havalimanı projesi ve planlanan Kanal İstanbul Projesi etkisinde hızla büyümektedir. Sazlıdere Barajı 1996 yılında inşa edilmiştir (URL-5, 2018). Havza içerisinde, orman alanları ile birlikte yerleşim alanları da görülmektedir. Ayrıca, tarım ve hayvancılık faaliyetleri oldukça yaygındır. Bu nedenle, havzanın oldukça güçlü bir kentsel baskı altında olduğu açıktır. Nüfus artışı ve bunun sonucu olarak ortaya çıkan kentleşme AKAÖ sınıflarını ciddi şekilde değiştirmektedir.



Şekil 1.1: İstanbul'a içme suyu sağlayan havzalar (Sarıyılmaz, 2017).

2. KULLANILAN VERİLER VE YÖNTEM

Bu çalışmada 2016 tarihli ve 30 m mekânsal çözünürlüklü LANDSAT 8 OLI görüntüsü kullanılmıştır. Bu görüntü, LANDSAT USGS web sitesinden; ücretsiz olarak ve UTM WGS 84 koordinat sistemi ve datumunda temin edilmiştir. Görüntüden havza sınırının belirlenmesinde de İSKİ'den temin edilen vektör veri kullanılmıştır.

2.1 CORINE Metodolojisi

CORINE AÖ/AK sınıflandırma sistemi, standart, entegre edilebilir veri üretmek, ekonomik gelişme, çevresel ve doğal kaynak yönetimi konularında altlık oluşturmak, bu konulardaki politikaları iyileştirmek, Avrupa Birliği

(Global Monitoring for the Environment and Security – GMES) Çevre ve Güvenlik için Küresel İzleme programı kapsamında 1985 yılında uygulamaya koyulmuş önemli arazi yönetimi projelerinden biridir (Erol ve Çanga, 2003, Çivi ve diğerleri, 2009).

CORINE sınıflandırma sistemi üç düzeyli hiyerarşik bir yapıya sahiptir. Birinci düzeyde; arazi örtüsü ve kullanımı 5 ana kategoriye ayrılır. İkinci düzeyde; temel arazi örtüsü ve kullanımı birimleri kendi içinde 15 alt kategoriye, üçüncü düzeyde ise 44 alt kategoriye ayrılır. CORINE Sınıflandırma Sistemi'nin düzeylerine karşılık gelen ölçek, karşıladığı gereksinim ve hangi son kullanıcılara yönelik olduğu ile ilgili bilgi Çizelge 2.1'de verilmiştir (Url-6, 2016, Sarıyılmaz, 2017).

Diğer yandan, ülke ihtiyaçları ve bölgesel çalışmalarda genel olarak kurumların 1:25000 ölçek haritalar kullanması CORINE sınıflandırma sisteminde mevcut bulunan 44 sınıfın beklenen detayda veriyi sağlamadığı yönünde yorumlara neden olmaktadır. Bu nedenle arazi örtüsü ve kullanımı sınıflarının 1:25000 ölçekte daha detaylı arazi örtüsü ve kullanımı sınıflarını sunacak şekilde oluşturulması ihtiyacı doğmuştur (Sarıyılmaz, 2017). Ülkemizde yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ve ek veriler kullanılarak sınıflandırma sistemine bir düzey daha eklenerek sınıf sayısının da arttırılması, en küçük haritalama biriminin de 25 ha'dan 5 ha'a indirilmesine yönelik çalışmalar bulunmaktadır (Sertel ve diğerleri, 2018). Tüm düzeylerde hazırlanacak tematik haritaların güvenirliğinin belirlenmesi için tematik doğruluk önem taşımaktadır.

Çizelge 2.1: CORINE sınıflandırma sistemi özellikleri.

Ölçek / Düzey	Karşılanan Gereksinim	Karar Türü
1:1.000.000 / 1. Düzey	• Arazi örtüsündeki uzun süreli temel eğilimler • Arazi örtüsü desenlerinin uluslararası karşılaştırılması	• Ulusal çalışmalara • Başlıca kalkınma planlarına altlık oluşturmak
1:500.000 – 1:1.000.000 / 2. Düzey	• Çevrenin ulusal yönetimi: başlıca problemli alanların belirlenmesi • Ulusal arazi kullanım politikası: hangi bölgelerin korunacağına karar verilmesi	• Ulusal politikaların uygulanmasının gözlemlenmesi
1:100.000 / 3. Düzey	• Bölgesel arazi kullanımın izlenmesi • Duyarlı alanların yönetimi	• Yerel yönetimler

2.2 Piksel Tabanlı Sınıflandırma Yöntemi ve Doğruluk Analizi

Uydu görüntülerinin sınıflandırılması, görüntü matrisinden arazi örtüsü/kullanımının ya da belirlenmek istenen özelliklerin, uydu verisi ve ayırt edilecek obje özellikleri göz önünde bulundurularak belirlenecek matematiksel kurallara göre doğrudan veya yardımcı veriler de kullanılarak gruplandırılması olarak tanımlanabilir. Genel olarak, sınıflandırma işlemi, bir görüntüdeki bütün piksellerin sınıflara ya da temalara göre kategorilere ayrılmasıdır (Lillesand, Kiefer, Chipman, 2004) denilebilir. Piksel tabanlı ya da obje tabanlı sınıflandırma yöntemleri yaygın olarak kullanılan sınıflandırma yöntemleridir. Görüntülerin piksel tabanlı sınıflandırmasında piksellerin parlaklık değerleri temel alınarak belirli bir kurala göre her bir pikselin arazi örtüsünü oluşturan sınıflardan birine atanması ile tematik harita üretilir (Çetin ve Musaoğlu, 2008). Piksel tabanlı sınıflandırma işlemi kontrolsüz ve kontrollü sınıflandırma işlemi olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilebilir. Kontrolsüz sınıflandırma işlemi sonucu oluşan sınıflara spektral sınıflar, kontrollü sınıflandırma işlemi sonucu oluşan sınıflara da bilgi sınıfları denir. Spektral sınıflar, kontrollü sınıflandırmanın öncül bilgisi olarak kullanılabilir. Bu çalışmada kontrolsüz ve kontrollü sınıflandırma işlemleri bir arada kullanılmıştır. Uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma işlemlerinin bir arada kullanılması melez (hibrit) sınıflandırma olarak adlandırılmaktadır (Sunar ve Özkan, 2011).

Tematik doğruluk, belirli bir zamanda haritası üretilen arazi örtüsü ve kullanımının yer gerçeğini tanımlama başarısı anlamına gelir (Sarıyılmaz ve diğerleri, 2015). Bu çalışmada sınıflandırma işleminin tamamlanmasının ardından elde edilen bilgi sınıflarının doğruluğunun belirlenebilmesi için tematik doğruluk analizi yapılmıştır. Tematik haritaların doğruluk değerlendirmesi yapılırken kullanılan en yaygın yöntem hata matrislerinin analiz edilmesidir

(Congalton ve Green, 2008; Kumar, 2012). Hata matrisi ile doğruluk değerlendirmesi sırasında rastgele nokta sayısının belirlenmesi için Binomal örnekleme yöntemine ait

$$N=(Z^2pq)/E^2 \quad (1)$$

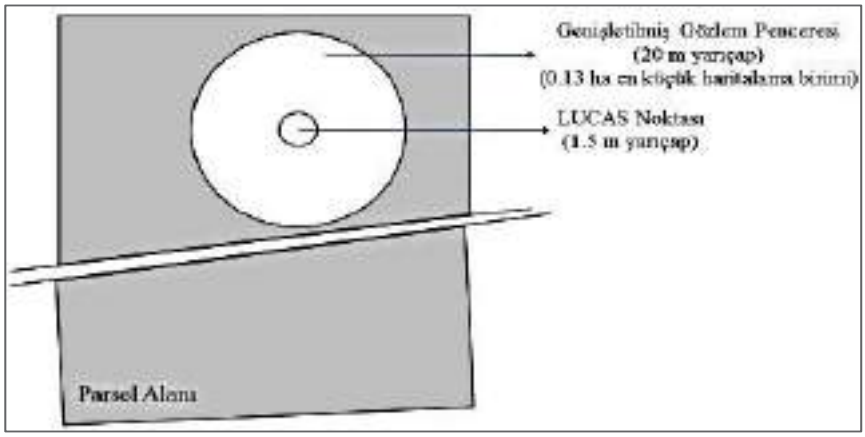
eşitliği kullanılmıştır (Van Genderen ve Lock, 1977; Fitzpatrick – Lins, 1981). Bu eşitlikte; N, örnek sayısı, p, beklenen doğruluk, q = 100 – p, E, hesaba katılabilir hata ve Z, %95 güven aralığı için standart normal sapma (1.96) olarak tanımlanır.

Bu çalışmada, sınıflandırma sırasında, örneğin tüm yerleşim alanları, sanayi bölgeleri ve yolları yapay yüzeyler tematik sınıfına dahil etmek şeklinde yapılan kavramsal genelleştirme sonucunda elde edilen ancak içinde hâla karışık pikseller bulunan görüntüler ayrıca tematik piksel bütünleştirme işlemi yapılarak, bir kez daha kavramsal olarak genelleştirilmiştir. Tematik piksel bütünleştirmede çalışmanın amacına ve çıktı ölçeğine göre belirlenen piksel sayısı kadar alanda en baskın arazi örtüsü veya kullanımı sınıfı belirlenir.

2.3 LUCAS (Land Use / Cover Area Frame Survey) Metodolojisi

LUCAS metodolojisi arazi örtüsü ve arazi kullanımı değişimleri hakkında standart veri üretmek ve CORINE gibi uydu görüntüleri temelli oluşturulan veri tabanlarını doğrulamak amacı ile kullanılmaktadır. LUCAS arazi örtüsü sınıflandırma sistemi üç düzeyli hiyerarşik bir yapıya sahiptir. Birinci düzeyde; arazi örtüsü 8 ana kategoriye ayrılır. İkinci düzeyde; temel arazi örtüsü birimleri kendi içinde 28 alt kategoriye, üçüncü düzeyde ise 72 alt kategoriye ayrılır (Url-7, 2017). LUCAS arazi kullanımı sınıflandırma sistemi de arazi örtüsü sınıflandırma sistemine benzer olarak üç düzeyli hiyerarşik bir yapıya sahiptir. Birinci düzeyde; arazi kullanımı 4 ana kategoriye ayrılır. İkinci düzeyde; temel arazi kullanımı birimleri kendi içinde 15 alt kategoriye, üçüncü düzeyde ise 36 alt kategoriye ayrılır (Url-7, 2017).

LUCAS örnekleme yönteminde çalışma alanı, alan koruyan projeksiyon sisteminde 2km x 2km boyutlarında 4km^{2}lik kare bölgelere ayrılır. Belirlenen bu bölgeler içerisinde eşit aralıklı 9 x 9 grid yapıda 81 adet nokta belirlenir. Belirlenen noktalarda arazi çalışmaları yapılarak belgeleme işlemleri gerçekleştirilir. Bu belgeleme; koordinat ölçmeleri ve nokta üzerinde, kuzey, güney, doğu ve batı olmak üzere dört yönde gerçekleştirilen fotoğraf çekimleri ve noktaya ait belirleyici tüm özelliklerin kaydedilmesi şeklindedir (Sarıyılmaz ve Musaoğlu, 2016, Sarıyılmaz, 2017,URL-8, 2018). Noktalardaki AÖAK sınıfları belirlenirken 20 m yarıçaplı yani 0,13 ha'lık alan içerisindeki en yoğun AÖAK sınıfı dikkate alınır. Bu alana genişletilmiş gözlem penceresi ismi verilmektedir. Şekil 2.1, LUCAS noktasını ve genişletilmiş gözlem penceresini göstermektedir.

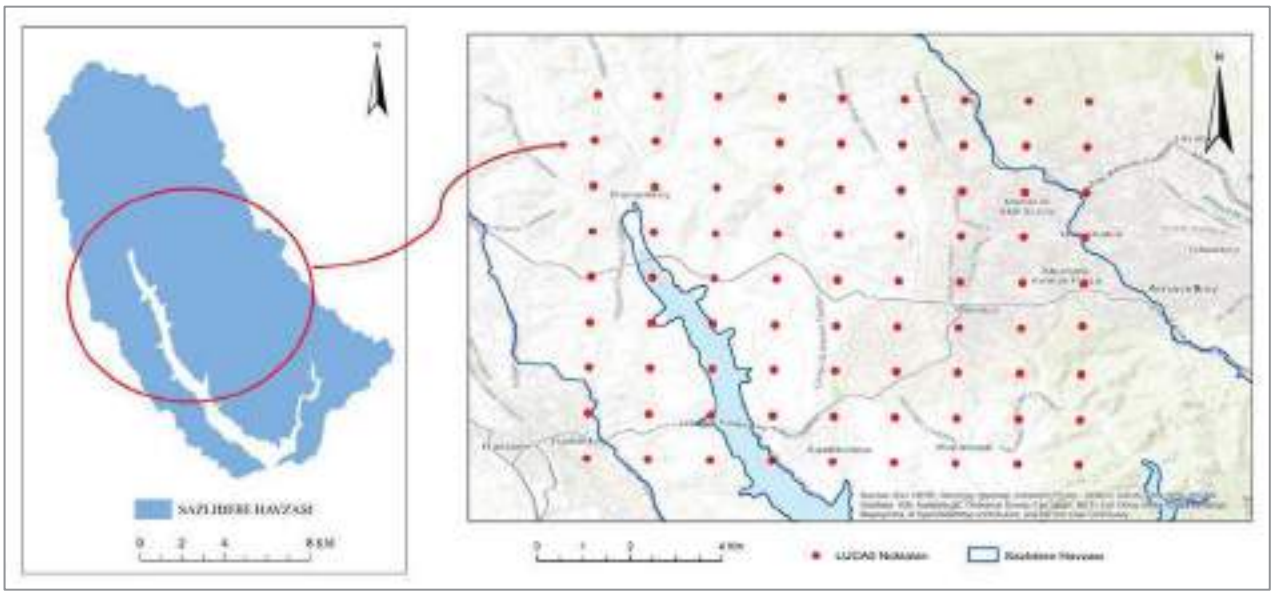


Şekil 2.1: LUCAS noktası ve genişletilmiş gözlem penceresi (Sarıyılmaz, 2017).

LUCAS yönteminin uygulanmasında farklı AÖAK tiplerinin temsil edilmesini sağlamak amacıyla havza içerisinde heterojen tematik karakteri olan en uygun alan belirlenmiştir. Belirlenen bu çalışma alanında 9x9'luk bir kareler ağı oluşturulmuştur. Her bir kare 1km^{2}lik bir alanı kaplayacak şekilde 81 adet örneklem noktası belirlenmiştir. Örneklem seçimi 2km x 2km şeklinde yapılmasına rağmen Sazlıdere Havzası içerisinde seçilen pilot bölgede noktalar, havzanın düzgün olmayan geometrik şekli ve büyüklüğü göz önünde bulundurularak 1 km x 1 km'lik grid yapıda olacak şekilde belirlenmiştir (Şekil 2.2). Çalışma kapsamında arazi çalışmaları gerçekleştirilmiş ve her bir noktaya tek tek gidilerek arazi formları doldurulmuştur.

Arazi çalışması yapılması planlanan noktalara ulaşımın mümkün olmadığı durumlarda ya da yürüyerek noktaya ulaşılması gerektiğinde, tüm işlem süresinin 1 saatten fazla süreceğinin tahmin edildiği durumlarda, noktaya ilişkin AÖAK'nin belirlenmesi için yüksek mekânsal çözünürlüklü görüntülerin kullanılmasına izin verilmektedir (Url-9, 2016). Çalışma alanında LUCAS metodolojisine uygun olarak gerçekleştirilen arazi çalışmaları neticesinde gidilmesi planlanan 81 noktadan 71'ine gidilmiş ancak çevre koşulları sebebiyle 10 noktaya gidilememiştir. Gidilemeyen noktalarda AÖAK sınıfları yüksek mekânsal çözünürlüklü görüntüler kullanılarak belirlenmiştir.

CORINE sınıflandırma sisteminden farklı olarak LUCAS sınıflandırma sisteminde arazi örtüsü sınıfları ilk seviyesinde 8 farklı kategoriye ayrılır. Bu çalışmada bölgenin 2016 tarihli LANDSAT görüntüsü, LUCAS metodolojisinin ilk seviyesine göre sınıflandırılmış ve ardından sınıflandırma sonuçları en küçük haritalama birimi CORINE metodolojisinde kabul edilen ve uygulanması planlanan 25 ha ve 5 ha birimlerine denk gelecek şekilde genelleştirilmiştir. Arazi çalışması ile elde edilen AÖAK sınıfları hem sınıflandırma sonuçları ile hem de genelleştirilmiş sınıflandırma sonuçları ile karşılaştırılmıştır.



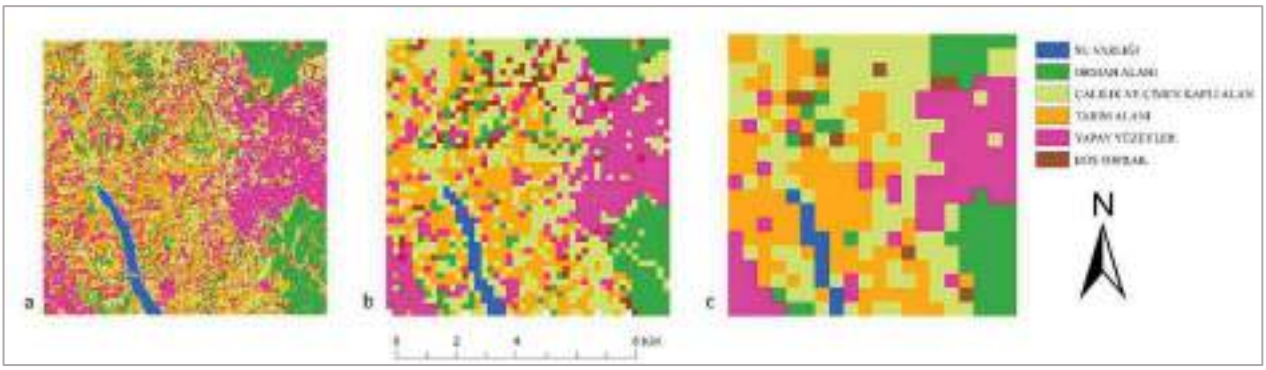
Şekil 2.2: Çalışma alanı ve LUCAS noktalarının konumları (Sarıyılmaz, 2017).

3. UYGULAMA VE BULGULAR

LUCAS Yöntemi dikkate alınarak gerçekleştirilen arazi çalışmaları sonucunda elde edilen arazi örtüsü ve kullanımı verileri kullanılarak tematik doğruluk değerlendirmesi yapabilmek için, pilot bölge 2016 tarihli LANDSAT 8 OLI görüntüsünde belirlenmiş ve bu bölgeye sınıflandırma işlemi uygulanmıştır. Çalışma alanında LUCAS sınıflandırma sisteminin ilk seviyesine ait 6 adet arazi örtüsü sınıfı belirlenmiştir. Bu sınıflar; su varlığı, orman alanları, çalılık ve çimen, ekili tarım alanları, boş toprak alanlar ile yapay yüzeylerdir.

Sınıflandırma sonucunun doğruluk analizi binomial örnekleme yöntemine göre seçilen 271 adet rastgele nokta ile hata matrisi oluşturulmak suretiyle gerçekleştirilmiştir. Yapılan doğruluk analizi neticesinde hata matrisinden elde edilen kappa istatistik değeri yaklaşık 0,75 ve genel doğruluk yaklaşık %80'dir.

Çalışma alanına ait sınıflandırma sonuçları CORINE sınıflandırma sisteminin güncel en küçük haritalama birimi 25 ha ve uygulanması planlanan en küçük haritalama birimi 5 ha olacak şekilde tematik piksel bütünleştirme işlemi ile genelleştirilmiştir. En küçük haritalama biriminin 5 ha değerine indirilmesinin AÖAK sınıflarındaki kayıpları azaltacağı ve detay zenginliği sağlayacağı beklenmektedir. Şekil 3.1, çalışma alanına ait sınıflandırma sonucunu ve genelleştirme sonuçlarını bir arada göstermektedir.



Şekil 3.1: Çalışma alanı a) sınıflandırma sonucu, b) genelleştirme sonucu (5ha), c)genelleştirme sonucu (25 ha).

4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

LUCAS metodolojisinin temeli arazi çalışmalarına dayanmaktadır. Arazi çalışmalarında belirli kurallarla yerleri kararlaştırılan her noktaya tek tek gidilerek arazi formları doldurulur, GPS ölçmeleri ve fotoğraf çekimi yapılır, AÖAK sınıfları kayıt altına alınır. Bu çalışmada, arazi çalışması sonuçları, genelleştirme öncesi ve sonrası sınıflandırma sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Arazi çalışmaları ile gidilen noktalar, sınıflandırma sonucunun değerlendirilmesinde kullanılan ve rastgele seçilen 271 noktadan farklıdır. Bu rastgele seçilen 271 nokta ile yapılan doğruluk değerlendirmesi neticesinde sınıflandırılmış görüntünün belirlenen genel doğruluk değeri % 80'dir. Arazi çalışmaları ve kullanılan yüksek mekânsal çözünürlüklü görüntüler ile AÖAK kullanımı belirlenen 81 LUCAS noktası, sınıflandırılmış görüntü pikselleri ile karşılaştırıldığında % 82'lik bir eşleşme elde edilmiştir. Birbirinden bağımsız noktalar kullanılarak yapılan iki farklı tematik doğruluk değerlendirme çalışmasının neticeleri birbirleri ile örtüşen sonuçlar vermiştir. Bir sonraki aşamada sınıflandırılmış görüntü en küçük haritalama birimi 5 ha ve 25 ha olacak şekilde genelleştirilmiş ve bu görüntüler de 81 LUCAS noktası ile karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar neticesinde en küçük haritalama birimi 25 ha olacak şekilde genelleştirilmiş görüntü ve LUCAS noktaları arasında %71'lik, en küçük haritalama birimi 5 ha olacak şekilde genelleştirilmiş görüntü ve LUCAS noktaları arasında %77'lik bir eşleşme bulunduğu belirlenmiştir. Sınıflandırılmış görüntüde en küçük haritalama birimi bir piksel alanına yani 0.09 ha'a eşittir. Bu da LUCAS metodolojisinin en küçük haritalama birimi olan 0.13 ha'a oldukça yakın bir değerdir. Çalışma sonuçları göstermektedir ki en küçük haritalama birimi 0.09 ha'dan 25 ha'a doğru arttıkça görüntüdeki veri kayıpları da artmış ve bu da genel doğruluğun düşmesine sebep olmuştur.

LUCAS projesi, CORINE Land Cover gibi uydu görüntülerinden üretilen ve AÖAK'ye yönelik veri tabanlarında kontrol ve doğrulama işlemlerinin gerçekleştirilmesine yönelik olarak 2001 yılından itibaren uygulanmaktadır. LUCAS sınıflandırma sistemi, CORINE sınıflandırma sistemine benzer olarak üç düzeyli hiyerarşik bir yapıya sahiptir ancak birinci düzeyi daha detaylıdır. CORINE sınıflandırma sisteminin ilk düzeyinde beş temel sınıf bulunurken LUCAS sınıflandırma sisteminin ilk düzeyindeki sekiz temel sınıf bulunur. CORINE metodolojisinde en küçük haritalama birimi 25 ha iken LUCAS metodolojisinde en küçük haritalama birimi 20 m yarıçaplı dairenin oluşturduğu 0,13 ha'lık alandır. İki sistem birbiri ile karşılaştırıldığında, CORINE metodolojisi ile üretilen verilerin daha genel, bunun yanında LUCAS metodolojisi ile üretilen verilerin ise daha detaylı olduğu anlaşılmaktadır.

Çalışma sonuçları, genelleştirme işlemi için kabul edilen en küçük haritalama birimi arttıkça doğal olarak elde edilen görüntüde veri kayıpları meydana geldiğini göstermektedir. Kullanılan yöntemlerin CORINE veri tabanına veri üretimine uygunluğunun değerlendirilme aşamasında en küçük haritalama birimine karar verilmesi oldukça önemlidir. Veri kaybının veya hatalı sonuçların üretilmemesi için minimum haritalama birimi uygun şekilde seçilmelidir. Uydu görüntülerinin sınıflandırma sonuçlarının tematik doğruluk analizi ile birlikte sunulması her bir sınıfa ne kadar güvenileceğini ifade edeceğinden uzaktan algılama çalışmalarında tematik sınıflar doğruluk değerlendirmesiyle birlikte sunulmalıdır.

KAYNAKLAR

Congalton, R. G., Green, K. (2008). *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices,* Second Edition, CRC Pres.

Çetin, M. ve Musaoğlu, N. (2008). İbreli orman türlerinin hiperspektral uydu görüntüsü ile ayırt edilebilirliğinin araştırılması. *İTÜ Dergisi/d, Mühendislik, 7* (5), 34-40.

Çivi, A., Akgündüz, E., Kalaycı, K., İnan, Ç., Sarıca, E. ve Toru, E. (2009). CORINE (Coordination of Information on the Environment) Projesi. *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi,* İzmir, Türkiye: Kasım 2, 6.

Erol, E. ve Çanga, M. R. (2003). Coğrafi bilgi sistemi tekniği kullanılarak erozyon tehlikesinin değerlendirilmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi, 10 (2),* 136 – 143. <http://dergiler.ankara.edu.tr/dergiler/15/1322/15246.pdf>, Erişim Tarihi: 18.12.2011.

Fitzpatrick – Lins, K. (1981). Comparison of sampling procedures and data analysis for a land use and land cover map, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 47,* 343-351.

INFOMAB, CORINE 1990 ve 2006 Uydu Görüntüsü Yorumlama Projesi, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 93 <http://www.infomab.com/file/040913120311.pdf>, Erişim Tarihi: 05.12.2014.

Kumar, M. (2012). Digital Image Processing, Photogrammetry and Remote Sensing Division Indian Institute of Remote Sensing, Dehra Dun, *Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology* 81-102, http://www.wamis.org/agm/pubs/agm8/Paper-5.pdf, Erişim Tarihi: 05.12.2012.

Lillesand, T. M., Kiefer, R. W. ve Chipman, J. W. (2004). *Remote Sensing and Image Interpretation.* 5th Edition, Wiley, USA.

Palmieri, A., Martino, L., Dominici, P. ve Kasanko, M. (2009). Land Cover and Land Use Diversity Indicators in LUCAS 2009 data, Land Quality and Land Use Information.

Sarıyılmaz F. B., Musaoğlu, N., Tanık, A. ve Kılıç, F. (2015). İstanbul Sazıdere Havzası'nın Zamansal Değişim Analizi, *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VIII. Sempozyumu,* Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye, Mayıs, 21-23.

Sarıyılmaz F. B., Musaoğlu N. (2016). Uydu Görüntülerinden Üretilen Arazi Örtüsü / Kullanımı Haritalarında Doğruluk Analizi: LUCAS Metodolojisi, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Çalıştay ve Paneli, Çukurova Üniversitesi, 5 – 7 Ekim 2016, Adana, Türkiye.

Sarıyılmaz, F. B. (2017). CORINE Sınıflandırmasının Sazlıdere Havzası Ölçeğinde Tematik Doğruluk Analizi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 121.

Sertel E, Musaoğlu N, Alp G, Algan I. Y, Kaya Ş, Yüksel B, Yılmaz A, (2018) 1:25.000 Ölçekli Ulusal Arazi Örtüsü/Kullanımı Sınıflandırma Sistemi ile HGK TOPOVT Veritabanının Karşılaştırılması, Harita Dergisi, *84 (160),* 34 – 46.

Sunar, F. ve Özkan, C. (2011). *7. Ünite: Sınıflandırma.* Uzaktan Algılama. T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No: 2320, Açıköğretim Fakültesi Yayını No: 1317, ISBN 978 – 975 – 06 – 0995 – 4.

Url-1 European Statistics <http://ec.europa.eu/eurostat/web/products-catalogues/-/KS-01-17-069>, Erişim Tarihi:12.05.2018

Url-2 European Statistics: <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/205002/208012/LUCAS2012_C1-InstructionsRevised_20130110b.pdf/10f750e5-5ea0-4084-a0e7-2ca36c8f400c> Erişim Tarihi: 28.06.2016.

Url-3 European Statistics. <http://ec.europa.eu/eurostat/web/lucas/data/primary-data/2015> Erişim Tarihi: 28.06.2016.

Url-4 Türkiye İstatistik Enstitüsü, <http://www.turksat.gov.tr/>, Erişim Tarihi: 01.02.2017.

Url-5 DSİ <http://www2.dsi.gov.tr/baraj/detay.cfm?BarajID=167>, Erişim Tarihi: 12.05.2018

Url-6 <http://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>, Erişim: 24.08.2016.

Url-7 <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/205002/6786255/LUCAS2015_C3-Classification_20160729.pdf> Erişim: 23.06.2017.

Url-8 European Statistics <http://ec.europa.eu/eurostat/web/lucas/methodology>, Erişim Tarihi: 12.05.2018

Url-9 European Statistics, <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/205002/6786255/LUCAS2015C1Instructions20150227.pdf/bbc634 3-568f-44fc-a149-8ef6b04626d7>, Erişim: 30.06.2016.

Van Genderen, J.L. ve Lock, B.F. (1977). Testing land use map accuracy. *Photogrametric Engineering and Remote Sensing, 43,* 1135-1137.



18 Eylül 2018

13:30-15:10

SALON 2016

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6161

YÜKSEKLİK VERİLERİNİN KULLANILABİLİRLİĞİ VE KALİTESİ: ENDÜSTRİYEL DURUM ÇALIŞMASI

Karani KARDAŞ

Dr., Alan Bazlı Yazılım Mühendisi, Havelsan A.Ş., Komuta Kontrol ve Savunma Teknolojileri Bölümü, 06510, Çankaya, Ankara, kkardas@havelsan.com.tr

ÖZET

Yükseklik verileri Coğrafi Bilgi Sistemlerinde coğrafi hesaplamalar ve analizler yapmak için gerekli olan önemli veri tiplerinden birisidir. Kullanıcılar tarafından bu tip verilere olan ihtiyaç büyüktür. Gün geçtikçe hassasiyetleri artan bu verilerin etkin sunumunun gerekliliği önem kazanmaktadır. Günümüzde coğrafi veriye erişim yöntemleri değişmiş ve veri boyutlarının fazla miktarda olması, güvenlik ihtiyaçları, veri tutarlılığı gibi nedenler ile veriye erişimler coğrafi veri sunucuları üzerinden sağlanmaktadır. Yükseklik verilerinin de sunumunun sunucular üzerinden yapılması günümüz CBS ihtiyaçlarından biridir. Bu çalışmanın ilk kısmında DEM (Digital Elevation Models), DTM (Digital Terrain Models) ve DSM (Digital Surface Models) gibi yükseklik veri modelleri hakkında detaylı bilgiler verilmiş ve birbirleri ile arasındaki farka değinilmiştir. Çalışmanın ikinci kısmında hassas olması sebebi ile son zamanlarda popülerliği artan DSM verilerinin sunucu bilgisayarlarında nasıl modelleneceği, kullanıcı bilgisayarında etkin gösterimi ve herhangi bir noktanın yükseklik bilgisinin nasıl alınacağı konusunda açık kaynaklı yazılımlar kullanılarak gerçekleştirilmiş örnek bir çalışma sunulmuştur.

Anahtar Sözcükler: DSM, NASA WorldWind uygulaması, yükseklik modelleri

ABSTRACT

USABILITY AND QUALITY OF ELEVATION DATA: INDUSTRIAL CASE STUDY

Elevation data is one of the most important data types needed to perform geographical calculations and analyzes in Geographic Information Systems. The need for this type of data is huge. The necessity for efficient presentation of these data, which increases in sensitivity over time, becomes more important. Today, geographical data access methods are changed and data access is provided through geographical data servers due to reasons such as excessive data size, security requirements, data consistency and so on. The presentation of elevation data via the servers is one of the needs of today's GIS. In the first part of this study, detailed information about elevation data such as DTM (Digital Terrain Models), DEM (Digital Elevation Models) and DSM (Digital Surface Models) are given and the difference between them is mentioned. Especially, the popularity of DSM data has increased in recent times due to its sensitivity. In the second part of the study, a case study using open source software is presented in order to show how DSM data can be modelled in server, how this type of data can be displayed on the client's computer and how elevation information for any point can be gained.

Keywords: DSM, NASA WorldWind application, elevation models

1. GİRİŞ

Son dönemlerde yükseklik verilerinin gösterimi ve bu verilere dayalı analizler Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) için önemli bir çalışma konusu hâline gelmiştir. Temel veri tiplerinden biri olan yükseklik bilgilerine uçuş güvenliğinden, kabartma ihtiyaçlarına kadar birçok alanda ihtiyaç duyulur. Hassas yükseklik verilerinin oluşturulabilmesi ve oluşturulma olanaklarının artması gibi sebeplerle DSM yükseklik modelinin son zamanlarda popülerliği artmıştır. Son yıllarda alanyazında yükseklik veri tiplerinin kullanımı konusunda ve özellikle DSM veri modeli konusunda birçok çalışma olmuştur. Örneğin, Boccardo ve Gentili (2011) çalışmalarında yüksek çözünürlüğe sahip DSM üretimi konusunu ele almıştır. Wicaksono vd. (2012) ise yükseklik verilerinin arama kurtarma faaliyetlerindeki kullanımını dikkate almışlardır. Kähkönen vd. (2014) fırtına kaynaklı orman hasarlarının web tabanlı analizini gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada fırtına öncesi ve sonrası için DSM ve DTM modelleri üzerinden analizler yapılmıştır. Öztürk vd. (2017) ise çalışmalarında insansız hava aracı ile elde edilen görüntülerde yükseklik bilgilerinin de doğruluğa etkisini araştırmıştır. Bu ve benzeri çalışmalardan elde edilen görüntülerle sayısal yüzey modeli oluşturulabilir. Chuprikova (2014) "An Assesment of the Solar Potential of Roofs within a Web-based Solar Cadastre" isimli tezinde güneş potansiyelinin değerlendirilmesi konusunu çalışmıştır. Bu çalışmada LIDAR ölçümleri ve DSM bölütleme algoritmaları ile ilgili bilgiler verilmiştir. Güneş potansiyelini tahmin işlemlerinde DSM ve DTM modellerinin kullanılabileceği belirtilmiştir.

Asgari Emniyet İrtifası (Minimum Safe Altitude) uçuş görev planlama işleminde dikkate alınan ve görev yapan uçakların ve pilotların emniyetli çalışabilmesini sağlayan önemli parametrelerden biridir. LIDAR sistemleri yapısı gereği görev sahasındaki bina, trafo vb. tüm nesnelerin yüksekliğini de dağ, tepe gibi doğal yükseklikler ile birlikte

dikkate aldığından uçuş emniyetini sağlayacak asgari emniyet irtifasının hesaplanabilmesi için gerekli tüm yükseklik bilgilerini toplayabilir. Hatta uçak üzerine yerleştirilebilen LIDAR sistemleri ile uçak bir yandan görevini yerine getirirken bir yandan bu yükseklik bilgilerini de toplayabilir ve yeni yapılmış bina gibi yapıların yüksekliklerini elde edebilir. Böylece bu bilgiler hem yükseklik modelinin oluşturulmasında kullanılabileceği gibi hem de istihbarat amaçlı yeni yapılan tesisler gibi yapıların ortaya çıkarılmasını sağlar.

Günümüz veri büyüklükleri ve performans zorunlulukları göz önüne alındığında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin ihtiyaç duyduğu verilerin sunucu üzerinden sağlanması yaygınlaşmıştır. Özellikle büyük veri boyutlarına sahip altlık harita verileri istemci kaynaklarını etkin kullanma adına harita sunucuları tarafından sağlanır. Böylece hem veri tutarlığı sağlandığı gibi hem de verinin güvenliği de sağlanmış olur. Günümüz açık kaynaklı yazılımları ile yükseklik verileri de uygun bir şekilde modellenerek istemcilere sunulabilir. Bu şekildeki bir mimari ile istemciler farklı formatlarda ve boyutlarda olabilen harita detaylarını bilmeden haritaları sadece görüntü dosyaları olarak gösterebilir. Böylece istemcilerin performansı artar ve karmaşıklığı azalır.

Bu çalışmada yükseklik veri modellerinin karşılaştırılması yapıldıktan sonra DSM yükseklik verilerinin günümüz istemci-sunucu mimarisinde etkin kullanımını gösteren açık kaynaklı yazılımlar kullanılarak geliştirilen örnek bir uygulama sunulmuştur. Çalışma organizasyonu şu şekildedir: İkinci bölümde yükseklik verileri hakkında bilgiler verilmiş ve aralarındaki farklar değinilmiştir. Üçüncü bölümde kullanılan açık kaynaklı yazılımlar ve standartlar anlatılmış bu teknolojiler üzerinde geliştirilen örnek çalışma detaylı olarak sunulmuştur. Dördüncü bölümde çalışma, sonuçlar ve gelecek çalışmaların değerlendirilmesi ile sonlandırılmıştır.

2. YÜKSEKLİK VERİ MODELLERİ

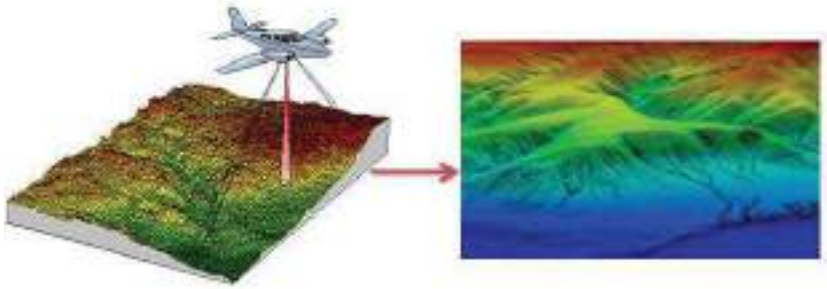
Coğrafi Bilgi Sistemlerinde yükseklik verileri DEM (Digital Elevation Models) (Sayısal Yükseklik Modeli), DTM (Digital Terrain Models) (Sayısal Arazi Modeli) ve DSM (Digital Surface Models) (Sayısal Yüzey Modeli) gibi üç temel formatta modellenebilir (URL_1). DEM dikey veri referanslı sayısal yükseklik modelidir. Arazi yüzeyinin yükseklik verilerinden elde edilmiş üç boyutlu gösterimi olarak düşünülebilen bu terim 1970'lerde basit arazi modellerinden daha karmaşık dijital yüzey gösterimine geçildiğinde kullanılmaya başlanmıştır (URL_2). Köprüler ve yollar gibi yer olmayan noktalar filtrelendiğinde düzgün bir dijital yükseklik modeli elde edilir. Yapılmış (güç hatları, binalar ve kuleler) ve doğal (ağaçlar ve bitki örtüsü) yükseklikler bir DEM modeline dâhil değildir. Doğal ve yapılmış yükseklik verilerinden arındırıldığında bir DEM modeli üretilmiş olur. Kısaca DEM, Dünya'nın yeryüzü şekli nedeni ile sahip olduğu çıplak yükseklik modeli olarak düşünülebilir. DEM yükseklik modeli özellikle hidroloji, toprak ve arazi kullanım planlamasında yararlıdır. Değişik hassasiyet seviyelerine sahip SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) (URL_3) ve DTED (Digital Terrain Elevation Data) (URL_4) bu veri modeline örnek olarak verilebilir. DTM yükseklik veri modelinin ise tanımı dikkate alınan yere veya bölgeye bağlı olarak değişebilir. Bazı ülkelerde, bir DTM aslında bir DEM ile eşanlamlıdır. Bu, bir DTM'nin, ortak bir dikey veriye referans verilen sadece yeryüzünü temsil eden bir yükseklik yüzeyi olduğu anlamına gelir. Amerika Birleşik Devletleri'nde ve diğer bazı ülkelerde ise DTM, düzenli aralıklı noktalar, çıkıntılar ve kırılma çizgileri gibi doğal özelliklerden oluşan bir vektör veri kümesidir. Bir DTM, yeryüzünü temsil eden bir yükseklik yüzeyinin doğrusal özelliklerini içererek bir DEM'i artırır. DTM'ler tipik olarak stereo fotogrametri ile oluşturulur. DTM noktaları düzenli olarak aralıklıdır ve çıplak toprak arazisinin şeklini karakterize eder. Kısaca DTM yeryüzünün şekli olarak düşünülebilir. DSM ise yeryüzü şekline ek olarak ağaç, yapılar, binalar, kuleler vb. nesnelerin de yükseklik bilgisini dikkate alır. DTM ve DSM arasındaki dile getirilen bu fark Şekil 1'de gösterilmiştir. Günümüzdeki bazı gelişmiş algoritmalar yardımıyla bu iki model arasındaki farklar kullanılarak bina, ağaç vb. nesnelerin yükseklik bilgileri elde edilebilir.



Şekil 1. DSM ve DTM (URL_5).

Tehlike analizi için bu sayısal verilerin üretimi önemlidir. Yükseklik modelleri temelde 3 ana yöntem ile oluşturulabilir. Bunlar uydu kullanımı, fotoğraf çekimi ve LIDAR (Light Detection and Ranging) ışığı kullanımıdır. Günümüzde daha detaylı yükseklik modelleri LIDAR ile elde edilir. Normalde LIDAR nokta ölçümleri dünya

yüzeyindeki nesnelerin yüksekliklerini de içerdiğinden LIDAR sonucunda oluşan yükseklik modelleri DSM verileri olarak düşünülebilir. Bazı gelişmiş algoritmalar kullanarak ve kullanıcı müdahalesi ile Dünya yüzeyindeki nesneler çıkarılarak DTM modeli de elde edilebilir. DSM verileri daha çok uzaktan algılama yöntemlerinden biri olan LIDAR sistemine sahip uçaklar ile elde edilir. LIDAR sistemleri gönderilen ışık sinyallerinin yeryüzüne çarpıp geri dönüş prensibine dayanır. LIDAR sistemlerinde Dünya yüzeyinin yükselmesini sağlamak için zeminden süzülen ve algılayıcıya geri dönen ışık yansıtılır. Algılayıcıya geri dönen ışık sinyallerine göre mesafe hesaplanır. LIDAR yüksek çözünürlüklü yükseklik modelleri oluşturmak için neredeyse standart yöntem hâline gelmiştir. LIDAR ölçüm uzaklıklarını çok sık ve doğru biçimde alabilir ve yüksek çözünürlüklü yükseklik modeli oluşturabilir (URL_2). LIDAR ile oluşturulan örnek bir yükseklik modeli Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. LIDAR ile yükseklik modeli oluşumu (URL_2).

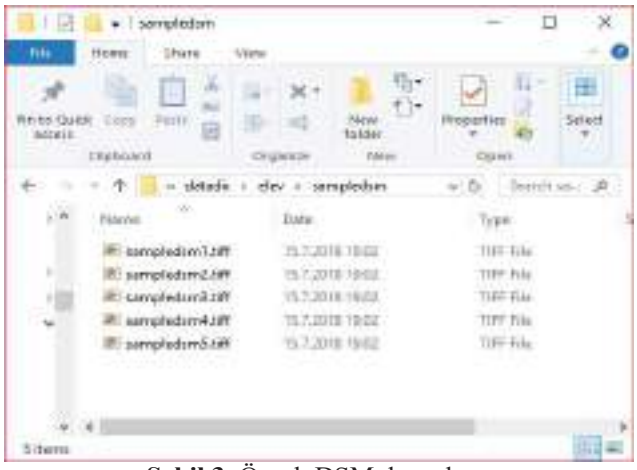
LIDAR kullanımı özellikle görev uçuşu yapan uçaklarda gözetleme ve analiz sonucu çekilen görüntülerden DSM yükseklik modeli oluşturulabilmesi ve oluşturulan modelde görev icra edilecek bina vb. yapıları da dikkate alması nedenleri ile çok önemlidir. Yükseklik bilgisi sadece yeryüzünden değil yeryüzündeki bina, ağaç veya güç hatları gibi yapıların yüksekliklerinden de gelebilir. Kısaca DSM yükseklik verisi Dünya yüzeyindeki hem doğal hem de yapay yapıları dikkate alarak yüksekliği modeller ve özellikle havacılık sektörü için uçuş rotasına engel oluşturabilecek tüm yükseklikleri dikkate alır. Bu nedenle DSM yükseklik verilerinin uçuş emniyetini sağlama noktasında önemi büyüktür. Ayrıca keşif uçuşlarında model oluşumunu ve hedeflerin doğru belirlenmesine olanak tanır. Böylece keşif sonrasında hedef imha görevlerinin ve uçuş güvenliğinin etkin yapılabilmesini sağlar.

3. GELİŞTİRİLEN SİSTEM

Bu bölümde DSM yükseklik verilerinin kullanıcı bilgisayarında etkin gösterimi ve herhangi bir noktanın yükseklik bilgisinin DSM veri modelinden nasıl alınacağı konusunda geliştirilen sistem anlatılmıştır. Geliştirilen örnek uygulama günümüz veri boyutları, veri tutarlılığı ve veri güvenliği ihtiyaçları dikkate alınarak istemci-sunucu mimarisi olarak geliştirilmiştir. İstemci tarafında NASA WorldWind (URL_6) ve sunucu tarafında GeoServer açık kaynaklı yazılımlar kullanılmıştır. GeoServer, coğrafi verileri etkin bir şekilde paylaşmak için geliştirilmiş açık kaynaklı bir sunucudur (URL_7). Hemen hemen tüm veri formatlarını destekleyebildiğinden ve "Web Map Service" (WMS), "Web Feature Service" (WFS) gibi OGC (Open Geospatial Consortium) (URL_8) Standartlarını desteklediğinden GeoServer giderek kullanımı artan bir Coğrafi Bilgi Sistemi sunucusudur. NASA WorldWind ise sanal küre yeteneğine sahip açık kaynaklı bir Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımıdır (URL_6). Bu yazılım bir uygulama programlama arayüzü sağladığından istenirse kullanıcıların kendi yazılımlarını geliştirebilmelerine olanak tanır. Geliştirilen istemci-sunucu mimarisine sahip uygulama bu bölümde adım adım detaylı olarak anlatılmıştır. İlk olarak yükseklik verilerinin GeoServer yazılımı kullanılarak sunucu yazılımının oluşturulması ve yükseklik verilerinin sunum adımları gösterilmiştir. Sonrasında NASA WorldWind kullanılarak istemci yazılımının oluşturulması ve kullanılan harita standartları anlatılmıştır. Son olarak ise sunumu yapılan yükseklik verisine ulaşım yolları örnek sorgular ile gösterilmiştir.

3.1. Yükseklik Verilerinin GeoServer Üzerinden Sunularak Sunucu Yazılımının Oluşturulması

Bu bölümde DSM modelindeki yükseklik verilerinin GeoServer üzerinde sunumu gösterilmiştir. Örnek uygulama için DSM yükseklik verisi ".tiff" formatındadır. Bu dosyanın yapısı 32 bitliktir ve piksel bilgilerinde yükseklik bilgisini "GRAY_INDEX" özniteliğinde metre cinsinden tutabilir. Bu dosyaların GeoServer üzerinde sunulabilmesi için öncelikle fiziksel olarak GeoServer'ın "datadir" ismindeki veri klasörüne kopyalanması gerekir. Örnek bir veri klasörü ve içindeki DSM dosyaları Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Örnek DSM dosyaları.

DSM dosyalarının GeoServer üzerinde sunulabilmesi için GeoServer'ın ImageMosaic (URL_9) isimli eklentisinin kurulmuş olması gerekir. Bu eklenti ile birçok farklı raster haritanın toplu olarak mozaiklenerek GeoServer üzerine bir katman olarak eklenebilmesi sağlanır.

GeoServer'ın yönetici kullanıcı adı ve şifresi ile girilen Web tabanlı yönetim ekranı ile katman sunum işlemleri yapılabilir. DSM verilerinin sunumunun WMS katmanı olarak yapılabilmesi için öncelikle GeoServer'ın yönetim ekranında sol ana kullanıcı arayüzü bileşeninden "Depolar", "Yeni Depo Ekle", "Raster Veri Kaynağı" bölümünden "Image Mosaic" ile ilgili "tiff" uzantılı DSM verilerinin bulunduğu dizin Şekil 4'te gösterildiği gibi seçilir.



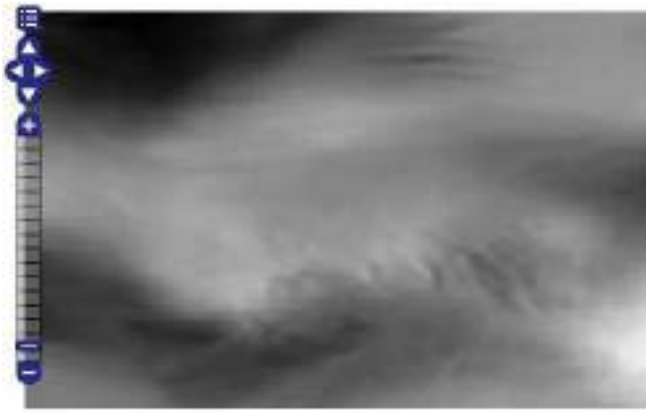
Şekil 4. Raster veri kaynağı ekleme.

Şekil 4'te gösterilen "Raster Veri Kaynağı" ekleme ekranındaki "Sakla" düğmesi ile seçilip "Yayınla" işlemi yapıldığında GeoServer'ın "Katmanı Düzenle" sayfası açılır. Ekleme işlemi sonrası katmanlar listesinde adı görüntülenen bu katmanın "Katman Düzenle" sayfasında alt kısmında listelenen "Coverage Bant Detayları" bölümünde yükseklik bilgilerini tutan "GRAY_INDEX" özniteliği görüntülenir (Şekil 5).



Şekil 5. GRAY_INDEX öznitelik bilgisi.

Katman adı istenirse GeoServer'ın yönetim ekranındaki "Katman Düzenle" sayfasında değiştirilir ve "Sakla" işlemi ile katman gösterime ve sunuma hazırlanmış olur. GeoServer'ın yönetim ekranındaki sol ana kullanıcı arayüzü bileşeninden "Katman Önizleme" yeteneği ile eklenen katmanın "OpenLayers" aracı kullanılarak Web arayüzünde ve harita üzerinde gösterimi sağlanır. Örnek bir DSM katmanının "OpenLayers" ile gösterimi Şekil 6'da sunulmuştur.



Şekil 6. Katmanın OpenLayers ile gösterimi.

"OpenLayers" ile gösterilen harita üzerinde katman farklı ölçek seviyelerinde ve farklı alanlarında görüntülenebilir. Katmanın görüntüsünün değer tanımlı alanlarında tıklamalar yapılarak özellik bilgilerine ulaşılabilir. Örneğin yukarıda "SampleDSMLayer" ismi ile oluşturduğumuz DSM verilerinin görüntüsü üzerine tıklamalar yapıldığında tıklanan noktanın "GRAY_INDEX" öznitelik bilgisi yani tıklanan koordinatın yükseklik bilgisi görüntülenmiş olur. Çizelge 1'de örnek bir nokta için tıklama sonrası elde edilmiş bilgiler gösterilmiştir.

Çizelge 1. Öznitelik bilgisi.

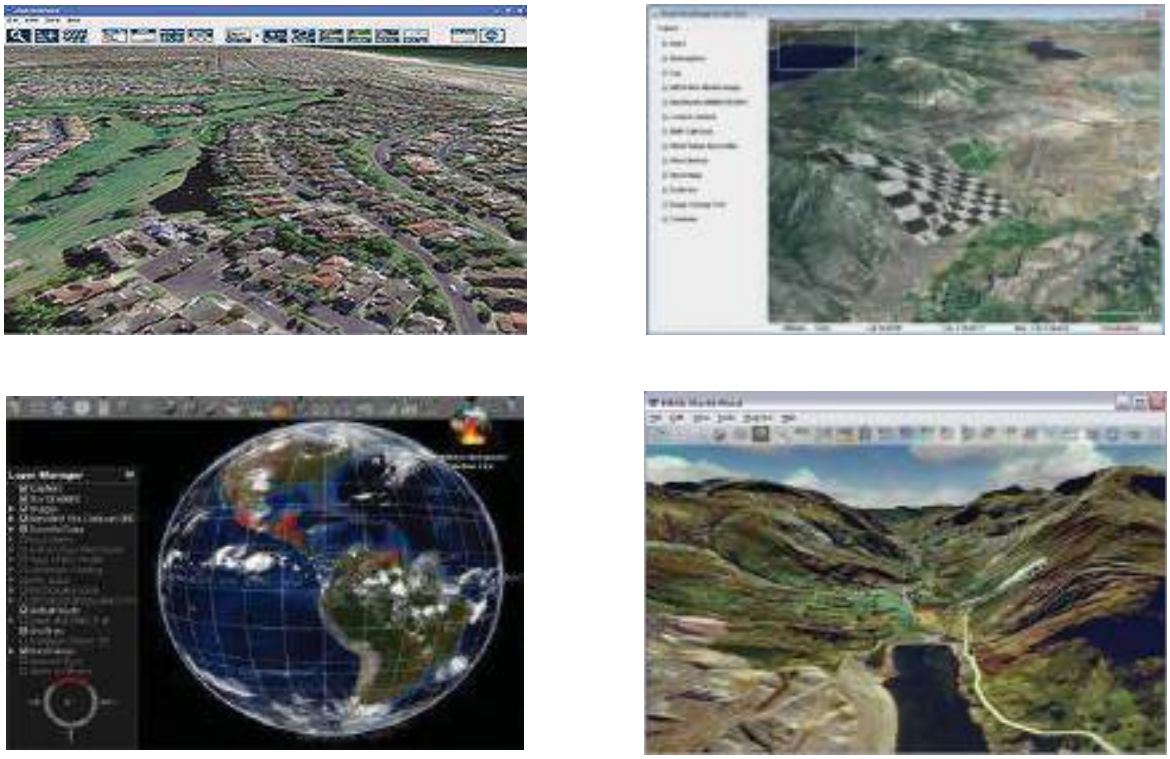
SampleDSMLayer	
fid	**GRAY_INDEX**
	335.1169243458752

3.2.NASA WorldWind ile İstemci Yazılımının Oluşturulması

JAVA programlama dili (URL_10) kullanılarak geliştirilen NASA WorldWind tabanlı istemci uygulaması bu bölümde anlatılmıştır. NASA WorldWind; uygulamalara sanal küre sağlayan ücretsiz, açık kaynaklı uygulama programlama arayüzüdür. WorldWind tamamıyla açık kaynaklı bir yazılım olduğu için istenirse kolaylıkla ve basit bir şekilde ihtiyaçlara uygun şekilde geliştirilebilir. WorldWind platform bağımsızdır ve Windows, Macintosh, Linux gibi farklı işletim sistemleri üzerinde çalışabilir. Ayrıca Web ve mobil cihazlar için de yazılım geliştirilmesine olanak sağlar. WorldWind ekran kartının sahip olduğu yetenekleri kullandığından günümüz coğrafi bilgi sistemlerinin ihtiyaç duyduğu üç boyutlu görselleştirme işlemini performanslı bir şekilde gerçekleştirir.

WorldWind, görsel coğrafi bilgi sistemi geliştirmek isteyen yazılımcılar için çok güçlü ve kolay bir ortam sunar. JAVA ve .NET gibi farklı programlama dilleri ile yazılım geliştirmeye olanak sağladığından geliştiriciler kendi uygulamalarını kolaylıkla gerçekleştirebilirler. Temel gösterim kabiliyetleri NASA tarafından yapılmış olduğundan geliştiriciler sadece kendi uygulamalarına ve çözmek istedikleri problemlerine odaklanırlar. Coğrafi bilgilerin etkili bir şekilde görselleştirilmesi zaten WorldWind tarafından gerçekleştirilmiş olduğundan geliştiricilerin bu ortak detaylar ile uğraşmalarına gerek kalmaz.

WorldWind, yazılım geliştiricilere hızlı ve kolay bir şekilde etkileşimli üç boyutlu harita ve coğrafi bilgi uygulamaları geliştirmelerini sağlar. Hava tahmini uygulamalarından, şehir görselleştirmeye, araç takip sistemi uygulamalarından, eğitim sistemlerine kadar günümüzde birçok uygulamada NASA WorldWind kullanılmıştır (URL_6). Şekil 7'de bu uygulamalardan bazı örnek görüntüler verilmiştir.



Şekil 7. Örnek WorldWind uygulama görüntüleri**.**

Bir önceki bölümde eklenmiş olan DSM yükseklik verilerini gösterebilmek ve kullanabilmek için JAVA programlama dili ile NASA WorldWind'in coğrafi bilgi sistemi küre altyapısı kullanılarak "DSM Kullanımı Örnek Uygulama" isimli basit bir uygulama geliştirilmiştir. Uygulama, WorldWind yazılımı ile birlikte inen örnek uygulamalar üzerine geliştirilmiştir. Varsayılan görünümde yer alan harita penceresi, ölçek, pusula, kaydırma ve yaklaştırma kontrolleri gibi bileşenler örnek uygulamada da kullanılmıştır. Şekil 8'de ana görüntüsü gösterilen bu uygulama ile bir önceki bölümde eklenen DSM katmanı OGC'nin WMS (Web Map Service) (Web Harita Servisi) katmanı olarak eklenip, gösterilebilir.



Şekil 8. DSM Kullanımı Örnek Uygulama.

OGC'nin WMS standardı, haritaların HTTP arayüzü ile görüntü olarak harita sunucusundan alınabilmesini tanımlar. WMS standardı sayesinde istemciler ve harita sunucuları arasında ortak bir arayüz oluşmuş olur. Bu sayede harita yönetim işlemi sunuculara bırakılarak istemci makinelerinin yükü hafifler. İstemciler birden çok sunucu üzerinden bu standartlaşmış haritaları alabilir. Sunucular da bu standarda uyan tüm istemcilere hizmet verebilir. Ayrıca istenen harita görüntüleri için "Styled Layer Descriptor" (SLD) isimli stiller tanımlanarak haritaların bu stillere göre istenmesi sağlanabilir.

WMS standardında temel olarak 6 ana işlem vardır. Bunlar “Exceptions”, “DescribeLayer”, “GetLegendGraphic” , “GetCapabilities”, “GetMap” ve “GetFeatureInfo” dur. “Exceptions” ile WMS sorguları sırasına oluşan hata ve istisnai durumlar raporlanabilir ve yönetilebilir. “DescribeLayer” ile sunulan katman hakkında detaylı bilgi alınabilir. “GetLegendGraphic” ile katmanlar için lejant bilgisi grafiksel olarak görüntü şeklinde alınabilir.

Örnek geliştirilmiş bu WorldWind uygulamasında kullanılan ana işlemler ise biraz daha detaylı açıklanabilir. WMS gösterimi için WorldWind’in WMS katmanları için sunulan varsayılan sınıfları kullanılmış, DSM katmanının bulunduğu GeoServer adresi ve DSM katmanının ismi gibi bu WMS bağlantı sınıflarının ihtiyaç duydukları bilgiler parametre olarak verilmiştir.

WMS standardının “GetCapabilities” sorgusu ile harita sunucusunun yetenekleri ve sunduğu katmanlar hakkındaki detaylı bilgiler alınabilir. Örnek bir GetCapabilities sorgusu “request=GetCapabilities” ifadesi ile şu şekilde sağlanabilir:

http://localhost:8080/geoserver/wms?service=wms&version=1.1.1&request=GetCapabilities

“version” parametresi ile kullanılan WMS standardının versiyonu belirtilir. Bu şekildeki “GetCapabilities” sorgusu sonucunda sunucu tarafından sunulan servisler ve katman bilgilerini içeren detaylı bir XML dosyası gönderilir. WorldWind istemci uygulaması kısmında bu XML ayrıştırılarak ihtiyaç duyulan katman bilgileri elde edilmiş olur. Bu işlemden sonra WorldWind uygulaması eklenen DSM WMS katmanını bağlandığı GeoServer sunucusuna WMS sorguları yaparak katmanın görüntülenmesini sağlar. Şekil 9 eklenmiş DSM verisinin WMS sorgusu ile harita üzerinde gösterimini biraz daha yakın bir ölçekte sunar.



Şekil 9. DSM Katmanının Raster Olarak Harita Üzerinde Gösterimi.

Örnek geliştirilmiş uygulamada Şekil 9’da gösterildiği gibi haritaların görünümünün sağlanması “GetMap” işlemi ile sağlanır. “GetMap” ile istenen bölgenin harita görüntüsü istemci tarafından resim olarak alınabilir. Harita görüntüsü sorguda verilen parametrelere göre sunucu tarafından hazırlanır. Örnek bir “GetMap” sorgusu “request=GetMap” ifadesi ile şu şekilde sağlanabilir:

http://localhost:8080/geoserver/wms?request=GetMap&service=WMS&version=1.1.1&layers=Elevation:SampleDSMLayer&styles=&srs=EPSG:4326&bbox=1.35254212043,40.521922791354,40.214364232776,78.873244361287&&width=780&height=330&format=image/png

“service” ve “version” parametreleri ile sevisin adı ve versiyon bilgisi verilir. “layers” parametresi ile görüntüsü istenen katman veya katmanlar belirtilir. “styles” parametresi ile uygulanması istenen stil veya stiller belirtilebilir. “srs” parametresi ile koordinat referans sistemi EPSG kodu olarak belirtilir. Örneğin, sorguda belirtilen EPSG:4326 ifadesi WGS 84 koordinat sistemini belirtir. “bbox” parametresi istenen harita bölgesinin koordinat sınırlarını minx, miny, maxx ve maxy olarak belirtir. Bu örnekteki koordinat sistemi WGS 84 olduğundan koordinat sınırları enlem ve boylam değerleri olarak belirtilir. “width” ve “height” parametreleri ile sonuç görüntünün piksel cinsinden sırasıyla genişlik ve yükseklik değerleri verilir. “format” parametresi ile sonuç görüntünün formatı (png, jpeg gibi) belirtilir. Örnekteki sorgu sonucunda bir “png” uzantılı görüntü dosyası istemciye gönderilecektir. Bu parametrelere ek olarak görüntünün şeffaf olup olmayacağı, görüntüye arka plan rengi verme gibi özellikler de belirtilebilir. Hatta GeoServer “time” parametresini de destekler. Böylece zaman boyutunu dikkate alan katmanlar sunulabilir ve bu şekildeki katmanlar sorgulanabilir.

Bu çalışmada geliştirilmiş "DSM Kullanımı Örnek Uygulama" isimli uygulamada WMS sorguları ile gösterimi yapılan "Elevation: SampleDSMLayer" isimli bu Raster DSM katmanının içindeki yükseklik bilgileri ise bir sonraki bölümde detayları gösterilecek sorgular ile alınıp gösterilebilir.

3.3.Yükseklik Verisine Ulaşımı Gösteren Örnek Kullanımlar

Bu bölümde örnek bir WMS Sorgusu ile WMS katmanı üzerindeki bir noktanın yükseklik bilgisinin nasıl sunucu üzerinden alınabileceği ve örnek geliştirilen istemci uygulamasında nasıl görüntülenebileceği gösterilmiştir. Bunun için WMS standardının "GetFeatureInfo" (URL_11) sorgusu kullanılmıştır.

Geliştirilen uygulamada DSM katmanından yükseklik bilgisini almaya yarayan ana WMS işlemi "GetFeatureInfo" dur. "GetFeatureInfo" ile harita bilgisinin arkasındaki öznitelik bilgileri belli bir konum için elde edilebilir. Bu yetenek OGC'nin WFS (Web Feature Service) isimli servislerine benzer ancak bu servislere göre oldukça basittir. GeoServer gibi bir WMS katmanı sunucusundan "GetMap" sorgusu ile dönen görüntü üzerindeki piksel cinsinden "x" ve "y" pozisyon bilgileri kullanılarak sorgulama yapabildiği için "GetFeatureInfo" sorgusunun kullanımı oldukça kolaydır. Bu yetenek, özellikle coğrafi konumlandırma yetenekleri kısıtlı olan istemci uygulamaları için çok kullanışlıdır. Örnek bir "GetFeatureInfo" sorgusu "request= GetFeatureInfo" ifadesi kullanılarak şu şekilde sağlanabilir:

http://localhost:8080/geoserver/wms?request=GetFeatureInfo&service=WMS&version=1.1.1&layers= Elevation: SampleDSMLayer&styles=&srs=EPSG:4326&format=image/png&bbox=-145.151041,21.73192,-57.154894,58.961059&width=780&height=330&query_layers=Elevation:SampleDSMLayer &info_format=text/html&feature_count=50&x=353&y=145

"GetFeatureInfo" sorgusunda kullanılabilen parametreler "GetMap" sorgusundaki parametrelere benzerdir. Ek olarak "query_layers" ile sorgulama yapılacak katman veya katmanlar belirtilir. Bir katman üzerinde sorgulama yapılabilmesi için o katmanın GeoServer üzerindeki yönetim ekranından "Queryable" olarak işaretlenmesi gerekmektedir. "feature_count" ile sorgu sonucu dönülecek maksimum özellik sayısı belirtilir. Bu limit sayesinde sunucunun gereksiz işlem yapması engellenmiş olur. "x" ve "y" parametreleri ise bilgisi dönülecek yerin harita üzerindeki piksel cinsinden pozisyonunu belirtir. "info_format" ile sorgu sonucunun formatı belirtilmiş olur. "Text", "GML2", "HTML" ve "JSON" gibi birçok farklı formatta sorgu sonucu elde edilebilir ve o formata göre dönen bilgi işlenebilir.

Yukarıda verilen bilgiler ışığında geliştirilen istemci uygulamasında tıklanan noktanın yükseklik bilgisini elde etme amacıyla oluşturulan bir "GetFeatureInfo" sorgusu şu şekildedir:

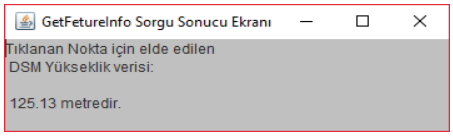
http://localhost:8080/geoserver/wms?service_wms&request=getfeatureinfo&srs=EPSG:4326&BBOX=27.235035467898784,57.34468748478124,27.235035471828451,57.34468748491127&LAYERS=Elevation: SampleDSMLayer&STYLES=&WIDTH=2&HEIGHT=2&FORMAT=image%2Fjpeg&BGCOLOR=0xffffff&TRANSPARENT=TRUE&VERSION=1.1.1&QUERY_LAYERS=Elevation: SampleDSMLayer&INFO_FORMAT=text/plain&FEATURE_COUNT=50&x=1&y=1

"Elevation:SampleDSMLayer" isimli GeoServer'a eklenmiş DSM katmanından tıklanan noktanın enlem ve boylam bilgileri parametre olarak verilerek sorgulama yapılır. Sorgulamada tek noktanın yükseklik bilgisinin doğru alınabilmesi için enlem-boylam bilgileri çok yakın verilmiştir. Bu küçük alandan "x" ve "y" değerleri 1 olarak verilerek elde edilen sonuç DSM verisine hassas olarak ulaşılabilmesini sağlar. Bu sorguya göre sunucudan dönen sonuç şu şekildedir:

Results for FeaureType 'Elevation:SampleDSMLayer':

GRAY_INDEX = 125.1275486534765

Sunucu tarafından dönen bu şekildeki sonuçtan istenirse GRAY_INDEX değeri çıkarılarak yükseklik değeri doğrudan başka kullanıcı arayüzü bileşenleri ile de sunulabilir. Örneğin Şekil 10'da "DSM Kullanımı Örnek Uygulama" isimli WorldWind uygulamasında kullanıcının tıkladığı noktaya göre sorgu sonucunun nasıl gösterildiği sunulmuştur.



Şekil 10. "GetFeatureInfo" sorgu sonucu gösterimi.

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Yapılan çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemlerinde çok önemli bir yere sahip yükseklik veri modelleri ve bu modellerin oluşturulması hakkında detaylı bilgi verilmiştir. Özellikle günümüz emniyet ve istihbarat ihtiyaçları göz önüne alındığında DSM yükseklik veri modellerinin önemi ön plana çıkarılmıştır. DSM yükseklik verilerinin kullanıcı bilgisayarında etkin gösterimi amacıyla açık kaynaklı yazılımlar kullanılarak geliştirilen örnek bir uygulama anlatılmıştır. Uygulama günümüz Coğrafi Bilgi Sistemleri ihtiyaçları dikkate alınarak istemci-sunucu mimarisinde gerçekleştirilmiş ve alanında yaygın kullanımları olan açık kaynaklı yazılımlar kullanılarak geliştirilmiştir. Kullanılan açık kaynaklı yazılımlardan istemci tarafında NASA WorldWind ve sunucu tarafında da GeoServer ile kullanılan WMS gibi OGC standartları hakkında bilgiler verilmiş, bu yazılımların ve standartların kullanımları örnek uygulamada gösterilmiştir. Gelecek çalışma olarak DSM verilerinin performansı arttırma adına uzamsal veri tabanlarında kullanımı planlanmaktadır. Sunucu tarafındaki erişimin güvenli protokoller üzerinden sağlanması hedeflenen bir diğer çalışmadır. Ayrıca yine DSM verilerinin üç boyutlu görünümde yeryüzünü kabartma amacıyla kullanımı amaçlanmaktadır.

KAYNAKLAR

Boccardo, P. ve Gentili, G., 2011. High Resolution DSM and Classified Volumetric Generation: AN Operational Approach to the Improvement of Geospatial Intelligence. *ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 3819, 45-50.

Chuprikova , E., 2014. An Assesment of the Solar Potential of Roofs within a Web-based Solar Cadastre. *Yüksek lisans tezi*. Viyana Teknoloji Üniversitesi, Viyana. 113 sayfa

Kähkönen, J., Latvala, P., ve Lehto, L., 2014. Web-based analysis of storm-inflicted forest damages. *In Proceedings of the 3rd Open Source Geospatial Research & Education Symposium*, syf: 91.

Öztürk, O., Bilgilioğlu, B. B., Çelik, M. F., Bilgilioğlu, S. S. ve Uluğ, R., 2017. İnsanız Hava Aracı (İHA) Görüntüleri İle Ortofoto Üretiminde Yükseklik Ve Kamera Açısının Doğruluğa Etkisinin Araştırılması. *Geomatik*, 2(3), 135-142.

URL_1, DEM, DSM & DTM Differences – A Look at Elevation Models in GIS, https://gisgeography.com/dem-dsm-dtm-differences/ [23.07.2018].

URL_2, Digital Elevation Models, http://www.charim.net/datamanagement/32 [23.07.2018].

URL_3, SRTM 90m Digital Elevation Database v4.1, http://www.cgiar-csi.org/data/srtm-90m-digital-elevation-database-v4-1 [23.07.2018].

URL_4, Digital Terrain Elevation Data, https://www.nga.mil/ProductsServices/TopographicalTerrestrial/Pages/DigitalTerrainElevationData.aspx [23.07.2018].

URL_5, LIDAR, https://www.earthdatascience.org/courses/earth-analytics/lidar-raster-data-r/lidar-chm-dem-dsm/ [23.07.2018].

URL_6, NASA Worldwind, https://worldwind.arc.nasa.gov/ [23.07.2018].

URL_7, GeoServer, http://geoserver.org/ [23.07.2018].

URL_8, OGC (Open Geospatial Consortium), http://www.opengeospatial.org [23.07.2018].

URL_9, ImageMosaic, http://docs.geoserver.org/stable/en/user/data/raster/imagemosaic/tutorial.html [23.07.2018].

URL_10, JAVA, https://www.java.com/ [23.07.2018].

URL_11, GetFeatureInfo, http://docs.geoserver.org/stable/en/user/services/wms/reference.html [23.07.2018]

Wicaksono, D., Prihatmanto, A. S. ve Mardiono, T., 2012. Design and implementation of GIS data server development for 3D simulation in SAR operation. *System Engineering and Technology (ICSET)*: 1-6.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6204

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ(CBS) TABANLI ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR ANALİZİ İLE ŞANLIURFA İL MERKEZİNİN TAŞKIN ALANLARININ BELİRLENMESİ

Reşit GERGER[1], Mustafa TANRIVERDİ[2]

[1]Dr.Öğr. Üyesi, Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 63000, Haliliye, Şanlıurfa, rgerger@harran.edu.tr
[2] Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, , 63000, Haliliye, Şanlıurfa, mustafatan88@gmail.com.tr

ÖZET

Suyun insanoğlu için vazgeçilmez oluşu; suyun kullanımını, suyun korunmasını ve suyun değerlendirilmesini önemli hâle getirmektedir.

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de küresel ısınmaya ve diğer meteorolojik etkilere bağlı olarak mevsimlerde değişme ve mevsim kaymaları görülmektedir. Bu durum önümüzdeki yıllarda doğa olaylarının (sel, taşkın vb.) meydana gelme ihtimalini artırmaktadır. Bununla birlikte mevsimsel yağışlar arasındaki farklar artmakta, bir hafta veya bir ayda yağması gereken yağmurun birkaç saatte yağdığını görmekteyiz. Bunlar özellikle şehir merkezlerimizde olmak üzere kırsalda kendini sel veya taşkın şeklinde göstermekte ve sonuçları acı olabilmektedir.

Tüm bu nedenlerden dolayı şehir merkezleri başta olmak üzere kırsal alanlarımızda sel ve taşkınlara yönelik tedbirlerin önceden alınması, CBS(Coğrafi Bilgi Sistemleri) ile gerekli taşkın analizlerinin yapılması ve yapılaşmalarda bu hususların göz önüne alınması önem arz etmektedir.

Taşkın alanlarının belirlenmesinde CBS tabanlı çeşitli yöntemler bulunmakla birlikte Çok Ölçütlü Karar Analizi ile taşkına duyarlı alanların belirlenmesi yapılabilir. Bu çalışmada Şanlıurfa yerleşik alanı ve çevresine yönelik Arcgis 10.2 programı kullanılarak Çok Ölçütlü Karar Analizi(ÇÖKA), Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile taşkın alanlarının tespiti yapılacaktır.

Anahtar Sözcükler: analitik hiyerarşi yöntemi, *coğrafi bilgi sistemleri*, çok ölçütlü karar analizi, taşkın

ABSTRACT

DETERMINATION OF FLOOD AREAS OF ŞANLIURFA PROVINCIAL CENTER BY MULTI-CRITERIA DECISION ANALYSIS BASED ON GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS)

Water is indispensable for mankind; the use of water, the preservation of water and the evaluation of water are important.

As in the whole world, changes in the seasons and seasonal shifts are seen in our country due to global warming and other meteorological influences. This situation increases the likelihood of natural events (floods, floods, etc.) in the coming years. The difference between seasonal rainfall increases, we see rainfall in a week or a month and rainfall in a few hour. All of this, especially in our city centers, shows itself in a flood or flood in the countryside and its consequences can be painful.

For all these reasons, it is important to take precautionary measures for floods and floods in our rural areas, especially in city centers, to make necessary flood analyzes with GIS (Geographical Information Systems), and to take these issues into consideration in construction.

Determination of flood areas can be done by using GIS based methods, and multi-criteria decision analysis. In this study, flood areas will be determined by Multi-Criteria Decision Analysis (ÇÖKA) and Analytical Hierarchy Method by using Arcgis 10.2 program for Şanlıurfa built-up area and its surroundings.

Keywords: analytic hierarchy process, geographic information system, multi criteria decision analysis, flood

1. GİRİŞ

Taşkınlar günümüzde önemli doğa olaylarının başında gelmektedir. 1967-1987 yılları arasında akarsularda görülen sel (taşkın) olay sayısının tüm hidrometeorolojik afetler içindeki oranı % 33 iken; 1998-2008 yılları arasında bu oran % 14'e gerilemiştir. Son yıllarda yapılan baraj sayılarındaki artışlar, dere ıslah çalışmaları ve köylerden kentlere göçler, bu şekilde nehirlerden kaynaklanan sellerde (taşkınlarda) azalmaya neden olmuştur. Buna rağmen DSİ verilerine göre 1975-2011 yılları arasında 820 adet taşkın olayı meydana gelmiş, bu taşkınlar sonucunda 660 can kaybı olmuş, 799.758 hektar tarım arazisi taşkına maruz kalmış, taşkınlar ülke ekonomisine yılda yaklaşık 150 milyon TL zarar vermiştir. Bununla beraber son yıllarda ani seller ve şehir sellerinde önemli artışlar görülmektedir.

Tüm bu nedenlerden dolayı taşkın ile ilgili coğrafi bilgi sistemlerine dayalı çalışmalar ve bu meteorolojik olayın önceden tahmin edilmesi önem arz etmektedir. Taşkınların en belirgin şekilde ortaya çıkanı genelde dere

taşkınları olmakla birlikte son yıllarda şehir taşkınları da iklimlerdeki küresel ısınmaya ve diğer etkenlere bağlı değişikliklerden dolayı sıklıkla rastlanır olmuşlardır.

Coğrafi bilgi sistemleri karmaşık mekânsal (konumsal) problemlerin çözümünde büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Özellikle planlamada, afet ve risk yönetiminde, yerleşim yeri seçimi ve doğal kaynak yönetimi gibi birçok karar CBS kullanılarak çözümlenebilir.

Bu tür mekâna dayalı çözümler çok ölçütlü verilere dayalıdır. Dolayısıyla bunların çok ölçütlü karar analizi ile çözümlenmesi gerekmektedir.

Mekansal ÇÖKA, coğrafi verileri, karar verici/vericilerin öncelikleri/değerlendirmelerini ve bu veri ve değerlendirmelerin bir karar kuralına göre birleştirilmesini kapsar. Dolayısıyla mekânsal ÇÖKA'yla, karar analizinde kullanılan birden çok sayıda coğrafi katmandan bir sonuç katman elde edilir (Şekil 1) (Malczewski 1999, Jankowski 1995, Malczewski 2006).



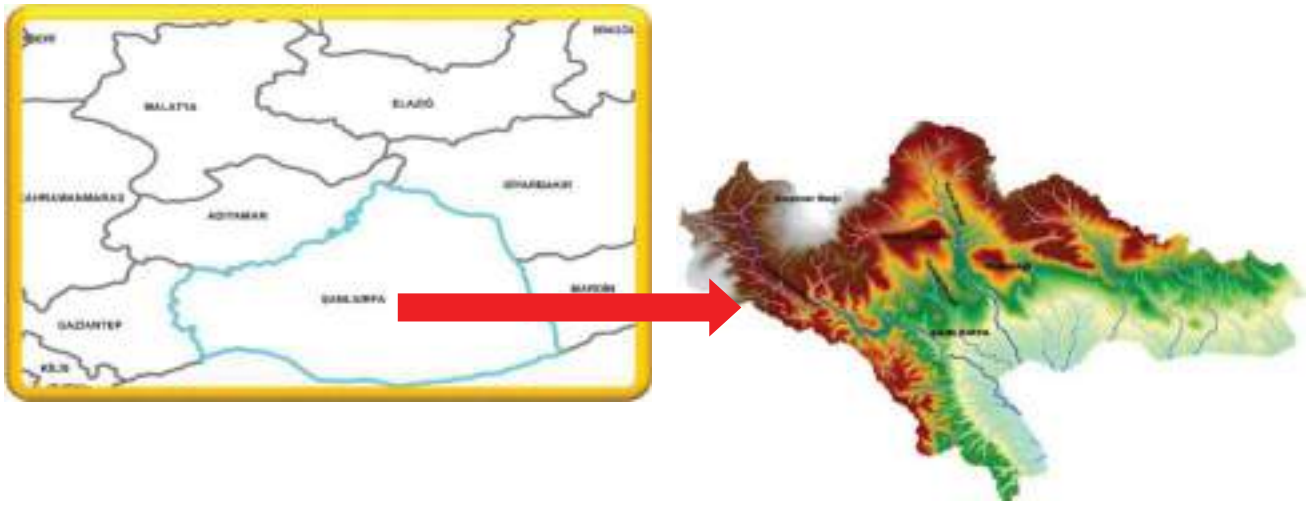
Şekil 1. Mekânsal çok ölçütlü karar analizi (Malczewski 1999).

Bu çalışmada mekânsal veriler kullanılarak oluşturulan katmanların, taşkına yönelik ağırlıklarının ikili karşılaştırma ölçeği kullanılarak belirlenmesi ve buna dayalı taşkın duyarlılık haritasının oluşturulmasını kapsamaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanı

Bu çalışmada, Şanlıurfa Eyyübiye, Haliliye ve Karaköprü Merkez ilçe sınırları içerisinde bulunan büyük derelerden; Sırrın, Karakoyun ve Cavsak dereleri esas alınarak Çok Ölçütlü Karar Analizine (ÇÖKA) dayalı, analitik hiyerarşi yöntemi kullanılarak CBS yardımıyla olası taşkın alanları belirlenecek, oluşacak risk gruplarının arazi kullanımları çıkarılacak, konut, nüfus, sanayi, sağlık, eğitim, sosyal tesis, kültürel tesis, resmi kurum vb. alanların ne kadarının risk altında olduğu taşkın duyarlılık katmanlarının hazırlanması bu doğrultuda yeni planlama anlayışında göz önünde bulundurulması gereken hususların tespiti amaçlanmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanı.

2.2. Çok Ölçütlü Karar Analizi

Çalışmada yöntem olarak Çok Ölçütlü Karar Analizine (ÇÖKA) dayalı, analitik hiyerarşi yöntemi kullanılacaktır. Yöntem, sonlu sayıda seçeneğin seçilme, sıralanma, sınıflandırma, önceliklendirme veya elenme amacıyla genellikle ağırlıklandırılmış, birbirleri ile çelişen ve aynı ölçü birimini kullanmayan hatta bazıları nitel değerler alan çok sayıda kriter kullanılarak değerlendirilmesi işlemidir (Yoon ve Hwang, 1995).

Çok ölçütlü karar analizi (MCDA), karmaşık karar problemleri için zengin bir teknikler derlemesi ve alternatif kararların tasarlanması, değerlendirilmesi ve önceliklendirilmesini sağlar (Malczewski 2006).

GIS ve MCDA'nın kullanımı doğal tehlike analizinde (Ayalew ve ark. 2004; Gamper ve ark. 2006; Fernandes ve Luts 2010) ve diğer jeo-çevresel çalışmalarda başarılı olmuştur (Dai ve ark. 2001; Joerin ve ark. 2001; Kolat ve arkadaşları 2006).

2.2.1.Analitik Hiyerarşi Yöntemi

AHP, 1970'lerde Saaty tarafından geliştirilen bir karar verme yöntemidir (Lee ve Kim 2003). Bu yöntem, bazı sınıflardaki riskleri çözmek için objektif, kriter ve alternatif olarak sınıflandırma yoluyla alternatiflerin ilişkili önceliğini belirler (Lee vd. 2013). Böylelikle AHP, karmaşık bir karar verme algoritması yoluyla çeşitli kriterleri ve alternatifleri çözümlemek için optimal bir tekniktir (Lee vd. 2013). Buna ek olarak, bu karar verme yöntemi, teorik kolaylığı, basit uygulaması ve yorumlayıcı açıklığı ile karakterizedir ve bu yöntem çeşitli karar verme durumlarına uygulanabilir (Lhee vd 2011).

AHP dört aşamada gerçekleştirilir (Lee ve Kim 2003) :

Adım 1: Değerlendirme ölçütleri ve alternatifler tanımlanır ve karar alma için gerekli faktörler yapılandırılır (Lhee vd 2011).
Adım 2: Karar verme hedefine ulaşmak için, alt düzeylerdeki faktörlerin katkısı (önem), bir ikili karşılaştırma yoluyla değerlendirilir.
Adım 3: İkili karşılaştırma ile elde edilen faktörlerin önemi tutarlılıkları değerlendirilir (Lhee vd 2011). İkili karşılaştırma yargıları için hesaplanan tutarlılık oranı 0.10'un altında ise yargıların yeterli bir tutarlılık sergilediği ve bu değerlendirmelerin kullanılabileceği, 0.10'un üstünde ise yargıların tutarsız olduğu kabul edilmektedir. 0.10'un üstünde tutarlılık oranı olması durumunda yargıların yeniden gözden geçirilmesi gerekir (Malczewski, 1999b).
Adım 4: Her bir alternatif 2. Aşamada elde edilen öneme göre sıralanır ve son seçim yapılır (Lee ve Kim 2003).

AHP ayrıca, kararların matematiksel olarak tutarsızlığını belirlemek için önlemler sağlar. Karşılıklı matrislerin özelliklerine dayanarak tutarlılık oranı (CR) hesaplanabilir. Karşılıklı bir matriste, en büyük özdeğerler (y_{max}) her zaman satır veya sütun sayısına (n) eşit veya ondan büyüktür. y_{max} = n durumunda bir ikili karşılaştırma, herhangi bir tutarsızlık içermez. Hesaplanan y_{max} değeri n'ye ne kadar yakın olursa, karşılaştırmalar o kadar tutarlıdır. İkili karşılaştırmaların tutarsızlıklarını ölçen bir tutarlılık endeksi (CI) şu şekilde yazılabilir:

$$CI = (y_{max}-n) / (n-1)$$

Ve ikili karşılaştırmaların tutarlılık ölçüsü, tutarlılık oranı (CR) şeklinde hesaplanabilir.

$$CR(TO) = (CI/RI)$$

RI : Tesadüfilik göstergesi,
CI : İkili karşılaştırma matrisinin tutarlılık indeksidir(Tİ).
TO: Tutarlılık oranı

Çizelge 1. Tesadüfilik göstergesi (Malczewski1999).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

RI, CI'nın rasgele oluşturulmuş karşılaştırmanın ortalaması olur. Genel bir kural % 10 veya daha düşük bir CR değeri kabul edilebilirdir.

2.3.Veri ve Yöntem

Çalışmaya ilişkin DEM (Digital Elevation Model) verisi Avrupa Birliği programı olan ve farklı birçok paydaşı içeren Copernicus programının verisi kullanılmıştır. Verinin çözünürlüğü 25 m'dir.

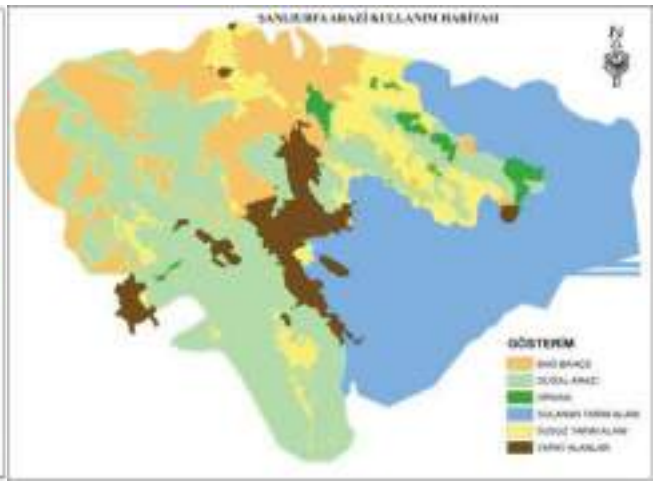
Arcgis programında çeşitli analiz ve sınıflandırmalar yapılabilir ve yüzey analizlerini Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) yüzey verisi kullanarak çeşitli mekânsal analizler sayesinde başka veri setleri oluşturulabilir. Ayrıca üretilen yeni veri setleri kendi başlarına kullanılabilmekle beraber, başka analizler için de girdi sağlayabilir. Başlıca yüzey analizleri olarak Eğim(slope), Bakı(aspect), Eş değer eğrisi(contour), Rölyef(hillshade), Görünürlük(viewshed), Yükseklik analizleri sıralanabilir. Ayrıca jeolojik durum, Yağış, Arazi Kullanımı haritaları kullanılabilir hâle getirilecektir. Jeoloji haritaları MTA(Maden Tetkik Arama) verisi olan 1/25000 ölçekli haritaları kullanılmış ve gerekli yerlerde düzeltmeler yapılarak kullanılabilir hâle getirilmiştir.

Arazi kullanımı haritası 2012 CORİNE (Coordination of İnformation on the Environment-Çevresel Bilginin Koordinasyonu) haritası esas alınarak gerekli güncellemeler için gerek uydu haritası gerekse 2014 yılında üretilen ortofoto haritası kullanılmış ve gerekli sınıflamalar çıkarılmıştır.

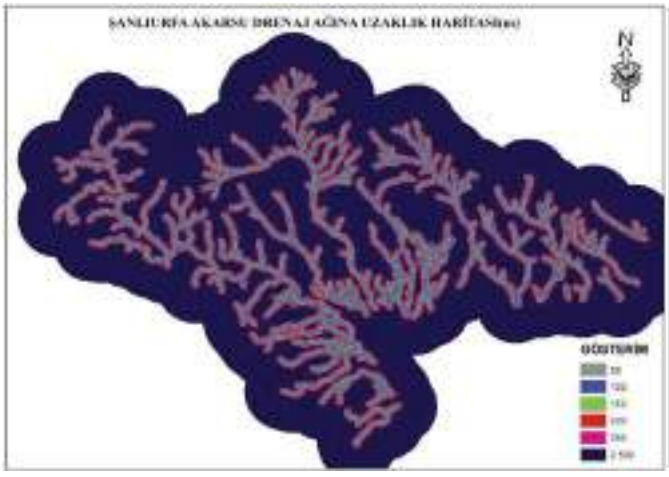
Çalışmamda kullanılan parametreler yükseklik, eğim, bakı, jeoloji, toprak ve arazi kullanımı ve derelere uzaklık verileri kullanılacaktır. Altlık veriler hazırlandıktan sonra vektörel olan veriler analiz edilebilir raster formatına dönüştürülmüştür.



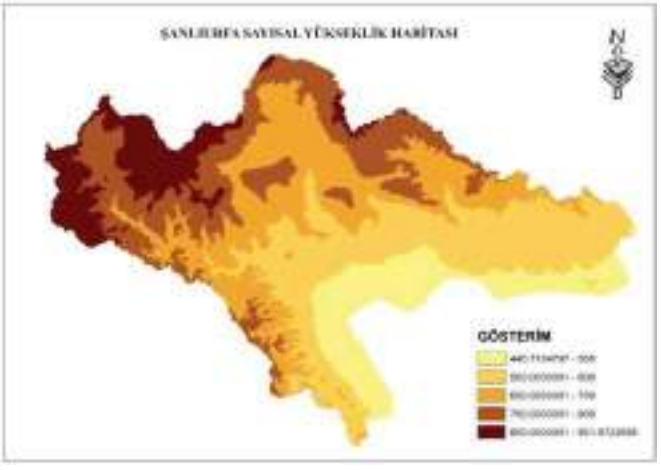
Şekil 2. Yağış haritası.



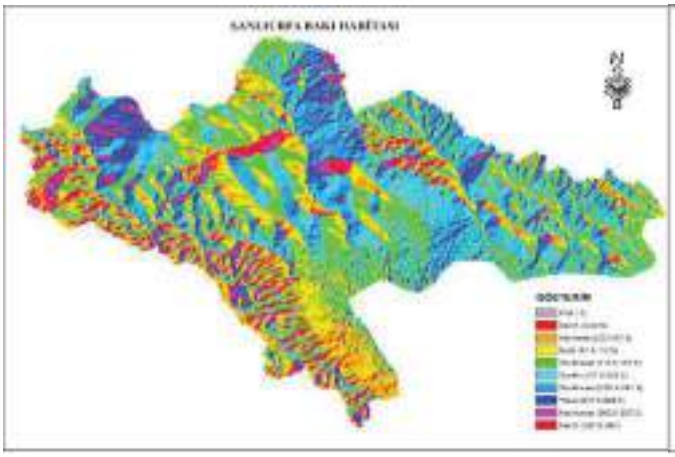
Şekil 3. Arazi kullanım haritası.



Şekil 4. Drenaj ağına uzaklık haritası.



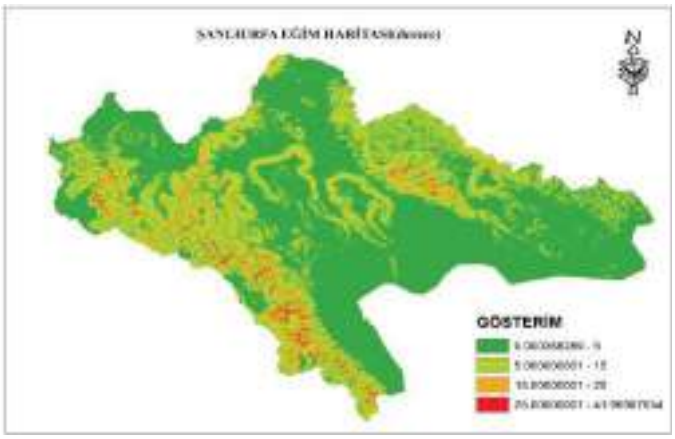
Şekil 5. Sayısal yükseklik haritası.



Şekil 6. Bakı haritası.



Şekil 7. Jeoloji haritası.



Şekil 8. Eğim haritası.

Çalışmaya altlık teşkil eden haritalar yukarıdaki şekillerde verilmiştir. Verilerin bir kısmı vektörel, bir kısmı raster veri şeklinde bulunmaktadır. Vektörel olan veriler raster veri formatına analiz edilebilir hâle getirilmiştir.

Tüm bu veriler hazırlandıktan sonra oluşan raster verilerin yeniden sınıflandırılması gerekmektedir. Coğrafi bilgi sistemleri platformunda raster veri formatındaki girdi verisinin hücre değerlerini çeşitli yöntemler kullanarak yeni değerlerle değiştirerek çıktı verisi hâline getirme işlemine yeniden sınıflama (reclassify) adı verilir. Raster verileri yeniden sınıflamanın amaçları: hücre değerlerini yenileme ve güncelleme, değerleri gruplandırma, değerleri ortak paydada yeniden sınıflandırma ve veri olmayan ya da değeri olmayan hücrelere değer atama olarak sıralanabilir.

Problem, hiyerarşik bir yapıya oturtulmasından sonra, hiyerarşiyi oluşturan ögelerin ağırlıkları hesaplanır. Bir düzeydeki ögelerin hiyerarşide hemen bir üst düzeyde yer alan ögeler açısından değerlendirmesinde Saaty (1980) tarafından önerilen (1–9) puanlı tercih ölçeğinden (Çizelge 2) yararlanılarak bir puanlama yapılır ve ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur.

Çizelge 2. İkili karşılaştırma tercih ölçeği (Saaty 1980).

Önem Derecesi	Tanım
1	Eşit önemli
3	1. öge 2. ögeye göre biraz daha önemli
5	1. öge 2. ögeye göre fazla önemli
7	1. öge 2. ögeye göre çok fazla önemli
9	1. öge 2. ögeye göre aşırı derecede önemli
2, 4, 6, 8	Ara değerler

Çizelge 2'deki ölçeğe göre ana ölçütler, yağış, akarsulara uzaklık, eğim, yükseklik, arazi kullanımı, jeoloji ve bakı haritalarının ölçütleri ikili karşılaştırılmış ve ağırlık oranları ve tutarlılık oranları belirlenmiştir.

Çizelge 3. Ana ölçütlerin ikili karşılaştırmaları ve ağırlık hesabı.

Ölçüt	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**Ağırlık**
A	1	2	3	4	5	5	6	**0.334**
B	1/2	1	3	4	5	5	6	**0.273**
C	1/3	1/3	1	2	3	3	4	**0.140**
D	1/4	1/4	1/2	1	2	2	4	**0.097**
E	1/5	1/5	1/3	1/2	1	2	3	**0.070**
F	1/5	1/5	1/3	1/2	1/2	1	2	**0.052**
G	1/6	1/6	1/4	1/4	1/3	1/2	1	**0.034**
Toplam	2.650	4.150	8.417	12.250	16.833	18.500	26.000	
y_{max}	7.287	Tİ(CI)	0.048	**TO**(CR)	**0.036**			

A YAĞIŞ
B AKARSULARA UZAKLIK
C EĞİM
D YÜKSEKLİK
E ARAZİ KULLANIMI
F JEOLOJİ
G BAKI

Çizelge 4. Yağış ögelerin ikili karşılaştırmaları ve ağırlık hesabı.

Ölçüt	**>440**	**420-440**	**400-420**	**0-400**	**Ağırlık**
>440	1	2	7	7	**0.563**
420-440	1/2	1	3	3	**0.261**
400-420	1/7	1/3	1	1/2	**0.073**
0-400	1/7	1/3	2	1	**0.103**
Toplam	1.786	3.667	13.000	11.500	
y_{max}	4.065	Tİ(CI)	0.022	**TO**(CR)	**0.024**

Çizelge 5. Drenaj ağına uzaklık ögelerin ikili karşılaştırmaları ve ağırlık hesabı.

Ölçüt	**50**	**100**	**150**	**200**	**250**	**2500**	**Ağırlık**
50	1	2	3	4	5	9	**0.360**
100	1/2	1	3	4	5	9	**0.282**
150	1/3	1/3	1	2	3	9	**0.151**
200	1/4	1/4	1/2	1	2	9	**0.106**
250	1/5	1/5	1/3	1/2	1	9	**0.080**
2500	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1	**0.021**
Toplam	2.394	3.894	7.944	11.611	16.111	46.000	
y_{max}	6.518	Tİ(CI)	0.104	**TO**(CR)	0.083		

Çizelge 6. Eğim ögelerin ikili karşılaştırmaları ve ağırlık hesabı.

Ölçüt	**5**	**5-15**	**15-25**	**>25**	**Ağırlık**
5	1	2	5	6	**0.524**
5-15	1/2	1	2	4	**0.265**
15-25	1/5	1/2	1	3	**0.144**
>25	1/6	1/4	1/3	1	**0.067**
Toplam	1.867	3.750	8.333	14.000	
y_{max}	4.073	Tİ(CI)	0.024	**TO**(CR)	**0.027**

Çizelge 7. Yükseklik ögelerin ikili karşılaştırmaları ve ağırlık hesabı.

Ölçüt	**0-500**	**500-600**	**600-700**	**700-800**	**>800**	**Ağırlık**
0-500	1	2	3	4	5	0.402
500-600	1/2	1	3	4	5	0.305
600-700	1/3	1/3	1	2	3	0.145
700-800	1/4	1/4	1/2	1	2	0.090
>800	1/5	1/5	1/3	1/2	1	0.058
Toplam	2.283	3.783	7.833	11.500	16.000	
y_{max}	5.121	Tİ(CI)	0.030	**TO(**CR)	**0.027**	

Çizelge 8. Arazi kullanımı ögelerin ikili karşılaştırmaları ve ağırlık hesabı.

Ölçüt	**Yapay Alanlar**	**Sulanan Tarım Alanı**	**Susuz Tarım Alanı**	**Doğal Arazi**	**Bağ-Bahçe**	**Orman**	**Ağırlık**
Yapay Alanlar	1	2	3	4	7	9	**0.397**
Sulanan Tarım Alanı	1/2	1	2	3	5	6	**0.248**
Susuz Tarım Alanı	1/3	1/2	1	2	3	5	**0.154**
Doğal Arazi	1/4	1/3	1/2	1	3	5	**0.113**
Bağ-Bahçe	1/7	1/5	1/3	1/3	1	3	**0.057**
Orman	1/9	1/6	1/5	1/5	1/3	1	**0.031**
Toplam	2.337	4.200	7.033	10.533	19.333	29.000	
y_{max}	6.191	Tİ(CI)	0.038	**TO(**CR)	**0.031**		

Çizelge 9. Jeoloji ögelerin ikili karşılaştırmaları ve ağırlık hesabı.

Ölçüt	**Alüvyon**	**Eski Alüvyon**	**Bazalt**	**Kireçtaşı**	**Killi Kireçtaşı**	**Ağırlık**
Alüvyon	1	2	4	5	9	**0.465**
Eski Alüvyon	1/2	1	2	3	8	**0.272**
Bazalt	1/4	1/2	1	2	3	**0.136**
Kireçtaşı	1/5	1/3	1/2	1	2	**0.084**
Killi Kireçtaşı	1/9	1/8	1/3	1/2	1	**0.043**
Toplam	2.061	3.958	7.833	11.500	23.000	
y_{max}	5.041	Tİ(CI)	0.010	**TO(**CR)	**0.009**	

Çizelge 10. Bakı öğelerin ikili karşılaştırmaları ve ağırlık hesabı.

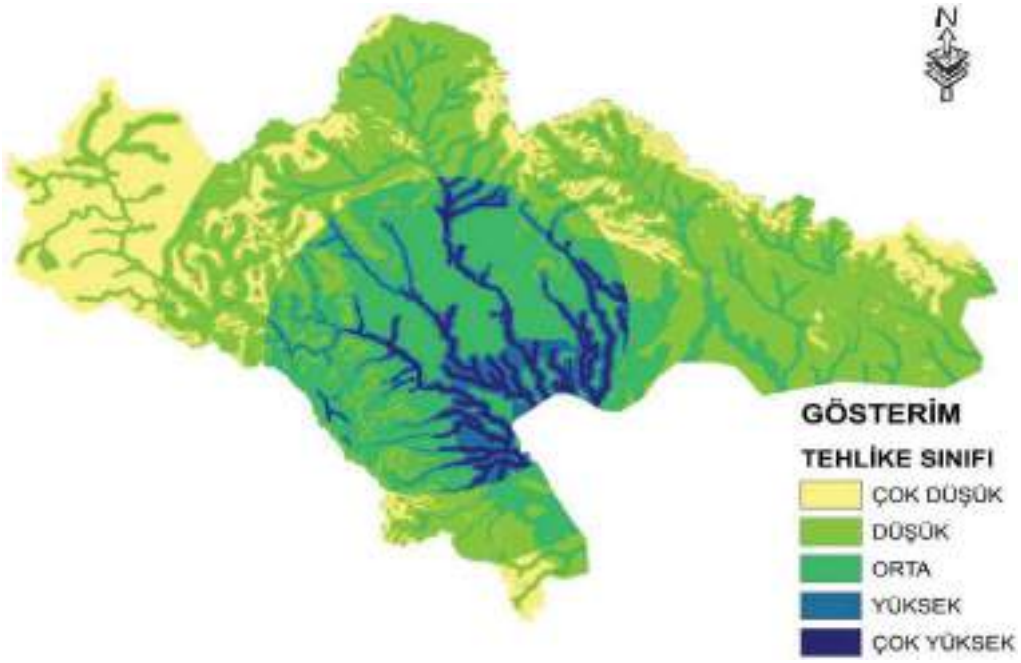
Ölçüt	**Düz**	**K**	**KD**	**KB**	**D**	**B**	**GD**	**GB**	**G**	**Ağırlık**
Düz	1	2	3	3	4	4	5	5	7	**0.289**
K	1/2	1	2	2	3	3	4	4	6	**0.197**
KD	1/3	1/2	1	1	2	2	3	3	4	**0.123**
KB	1/3	1/2	1	1	2	2	3	3	4	**0.123**
D	1/4	1/3	1/2	1/2	1	1	2	2	3	**0.075**
B	1/4	1/3	1/2	1/2	1	1	2	2	3	**0.075**
GD	1/5	1/4	1/3	1/3	1/2	1/2	1	1	2	**0.045**
GB	1/5	1/4	1/3	1/3	1/2	1/2	1	1	2	**0.045**
G	1/7	1/6	1/4	1/4	1/3	1/3	1/2	½	1	**0.028**
Toplam	3.210	5.333	8.917	8.917	14.333	14.333	21.500	21.500	32.000	
y_{max}	9.127	Tİ(CI)	0.016	**TO(**CR)	**0.011**					

Her bir katman için ağırlıkların belirlenmesi bu ölçeğe göre yapılmış, bulunan ağırlık oranları 100 ile çarpılarak analiz buna göre yapılmıştır. Raster veriler bulunan ağırlık oranlarına göre yeniden sınıflandırılmış ve ana ölçütler için bulunan ağırlık oranlarına göre Arcgis programında ağırlıklı çakıştırma(weighted overlay) analizi yapılarak sonuç haritası elde edilmiştir.

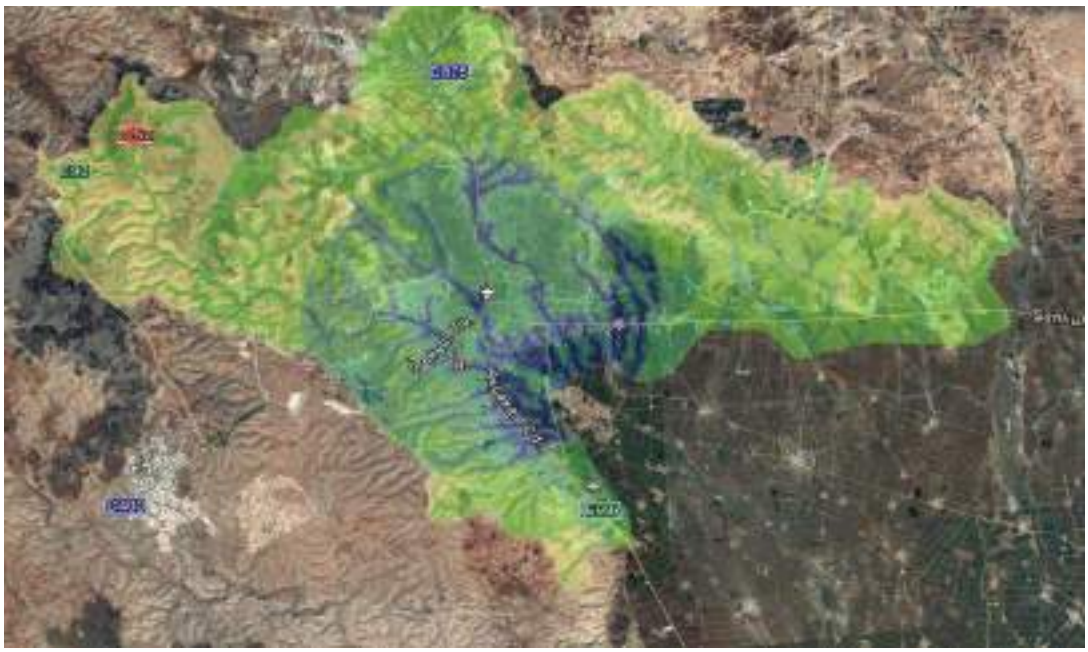
Bu sonuç haritasında 1-Çok Yüksek Riskli, 2-Yüksek Riskli, 3-Orta Riskli, 4-Düşük Riskli ve 5-Çok Düşük Riskli olarak sınıflandırılmıştır.

3. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Yapılan analiz sonucuna ilişkin taşkın duyarlılık haritası aşağıda verilmiştir.



Şekil 9. Şanlıurfa taşkın duyarlılık haritası.



Şekil 10. Şanlıurfa taşkın duyarlılık haritası google earth görüntüsü.

Ortaya çıkan taşkın duyarlılık haritasına baktığımızda çok yüksek tehlike arz eden alanların genellikle dere akış kollarına yakın bölgelerin olduğu görülmektedir. Sırrın, karakoyun ve cavsak derelerinin mansap kısmının belirgin bir şekilde çok yüksek tehlike sınıfında bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 11. Çok yüksek ve yüksek taşkın tehlikesi taşıyan alanların mekânsal kullanımı.

Tehlike sınıfı	Okul(Adet)	Yapay alanlar(km^2)	Tarım alanı
Yüksek	17	18.25((%20)	9.78
Çok yüksek	11	7.66(%9)	7.71

Yapılan hesaplamalarda çok yüksek tehlike sınıfında 11 okul yaklaşık 7.66 km^2 yapay alan ve 7.71 km^2 tarım alanı, Yüksek tehlike sınıfında 17 okul yaklaşık 18.25 km^2 yapay alan ve 9.78 km^2 tarım alanı bulunmaktadır.

Sonuç olarak yapılan çalışma taşkının tehlikesi olan yerlerin tespitinin çok kriterli karar verme yöntemiyle tespitine yönelik olup, daha ayrıntılı çalışmaların yapılması gerekmektedir. Bu tür çalışmaların özellikle yeni yerleşim alanlarının planlanmasından önce kullanılması önem arz etmektedir.

Taşkınların afete dönüşmemesi için aşağıda belirtilen ilkelere uyulması önem arz edecektir:

- Öncelikle taşkın yataklarının kentleşmeye açılmaması, bu alanların imar planlarında yeterli genişlikte yeşil alan veya rekreasyon alanı olarak bırakılması, imar planları ve diğer planlar yapılırken DSİ'den mutlak surette görüş alınması gerekmektedir.
- Kırsal alanlardan veya tarım alanlarında geçen derelerde de gerekli yapısal önlemlerin alınması tarımsal zarar kayıplarının önüne geçecektir.
- Derelere çöp ve benzeri katı maddelerin atılmaması, ilgili belediyesince temizlik faaliyetleri sık aralıklarla yapılmalıdır.
- Yerleşim alanlarından geçen derelerin taşkın debilerinin daha yüksek alınması çünkü kentsel alanlarda infiltrasyon (sızma) az olduğundan akışa geçen su debiyi arttırıcı etkiye sahiptir.
- Derelerin üzerinde yapılan menfezler gelecek bir miktar katı maddeyi biriktirmeyecek şekilde ve genişlikte yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

Ayalew L, **Yamagishi** H, **Ugawa** N (2004). Landslide susceptibility mapping using GIS-based weighted linear combination: The case in Tsugawa area of Agano River. Landslides 1: 73–81.

Dai FC, **Lee** CF, **Zhang** XH (2001). GIS-based geo-environmental evaluation for urban land-use planning: a case study. Eng Geol 61: 257–271.

Jankowski, P., Integrating Geographical Information Systems and Multiple Criteria Decision Making Methods, Int. J. Geogr. Inf. Syst., 9, 3, 251–273, 1995.

Joerin F., **Theriault** M, **Musy** A (2001). Using GIS and outranking multicriteria analysis for land-use suitability assessment. Int. J of Geog In Sci 15: 153–174.

Lee, J.B., **Lee**, J.K. and Chang, S.R. (2013) A Study on the Risk Level of Work Types in Nuclear Power Plant Construction. Journal of the Korean Society of Safety , 28, 95-99.

Lee, D.U. and **Kim**, Y.S. (2003) A Study on the Cost Risk Analysis for Construction Projects Using Fuzzy-AHP Method. Journal of Architectural Institute of Korea , 19, 169-176.

Lhee, S.C., **Choi**, Y.J. and **Choi**, Y. (2011) Determining the Priority of Factors for Reducing Energy at Deteriorated School Buildings Using AHP Method. Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment , 11, 127-132.

Kolat C, **Doyuran** V, **Aydan** C, **Suzen** LM (2006). Preparation of a geotechnical microzonation model using Geographical Information Systems based on multicriteria decision analysis. Eng Geol 87: 241–255.

Malczewski, J., GIS and Multicriteria Decision Analysis, John Wiley and Sons, New York, 1999, pp.

Malczewski, J., Integrating Multicriteria Analysis and Geographic Information Systems: The Ordered Weighted Averaging (OWA) Approach, Int. J. Environ. Sci. Technol., 6, 1– 2, 7–19, 2006.

Saaty TL (1980). The Analytical Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York.

Yoon, K., **Hwang**, C., 1995. Multiple Attribute Decision Making.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6655

SINIR İHLALLERİ KAPSAMINDA, MUHTEMEL GEÇİŞ GÜZERGÂHLARININ OTOMATİK OLARAK BELİRLENMESİ

Alican GÖKBUA[1], Serdar SELİM[2,3]

[1]Lisans Öğrencisi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, 07058, Konyaaltı, Antalya, cangokbua@gmail.com
[2]Dr. Öğr. Üyesi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, 07058, Konyaaltı, Antalya,
[3]Dr. Öğr. Üyesi, Akdeniz Üniversitesi, Uzaktan Algılama Araştırma ve Uygulama Merkezi 07058, Konyaaltı, Antalya
serdarselim@akdeniz.edu.tr (sorumlu yazar)

ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye'nin güneydoğu sınırı dikkate alınarak, sınırlar arası muhtemel geçiş güzergâhlarının otomatik olarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda topoğrafik yapı esas alınarak güneydoğu sınırının her iki tarafında stratejik yerleşim birimleri belirlenmiştir. Bölgenin dağlık yapısı nedeniyle arazi eğimine bağlı olarak en uygun güzergâhlar coğrafi bilgi sistemleri (CBS) teknolojileri kullanılarak otomatik olarak belirlenmiştir. Çalışma, veri toplama, sayısallaştırma, analiz ve değerlendirme olmak üzere dört temel aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada bölgenin, 30 m mekânsal çözünürlüklü Aster Global DEM sayısal yükseklik modeli ve 10 m mekânsal çözünürlüklü Sentinel 2A uydu görüntüsü temin edilmiştir. Görüntülere jeoreferanslama, mozaikleme ve geometrik düzeltme ön işlemleri uygulanmış ve analize hazır hâle getirilmiştir.

Çalışmanın analiz aşamasında, sınırın her iki tarafında yerleşim alanları belirlenmiştir. Yerleşimlerin belirlenmesi işleminde, sınıra yakın olması ve yerleşimin yoğun olması kriterleri dikkate alınmıştır. Belirlenen yerleşimler CBS ortamında işaretlenmiş ve öznitelik tabloları oluşturulmuştur. Ardından, başlangıç ve bitiş noktası olarak tanımlanan bu yerleşimlere sırasıyla uygun mesafe (Cost Path) analizi, uygun geri dönüş bağlantısı (Cost Back Link) analizi ve bu iki analizi entegre eden en uygun güzergâh (Least Cost Path; LCP) analizi uygulanmıştır. Analiz sonucunda elde edilen raster formatlı güzergâh vektöre dönüştürülerek, yerleşimler arası mesafeler hesaplanmıştır. Çalışmanın son aşamasında ise 10 m mekânsal çözünürlüklü ve R,G,B,Nir olmak üzere dört bandlı güncel uydu görüntüsünden orthomozaik harita oluşturulmuş ve güzergâhlar bu harita üzerine aktarılmıştır. Mevcut arazi yapısı ile oluşturulan güzergâhlar karşılaştırılarak kontrolleri sağlanmıştır.

Sonuç olarak, Türkiye'nin güneydoğu sınırında sınır içi ve sınır ötesi yerleşimler arasındaki dağlık araziler için muhtemel geçiş güzergâhları otomatik olarak tespit edilmiştir. Kullanılan yöntem, farklı girdilere bağlı olarak farklı bölgelerde uygulanabilir nitelikte olması medeniyle yaygın etkiye sahiptir.

Anahtar Sözcükler: en uygun güzergâh, CBS, sınır ihlali, güzergâh planlama

ABSTRACT

AUTOMATICALLY DETERMINED POSSIBLE TRANSITIONAL ROUTES WITHIN THE SCOPE OF BORDER VIOLATON

In this study, it is aimed to automatically determine possible transit routes between borders considering the southeastern border of Turkey. Within this scope, strategic settlements have been identified on both sides of the southeastern border, based on the topographic structure. Due to the mountainous nature of the zone, the most suitable routes are automatically determined using geographic information systems (GIS) technologies, depending on the slope of the terrain. The study consists of four basic steps: data collection, quantification, analysis and assessment. In the first stage, a 30 m spatial resolution Aster Global DEM digital elevation model (DEM) and a 10 m spatial resolution Sentinel 2A satellite image are provided. Pre-processes such as georeferencing, pixelization and geometric correction have been applied to images and these images have been made ready for analysis.

In the analysis phase of the study, settlement areas were determined on both sides of the border. In the process of determining settlements, the criteria for close proximity to the border and intensive settlement were taken into account. The specified placements are marked in the GIS and attribute tables are created. Then, the appropriate path (Cost Path) analysis, Cost Back Link analysis and Least Cost Path (LCP) analysis integrating these two analyzes were applied to these settlements defined as start and end points. The raster format route obtained as a result of the analysis has been converted to the vector format and distances between the settlements have been calculated. In the last phase of the study, an orthomosaic map was created from the current satellite image of four bands with spatial resolution of 10 m and R, G, B, Nir and the routes were transferred on this map. Controls were provided by comparing the routes created with the existing land structure.

As a result, the possible transition routes for mountainous land border between domestic and cross-border settlements are automatically detected in the Turkey's southeastern border. The method has widespread influence, which is applicable to different regions depending on different inputs.

Key Words: least cost path, GIS, border violation, route planning

1. GİRİŞ

Türkiye, coğrafi konumu, ekolojik, sosyoekonomik ve sosyokültürel yapısı sebebiyle komşu ülkelere kıyasla oldukça stratejik bir ülkedir. En önemli sosyal çevre sorunu olarak uluslararası göç, sığınmacılar ve yasa dışı geçişler için Türkiye, hem hedef hem de transit ülke olarak bölgenin sürekli gündemindedir. Ülkenin doğu ve güneydoğusu, sınır ötesinde meydana gelen olumsuz gelişmelerden fazlaca etkilenmektedir. Özellikle Suriye'de uzun süredir devam eden iç karışıklık, bu ülke ile olan 911 km'lik sınır hattının korunmasını ve yasa dışı geçişlerin önlenmesini çok daha önemli hâle getirmiştir. Bu sınır hattının dağlık bir yapıda olması, yasa dışı geçişler için önlemlerin arttırılmasını ve muhtemel geçiş güzergâhlarının belirlenmesini zorunlu kılmıştır. Bu kapsamda çalışma, özellikle sınır ihlallerinin yoğun olduğu Türkiye'nin doğu ve güneydoğu bölgeleri için muhtemel geçiş güzergâhlarını girdilere bağlı olarak otomatik bir şekilde, kısa sürede ve yüksek doğrulukta belirleyebilmektedir. Bu kapsamda, hızlı ve doğru sonuçlar veren, teknolojik gelişmelere bağlı olarak özellikle son yıllarda önemli ilerlemeler kaydetmiş olan coğrafi bilgi sistemleri (CBS) teknolojileri kullanılmıştır (Shankar vd., 2014). CBS ile en uygun güzergâh analizi uygulaması, turizm yollarının belirlenmesi (Hall and Page, 2009), kara yolu ulaşım güzergâhlarının belirlenmesi (Sarı ve Şen, 2017) ve orman yollarının belirlenmesi (Rees, 2004) gibi çok kapsamlı alanlarda kullanılmış ve kısa zamanda doğru sonuçlar vermesi sebebiyle bu çalışma kapsamında da tercih edilmiştir.

Çalışma temel olarak veri toplama, analiz ve değerlendirme aşamalarından oluşmaktadır. İlk aşamada ilgili bölgenin güncel ve açık erişimde olan uydu görüntüleri temin edilmiştir. Bu görüntülere jeoreferanslama ve düzeltme ön işlemleri uygulanmış ve analize hazır hâle getirilmiştir. Ardından en uygun güzergâh analizini uygulamak üzere sınır içi ve sınır ötesindeki potansiyel yerleşim noktaları belirlenmiş ve eğime bağlı olarak en uygun güzergâhlar otomatik olarak tespit edilmiştir. Bu çalışma sonuçları, muhtemel geçiş güzergâhlarının tek bir girdiye bağlı olarak hızlı ve yüksek doğrulukta belirlenebildiğini göstermektedir. Çalışmanın ilerleyen aşamalarında arazi kullanım durumu, mevcut yollar, görünürlük durumu, bitki örtüsü vb., girdilerin de sisteme dâhil edilerek muhtemel güzergâhların yeniden belirlenmesi planlanmaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanı

Çalışma, Türkiye'nin güneydoğu bölgesinde Suriye ve Irak sınırında, sınır hattı boyunca yürütülmüştür (Şekil 1). Bu bölge, sınır ötesindeki stratejik problemlerden dolayı sürekli gündemde olması ve topoğrafik yapı nedeniyle zorlu bir alan olması sebebiyle tercih edilmiştir. Bölgede yoğun olmayan yerleşim birimleri bulunmaktadır. Eğim durumu, arazi genelinde büyük farklılıklar göstermektedir. Yerleşimler, arazinin kısmen düz olduğu kısımlarda yoğunlaşmıştır. Sarp kayalıklar, dik ve bitki örtüsü yönünden fakir araziler bölge bütününde yaygın olarak görülmektedir.



Şekil 1. Çalışma alanı.

2.2. Veri Toplama ve Sayısallaştırma

Çalışmada ilk olarak bölgenin 30 m mekânsal çözünürlüklü Aster Global DEM sayısal yükseklik modeli (Çizelge 1) ve 10 m mekânsal çözünürlüklü güncel Sentinel 2A uydu görüntüsü (Çizelge 2) temin edilmiştir. Bu veriler açık kaynak kodlu ve ücretsiz erişilebilen veriler olması sebebiyle, çalışmanın uygulanabilirliği ve yaygın etkisi kapsamında önemlidir. Görüntülere jeoreferanslama, mozaikleme ve geometrik düzeltme ön işlemleri uygulanmıştır. Ardından, Türkiye ile en uzun kara sınırına sahip olan Suriye arasındaki birbirine en yakın yerleşim alanları

belirlenmiştir. Yerleşim alanlarının belirlenmesinde, sınıra yakın olması ve yerleşimin yoğun olması kriterleri dikkate alınmıştır. Rastgele belirlenen yerleşimler CBS ortamında nokta (point) olarak işaretlenmiş (Şekil 2a; 2b; 2c; 2d; 2e) ve öznitelik tabloları oluşturulmuştur.

Çizelge 1. Aster Global DEM uydu verisinin teknik özellikleri.

Teknik özellik	Açıklama	
Spektral Bantlar(nm)	Blue Green Red Pan	0.52-0.60 nm 0.63-0.69 nm 0.78-0.86 nm 0.78-0.86 nm
Yılı	1999	
Yersel çözünürlük	30 m	

Çizelge 2. Sentinel 2A uydu görüntüsü teknik özellikleri.

Teknik özellik	Açıklama	
Spektral Bantlar(nm)	Blue Green Red NIR	0.490 nm 0.560 nm 0.665 nm 0.842 nm
Yılı	2017	
Yersel çözünürlük	10 m	

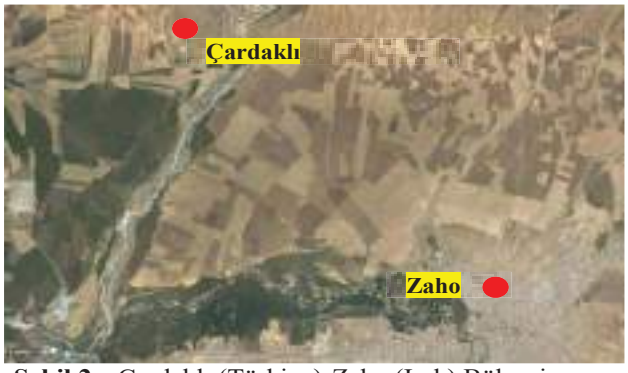
Bölgeye ait sayısal yükseklik modeli üzerinden, yerleşimleri içesine alan bölgeler kesilmiş ve uydu görüntüleri ile üst üste (overlay) bindirilmiştir. Ardından eğim (slope analysis) paftası oluşturulmuştur. Bu eğim haritaları üzerinden gidiş bağıntısı ve geri dönüş bağıntısı elde edilerek en uygun güzergâh analizleri gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan güzergâhlar vektör hâline dönüştürülerek mesafeler hesaplanmış, güncel uydu görüntüleri ile karşılaştırılarak görsel olarak doğrulukları denetlenmiştir.



Şekil 2a. Reyhanlı (Türkiye)-Halep (Suriye) Bölgesi.



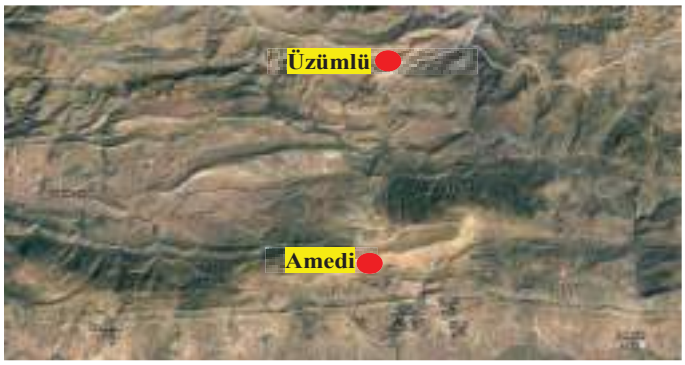
Şekil 2b. Cizre (Türkiye)-Al Malikiyah (Suriye) Bölgesi.



Şekil 2c. Çardaklı (Türkiye)-Zaho (Irak) Bölgesi .



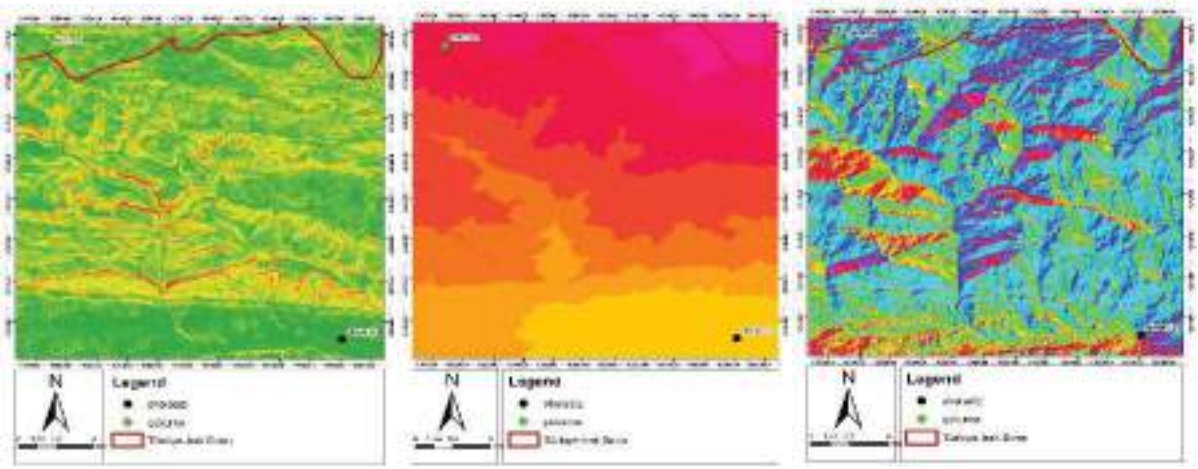
Şekil 2d. Çukurca (Türkiye)-Sheladiz (Irak) Bölgesi.



Şekil 2e. Üzümlü (Türkiye)-Amedi(Irak) Bölgesi.

2.3. En Uygun Güzergâh Analizi (LCP)

Sınırın her iki tarafında yerleşim alanları belirlendikten sonra başlangıç ve bitiş noktası olarak tanımlanan bu yerleşimlere sırasıyla uygun mesafe (Cost Path: CP) analizi, uygun geri dönüş bağlantısı (Cost Back Link: CBL) analizi ve bu iki analizi entegre eden en uygun güzergâh (Least Cost Path; LCP) analizi uygulanmıştır (Lee and Stucky, 1998). CP analizi, her hücre için en düşük birikimli maliyet mesafesini bir maliyet yüzeyi üzerinde en yakın kaynağa hesaplar. CBL analizi, En yakın kaynağa en az birikimli maliyet yolundaki bir sonraki hücre olan komşuyu tanımlar. LCP ise, kaynaktan hedefe giden en düşük maliyetli yolu hesaplar (Selim ve Sönmez., 2017). Dolayısıyla çalışma kapsamında eğim verisi kullanılarak, belirlenen kentler arasında arazi eğiminin çevre eğime göre en düşük olduğu kısımlar güzergâh olarak otomatik olarak belirlenmiştir. Sayısal yükseklik modeli üzerinden en uygun eğim kullanılarak eğim haritasının oluşturulması, eğim haritası ile birlikte belirlenen noktalara gidiş bağıntısının bulunması daha sonra bu noktaların geri dönüş bağıntısının bulunması ve son olarak gidiş ve geri dönüş bağıntılarının birlikte kullanılması ile bulunan en uygun güzergâhlar tespiti aşamaları ile çalışmada ulaşılmak istenen güzergâhlar belirlenmiştir (Şekil 3).



a) Eğim b) Gidiş c) Geri dönüş bağıntıları

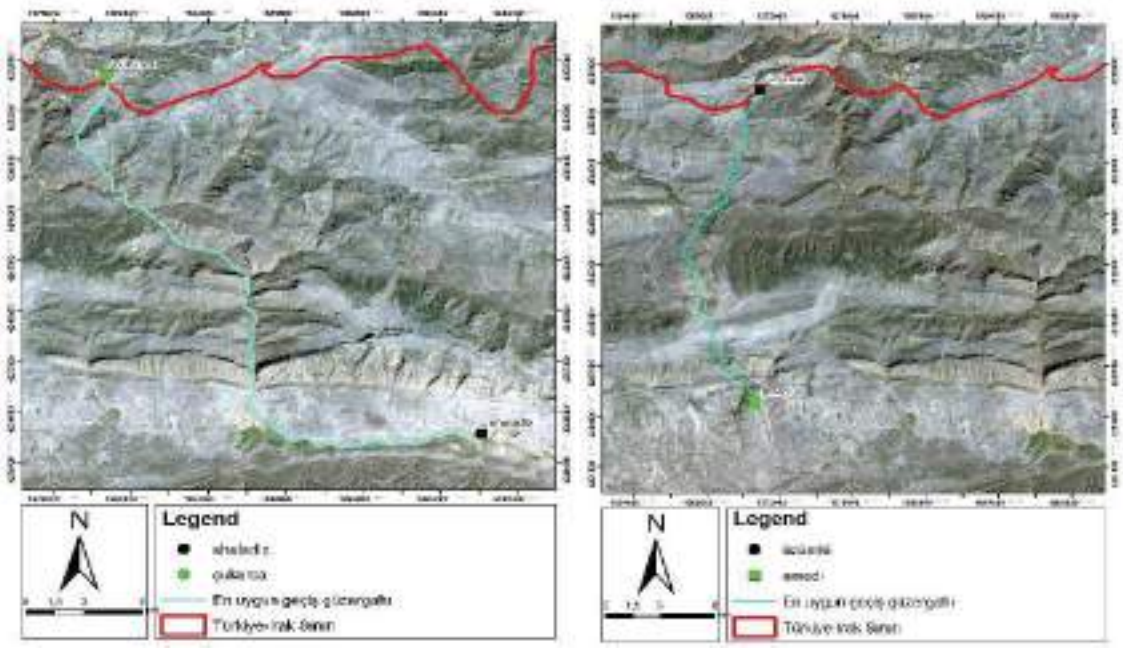
Şekil 3. En uygun güzergâh analizi aşamaları.

3. BULGULAR

Muhtemel geliş güzergâhları üzerinde bulunan dağlık araziler en uygun maliyet analizinden de anlaşılacağı üzere en az maliyet gerektiren ve en az enerji harcayacakları şekilde tespiti sağlanmış olup eğimin az olduğu alanlardan geçiş güzergâhları tespit edilmiştir. Ayrıca seçilen bölgeler dağlık arazilerin bulunduğu alanların yakınlarında ve içlerindedir. Ardından, bulunan güzergâhların uzunlukları tespit edilmiştir. Amedi-Üzümlü arası en uygun güzergâh 45,3 km, Zaho-Çardaklı arası en uygun güzergâh 12,3 km, Almalikiyah-Cizre arası en uygun güzergâh 24.92 km, Sheladiz-Çukurca arası en uygun güzergâh 41,6 km, Halep-Reyhanlı arası en uygun güzergâh 63,4 km olarak tespit edilmiştir (Şekil 4; 5; 6).

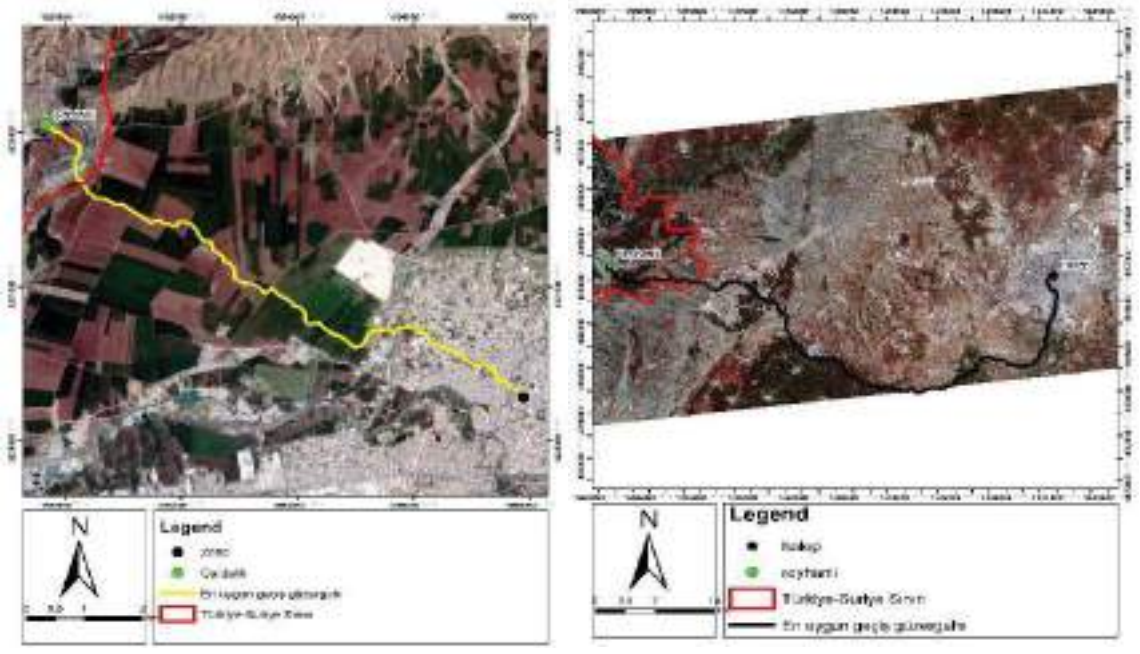
Çukurca ve Üzümlü bölgeleri, diğer bölgelere kıyasla sarp kayalıklardan ve kısmen yüksek eğimden oluşmaktadır. Aynı zamanda bitki örtüsünden yoksun ve yakın bölgelerde yerleşim birimi bulunmamaktadır. Aynı zamanda mevcut arazi kullanımı yönünden de boş arazi olarak değerlendirilebilmektedir. Yerleşim, tarım, orman vb. kullanımlar özellikle bu bölgelerde arazi yapısı ve eğime bağlı olarak yok denecek kadar azdır. Dolayısıyla sınır ihlalleri kapsamında özel önlemlerin alınmasını gerektirecek bir görünüm ortaya koymaktadır.

Çardaklı, Reyhanlı ve Cizre bölgeleri ise hem yerleşim hem de tarım yönünden daha yoğun bölgelerdir. Bu bölgelerde eğim kısmen azdır. Dolayısıyla belirlenen en uygun güzergâhlar daha düz bir yapı göstermektedir. Reyhanlı-Halep arasındaki dağ silsilesi, en uygun güzergâhın dağ yamacını kullanmasını öngörmektedir. Zaho-Çardaklı arasında ise tarım faaliyetlerinin yapıldığı kısmen düz alanlar en uygun güzergâh içerisinde kalmaktadır.



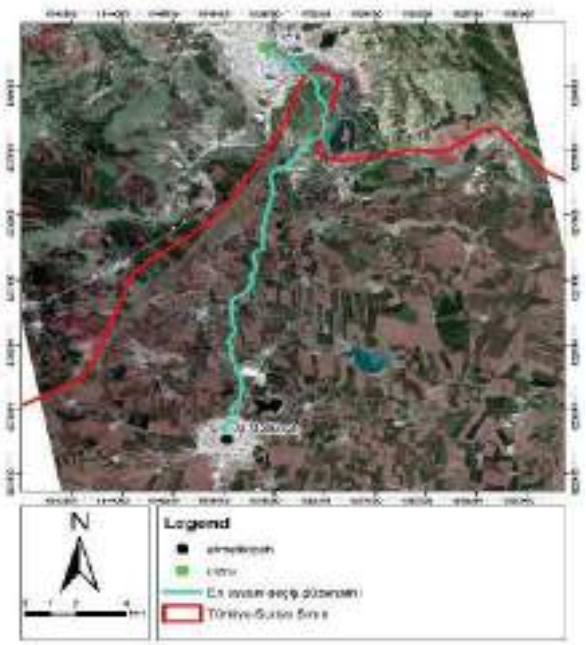
a) Çukurca-Sheladiz b) Üzümlü-Amedi

Şekil 4. En uygun güzergâh analizi gösterimi.



a) Çardaklı-Zaho b) Reyhanlı-Halep

Şekil 5. En uygun güzergâh analizi gösterimi.



Şekil 6. Cizre-Almalikiyah en uygun güzergâh analizi gösterimi.

4. SONUÇLAR

Sonuç olarak, Türkiye'nin güneydoğu sınırında sınır içi ve sınır ötesi yerleşimler arasındaki dağlık araziler için muhtemel geçiş güzergâhları otomatik olarak tespit edilmiştir. Başlangıç ve bitiş noktalarının en uygun güzergâh ile birleştirilmesinde sayısal yükseklik modeline bağlı olarak eğimin en düşük olduğu alanlar, geçişler için uygun olarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçları, sınırların kontrolü için muhtemel geçiş güzergâhlarının girdilere bağlı olarak LCP analizi ile hızlı ve doğru bir şekilde belirlenebildiğini ortaya koymaktadır. Çalışma ayrıca, ülkemizin doğu ve güneydoğusuna sınır olan ülkelerin içinde bulunduğu iç karışıklar nedeniyle sınırı geçmek isteyen mültecilerin arazi eğimine bağlı olarak hangi güzergâhları kullanabileceğini öngörmekte ve bu kapsamda politik ve askeri tedbirlerin alınmasına yardımcı olacak sonuçlar üretmektedir.

Çalışmada kullanılan yöntem, ülkemizin tüm sınırlarında kullanılabilir niteliktedir. Dolayısıyla çalışmanın yaygın etkisi yüksektir. Ülkemiz sınırlarının özellikle dağlık kesimlerinde bu yöntem uygulanarak elde edilen güzergâhlar üzerindeki stratejik noktalarda güvenlik tedbirleri arttırılıp yasa dışı geçişlerin engellenmesi kolaylaştırılabilir. Bu kapsamda çalışma, CBS teknolojilerinin ülke savunmasında da etkin bir şekilde kullanılabileceğini uygulamalı olarak tekrar vurgulamaktadır.

Çalışmanın ilerleyen aşamalarında, en uygun güzergâhların belirlenmesinde eğim faktörü yanında, görünürlük analizi, mevcut arazi kullanım durumu ve mevcut kontrol noktalarına mesafeler de dikkate alınarak farklı girdiler ile alternative güzergâhların da belirlenmesi düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Çalışmada, verilerin temin edilmesi ve işlenmesi sürecinde donanım ve yazılım desteğinden dolayı Akdeniz Üniversitesi, Uzaktan Algılama Araştırma ve Uygulama Merkezine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Hall, C.M., and Page, S.J., 2009. Progress in tourism management: From the geography of tourism to geographies of tourism–A review. *Tourism Management*, 30(1), 3-16.

Lee, J., and Stucky, D., 1998. On applying viewshed analysis for determining least-cost paths on digital elevation models. *International Journal Geographic Information Science*, 12 (8): 891–905.

Rees, W.G., 2004. Least cost paths in mountainous terrain. *Computers & Geosciences,* 30: 203-209.

Sarı, F., ve Şen, M., 2017. Least cost path algorithm design for highway route selection. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 2 (1): 1-8.

Selim, S., ve Sönmez, N.K., 2017. Route planning based on geographical information systems: Idebessoss Ancient City in Lycia. *Turkish Journal of Forestry*, 18 (4), 302-308. DOI: 10.18182/tjf.306842

Shankar, H., Mani, G., and Pandev, K., 2014. Gis based solution of multi-depot capacitated vehicle routing problem with time window using tabu search algorithm. *Int. J. of Traffic and Transportation Engineering*, 3(2): 83-100.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7039

YEREL VE ULUSAL ÖLÇEKTE "AKILLI KENT" PERSPEKTİFİ

Abdullah ÖZDEMİR[1], Arzu ÖZDEMİR[2]

[1]Çevre Yüksek Mühendisi Ordu Büyükşehir Belediyesi CBS Şube Müdürlüğü, abdullahozdemir@ordu.bel.tr
[2]Harita Mühendisi. Ordu Büyükşehir Belediyesi Harita Zemin Şube Müdürlüğü, arzu.ozdemir@ordu.bel.tr

ÖZET

Daha kaliteli bir yaşam, daha iyi eğitim, sağlık hizmetlerine daha kolay erişim ve daha fazla iş olanakları gibi beklentilerle hızla artan köyden kente göç oranları çarpıcı boyutlara ulaşmıştır. Birleşik Milletler kentleşme projeksiyonlarına göre dünya genelinde günde ortalama 200.000 kişinin kentlere göç ettiği görülmektedir. Artan göç olayları, hem göç veren hem de göç alan kentleri önemli ölçüde etkilemektedir. (*Kalkınma Bakanlığı, 2013)*

Kentlerin yüz ölçümü ve nüfusundaki değişimlerin yanı sıra modernleşme sürecinde yaşanan demografik geçiş, küresel ısınma, yeni nesillerle birlikte gelişen ve değişen beklentiler, kentlerin ihtiyaçlarını şekillendirmektedir. Kısıtlı kaynaklarla bu ihtiyaçların sürdürülebilir bir biçimde karşılanması alışılageldik geleneksel yöntemlerle çoğu zaman mümkün olamamaktadır. Artan sorunların giderilmesi ihtiyaçların karşılanabilmesi arayışının bir sonucu olarak ortaya çıkan "Akıllı Kent" kavramı geleneksel anlayışlarla çözülmek bir yana daha da karmaşıklaşan sorunların çözümü için bir umut olmuştur.

Dünyadaki gelişmelere paralel olarak "akıllı kent" yaklaşımı, ülkemizde de son derece ilgi çeken günden güne popülerleşen bir kavram, adeta bir "moda" olmuştur.

Çok katmanlı her kavramda olduğu gibi kabul gören tek bir tanımı yapılamayan akıllı kent kavramının kullanımı yaygınlaşmış ve farklı kişi ve gruplar tarafından pek çok farklı anlamda kullanılır olmuştur.

Akıllı kent; "bilişim teknolojilerinden yararlanılarak kent varlıklarını ve kaynaklarını bütünleştiren kentsel gelişim vizyonu ve her kentin kendi ihtiyacına göre şekillenen bir yolculuktur" ifadesi çoğunlukla kabul gören kapsayıcı bir tanım olarak değerlendirilmektedir.

Artan kentsel sorunlar, akıllı kent çözümlerini yerel yönetimler için zorunlu bir ihtiyaca dönüştürmüştür. Yerel yönetimler artan nüfusla gelen trafik, ulaşım, vatandaş memnuniyeti, çevre yönetimi, güvenlik vb. güçlükleri teknoloji ile aşmanın yollarına odaklanmıştır.

Belediyelerin ölçeği değiştikçe sorunları ve sorunların öncelikleri de değişmekle beraber hizmet sunumunda teknoloji ile fark yaratma anlayışı hâkimdir. Bir diğer ifadeyle, yerel yönetimler öncelikli çözüm geliştirme ihtiyaçları olan hizmet alanlarında teknolojiyi en kritik çözüm aracı olarak görmektedirler.

Ülkemizdeki akıllı kent çalışmaları için farklı bir perspektif sunma amacıyla kaleme alınan bu çalışmada dünyadaki başarılı akıllı kent uygulamaları incelenmiş, ülkemizde kavramsal ve yönetsel yaklaşımlar ile daha önce benzer durumlarda yaşanmış proje deneyimleri eleştirel bir bakış açısıyla derlenmeye çalışılmıştır.

Görülmek, duyulmak istenmeyen gerçeklerin de dikkate alındığı, hamasetin değil bilimsel yöntemlerin benimsendiği gerçekçi bir vizyon,, devamında ulaşılabilir hedeflerin belirlendiği sürekli bir yolculuk olan, "akıllı kent" idealinin ülkemizde de başarıyla uygulanabilmesi için yapılması ve yapılmaması gerekenlerin neler olduğu, incelenen örnekler üzerinden eleştirel bir perspektifle sunulmaya çalışılmıştır.

Çalışmamızda Kopenhag, Barselona, Seul, Singapur, Berlin, New York, Londra, Gujarat, San Francisco gibi kentlerdeki akıllı kent uygulamaları incelenmiş, başta yaşadığımız Ordu ili olmak üzere, ülkemize nasıl uyarlanması gerektiği konusunda yararlı olacağına inandığımız çıkarımlarda bulunulmuştur.

Tüm başarılı uygulamaların ortak paydasının, gerçek zamanlı veri akışıyla beslenen ve odağında insanın olduğu Coğrafi Bilgi Sistemi altyapısı olduğu görülmüştür.

Başarılı bir akıllı kent uygulamasının, tekil teknolojik çözümlerden ziyade bütünsel bir bakış açısı gerektiren bütüncül ama özgün bir yaklaşımla mümkün olabileceği sonucuna varılmıştır.

Ülkemizde sıklıkla görmeye alıştığımız tek merkezden (Ankara) yönetilmeye çalışılan toptancı anlayışlar yerine, her kentin önceliklerini, güçlü ve zayıf yönlerini dikkate alan ve o kente özgü olan yaklaşımların, konulan hedeflere ulaşmada temel hareket noktası olduğu değerlendirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: skıllı kent, koordinasyon, büyük veri, coğrafi bilgi sistemleri.

ABSTRACT

LOCAL AND NATIONAL SCALE OF "SMART CITY" PERSPECTIVE

Rapidly growing rates of migration from peasants to cities have reached striking proportions, such as better quality of life, better education, easier access to health services and more job opportunities. When the United Nations urbanization projections are evaluated, it is observed that an average of 200,000 people emigrated to cities worldwide on a daily basis. Increased migration rates affect both immigrant and immigrant cities. (*Kalkınma Bakanlığı, 2013)*

Demographic transition, global warming factors, new generations of emerging and changing expectations shape the needs of the cities, as well as the demographic transition in the process of modernization as well as the changes in the urban surface

and population. Meeting these needs in a sustainable way with limited resources will be possible with innovative and intelligent solutions.
The concept of "Smart City", which emerged as a result of these searches, has attracted a great deal of attention with successful applications argued at academic level over 10 years.
Parallel to these developments in the world, our country has become a very popular concept in the day, which is very interesting in our country. It seems that this term, which does not have a generally accepted definition as it is in almost every multi-layered concept, is becoming increasingly widespread and used by different stakeholders in different meanings.
For smart cities, a general definition will cover many different approaches and understandings; "The vision of urban development that integrates urban assets and resources with the use of information technology, and each city is a journey shaped by its own needs".
Intelligent urban solutions have become a necessity for local governments. Local governments have been increasing traffic, transportation, citizen satisfaction, environmental management, security and so on. focusing on ways to overcome difficulties with technology.
As the scale of the municipalities changes, the problems and priorities of the problems change, and the understanding of making a difference with technology is prevalent in service delivery. In other words, local governments view technology as the most critical solution in their service areas where priority solution development needs exist.
In this study, which was taken to provide a different perspective for smart city studies in our country, successful smart city applications in the world were examined and conceptual and managerial approaches in our country and project experiences experienced in similar situations were tried to be compiled with a critical point of view.
In our work, smart city applications in cities such as Copenhagen, Barcelona, Seoul, Singapore, Berlin, New York, London, Gujarat and San Francisco were examined and found out for our country applications, especially in the province of Ordu where we lived.
It has been seen that the common stake of all successful applications is the Geographic Information System infrastructure that is fed by real-time data flow and is the human being in its focus.
A successful intelligent urban practice has come to the conclusion that a holistic approach, which requires a holistic view of individual technological solutions, is possible.

Keywords: smart city, coordination, big data, geographic information systems

1. GİRİŞ

Sürücüsüz araçlardan uzaktan yönetilebilen ev ve ofislere, suç oluşmadan tahmin edebilen ve önlem alabilen güvenlik sistemlerinden hastaneye gitmeden tıbbi teşhis ve tedavinin yapılabildiği uygulamalara, akıllı kent çözümlerinin popülaritesi her geçen artmaktadır. *(Ulusoy, 2017)*
Akıllı kent, şehrin daha yaşanabilir, daha sürdürülebilir ve daha verimli olması amacıyla bilgi iletişim teknolojilerinin sağladığı çözümleri;

- Odağına insanı alarak,
- İlgili tüm paydaşların ve kurumların sahipliğinde,
- Kişisel verinin gizliliği ve diğer etik kuralları ihlal etmeden,
- Katılımcı ve şeffaf bir şekilde uygulayabilen,
- Kendini sürekli geliştiren ve öğrenen kenttir. (*Boren,2013)*

1.1 Akıllı Kent Bileşenleri

Şekil 1. Akıllı Kentlerin Temel Bileşenleri **(***Türkiye Bilişim Vakfı, 2016).*



1. Akıllı İnsan,
2. Akıllı Yönetişim,
3. Akıllı Yaşam,
4. Akıllı Ekonomi,
5. Akıllı Ulaşım,
6. Akıllı Çevre

Barınma, güvenlik, sağlık, eğitim, boş zaman faaliyetleri gibi ihtiyaçların kapsamının teknolojiyle beraber belirlenmekte, sosyal bütünlüğün sağlanması amaçlamaktadır.
Kaldıraç etkisiyle mevcut kaynaklar daha etkin kullanılmakta, finansman ve insan kaynaklarına veya zamana dair darboğazlar aşılmaktadır. Toplu taşıma altyapısının en optimal haliyle kullanılması sayesinde trafik sıkışıklığı ve hava kirliliği gibi kentlerin temel problemlerinin azalması hedeflenmektedir. Teknoloji yardımıyla çevre ve doğanın

sürdürülebilirliği sağlanabilmekte, yeşil alanlar ve su kaynakları kontrol edilebilmektedir. İnsanlar, sosyal hayata daha çok katılmakta, çoğulculuk ve kent kültürü yaşam boyu devam eden bir öğrenme sürecine dönüşmektedir. Yaratıcılık ve açık fikirlilik teşvik edilmektedir. Karar vericiler, teknolojiyle tüm paydaşların çıkarlarını göz önünde bulundurup kaynakların daha akıllı bir şekilde kullanılarak uzun vadeli toplumsal faydanın sağlanması için çalışacaktır. *(Chourabi, 2012)*

1.2 Temel Kavramlar

1.2.1 Nesnelerin İnterneti (IoT)

Nesnelerin İnterneti (IoT- Internet of Things) sosyal yaşantımızda kullandığımız nesnelerin bir takım veriler üretmesini ve bu verileri başka nesnelere veya sistemlere aktarmasını sağlayan bir teknolojidir. Yani, nesnelerin insan müdahalesi olmadan, kendi aralarında belirli protokoller aracılığı ile iletişim kurmasıyla oluşan veri ağıdır. IoT, herhangi bir kişinin, herhangi bir şeyin, herhangi bir zamanda, herhangi bir yerde, herhangi bir hizmet ve herhangi bir ağ ile birbirleri ile bağlanmış olduğu bir kümeye yansıtan bir kavram olarak tanımlanabilmektedir. IoT, bütün iş dünyasını etkileyebilecek gelecek nesil teknolojilerde yeni bir yaklaşımdır ve günümüzdeki internet altyapısına akıllı cihazların ve nesnelerin tek tek tanımlanarak, bu cihazların birbiri ile bağlantılı olması şeklinde ifade edilmektedir. (*Boren,2013)* Böylelikle, makineden makineye (M2M) senaryoları sağlayacak şekilde cihazların, sistemlerin ve servislerin bir- birleri ile ileri düzeyde bağlantılı olması sağlanarak daha fazla fayda sağlanması amaçlanmaktadır. *(Chourabi, 2012)* Bu nedenle, otomasyon ile ilgili her alanda IoT' den bahsedilebilmektedir. IoT platformu; akıllı şehirler, trafik sıkışıklığı, atık yönetimi, yapısal sağlık, güvenlik ve acil servisler, lojistik, perakende satış, endüstriyel kontrol gibi oldukça geniş ve farklı bir uygulama yelpazesi için uygun çözümler sunabilmektedir. (*A.B.M. Shawkat ,2013)*

1.2.2 Sensör

İnsanların yerine çevremizdeki fiziksel ortam (sıcaklık, basınç, uzaklık vb.) değişikliklerini algılayan cihazlara "sensör" denir. Bir diğer adı da algılayıcılar yani duyargalardır. Fiziksel ortamla elektrik – elektronik cihazları birbirine bağlayan bir köprü görevi gören sensörlerin ilk üretim amacı aydınlatma iken günümüzde kullanılmadığı alan yok gibidir. Sensörler, akıllı telefonlar – tabletler, akıllı TV'ler, bilgisayarlar, arabalar, kapılar, aydınlatma sistemleri, hatta klozetlere varıncaya değin, hayatımıza nüfuz etmişlerdir.

Bir duyu organı gibi görev yaparak dijital çağda hayatımızı kolaylaştıran sensörlerden bazılarını; Pasif Infrared (PIR), Yüksek frekans (radar),Akıllı Telefon – Tablet – TV Sensörleri, El Hareketi Yakınlık Sensörü, Hareket Sensörü, Jiroskop, Jeomanyetik Sensör, Smart Interaction, Park – Far – Yağmur Sensörü, şeklinde sıralamak mümkündür. *(Harrison, 2010)*

1.2.3 Büyük Veri (Big Data)

Büyük Veri (Big Data) çalışma tablolarından veri tabanlarına, sunuculardan cloud servislere kadar toplanılmış her türlü veriyi kapsar. Büyük veri internette ve veri tabanlarında yapılan tüm paylaşımlar, fotoğraf arşivleri, log dosyaları (internette kaydı tutulan tüm hareketler) gibi farklı alanlardan elde edilen tüm verilerin analiz edilerek fayda sağlanabilecek hale getirilmesidir. *(Anttiroiko, 2013)*

Dünyadaki bilginin miktarı, toplanma hızı ve hareketliliği her geçen yıl katlanarak artmaktadır Öyle ki; tüm insanlık tarihi boyunca yaratılan toplam verinin çok daha fazlası geçtiğimiz 2 senede üretilmiştir. Veri artışı bu şekilde devam ettiğinde 2020 yılında yeryüzündeki her bir insan için saniyede ortalama 1,7 Megabaytlık veri akışının oluşacağı öngörülmektedir. *(İTÜ Vakfı Dergisi, 2017)*

1.3 Akıllı Kentler ve Yerel Yönetimler

Akıllı kent çözümleri yerel yönetimler için lüksten öte, bir ihtiyaca dönüşmüş durumdadır. Yerel yönetimler artan nüfusla gelen trafik, ulaşım, vatandaş memnuniyeti, çevre yönetimi, güvenlik vb. güçlükleri teknoloji ile aşmanın yollarına odaklanmıştır. Belediyelerin ölçeği değiştikçe sorunları ve sorunların öncelikleri de değişmekle beraber hizmet sunumunda teknoloji ile fark yaratma anlayışı hâkimdir. Bir diğer ifadeyle, yerel yönetimler öncelikli çözüm geliştirme ihtiyaçları olan hizmet alanlarında teknolojiyi en kritik çözüm aracı olarak görmektedirler. Yerel yönetimler dijitalleşme anlamında ciddi mesafe kat etmektedir. İletişim sağlayıcı firmalar tarafından yapılan dijitalleşme endeksi sonuçları da belediyelerin "yarına hazır" olma yolunda belli bir altyapıyı hızlı bir şekilde oluşturma gayreti içinde olduklarını göstermektedir. Ancak halen gidilecek önemli bir yol ve Türkiye için yakalanacak önemli fırsatlar bulunmaktadır. Bu yolculukta rehberlik yapacak bir yol haritasına ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. *(Türkiye Bilişim Vakfı, 2016)*

1.4 Başarılı Akıllı Kent Uygulamalarında Öne Çıkan Etmenler

- Net bir vizyon
- Kamu – özel işbirliği
- Entegre organizasyon
- Etkin akıllı kent platformu
- Vatandaş katılımı
- Destekleyici teknoloji
- Risk yönetimi
- Sosyal kapsayıcılık
- Proje yaygınlaştırma becerisi
- Destekleyici yasal çerçeve

1.5 Akıllı Kentin Temel Sağlayıcıları

İnsanı merkezine alan akıllı kentler üçlü sacayağı üzerinde yükselirler. Akıllı kentlerin çalışabilmesi için temel sağlayıcılar nitelikli insan kaynağı, ilgili mevzuat düzenlemeleri ve mevzuat altyapısı ile teknoloji çözümleridir. Başarılı akıllı kent yolculuklarının çalışma mekanizması bu yapının sağlam kurgulanması, kent vizyonuna yönelik olarak ilgili kilit performans göstergelerin belirlenerek akıllı kent stratejilerinin ve yol haritalarının bütünsel bir şekilde oluşturulmasına dayanmaktadır. **(***Harrison, 2010)*

- ✓ Sistemlerin kullanıcıları ve uygulayıcıları: Kent sakinleri, turistler, vatandaşlar, sistem uygulayıcıları ve yöneticiler, STK üyeleri
- ✓ Üst politika belgeleri, akıllı kentler vizyon, misyon ve stratejileri, uygulama ve denetim hakkının sağlandığı birincil ve ikincil mevzuat
- ✓ Yeni nesil bilgi iletişim sistemleri: nesnelerin interneti, mobil ve dijital platformlar, büyük veri, açık veri, robotlar, sürücüsüz taşıtlar vb.

1.6 Başarılı Akıllı Kent Uygulama Örnekleri

Akıllı kent kavramının literatürde benzer amaçlarla kullanılan ancak genelde sadece teknoloji odaklı olan kavramlardan ayıran ana unsur akıllı kent kavramının teknolojinin yanı sıra insanı ve kurumları merkezine almasıdır. Bu doğrultuda altı temel akıllı kent bileşeni tanımlanmaktadır. Bu bileşenler çeşitli sosyoekonomik teorilere göre tanımlanan faktörleri gözeterek başta Avrupa Birliği'nde sonra çeşitli diğer ülkelerde kentlerin ne kadar akıllı olduğunu ölçme ve değerlendirme amacıyla kullanılmaktadır. Bu çalışmada Global 2025 Projesi Kapsamında seçilmiş olan kentlerden Kopenhag, Barselona, Seul, Singapur, Berlin, New York, Londra, Gujarat, San Francisco uygulamaları incelenerek benzerlikleri, farklılıkları ve özgün yanları ortaya konmaya çalışılmıştır. Kimi kentler teknolojide lider olma, ekonomik yatırımlar için cazibe merkezi olma gibi ideallerle sıfırdan inşa edilirken kimileri binlerce yıllık tarihine istinaden yüzyıllardır faaliyet gösteren altyapılarını güncelleyerek yarının ihtiyaçlarına cevap vermeye çalışmaktadır. Örneğin akıllı kent yolculuğu devam eden New York, Londra, Berlin, Barselona, Kopenhag, Viyana gibi kentler farkı seviyelerde olgunluk kazanırken özellikle Uzak Doğu'da akıllı kent temasıyla oluşturulan kentler göze çarpmaktadır. Güney Kore'de, başkent Seul'den 65km ötede ıslah edilen arazi üzerine kurulan Songdo veya Çin ve Singapur arasında işbirliğini artırması amaçlanarak kurulan Tianjin kentleri yeni kurulan bölgeler arasındadır. Dolayısıyla akıllı kent çözümleri, farklı yoğunlukta nüfusları barındıran hem tarihi zenginliğini yitirmeden geleceğe hazırlanmaya çalışan kentlere hem de yoktan inşa edilen kentlere hizmet etmektedir.

1.6.1 Kopenhag

Karbon salınımsız bir başkent olmak, mavi ve yeşil bir başkent olmak, temiz ve sağlıklı bir kent olmak ve dünyada bisikletçilerin başkenti olmak hedefiyle yola çıkan Kopenhag için Akıllı Kent düşüncesi, kenti herkes için daha yaşanabilir ve sürdürülebilir bir yer haline getirmeye yardımcı olan bir araç gibidir. Kopenhag, sürdürülebilir ve yaşanılır bir kent olmaya çalışmaktadır ve bunu gerçekleştirmek için birçok akıllı kent projesi oluşturmuştur. Tüm

akıllı çözümler, 2025'e kadar dünyada ilk karbonsuz kent olma vizyonuna uygun olarak sürdürülebilir sonuçlar sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.
Kopenhag'ın kent vizyonunu destekleyen 3 kilit bileşeni vardır. Bunlar; iyi tasarlanmış kentsel planlama, akıllı kent aracı ve pazarlama ve markalaşmadır.
Kopenhag'da, AB projelerine katılım, Danimarka'nın diğer kentleriyle ortaklık ve Singapur'la işbirliği ile desteklenen bir bilgi paylaşımı kültürü vardır.

1.6.2 Singapur

Akıllı kent planının vizyonu, bilgi-iletişim teknolojisini (BİT) büyütmek, BİT başlıca ekonomik sektörlerin rekabetçiliğini geliştirmek ve bağlantılı bir toplum inşa etmek ve bunların hepsini gelecek on yılda vatandaşların yaşamını iyileştirmek için kullanmaktadır.
Singapur'daki akıllı kent fikri 10 yıldan uzun süredir gündemdedir. Esasen Singapur, insanların sosyal nokta olmasına, Gezegenin çevre olmasına ve Karların ekonomik olarak uygulanabilir olmasına odaklanmaktadır.
Singapur, hükümetin iyi ekonomi politikalarına, son derece nitelikli bir iş gücüne, yüksek üretkenliğe ve son teknolojiye dayanan, büyümenin motoru olarak inovasyona odaklanan gelişmiş bir ülkedir ve bu nedenle Ar-Ge' ye yoğun yatırım yapmaktadır. Singapur'da geleceğe giden akıllı kent, tüm ülkeyi her alanda sağlık, eğitim, ulaşım, yönetim, bina ve sosyal altyapıda birbirine bağlayabilecektir. Singapur'da, akıllı şehri geliştirmek adına girişimleri destekleyen güçlü ilkeler ve teknolojinin gelişmesi için hem ulusal hem de uluslararası özel şirketlerle fonlar ve ortak teşebbüsler anlamında güçlü bir hükümet desteği vardır.

1.6.3 Seul

Seul 1990'ların sonlarından bu yana geniş bantlı interneti başarılı şekilde kullanmaktadır ve tarih boyunca her zaman bağlantılı kentlerin iyi bir örneği olmuştur. Seul Büyükşehir Hükümeti (SMG), 1990'larda e-Hükümet programını başlatmıştır. Gelişmenin ilk aşamaları hükümet veri tabanlarının oluşturulmasına, internet üzerinden kamu hizmetlerinin ve bilginin sağlanmasına ve BİT altyapısının geliştirilmesine odaklanıyordu. 2011'de SMG vatandaşların mobil cihazlarından hükümet hizmetlerine ve bilgilerine ücretsiz erişmesini sağlamak için bir Wi-Fi ve kapalı devre televizyon (CCTV) ağından oluşan yüksek hızlı telekomünikasyon ağını tamamladı.
Kore'de U-kent yani her zaman her yerde olan kent olarak da bilinen akıllı kent, daha verimli bir iletişim, ulaşım ve doğal kaynaklar konseptine dayalı yeni bir sürdürülebilir ekonomi modeli olmayı hedeflemektedir. Bu tür kentler, her zaman her yerde olan bilgi teknolojisini yönetir. Kentte çalışan tüm bilgi sistemleri birbirleriyle bağlantılıdır ve neredeyse her şey kablosuz ağ gibi teknolojilerle bir bilgi sistemine bağlıdır.
Seul, akıllı teknolojilere ilk yatırım yapan şehirler arasındadır. Yıllar boyunca hükümet, akıllı şehrin ihtiyaç duyduğu doğru altyapıyı, örneğin akıllı sensörleri, geniş bant ağını ve fiber optiği elde etmek için çok para harcamıştır. Bugün Seul, dünyadaki en iyi bağlantılı şehirlerden biri ve teknolojik olarak en gelişmiş ülkelerinden birinin başkentidir. Seul enerji, ulaştırma, binalar, yönetim ve sosyal altyapı alanlarında akıllı teknolojileri kurmuştur.
Seul'un gelecek on yılda, vatandaşların refahı ve tüketicilerin gizli bilgilerinin siber saldırılara karşı korunması anlamında daha donanımlı bir şekilde akıllı kent projelerine odaklanması beklenmektedir.

1.6.4 Barselona

Dünyanın turizm başkentliğinden mobil teknoloji ve akıllı kent başkentliğine geçiş Barselona'nın öyküsünü bizler için çok değerli kılmaktadır. Akıllı kent tanımı yapılırken üretken bölgeleri olan, günlük yaşam ritmiyle uyumlu, çevreye dost, yeniden doğallaştırılmış, enerji bakımından kendine yeten ve emisyon oranı sıfırlanmış, birbirine bağlanmış birimlerden oluşan metropol alanda yüksek hız sunan bir kent haline gelmek amaçlanmıştır.
Hükümetteki değişiklik, Barselona'nın Akıllı Kent projesini duraklatmış; bu da Akıllı Kent değerini yurttaşlara aktarma ve idari geçişlere rağmen proje devamlılığının sağlanması ihtiyacını göstermiştir. Barselona'nın kamu-özel sektör ortaklık modelleri, satıcıların açık sistemleri ve standartları benimsemeye ve yeni iş modellerini keşfetmeye istekli olduklarını göstermiştir. Barselona, 1992 Yaz Olimpiyatları ve Mobil Dünya Kongresi gibi uluslararası etkinlikleri kullanarak sürekli dönüşüme uğramış ve 21. yüzyıl ekonomisini sürdürecek mali yatırımları çekmiştir.

1.6.5 Berlin

Berlin, hızlı kentleşme zorluklarını aşmak için ulaşım, enerji, sağlık, altyapı ve binalar için akıllı çözümler geliştirmek zorundadır. Berlin'in nüfusunun 2030'a kadar en az 500,000 artması beklenmektedir, bu da Berlin'i akıllı çözümlere yatırım yapmak için teşvik etmektedir. Berlin, akıllı kent olarak gelişmesi için benzersiz

özelliklere sahiptir: Berlin, Almanya'nın başkenti, en büyük şehri ve en büyük siyasi, sosyal ve kültürel merkezidir. Ar-Ge faaliyetlerine ve büyük ölçekli kentsel gelişim projelerine yaklaşık €1.5 milyar harcanmaktadır.
Sınırlı kaynakların kullanımının azalması, yenilenebilir enerjilerin kullanımının yerleşmesi, 2050'ye kadar Berlin'in kaynak verimliliğinde ve iklim nötralizesinde artış, yoğun nüfuslu bir kentsel ortamda yaşamanın olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi, 'Berlin Akıllı Kent Stratejisi'nin başlıca hedefleridir.
Berlin, akıllı kent uygulamalarını (akıllı yönetim, akıllı ulaşım gibi) demografik değişim, sosyal entegrasyon, kaynak verimliliği, vb. gibi sektörler arası konulardan doğan sorunlarla mücadele etmek için de kullanmaktadır. Berlin, kentin inovasyonlarını tanıtmak, küresel uzmanlarla yuvarlak masa tartışmaları yapmak ve model projeleri sunmak için Metropol Kentler Çözümler Kongresi gibi uluslararası etkinliklere ev sahipliği yapmaktadır. Berlin, hep birlikte iyiye ulaşmak ve vatandaşlarının ihtiyaçlarını karşılamak için hükümet, sektör, hizmetler, özel şirketler gibi 100'den fazla önemli aktörü ve 300'den fazla araştırma grubunu içeren bir Akıllı Kent ağı kurmuştur.

1.6.6 San Francisco

San Francisco, vatandaş nüfusu ve iş dünyası ile teknoloji ve sürdürülebilirlik alanında küresel liderdir. Kent, gelir eşitsizliği, uygun fiyatlı konut, işe gidip gelme süreleri ve iklim değişikliği alanında sorunların üstesinden gelmek için yoğun çaba göstermektedir.
Teknoloji alanında öncülüğü destekleyen birden fazla hükümet kurumunun yanı sıra aktif bir vatandaş topluluğunun var oluşu akıllı kent hedeflerine ulaşmayı kolaylaştırmaktadır. San Francisco güçlü bir teknolojik altyapıyı geliştirdikçe, gelecek nesil akıllı kent gelişiminin ön saflarında olmaya hazır durumdadır. San Francisco güçlü bir akıllı kent altyapısına sahiptir ama bunu başarmak, birçok paydaşın beklediğinden daha uzun zaman almıştır.

1.6.7 New York

New York, akıllı kent olmayı proaktif şekilde hedeflememekle birlikte, daha fazla karşı karşıya kaldığı büyüyen sorunların üstesinden gelmek ve hedeflerine ulaşmak adına akıllı teknolojileri mümkün olan yerlerde kullanmaktadır.
New York'un önceliği, artan nüfus, ekonomik büyüme, eşitsizlik, altyapı gereksinimleri ve iklim değişiklikleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Kent akıllı teknolojileri yalnızca bu önceliklere hitap etmek gereken durumlarda kullanmaktadır. New York, vatandaşlarına değer vermekte, 311 gibi güçlü kent hizmeti girişimlerini uygulamakta ve nüfusunu değişen dünyaya adapte etmek adına onları eğitmektedir. Kamu fonları şehrin küçük girişimlerini finanse ederken, en önemli Akıllı Kent yatırımlarından bazıları, Hudson Yards, Citibike, ve LinkNYC gibi özel fonlarca yapılmaktadır.

1.6.8 Gujarat (GIFT)

"GIFT Şehrinin vizyonu, küresel kriterlere uygun bir Entegre Kent için yeni bir format geliştirmek, hızlı geliştirme ve uygulama için bir yol haritası önermek, uzak gelecek için şehri her açıdan ölçeklendirilebilir hale getirmek, hızlı değişen yaşam tarzlarından ve yeni teknolojilerden kent formatını üretmek, modern teknolojilere ayak uydurabilen bir Küresel Kent imajına ulaşmak gibi hedeflerle gerçekleştirilmektedir.
Gujarat, 2020'ye kadar dünyanın önde gelen finans merkezlerinden biri olmak için New York, Londra, Singapur ve Hong Kong gibi kentlerin attıkları adımlarını izlemek ve onlarla yarışmak istemektedir. GIFT' in 500.000 doğrudan, 500.000 de dolaylı istihdam sağlaması beklenmektedir, bu da ofis ve konut alanı olarak 5,76 milyon metre karelik emlak gerektirmektedir. GIFT, çeşitli güçlü yönlerine dayanarak oluşturulacak iş fırsatlarından %6-8 oranında bir pay kapmayı planlamaktadır. GIFT, Mumbai' ye yakın konumu ve havayolu ve karayolu ile güçlü bağlanabilirliği sayesinde güçlü bir konum avantajına sahiptir.
GIFT şehri, finansal BİT ve BİT kullanan Servislerin önde gelen varış noktalarından biri olma hedefiyle küresel bir finans merkezi olmayı amaçlamaktadır. Bu nedenle büyük oranda finans sektörünün büyümesini ve kentin çıktılarını destekleyecek teknolojik altyapıyı inşa etmeye odaklanmaktadır. Karayolları, su ve elektrik anlamında akıllı şehrin önerileri, Şikago veya Barselona gibi diğer önde gelen akıllı kentlere kıyasla daha az gelişmiştir. Kentde, her tür topluluğun canlanması için gerekli olan okul, hastane, banka, vb. gibi her tür sosyal altyapı bulunacaktır. Aynı zamanda GIFT şehrindeki vatandaşlar, küresel standartlarda ve hatta daha üzerinde yüksek hızlı internet bağlantısına erişebilecektir.

1.7 Başarılı Bir Dönüşüm İçin Atılması Gereken Adımlar

Akıllı kent dönüşümünde atılması gereken adımlar;

1. Kente özel vizyon, hedef ve stratejinin belirlenmesi,
2. Önceliklerin tanımlanması,
3. Alt hedeflerin belirlenmesi,
4. Projelerin tanımlanması,
5. Finansman modelinin belirlenmesi,
6. Değer zinciri analizi,
7. Paydaş haritasının belirlenmesi,
8. Hukuki boyutların incelenmesi,
9. İyi uygulamaların analizi,
10. Teknoloji platform modeli,
11. Proje yönetim ofisi ve yol haritası,
12. İletişim planı

oluşturulması şeklinde sıralamak mümkündür.

2. SONUÇ

Artan nüfus, çarpık kentleşme, artan beklenti ve azalan doğal kaynaklar, kentleri yaşanmaz yerler haline getirmiştir. Başta trafik ve park yeri olmak üzere ulaşım sorunları, temiz suya erişim, güvenlik, hijyen gibi temel insani ihtiyaçların karşılanması ve üstelik sürdürülebilir bir biçimde karşılanması için yenilikçi ve akılcı çözümlere her zamankinden daha çok ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu ihtiyacın karşılanabilmesi adına gündeme gelen çözüm önerilerinden birisi de, hiç kuşkusuz akıllı kent yaklaşımıdır. "Bilişim teknolojilerinden yararlanılarak kent varlıklarını ve kaynaklarını bütünleştiren kentsel gelişim vizyonu ve her kentin kendi ihtiyacına göre şekillenen bir yolculuk" olarak tanımlanan akıllı kent kavramının son yıllarda ülkemizde de son derece popüler bir hal aldığı görülmektedir.

Popüler, moda veya gelip geçici bir heves olarak bakılmasının pahalıya mal olacağı akıllı kent uygulamaları, son derece yüksek maliyetli yatırımlardır. Sosyal sermaye ve etkin bir katılım gerektiren "akıllı kentler" konusunda; nesnel gerçeklerden ve bilimsellikten uzak yaklaşımlar ve/veya aceleci kararlarla başarılı olabilmek, üstelik gerekli finansman bulunsa dahi, mümkün değildir.

Bu çalışmada; hedefini gerçekleştirmiş akıllı kentlerle, bu kentlerde başarılı olmuş uygulamalar incelenerek ülkemize nasıl uyarlanabileceği konusunda eleştirel bir perspektif sunulmaya çalışılmıştır.

Dünyadaki başarılı olmuş akıllı kentler incelendiğinde, her birinin kendi ihtiyacına göre şekillenen özgün bir öyküsünün olduğu, koşullara göre şekillenen bir yolculuk sonucunda belirledikleri hedefe ulaştıkları görülmektedir. İncelenen başarı hikâyelerinden, ülkemizde sıklıkla görmeye alıştığımız tek merkezden (Ankara) yönetilmeye çalışılan toptancı bir anlayışla istenen hedeflere ulaşılamayacağı, sürdürülebilir bir başarı için her kentin önceliklerini, güçlü ve zayıf yönlerini dikkate alan, kente özgü yaklaşımların belirleyici olduğu görülmüştür.

Kentin verili durumu, kapasitesi, güçlü ve zayıf yanları ve öncelikleri dikkate alınarak katılımcı bir anlayışla gerçekçi bir kent vizyonu oluşturularak çalışmalara başlanılmalıdır. Vizyon belirlenirken görülmek, duyulmak istenmeyen gerçeklerin de dikkate alındığı, hamasetten uzak, bilimsel bir tutum benimsenmesi, istenilen hedefe varılması için hayati öneme sahiptir. Çünkü tüm planlama, belirlenen vizyon sonrasında konulan hedefe varmak üzere yapılacaktır.

Yapılan işin teknolojik araçlarla yapılıyor olması nedeniyle akıllı kentin bir teknolojik ürün olduğu yanılgısına asla düşülmemelidir. İncelenen sayısız örneğin gösterdiği gibi iş sonunda insan ve onun zihniyetinde bitmektedir. En son teknolojiler kullanılıyor da olsa nihayetinde teknolojinin bir araç olduğu aslolanın yani amacın insan olduğu asla unutulmamalıdır.

Çalışmamız kapsamında incelenen Kopenhag, Barselona, Seul, Singapur, Berlin, New York, Londra, Gujarat, San Francisco gibi kentlerin başarı öyküleri incelendiğinde insanı merkeze alan, finansal açıdan sürdürülebilirliği önceleyen yaklaşımların başarılı olması yukarıda öne sürdüğümüz tezi doğrulayan önemli bir göstergedir. Bilinen bu iyi örneklerin dışında odağında insanın değil teknolojinin yer aldığı, başarıya ulaşamamış sayısız örnek de yine bu yaklaşımı doğrular niteliktedir.

Başarılı bir akıllı kent uygulamasının temelinde; tekil teknolojik çözümlerden ziyade bütünsel bir bakış açısıyla odağına insanı alan, gerçek zamanlı veri akışıyla beslenen Coğrafi Bilgi Sistemi uygulamaları olduğu görülmektedir. Akıllı Kent iddiasından söz edebilmek için ilk olarak o kentin Coğrafi Bilgi Sistemi altyapısını tamamlamış olması gerekmektedir. Ülkemizin 30 yıla varan CBS macerasında istenilen seviyeye varamamış olması gerçeğiyle bir an önce yüzleşilmeli ve geciken adımlar bir an önce atılmalıdır. Günün modası olarak markete sunulan Akıllı Kent kavramının; aslında gerçek zamanlı büyük verinin bilgiye dönüştürüldüğü bir tür Coğrafi Bilgi Sistemi olduğu gözden kaçırılmamalıdır.

Başarılı bir Akıllı Kent için ilk olarak coğrafi bilgi altyapısını tamamlanmalı, çıkış noktası ve varılmak istenen hedefin kentte yaşayan insanın mutluluğu ve refahını arttırmak olduğu unutulmadan, teknolojideki gelişmeler göz ardı edilmeden gerçekçi ve uygulanabilir bir sistem kurgulanmalıdır.

Kentteki mevcut ve gelecekteki tüm sistemleri kapsayan "sistemlerin sistemi" olması, kent düzeyinde tüm paydaş ve bileşenlerin birlikte çalışmasını zorunlu kılmaktadır. Ülkemizde birlikte çalışma kültürünün gelişmemiş olması, akıllı kent uygulamaları için önemli sorunlardan biri olarak görülmektedir. Bu sorunu aşmak için yetki ve sorumluluklar net bir biçimde tanımlanmalı hiçbir boşluk bırakılmamalıdır.

Başarılı akıllı kent örneklerinin tamamında, yönetsel yeterliliğe ve yaptırım gücüne sahip bir organizasyonun önderlik yaptığı, lokomotif görevi üstlendiği görülmekte olup; ülkemizdeki yetki dağılımının iç içe geçmiş ve yaptırımların belirsiz, yetersiz olması gibi olumsuzlukların da ciddi bir risk oluşturduğu değerlendirilmektedir.

Akıllı kent idealinin başarıya ulaşmasındaki temel taşıyıcılardan olan sivil toplum örgütleri ve vatandaş katılımı gibi sosyal sermaye unsurları bakımından zengin bir ülke olmayışımız planlamada samimiyetle ortaya konulmalıdır.

Yerel sorunlarımızın dışında başta yüksek ilk yatırım maliyeti ve finansal sürdürülebilirlik gibi pek çok evrensel zorluğun üstesinden gelinmesiyle başarıya ulaşılabilecek bir hedef olan akıllı kent ideali için, hamasetten uzak bilimsel ve nesnel bir yaklaşım benimsenmelidir. Bilimsellikten ve nesnellikten uzak yaklaşımların yatırımların boşa gitmesinin yanında Akıllı Kent kavramın içini boşaltacağı ve itibarsızlaştıracağı gerçeği de unutulmamalıdır. Sayısız potansiyel risk ve soruna açık olmasına karşın, dünyada pek çok başarılı uygulaması olan akıllı kentler idealine ülkemizde de ulaşabilmek için; bir an önce Coğrafi Bilgi Sistemi altyapısı kurulmalı, tekil teknolojik çözümler yerine birbirini tamamlayan bütüncül ama özgün yaklaşımlar ve insan odaklı bir anlayış egemen kılınmalıdır.

KAYNAKLAR

Chourabi, H. Nam, T., Walker, S., Gil-Garcia, J. R., Mellouli, S., Nahon, K., Pardo, T.A. ve Scholl, H.J. 2012, "Understanding Smart Cities: an Integrative Framework", In *45th Hawaii İnternational Conference on System Sciences*, 4–7 January Maui, HI, s. 2289–2297.

İTÜ Vakfı Dergisi, 2017, Sayı 77 İstanbul, 129 Sayfa

Türkiye Bilişim Vakfı, 2016, Akıllı Şehirler Yol Haritası İstanbul, 158 Sayfa

Kalkınma Bakanlığı, 2013, Bilgi Toplumu Stratejisinin Yenilenmesi Projesi, Şubat 2013

Ulusoy M, 2017, Akıllı Şehirler, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Bilgi Üniversitesi, 2017

Harrison, C.- Eckman, B.- Hamilton, R.- Hartswick, P.- Kalagnanam, Jayant Ramarao- Paraszczak, JurijWilliams, P. 2010. Foundations For Smarter Cities,IBM Journal of Research and Development**,**

İBB, 2016, Akıllı Şehirler Müdürlüğü Akıllı Şehirler Çalıştayı, 2016 (Frost & Sullivan)

Kethani A., Marwali M., 2011, "Smart Power Grids", Springer.

A.B.M. Shawkat Ali, 2013 , "SMART GRIDS Opportunities, Developments and Trends", Springer.

Boren, T. & Young, C. 2013, Getting creative with the 'creative city'? towards new perspectives on creativity in urban policy. International Journal of Urban and Regional Research, 37 (5), 1799-1815.

Anttiroiko, A.V. ve ark. 2013, Smart cities in the new service economy: building platforms for smart services, Al & Society, 1-12. Fortcoming Retrieved: 05/05/2014, http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00146-013-0464-

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6203

TÜRKİYE'DE TAŞINMAZ SATIŞ FİYATLARI SİCİLİ OLUŞTURULMASINA YÖNELİK BİR MODEL ÖNERİSİ[1]

Elif TAŞ ARSLAN[1], Volkan ÇAĞDAŞ[2]

[1]Arş. Gör. T.C. İstanbul Arel Üniversitesi, Gayrimenkul ve Varlık Değerleme Bölümü, 34537, Büyükçekmece, İstanbul, eliftas@arel.edu.tr
[2] Doç. Dr. Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği, 34220, Esenler, İstanbul, volkan@yildiz.edu.tr

ÖZET

Birçok ülkede taşınmaz devir işlemlerine (örn., devir bedeli, devir türü) ilişkin verilerin kayıt altına alındığı özel siciller ve veri tabanları bulunmaktadır. Bu sicil ve veri tabanları, taşınmaz fiyatlarındaki değişimlere ilişkin endeks ve raporların, taşınmaz piyasasına ilişkin tematik haritaların üretilmesine hizmet eder. Bu bildiride öncelikle Avrupa'da (Finlandiya, İsveç, Almanya vb.) kullanılan benzer siciller ve veri tabanları incelenmiş, ardından ISO 19152 Arazi Yönetimi Alan Modeli (Land Administration Domain Model) Türkiye Profili'ne (Kara,2018) birtakım eklemeler ve düzenlemeler önerilmiştir. Önerilen modele bağlı yapılacak uygulamanın taşınmaz piyasasını açıklık ve şeffaflığa kavuşturması, taşınmaz fiyatlarındaki değişimin izlenmesi ve yatırım analizlerinin daha sağlıklı yürütülebilmesi ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) Modernizasyon Projesi'ne katkıda bulunması beklenmektedir.

Anahtar Sözcükler: coğrafi veri standartları, değerleme veri tabanı, satış fiyatları kaydı, satış kayıt endeksleri

ABSTRACT

A PROPOSAL TO ESTABLISH SALES PRICE REGISTER IN TURKEY

In many countries, there are special registers and databases are recorded about immovable transfer transaction datas (e.g. transfer price, transfer type). These registers and databases serve to produce the thematic maps of the immovable market, reports and indices on changes in immovable prices. In this research paper, firstly similar registries and databases which are used in Europe were examined (Finland, Sweden, Germany, etc.) and then a sales price register had been developed for Turkey basing on ISO 19152 Land Administration Domain Model (LADM) Turkey Profile (Kara, 2018) by using Enterprise Architect software. It has been expected that the proposed model will contribute to the bring the real estate market to clarity and transparency, the interpretation of the data of market and the processing of the investment analysis all the better and the contribution to the Modernization Project of the General Directorate of Land Registry and Cadastre.

Keywords: geographic data standards, sales price recording, sales record indices, valuation database

1. GİRİŞ

Türkiye'de tapu ve kadastro verilerinden elde edilecek zamansal analizlere ihtiyaç vardır (Alkan, M., Cömert, Ç., 2005). Taşınmaz satış fiyatları sicilleri, taşınmazlara ilişkin istatistiki verilerin kayıt altına alınması ve endeksler oluşturulması konusunda önemli yer tutmaktadır. Türkiye'deki taşınmaz ile ilgili kayıt tutan Tapu Kütüğü Sicili, Tapu Kadastro Bilgi Sistemi (TAKBİS), Mekânsal Adres Kayıt Sistemi (MAKS), Gayrimenkul Portalı, Kadastro Veri Konsolidasyonu (KVK), Mekânsal Gayrimenkul Sistemi (MEGSİS) gibi siciller/veri tabanları incelenmiştir. Satış fiyatlarını içeren ve endeksler oluşturulmasına zemin sağlayan bir sicil bulunamamıştır. Diğer taraftan Avrupa'da kullanılan satış fiyatları sicilleri incelenmiştir ve Türkiye için kurulacak sistemin ihtiyaçları belirlenmiştir. Bu kapsamda sistemin temel coğrafi veri standartlarına uyması gerekmektedir. Bu aşamada coğrafi veri standartları incelenmiş, değerleme alt sınıflarında satış fiyatları ile ilgili endeksler oluşturmak için gerekli standartlar bulunmadığı tespit edilmiştir. Eklemeleri yapmak üzere, yapısı itibarıyla en uygun bulunan veri standartları ISO'nun yayımladığı LADM standartları olmuştur. LADM'nin her ülke için özelleştirilmiş ülke profilleri içerisinden Türkiye Profili incelenmiş ve eklemeler Türkiye profiline yapılmıştır.

1.1 Türkiye'de Taşınmaz Satış Fiyatları İle İlgili Kayıt İçeren Siciller

Tapu sicili, devletin sorumluluğu altında, tescil ve açıklık ilkelerine göre taşınmazlar ile üzerindeki hakların durumlarını göstermek üzere tutulan sicildir (Tapu sicili tüzüğü, madde 5). Tapu sicili verileri taşınmazın maliki/malikleri, malik/maliklerin hisseleri, taşınmazı edinme sebepleri, edinme tarihi vb. bilgilerdir. Taşınmaz üzerindeki şerhler, rehin hakları, hak ve mükellefiyetler de tapu sicili bilgileri kapsamındadır. Kadastro verileri ise

[1] Bu çalışma, Elif TAŞ ARSLAN tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Doç. Dr. Volkan ÇAĞDAŞ danışmanlığında yürütülen "Türkiye'de Taşınmaz Satış Değerleri Sicili Kurulmasına Yönelik Bir Yaklaşım Ve CBS Altyapısı İle Desteklenmesi" isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

taşınmazın komşu parselleri, yüz ölçümü vb. bilgilerdir. Taşınmazların hukuki durumları ile ilgili bilgiler de tapu kütüğü ve kat mülkiyeti kütüğünde bulunur. Parsellerin tapu sicilleri tapu kütüğüne, binaların ve bağımsız bölümlerin tapu sicil verileri kat mülkiyeti kütüğüne kaydedilir. Kat mülkiyeti kütüğünde tapu kütüğünden farklı olarak arsa payları, cinsi, ana taşınmazın sayfa numarası, kat numarası, proje tarihi, proje numarası ve bağımsız bölüm numarası yazar.

Tapu Kadastro Bilgi Sisteminin (TAKBİS) içerdiği bilgiler tapu kütüğüne esas olup tapu kütüğünün elektronik ortama aktarılmış hâlidir. Amacı, Türkiye genelinde tapu ve kadastro kayıtlarının bilgisayar ortamına aktarılarak tüm faaliyetlerin bilgisayar sistemi üzerinden yürütülmesi, böylece gerek özel, gerekse kamu taşınmaz mallarının etkin biçimde takip ve kontrolünün sağlanmasıdır (url-1). TAKBİS'in taşınmaz satış fiyatları sicili gerekliliğini ortadan kaldırmamasının sebebi içerisindeki verilerin tapu kütüğünden elde edilmiş olması sebebiyle değer bilgisinin güvenilir olmamasıdır. Ayrıca istatistiki sorgulamalar yapılmasına ve endeksler üretilmesine uygun değildir. Diğer bir yandan yoğun kişisel veri içerdiği için kamuya karşı tamamıyla şeffaf ve açık olmamasıdır.

Mekânsal Adres Kayıt Sistemi Projesi (MAKS), Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğünce yürütülen Adres Kayıt Sisteminde (AKS) metinsel nitelikte tutulan adres bilgilerinin coğrafi koordinatlarla birleştirilmesi ve oluşturulan altyapının diğer sistemlere entegre edilebilmesi için kurulmuş bir sistemdir (url-2). Mahallî bileşenler şeması incelendiğinde taşınmaz ile ilgili birimleri ve bu birimlere tanımlanmış öznitelik verileri görülebilir. Ancak şema bünyesinde satış fiyatı ve endeksler üretilmesini sağlayacak bir alan bulunmamaktadır.

Kadastro veri konsolidasyonu (KVK), tüm Türkiye kadastro verilerinin tek bir sistem merkezinde toplanmasını, sorgulanmasını ve yönetimini sağlayan açık kaynak kodlu WEB GIS uygulamasıdır. Sistemin amacı arazideki bütün verilerin haritalarıyla tecviz dâhilinde koordinatlı bir şekilde tam uyumunun sağlanması, dolayısı ile pafta esasına göre değil mevcut değer esasına göre doğru üretilmiş verilere ulaşma, pafta ve yer kontrol noktası ihtiyacını ortadan kaldırmaktır (url-3). Vatandaşa yönelik şeffaflık ilkeleri gereği mikro ölçekte kendi verisini, makro ölçekte tüm verileri görebilmelidir. Bu sebeple "Taşınmaz Satış Değerleri Sicili" kurulması gerekliliği devam etmektedir.

Mekânsal Gayrimenkul Sistemi (MEGSİS) sayısal olarak kadastro müdürlüklerinin yerel bilgisayarlarında yer alan .cad tabanlı verilerin, merkezî bir sistem üzerinde toplanarak tapu bilgileri ile eşleştirilmesi ve bu bilgilere ihtiyaç duyan paydaş kurum, kuruluş ve belediyeler ile uluslararası standartlarda harita servisleri ile paylaşılması, e-Devlet kapısı üzerinden vatandaşlara sunulması amacıyla Tapu ve Kadastro Müdürlüğü tarafından projelendirilerek hazırlanmış açık kaynaklı bir uygulamadır (url-4). MEGSİS, altyapısı kurulması planlanan "Taşınmaz Satış Değerleri Sicili" ne birçok yönüyle uygundur. Ancak içerisinde taşınmaz ile ilgili değer kavramına yer verilmemiştir dolayısıyla seçilen veri standardı veya sistemin gereksinimleri kurulacak sicile uygunluk göstermeyebilir. Bu sebeple yeni bir sicil kurma gereksinimi devam etmektedir.

1.2. Avrupa'da Mevcut Taşınmaz Satış Fiyatları Sicilleri ve Endeksler

Son birkaç yüzyıllık dilimde mülk satışları ve diğer sahiplik bilgileri kamuya açık kütükler içerisinde kaydedilmiştir. Bu kayıtlar mülkiyet haklarının korunmasını, mülk vergilendirmesini, ipotek ettirme ve daha fazlasını amaçlamaktadır. Bu kayıtların bu kadar eski tarihlere dayanmasına rağmen satış değerleri ile ilgili veriler nispeten yeni yeni kaydedilmeye başlanmıştır.

Finlandiya'da "Real Estate Price Register" (REPR - Gayrimenkul Fiyat Sicili) 1980'de "National Land Survey" (NLS - Ulusal Arazi Ölçmeleri) tarafından halka sunulmuştur. REPR'in temel amacı değerleme ile ilişkilidir (Peltola,2013). REPR içerisinde kimliklendirme için "kadastro numarası, konutun adı" gibi bilgiler bulunur. Temel olarak değer, alan, kullanım durumu, alıcı ve satıcı bilgileri yer alır. Bunların yanı sıra yaklaşık koordinatlara, kıyı şeridinde bulunup bulunmadığına, içerisinde yapı ihtiva edip etmediğine, planı bulunup bulunmadığına da yer verilir. REPR'deki veriler kamuya açıktır ancak hassas kişisel verilerle ilgili konular tartışılmaktadır. AB Veri Koruma Yönergesi'ne dayanarak, satış verileri sahibinin izni olmaksızın yayımlanamaz ancak gerçekte satış verileri açık kalmaktadır. Satış verileri, teminat amaçlı değerlemelerde yaygın olarak kullanılmıştır.

İsveç'te "Sales Price Register" (SPR - Satış Fiyatları Sicili) sisteminin bağlı bulunduğu kurum Swedish Mapping, Cadastral and Land Registration Authority (Lantmäteriet – İsveç Harita, Kadastro ve Tapu Kayıt Kuruluşu)'dir (Söderblom, H., 2016; Aktaran: Tomson, A., 2016:7). SPR'nin başlıca görevi, mülklerin vergilendirilmesi sürecini desteklemek ve satışlarla ilgili istatistiksel bilgileri sağlamaktır. SPR' nin en büyük görevi mülkiyet işlemleri hakkında bilgi sağlamaktır.

Bosna Hersek'te Satış Değeri Sicili projelerine 2016 yılında başlamıştır. Sistem için öneriler toplanmaktadır. Jelena (2016)'nın önerdiği sistemde geliştirilecek Satış Değeri Sicili emlak piyasası verilerini çeşitli amaçlar, piyasa katılımcıları ve diğer menfaat sahipleri için kapsamlı bir şekilde toplanması, saklanması ve dağıtılmasını kapsama kapasitesine sahip olmalıdır (Jelena, 2016).

Estonya'da "Database of Transactions" (DT – İşlemler Veri tabanı) 1996 yılında Estonian Land Board (ELB – Estonya Arazi Kurulu) tarafından halka sunulmuştur (Eerik, Ü., 2015; Aktaran: Tomson, A., 2016:8). İşlem verileri Arazi Değerleme Yasası ve Arazi Kadastro Yasası'na dayanır. Estonya' nın sistemi, gayrimenkul emlak fiyat endeksleri, emlak piyasası fiyatlarındaki değişimi, ortalama işlem fiyatından daha iyi tanımlayacak gerçek işlemlere dayanan bir bilgi aracı oluşturmak amacıyla hesaplanmıştır.

Letonya'da Real Estate Market Database (REMD – Emlak Piyasası Veri Tabanı) 1998 yılında State Land Service (SLS – Devlet Arazi Servisi) tarafından halka sunulmuştur (Pētersone, R., 2015; Aktaran: Tomson, A., 2016:9). REMD mülk ve mülk transferleri hareketlerinin tümünü kapsar. Gayrimenkul ile ilgili işlem sözleşmeleri tapu kütüğüne kaydedilir daha sonra tüm bilgiler web sunucuları aracılığı ile REMD' ye aktarılır. Tüm fiziki özellikler (koordinatlar, alan vb.) kadastro sicilinden alınır. Kadastro haritalarına (CBS) doğrudan bir bağlantı vardır.

Litvanya'da "Real Property Transaction Database" (RPTD – Mülkiyet İşlemleri Veritabanı) 1998' de Centre of Registers (CR – Kayıt Merkezi) tarafından halka sunulmuştur (Aleksienė, A., 2015; Aktaran: Tomson, A., 2016:10). RPTD, fiyat verilerinin ve işlem tarihinin yanı sıra mevcut kiralık verilerini içerir. Noter ve kayıt ücretleri nispeten düşüktür (satış fiyatlarının %1'den azı). İpotek finansmanı yaygın olarak kullanılır ve ilan edilen fiyatların doğruluğunu destekler (Deveikis, S., vd.).

Sırbistan'da "Sales Price Register" (SPR – Satış fiyatları sicili) "Republic Geodetic Authority" (RGA – Cumhuriyet Jeodezik Otoritesi) tarafından 2011' de halka sunulmuştur (Rašković, M., 2015; Aktaran: Tomson, A., 2016:10). SPR, mülkiyet devrine ilişkin farklı tanımlayıcılar, yasal haklar ve veriler de dahil olmak üzere mülkün temel özelliklerini içerir. SPR, CBS veya coğrafi koordinatları içermez ancak SPR'den dışa aktarılan veriler, Sayısallaştırılmış Kadastro Planı, Adres Kayıt Sistemi ve Mekânsal Birim Kayıtları gibi iç sistemler ile bağlantılıdır. Buradan yapılacak bağlantılar ile tüm işlemlerin UTM koordinatları elde edilebilir.

Slovenya'da Property Market Register (PMR – Mülk Piyasası Kayıtları) 2007 yılında halka sunulmuştur (Mitrović, D., 2016; Aktaran: Tomson, A., 2016:11). Veriler, özel ve kamu şirketleri (web uygulamaları ve web hizmetleri) ve fiziksel kişiler (dijital sertifikalar, e-posta veya manuel posta) tarafından sağlanmaktadır. Satışlar ve kira ile ilgili veriler, mülklerin ve işlemlerin ana özelliklerini içerir.

Makedonya'da Registry for Prices and Leases (RPL – Fiyatlama ve Kiralamaya İlişkin Sicil) 2013 yılında Agency For Real Estate Cadastre (AREC – Emlak Kadastrosu Kurumu) tarafından halka sunulmuştur (Crvenkovski, D., 2015; Aktaran: Tomson, A., 2016:12). Sistem e-kadastro içerisinde faaliyetini yürütmektedir. Sistem içerisinde iş birliği hâlinde bulunan kurumlar; Makedonya Cumhuriyeti Ulusal Bankası, Makedonya İstatistik Ofisi, ticari bankalar, belediyeler vb. kurumlardır.

İrlanda'da Property Services Regulatory Authority (PSRA – Mülk Hizmetleri Düzenleme Kurumu) 2011 yılı Mülkiyet Hizmetleri Yönetmeliği uyarınca 3 Nisan 2012' de kurulmuştur. Bu kurumun temel işlevi mülkiyet hizmet sağlayıcılarını düzenlemek, verilecek tüm mülkiyet hizmetlerin hizmet sağlayıcılarını lisanslandırmak, tüketiciler için şikâyet ve tazminat sisteminin kurulmasıdır (url-5). Sicil içerisinde vergilendirmeye de yardımcı olacak şekilde satış ve kiralama verileri kaydedilir. Bu veriler taşınmazın satış/kiralama tarihi, adresi, posta kodu, şehri, değeri, tam pazar fiyatı olup olmadığı, kdv hariç değeri olup olmadığı, taşınmazın tanımı, taşınmazın büyüklüğü bilgileridir.

Almanya'da Purchase Price Collection (PPC – Satın Alma Fiyatları Koleksiyonu) 2004 yılında Real Estate Valuation Board (REVB – Emlak Değerleme Kurulu) tarafından halka sunulmuştur (Jochheim-Wirtz, C., 2013). Almanya'da gayrimenkul değerlemesi, İnşaat Kanunu'nun 192-199 maddesi ile düzenlenir. İnşaat Yasası, görevleri, piyasa değerleri, satın alma fiyatlarının toplanması ve parsellerin yaklaşık değerlemesi dâhil olmak üzere temel tanımlar ve Değerleme Uzmanı Komitesinin bir açıklaması içermektedir. Sisteme en önemli veri girişi alanları kadastro verileri, adres, konum koordinatları, nesne türü, inşaat yılı, inşaat stili, kat sayısı, satın alma fiyatı, yaşanabilir yüzey, başlıca standartlar, kullanışlı yüzey, avlu, garaj vb. dir.

Gayrimenkul satış bedellerinin kayıt altına alınması birçok Avrupa ülkesi açısından çok büyük önem taşımaktadır. Bu kayıtlar sayesinde ülkenin gayrimenkul piyasası ile ilgili istatistikler tutulabilir, analizler yapılabilir, vergi vb. konularda daha şeffaf bir piyasa oluşturulabilir. **Çizelge 1**'de satış sicilleri incelenen ülkelerin temel bilgileri tablo üzerinde gösterilmiştir. Bu tablo üzerinden ülkelerin sistemleri karşılaştırıldığında İrlanda haricindeki ülkelerde değer sicilleri daha büyük kamu kurumlarına bağlı olarak sunulmaktadır. Bu kamu kurumları çoğunlukla arazi ölçmeleri, kadastro ve tapu kayıtları, haritalama vb. alanlarda hizmet veren kurumlardır.

Çizelge 1. Ülkelerin Satış Fiyatları Sicilleri.

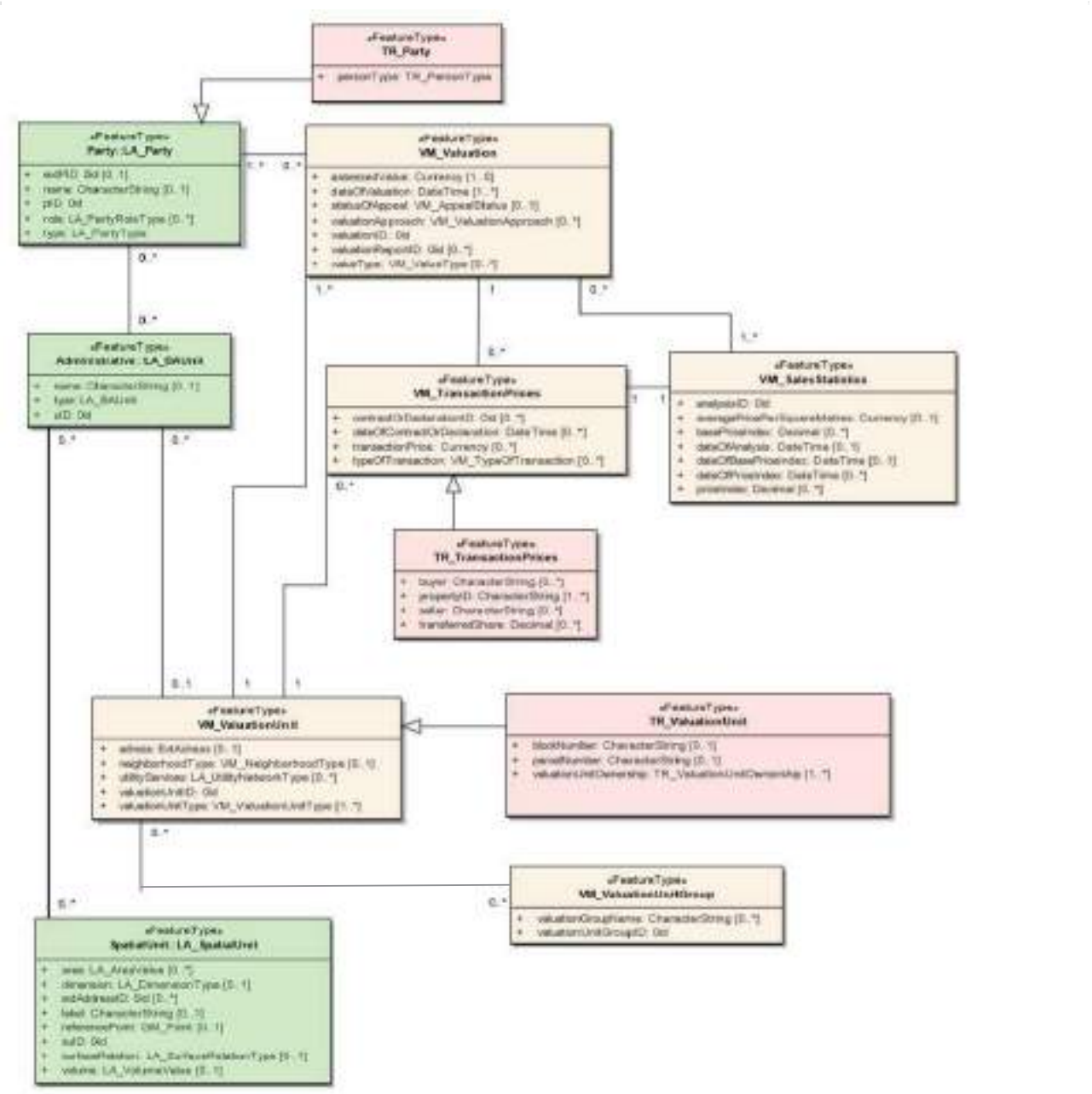
ÜLKE	SİSTEMİN ADI	BAĞLI OLDUĞU KURUM	KURULUŞ YILI	HALKA AÇIK MI?	KİRA KAYDI İÇERİYOR MU?
FİNLANDİYA	Real Estate Price Register (REPR - Gayrimenkul Fiyat Sicili)	National Land Survey (NLS – Ulusal Arazi Ölçmeleri)	1980	EVET	EVET
İSVEÇ	Sales Price Register (SPR – Satış Fiyatları Sicili)	Lantmateriet (İsveç Harita, Kadastro, Tapu Kayıt Kuruluşu)	2004 (Temel) 2014 (Asıl)	Her vatandaş yalnızca kendi kayıtlarına ulaşabilir.	HAYIR
BOSNA HERSEK (PROJE AŞAMASINDA)	Sales Price Register (SPR – Satış Fiyatları Sicili)	-	2016 (Proje Başlangıcı)	Sınırlı Erişim (Verilerin çok kısıtlı bir kısmı halka açık)	HAYIR
ESTONYA	Database of Transaction (DT – İşlemleri Veritabanı)	Estonian Land Board (ELB – Estonya Arazi Kurulu)	1996	Yalnızca Lisanslı Uzmanlar	HAYIR
LETONYA	Real Estate Market Database (REMD – Emlak Piyasası Veritabanı)	State Land Service (SLS – Devlet Arazi Servisi)	1998	EVET	HAYIR
LİTVANYA	Real Property Transaction Database (RPTD – Mülkiyet İşlemleri Veritabanı)	Centre of Register (CR – Kayıt Merkezi)	1998	Bu konuda bilgi bulunamamıştır.	EVET
SIRBİSTAN	Sales Price Register (SPR – Satış Fiyatları Sicili)	Republic Geodetic Authority (RGA – Cumhuriyet Jeodezik Otoritesi)	2011	EVET	HAYIR
SLOVENYA	Property Market Register (PMR – Mülk Piyasası Sicili)	Surveying and Mapping Authority (SMA – Ölçme ve Haritalama Kurumu)	2007	EVET	EVET
MAKEDONYA	Registery for Prices and Leases (RPL – Fiyatlama ve Kiralamaya İlişkin Sicil)	Agency for Real Estate Cadstre (AREC – Emlak Kadastrosu Kurumu)	2013	Bu konuda bilgi bulunamamıştır.	EVET
İRLANDA	Property Services Regularity Authority (PSRA – Mülk Hizmetleri Düzenleme Kurumu)	ANA KURUM	2012	EVET	EVET
ALMANYA	Purchase Price Collection (PPC – Satın Alma Fiyatları Koleksiyonu)	Real Estate Valuation Board (REVB – Emlak Değerleme Kurumu)	2004	EVET	HAYIR

1.3. Uluslararası Coğrafi Veri Standartları

Uluslararası standartlar iş akışının sağlıklı yürütülmesini sağlar. Kalite, emniyet ve verimliliği sağlamak için ürünler, sistemler ve hizmetler sunar. Bunlar uluslararası ticareti ve birlikte çalışabilirliği kolaylaştırma araçlarıdır. Kadastro kaydının tutulması ve vergilendirmenin takip edilebilmesi genel olarak geospatial verilerin koordinat paylaşımının da sağlandığı SDI (Spatial Data Infrastacture) tarafından yapılır.
Arazi yönetim esaslarına göre bir envanterin özniteliklerin ve kimliklendirmenin sağlanması, her mülkün mutabık kalınan birtakım kriterlere göre sınıflandırılması, verilerin analizine imkân sağlaması, vergi mükelleflerinin kimliklendirilmesi kriterlerini sağlaması gerekmektedir. SDI literatüründeki standartlar bu entegrasyonu sağlamayı amaçlayan ana bileşenlerdir.
ISO 19152:LADM, OGC CityGML, OGC IndoorGML, INSPIRE uluslararası coğrafi veri standartlarına örnek verilebilir. Tüm bu standartlar incelendiğinde ISO 19152:LADM bir değerleme veri modeli geliştirilmesi için en uygun temel olarak görülmektedir. Çünkü LADM arazi mülkiyeti, değer, taşınmazın kullanımı ve ilgili bilgilerin yönetimiyle ilgili kavramsal olarak en geniş ISO standardıdır. LADM'nin mevcut versiyonu esas olarak yasal ve idari yönlere odaklanmaktadır ancak değerleme, vergilendirme, arazi yönetimi ve planlaması ile ilgili veri kümelerini kapsayacak şekilde genişletilebilir. Dahası, soyut tasarım yaklaşımı ülkeye özgü veri modellerinin geliştirilmesi için esnek bir çerçeve sunmaktadır. Tüm bu sebeplerden satış fiyatları sicili kurulması çalışmasında LADM temel alınmıştır (Kara, 2017).

2. UYGULAMA

Enterprise Architect programından faydalanarak ISO 19152 Arazi Yönetimi Alan Modeli (LADM) Türkiye Profili'ne eklemeler ve düzenlemeler yapılmıştır. **Şekil 1**, yapılan eklemeleri ve düzenlemeleri UML diyagramı üzerinde göstermektedir. LADM paketi içerisindeki ana sınıflar yeşil renkle değerleme ve değer istatistikleri ile ilgili alt sınıflar sarı renkle, geliştirme ve ekleme yapılan sınıflar ise pembe renkle gösterilmiştir.



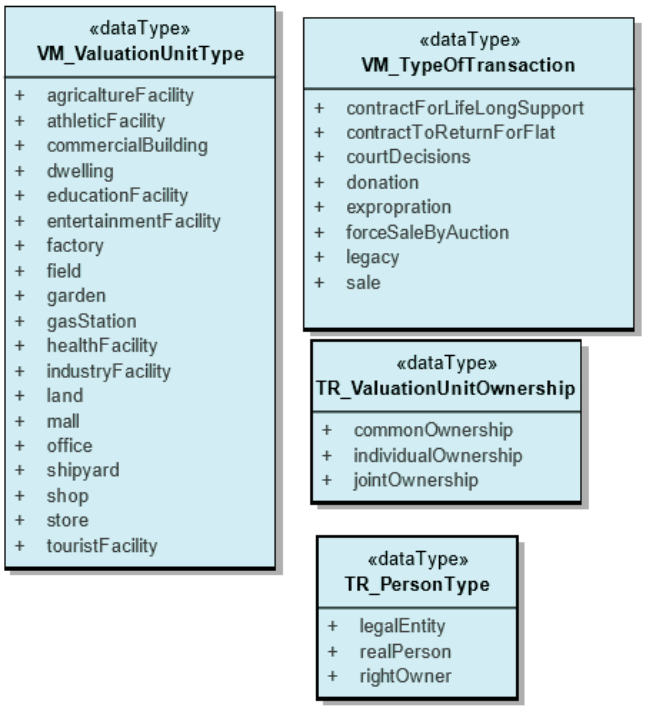
Şekil 1. ISO 19152 Arazi Yönetimi Alan Modeli (LADM) Türkiye Profili'ne getirilen eklemeler sonrası UML Şeması.

Pembe diyagramlar içerisinde yer alan öznitelik bilgileri mevcut VM sınıflarında bulunmayan ama satış fiyatları sicili için gerekli olan özniteliklerdir. Taşınmazın malikinin gerçek kişi, tüzel kişi ya da hak sahibi olma durumu ile ilgili bilgi TR_Party sınıfına kaydedilecektir. TR_TransactionPrices sınıfında taşınmazın satışı esnasında yapılan işlemler ile ilgili bilgiler kaydedilecektir ve bir üst sınıfta eksik olan alıcı ve satıcı bilgileri, taşınmazın ID bilgisi ve devredilen hisse miktarı kaydedilecektir. Burada contrcatOrDeclarationID birincil anahtar (primary key) ve propertyID veri tabanında ikincil anahtar (foreign key) olarak kullanılacaktır. Bu sayede taşınmaz devir bilgilerini içeren tablo, taşınmazın mülkiyet vb. bilgilerini içeren tablo ile ilişkilendirilebilecektir. TR_ValuationUnit sınıfında devir işlemine konu taşınmazın öznitelik bilgileri kaydedilecektir. Yeni oluşturulan bu sınıfta bir üst sınıfta yer almayan ada ve parsel bilgileri ve taşınmazın mülkiyet bilgileri (elbirliği, paylı, bireysel) kaydedilecektir. Burada da üst sınıftaki valuationUnitID birincil anahtar olarak kullanılacaktır. Yapılan eklemeler ve düzeltmeler **Çizelge 2'**de açıklamaları ile gösterilmiştir.

Çizelge 2. TR_ sınıflarının açıklamaları.

Sınıf	Öznitelik	Açıklama	Kod Listesi
TR_Party	personType	Taşınmaz maliklerinin hukuki durumunu gösterir.	realPerson legalEntity rightOwner
TR_TransactionPrices	buyer	Taşınmazın alıcı bilgisini gösterir.	
	seller	Taşınmazın satıcı bilgisini gösterir.	
	propertyID	Devir işlemi yapılan taşınmazın değişmez kimliğini gösterir.	
	transferredShare	Devredilen hisse miktarını gösterir.	
TR_ValuationUnit	blockNumber	Taşınmazın bulunduğu ada numarasını gösterir.	
	parcelNumber	Taşınmazın bulunduğu parsel numarasını gösterir.	
	valuationOwnership	Taşınmazın mülkiyet bilgisini gösterir.	individualOwnership jointOwnership commonOwnership

Ana sınıflara bağlı oluşturulan TR_ alt sınıflarının yanı sıra mevcut birtakım sınıfların kod listelerinde de düzenleme yapılmıştır. Mevcut kodlar korunmuş, Türkiye'deki devir işlem çeşitleri göz önüne alınarak eklemeler yapılmıştır. Önerilen yeni kod listeleri **Şekil 2**'de, açıklamaları **Çizelge 3**'te gösterilmiştir.



Şekil 2. LADM Türkiye Profili için düzenlenen kod listeleri.

Çizelge 3. Kod listelerinin açıklamaları.

Öznitelik	Kod	Açıklama
VM_ValuationUnitType	agricaltureFacility	tarım tesisi
	athleticFacility	spor tesisi
	commercialBuilding	ticari bina
	dwelling	konut
	educationFacility	eğitim tesisi
	entertainmentFacility	eğlence tesisi
	factory	fabrika
	field	tarla
	garden	bahçe
	gasStation	benzin istasyonu
	healthFacility	sağlık tesisi
	industryFacility	sanayi tesisi
	land	arsa
	mall	alışveriş merkezi
	office	buro
	shipyard	tersane
	shop	dükkan
	store	depo
	touristFacility	turistik tesis
VM_TypeOfTransaction	contractForLifeLongSu	ölünceye kadar bakma akdi
	contractToReturnForFl	kat karşılığı devir sözleşmesi
	courtDesicions	mahkeme kararları
	donation	bağış
	expropration	kamulaştırma
	forceSaleByAuction	cebri icra
	legacy	miras
	sale	satış

Veri tabanı uygulamasının temel avantajlarından biri kavramsal modeldeki tutarsızlıkları, çoğaltılan verileri ve sınıflar arasında yanlış tanımlanmış ilişkileri tespit etmektir. Seçili özniteliklere dayalı sorgulamaları daha verimli yapabilmek amacıyla nesne konumsal öznitelik verilerinin indekslenmesine imkân sağlayan R-ağacı yapısı ve nesnesel olmayan tek boyutlu veriyi indekslemeyi sağlayan B-ağacı yapısı kullanılmıştır.

3. SONUÇ

Bu bildiride taşınmaz satış fiyatları sicili kurulması için bir coğrafi veri standardı olan LADM'nin Türkiye profili geliştirilmiştir. Veri tabanı kurulumu için geliştirilen LADM standardı geniş alanlarda çalışıldığında veri tekrarlarının, amacı dışında kaydedilen fazla ve yanlış verinin önüne geçecektir. Bu sayede veriye ulaşım hızı artacak, erişim kolaylaşacaktır. Elde edilen sistematik veri daha az hatayla sorgulanabilecektir. Doğru sorgu sonucu elde edilen verilerden doğru istatistiki sonuçlar çıkacaktır. Tüm bu sonuçlar taşınmaz piyasasının şeffaflığını ve açıklığını sağlayacaktır. İlerleyen dönemlerde emlak vergilendirmesi takibini kolaylaştıracaktır. Biriken doğru veri ve istatistikler neticesinde değer haritası üretiminde atılacak adımlara olumlu etkileri olacaktır.

Modelin daha sağlıklı çalışabilmesi için kurumlar arası veri paylaşımının geliştirilmesi gerekmektedir. Kurumların verileri paylaşmaması şeffaflık ve açıklık ilkelerinin önüne geçmektedir. Diğer bir gereksinim ise güvenilir veriye erişebilmek ve bu verilerin idari yetkililer tarafından denetlenmesini sağlayacak kurumların geliştirilmesidir. Bu gereksinimlerim giderilmesi ile kurulan model kullanılabilir ve ihtiyaçlara cevap verebilir seviyeye gelecektir.

Sicilin uygulama aşamasında bir veri tabanı kurulacaktır. Bu veri tabanı gerçek veriler ile QGIS uygulaması üzerinden devam etmektedir. Çalışmanın devamı niteliğinde devam ettirilen GIS uygulaması tamamlandığında tasarımı yapılan LADM modelinin eksikleri de ortaya çıkacaktır, gerekli düzeltmeler ve eklemelere devam edilecektir.

KAYNAKLAR

Alkan, M., Cömert, Ç., 2005, Tapu Ve Kadastro Verilerinin Zamansal Analizlerine Duyulan İhtiyaç, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı

Çağdaş, V., Kara, A., Van Oosterom, P., Lemmen, C., Işıkdağ, Ü., Kathmann, R., & Stubkjær, E. (2016). An initial design of ISO 19152: 2012 LADM based valuation and taxation data model. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, *4*, 145.

Deveikis, S., Galiniene, B., & Lizunaite, L., 2013, Real estate market data and the value spreadsheet's boom in Lithuania. In *Baltic Valuation Congress, Reykjavik* (Vol. 20).

Jelena, Z., 2016, Sales Price Register As Basic And First Step On The Way To Comprehensive Mass Valuation System In Bosnia And Herzegovina, 2016 World Bank Conference On Land And Poverty

Jochheim-Wirtz, C., 2013, The Official Real Estate Appraisal in Germany, Geonauka, Vol. 1, No 3

Kara, A., Çağdaş, V., Işıkdağ, Ü., van Oosterom, P. J. M., Lemmen, C., Stubkjær, E., & Halme, P. (2017). Towards an International Data Standard for Immovable Property Valuation.

Kara, A., Çağdaş, V., Lemmen, C., IIKDA, Ü., van Oosterom, P., & Stubkjær, E. (2018, March). Supporting Fiscal Aspect of Land Administration through a LADM-Based Valuation Information Model. In *World Bank Conference on Land and Poverty, The World Bank-Washington DC*.

Kara, A., IŞIKDAĞ, Ü., ÇAĞDAŞ, V., van Oosterom, P., LEMMEN, C., & Stubkjær, E. (2018). A Database Implementation of LADM Valuation Information Model in Turkish Case Study. Proceedings 7th Land Administration Domain Model Workshop.

Peltola, R., 2013, Real estate price data accessibility in Finland, presentation: Baltic valuation Congress, Reykjavik 20.9.2013.

Tapu Sicili Tüzüğü, 2013, madde 5

Tomson, A., 2016, Property Sales Regıster As A Tool To Improve The Quality Of Valuatıon And Market Research Lessons Learned From Selected Countries, 2016 World Bank Conference On Land And Poverty

url-1; https://www.tkgm.gov.tr/tr/sayfa/tapu-ve-kadastro-bilgi-sistemi-takbis , [24 Mayıs 2018]

url-2; https://cbsakademi.ibb.istanbul/maks-ile-ilgili-mevzuat , [27 Mayıs 2018]

url-3; http://tapu-kadastro.net/index.php/makaleler/kadastro/166-kadastro-konsolidasyon-calismalari-ve-bu-calisma-larin-sonuclari-ahakan-ayber , [25 Mayıs 2018].

url-4; https://cbs.tkgm.gov.tr/-help/Mek%C3%A2nsal%20Gayrimenkul%20Sistemi.html?Ozet.html , [27 Mayıs 2018]

url-5; http://www.psr.ie/website/npsra/npsraweb.nsf/page/index-en , [25 Mayıs 2018].

url-6; https://katastar.rgz.gov.rs/masovna-procena/Default.aspx?LanguageID=3 , [30 Mayıs 2018].

url-7; http://www.e-prostor.gov.si/zbirke-prostorskih-podatkov/nepremicnine/register-nepremicnin/ , [30 Mayıs 2018].

Yildiz, Ü., Güneş, T., Eser, Ö., Yildirim, S., Buçan, N., Güzel, G., ... & Uzer, E. (2015). Mass Valuation Activities conducted by General Directorate of Land Registry and Cadastre in Turkey. *FIG Working Week, Sofia, Bulgaria*, 17-21.



18 Eylül 2018

13:30-15:10

SALON M1

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6165

YASA DIŞI YAPILAŞMANIN LIDAR VERİLERİ VE İMAR PLANLARININ KARŞILAŞTIRILMASI İLE SAPTANMASI

Beril VAROL[1], Elif Özlem YILMAZ[2], Derya MAKTAV[3], Serdar BAYBURT[4]

[1]İTÜ, Geomatik Mühendisliği Böl., 34469, Maslak, İstanbul, varolber@itu.edu.tr
[2]İTÜ, Geomatik Mühendisliği Böl., 34469, Maslak, İstanbul, yilmazelif@itu.edu.tr
[3]İTÜ, Geomatik Mühendisliği Böl., 34469, Maslak, İstanbul, maktavd@itu.edu.tr
[4]BIMTAS, Istanbul, Turkey, serdar.bayburt@bimtas.istanbul

ÖZET

Yasadışı yapılaşma, çarpık kentleşmeye ve dengesiz kent yapısına neden olmakta, özellikle yüksek nüfuslu kentlerde teknik ve sosyal açılardan büyük bir sorun oluşturabilmektedir. İmar uygulaması yapılacak kentsel alanlar hakkında detaylı teknik bilgiler veren imar planları, bir binanın zemin üzerinde kaplaması gereken maksimum alanı ve kat adetleri ile oranlarının sınır değerlerini de vermektedir. Bu planlar, her ne kadar olması gereken kent yapısı için ideali belirtse de pratikte uygulanması, özellikle İstanbul gibi kentsel dönüşüm geçiren kentlerde zorlayıcı olabilmektedir. Bu çalışmada, İstanbul'un Üsküdar ilçesinde Güzeltepe mahallesine ait hava LIDAR nokta bulutu verileri ile bölgenin imar planları karşılaştırılmış ve bu verilerin planlarla ne kadar uyuştuğu araştırılmıştır. Mevcut imar planları CBS ortamına aktarılmış ve LIDAR verilerinden, dijital yüzey modeli (DSM), dijital arazi modeli (DTM) ve normalize edilmiş dijital yüzey modeli (nDSM) üretilerek bina yükseklikleri elde edilmiştir. Ayrıca bina verileri CityGML semantik yapısına dönüştürülerek binalara ait çatı ve cephe detaylarının ayrımı da yapılmıştır. Bu bina yükseklik verileri imar planlarındaki sınır değerler ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçların, otomatik bina çıkarımı ve 3D model üretimi ile kentsel değişim kontrolünde uygulanma potansiyeli olabilir.

Anahtar Sözcükler: kentleşme, imar planı, LIDAR, DTM, DSM, nDSM

ABSTRACT

DETECTION OF ILLEGAL CONSTRUCTIONS BY COMPARING LIDAR DATA WITH DEVELOPMENT PLANS

Illegal building construction can lead to crooked urbanization and unbalanced urban structure, especially in highly populated cities. Building coverage and floor ratios are defined by the development plans and they limit the highest possible values for construction in a particular area. However, in cities that are going under urban transformation, such as Istanbul, it can be very challenging to apply the plans to the real life. In this study, LIDAR point cloud data and development plans of the region were compared and their cohesion is examined. The development plans were transformed into GIS format. Digital terrain models (DTM) and digital surface models (DSM) are created with LIDAR data, and normalized DSMs (nDSM) are obtained to extract the building heights. In addition, the building data are converted into the CityGML semantic structure and the roof and facade details of the building were determined. These extracted building heights are then compared with the limit values. Results obtained from this study may be potentially useful for automatic building extraction, 3D model production and controlling the urban changes.

Keywords: urbanization, development plan, LIDAR, DTM, DSM, nDSM

1. GİRİŞ

Mülkiyet, kent yaşamında insanlara eşya üzerinde kullanım hakkı veren bir kavramdır ve bu hakkın yasalar ile korunması, kentin düzenli bir şekilde sürdürülebilmesi açısından oldukça önemlidir (Reisoğlu, 1980). Düzenli kentsel planların olması kentsel yaşamın da daha düzenli olmasını sağlar. Örneğin, İstanbul özellikle çok kalabalık bir kent olduğundan, yerleşim ve iş alanlarına olan talep gittikçe artmakta ve bu da doğal olarak yapıların artmasına neden olmaktadır. Ancak talebin uygulanabilecek planlama sürecinden daha hızlı artması, önceden planlanmış senaryolara uymamakta ve plan dışı yapı eklemeleri oluşmaktadır. Kentteki çeşitli imkânlara göre de insanların yoğunlaştığı bölgelerde nüfus ve yerleşim yığılması görülmektedir. Bu da kentin düzgün bir plana uymadan organik gelişmesine yol açmaktadır (Ioannidis, vb, 2009). Düzgün bir gelişimin sağlanması için de kentsel dönüşüm uygulaması gereklidir. Bu dönüşüm, yalnızca kentsel yapıların yenilenmesiyle değil, aynı zamanda sosyo kültürel farkındalığın da geliştirilmesi ile mümkün olabilir. Alt yapı ve ulaşım hizmetleri gibi gereksinimlerin devlet ve özel kurumlar tarafından sağlanması gerekir (Şişman ve Kibaroğlu, 2009). Kayıt dışı olan ve vergilenemeyen yasa dışı binaların artması problemlere yol açtığı gibi, bu tür binalar için oluşturulan zorunlu alt yapılar da kaçak kullanıma yol açmaktadır. Bu nedenle bu tür binaların en kısa zamanda saptanması, kayıt altına alınması ve bunlara müdahale edilmesi gerekir. 2018 yılında çıkarılan İmar Barışı Yasası da bu çerçevede değerlendirilebilir. Türkiye'de alt yapı ve güçlendirme eksikliği bulunan, ekonomik ve sosyal açıdan zayıf ve suç oranı artan birçok kent bulunmaktadır. Bu bölgelerde kentsel dönüşüme özellikle gereksinim duyulmaktadır. 1980'lerden beri Türkiye'de kentsel dönüşüm

önem kazanmıştır. Ancak, bu dönüşümle ilgili olarak çıkarılan çok sayıda kanun ve yönetmelik olmasına karşın, uygulamalar ne yazık ki yalnızca fiziksel değişimden öteye gidememektedir (Şişman ve Kibaroğlu, 2009).

Son zamanlarda uzaktan algılama ağırlıklı olarak, kentsel alanlarda otomatik bina çıkarımı, değişim belirleme ve sınıflandırma, vb. gibi yöntemler sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır (Singhal ve Radhika, 2014; Benedek vb, 2010; Yastıklı ve Çetin, 2017). Ayrıca, özellikle yüksek doğruluğa sahip olması ve yersel haritalamanın mümkün olmadığı alanlarda veri sağlayabilmesi gibi nedenlerden dolayı, LIDAR verileri de kent kapsamındaki çalışmalarda başarıyla kullanılmaktadır (Maltezos ve Ioannidis, 2015; Pang vb, 2014; Ioannidis vb, 2009; Uzar ve Yastıklı, 2013). Bu çalışmada da günümüzde oldukça önemli olan imar uygulamalarında LIDAR verilerinin kullanılabilirliği gösterilmiş, karşılaştırma ve doğruluk analizi ile gelecekteki potansiyeli irdelenmiştir.

2. ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN VERİLER

2.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı İstanbul'un Üsküdar ilçesinde bulunan Güzeltepe mahallesidir. Alanın köşe koordinatları (Y=421,093.591m, X=4,547,294.825m), (Y=422,329.727m, X=4,547,318.109m), (Y=422,365.710m, X=4,546,039.639m), (Y=420,989.874m, X=4,546,045.989m) dır. Koordinatlar UTM Zone-35 içinde tanımlanmıştır ve referans elipsoit olarak WGS-84 kullanılmıştır. Yüz ölçümü 288 ha olan ve toplam 1649 binanın bulunduğu bu bölgenin çalışma alanı olarak seçilme nedeni, karmaşık ve düzensiz yerleşim yapıları bulunduran ve plana aykırı hukuksal sorunlu olduğu bilinen bölgelerden biri olmasıdır. Ayrıca, bölgeye ait hava LIDAR verilerinin mevcut ve ulaşılabilir olması da alan seçiminde etkili olmuştur (Şekil 1).



a) Üsküdar ilçesinin İstanbul'da konumu



b) Güzeltepe mahallesinin Üsküdar'da konumu

Şekil 1. Çalışma alanı: Güzeltepe mahallesi.

2.2 Kullanılan Veri ve Yazılımlar

2013 yılında helikopterden elde edilen LIDAR verileri Bimtaş'tan, bölgeye ait imar planları ise Üsküdar Belediyesinden temin edilmiştir. Çalışmada yapılan dijital ön işleme, sınıflandırma ve analiz işlemlerinde MicroStation, Terrasolid, ArcGIS, ENVI, ERDAS, NETCAD yazılımları ve Google Earth geo-tarayıcısı kullanılmıştır.

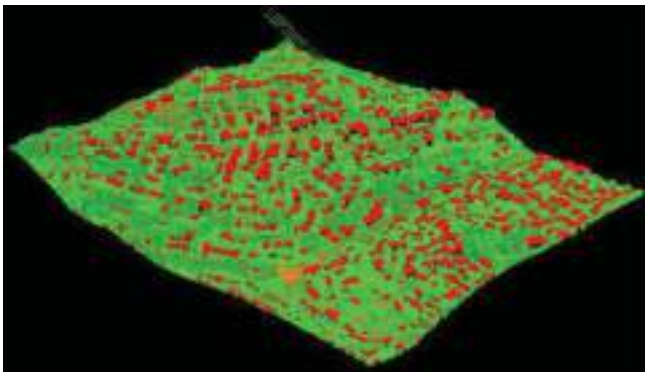
3. METODOLOJİ

3.1 LIDAR Verileri, Nokta Bulutu Sınıflandırması ve Model Üretimi

Çalışmada, Güzeltepe çalışma alanını kapsayan 8 adet 1/1000 ölçekli harita altlığına karşılık gelen 3D LIDAR nokta bulutu kullanılmıştır. Uçuş şerit dengelemesi ve yer kontrol yüzeyleriyle geometrik düzeltmeleri Bimtaş tarafından yapılan nokta bulutu, Terrasolid yazılımı kullanılarak sınıflandırılmıştır. Katmanlar hâline getirilmiş nokta bulutu, .LAS uzantılı verilerin TerraScan modülü ile sınıflandırılmasıyla üretilmiştir. Sınıflandırılmış veriler; 'yer', 'bina', 'bitki örtüsü' ve diğer temel sınıfları içermektedir. Bitki örtüsü sınıfı ayrıca, 'yer' sınıfından ne kadar yüksekte olduğuna göre; alçak (low vegetation), orta (medium vegetation) ve yüksek (high vegetation) bitki örtüsü olarak alt sınıflara ayrılmıştır. Sınıflandırılmış nokta bulutu Şekil 2'de, temel sınıflar ise Çizelge 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. LIDAR Nokta Bulutu Temel Sınıfları.

1	Default
2	Ground
3	Low vegetation (0,25 m)
4	Medium vegetation (0,25-2,5 m)
5	High vegetation (2,5 m - above)
6	Building
7	Low point
8	Model key points
9	Error



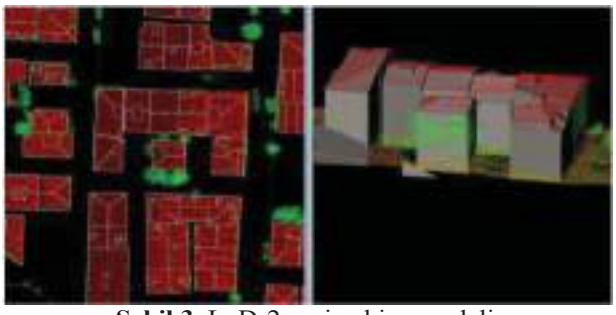
Şekil 2. Güzeltepe çalışma alanına ait sınıflandırılmış LIDAR nokta bulutu (Yer: turuncu, bitki örtüsü: yeşil, binalar: kırmızı).

'Ground' sınıfı yalın yer yüzeyini, 'vegetation' sınıfı belli yüksekliklerdeki bitki örtüsünü, 'building' sınıfı binaları, 'low point' sınıfı 'ground' sınıfının altında kalan noktaları, 'model key points' sınıfı ortofoto üretimi için kullanılan sadeleştirilmiş karakteristik yer noktalarını, 'error' sınıfı ise herhangi bir sınıfa ait olmayan hatalı noktaları ifade etmektedir.

DTM, 'ground' sınıfından üretilen, detayların (bitki örtüsü, elektrik direği vb.) dahil edilmediği ve yer noktalarının x, y ve z değerleri kullanılarak üretilen matematiksel bir yüzey modelidir. Bu modelde, .LAS verilerinin yoğunluğu minimum 16 nokta/m^2 olduğu için 25 cm grid aralıklı bir DTM üretimine olanak vermektedir. DSM, yer yüzeyindeki görünür tüm nesneleri içeren matematiksel bir model olup nDSM ise tüm detayları içeren yükseklik modelinden yalın yeryüzü modelinin çıkarılması ile elde edilir. Bu çalışma alanı (288 ha) için üretilen DTM, DSM ve nDSM'ler .TIFF raster formatına dönüştürülmüştür.

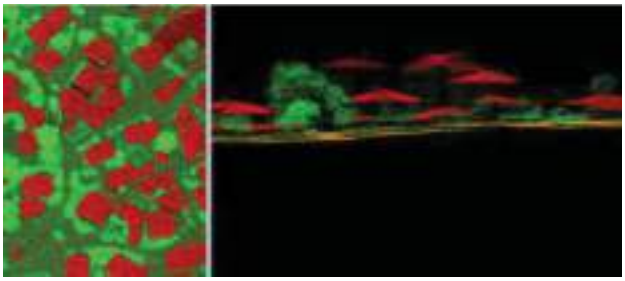
Bimtaş tarafından 2013 yılında tamamlanan bir proje kapsamında İstanbul ili idari sınırları içinde toplam 5400 km^2 alanın, lazer tarayıcıya entegre sistemler kullanılarak taramaları ve görüntü alımları yapılarak geo-referanslı LAS verileri elde edilmiştir. Uygulama alanına ait DSM, DTM, nDSM ve LoD-2 düzey CityGML formatında 3D bina modelleri ise bu çalışma kapsamında oluşturulmuştur (Şekil 4). Elde edilen LIDAR nokta bulutu verileri ile istenilen detay seviyesindeki 3D bina modeli elde edilene kadar, çeşitli sınıflandırmalar otomatik ve manuel olarak yapılmıştır (Şekil 3).

İstanbul'da bazı bölgelerdeki yoğun yapılaşmadan ya da topoğrafyadaki eğim farklılıklarından dolayı LIDAR nokta bulutunun sınıflandırılmasında, 'bina-bitki' ve 'zemin-bina' sınıfları arasındaki ayrım net bir şekilde yapılamamıştır. Özellikle arazi eğiminin fazla olduğu yerlerde, topoğrafya ile zemine yakın binaların ayrımı tam olarak yapılamamış, bina çatıları zemin sınıfına karışmıştır. Ayrıca 'high vegetation' sınıfına atanmış olan, ≥2.30 binalara çok yakın olan veya dalları çatıların üzerine düşmüş olan ağaçlar, binaların sınıflandırılmasında sorunlara yol açmıştır. Bu sorunların giderilmesi için LIDAR verileri üzerinde detaylı manuel çalışma gerçekleştirilmiştir (Şekil 4).



Şekil 3. LoD-2 seviye bina modeli.

LIDAR nokta bulutunda kesitler alınarak çalışılmış, 'bina-topoğrafya' ve 'bina-bitki örtüsü' sınıflarının ayrımının düzgün yapılamadığı yerlerde kesitler alınarak sınıflandırma sonuçları düzeltilmiştir. Editleme işlemleri bitirildikten sonra, bina vektörlerinin oluşturulması işlemlerine başlanmıştır. Öncelikle nokta bulutu verileri otomatik sınıflandırılmış, daha sonra ise manuel editlemeler yapılmıştır. Binalara ait 3D modeller oluşturulurken, hava fotoğrafları ve 1/1000'lik hâlihazır haritalar kullanılarak bina vektörleri oluşturulmuştur. Hâlihazır haritalardan bina dış hatlarına ait poligonlar kullanılarak, bina dış sınırlarının düzgün olması sağlanmıştır. Gereken durumlarda hava fotoğraflarından da yararlanılarak eksik ve hatalı binalar düzeltilmiştir.



Şekil 4. LIDAR sınıflandırmasının manuel düzeltilmesi.

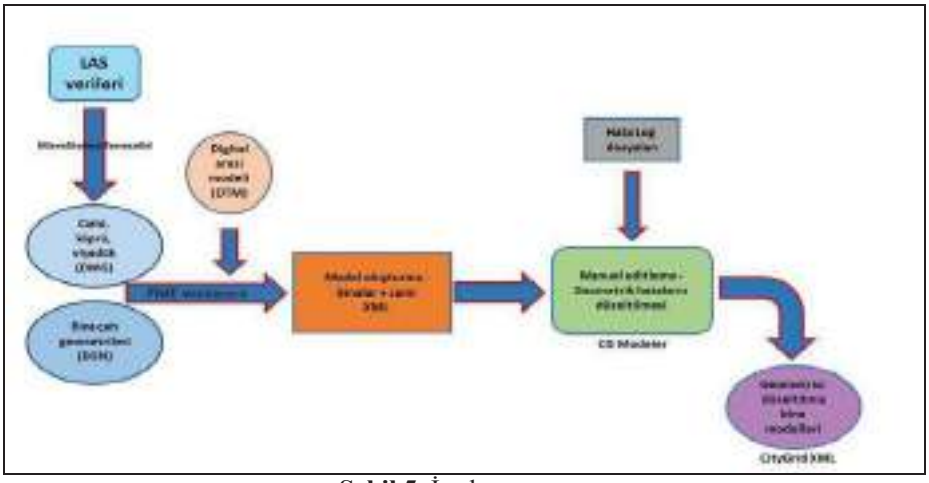
Terrasolid-TerraModeler alt modülü kullanılarak çatı yüzeyleri belirlenmiş ve bu yüzeyler arazi modeline uzatılarak bina cepheleri oluşturulmuştur. Cami kubbeleri, minareler, köprü ve viyadükler gibi yapılar hariç, tüm binalar için işlem otomatik yapılmıştır. Cami kubbeleri gibi özel yapılar amorf yüzeyler içerdiğinden, otomatik sınıflandırıldığında gerçeğe uzak sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Bunun yerine, bu spesifik durumlar için bire bir detaylı modellemelerin yapılması sonuçların doğruluğunu oldukça arttırmaktadır.

3D kent modelleri; arazi, bina, bitki modelleri ve yollar gibi ulaşım ağlarını da içeren mekânsal tabanlı kent verilerinin 3D bir ortamda gösterimini kapsayan ve karar vericilere gerçeğe en yakın modeller üzerinden planlama ve diğer mühendislik hesaplamalarını yapabilmelerine imkân veren, metrik ve sanal bir platformdur. 3D kent modellerinin en önemli özelliği farklı mekânsal bilgilerin tek bir platformda gösterilebilmesidir. Bu modellerin oluşturulması oldukça zor ve karmaşık bir iş olup, her bir model hangi yazılımda üretilmişse o formatta saklanmaktadır. Ancak 3D kent modelleri ile tüm bu modeller tek bir ortamda gösterileceği için formatlar arası dönüşüm ve standart bir kent modeli formatının olması bu konudaki karmaşıklığın giderilebilmesi için son derece önemlidir.

3D bina veri paylaşımını kolaylaştırmak için ilk standartlar CityGML modelleme dili kapsamında oluşturulmuştur. CityGML; 3D sanal kent modellerinin değişimi, sunumu, depolanması ve uygulamalarda altlık olarak kullanılması için tasarımlanmış açık yapıda XML-tabanlı bir bilgi modelidir. Detay seviyesi olarak ifade edilen 'Level of Detail (LoD)', 3D binalar için ölçek kavramını ifade eder. Ölçek kavramı, 3D modeller için 2D haritalar gibi standart değildir. Şu anda geçerli olan LoD veri çözünürlüğü, semantik bilgilerin içeriğine ve uygulamalara bağlı olarak belirlenmiştir. LoD kavramına bir standart getiren CityGML; LoD-0, LoD-1, LoD-2, LoD-3 ve LoD-4 olmak üzere beş detay seviyesiyle tanımlanmıştır. LoD-0 3D dijital arazi modelini ifade ederken, detay arttıkça, kutu bina modeli (LoD-1), bina çatıları, çatı tipleri, dış cephe detayları ve dokusu eklenerek model geliştirilmektedir. LoD-3 modele, binanın içindeki odalar, merdivenler, iç duvarlar ve mobilyalar gibi ayrıntılar eklendiğinde de LoD-4 elde edilir. Son dönemlerde LoD kavramı için detay seviyeleri arasındaki ayrıntıları da dikkate alan yeni bir tasarım geliştirilmiştir (Biljecki, 2017). Projedeki iş akışı Şekil 5'te gösterilmiştir.

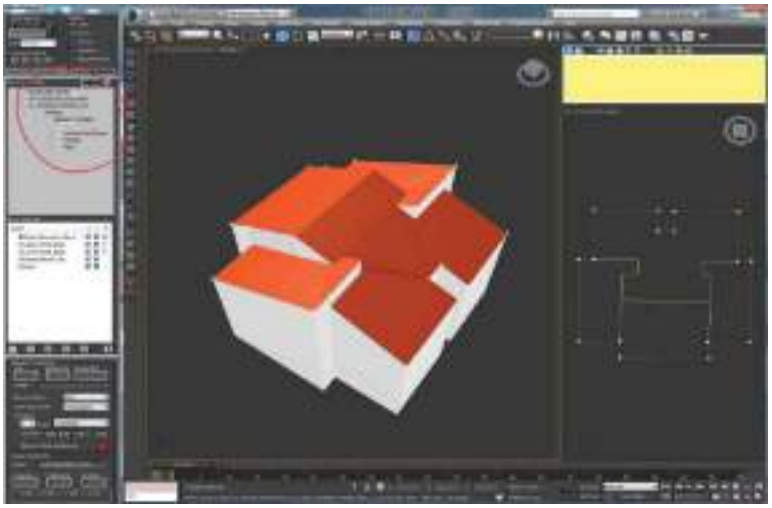
Bina modelleri bir CAD verisi olduğundan semantik yapıları yoktur. Ayrıca çatı geometrisini oluşturacak olan yüzeylerin birleşiminde kenarların tam yakalanamaması gibi sorunlu geometrileri de içermektedir. Bina modellerindeki hataların giderilmesi ve semantik yapının oluşturulması için, editleme, otomatik ve manuel olmak

üzere iki aşamada yapılmıştır. Otomatik editlemede FME Workbench (FMW) yazılımı kullanılmıştır. Mekânsal veri çıkarımı, dönüşüm ve veri yükleme ile ilgili bu yazılım, çalışmamız kapsamında .dgn formatındaki CAD verilerini format dönüştürme, veri modeli yapılandırması ve dönüşümü, basit ve kompleks dönüşüm ve veri işleme problemlerini yeni bir yazılım yazmaya gerek kalmadan çözebilmek için tercih edilmiştir.



Şekil 5. İş akış şeması.

Oluşturulan modellerdeki her bir nesne semantik olarak yapılandırılmıştır. Hiyerarşik bir şekilde, bina (building), çatı (roof), cephe (facade), çatı detayı (roof detail), cephe detayı (facade detail) olarak yapılandırılan bina modellerinin çatı ve cephe ayrımı yapılmış ve CityGML veri yapısına uygun olarak akıllandırılmıştır (Şekil 6). Bu işlemlerin otomatik olarak yapılan kısmı FME yazılımında, manuel olarak editlenen kısımları ise CityGRID Modeler yazılımında yapılmıştır. Oluşturulan yapılar CityGML semantiğine uygun CityGRID .XML formatında kaydedilerek ve 1/1000'lik pafta sınırları kullanılarak gruplandırılmıştır.



Şekil 6. Akıllandırılmış bina modeli.

3.2 İmar Planlarından CBS Üretimi

NETCAD ile hazırlanan imar planlarının, gerek formatları, gerekse oluşturulma yapıları farklı olduğundan; bu planların, yükseklik modelleri ile ilişkilendirilmesi bu hâliyle mümkün değildir. Verilerin analiz edilebilmesi için, gerekli katmanların seçilerek CBS formatına aktarılması gerekmektedir. Bu nedenle, bina sınırları, kat sayıları ve maksimum yükseklik sınır bilgileri seçilerek ArcGIS ile bir geo veri tabanına dönüştürülmüştür. Ayrıca, planın datumu ED50'den ITRF96'ya dönüştürülmüştür. Bu dönüşümden sonra herhangi bir geometrik uyumsuzluk olup olmadığı ortofotolar ile kontrol edilmiştir. İmar adalarına ait sınırlar ArcMap yazılımı kullanılarak dijitalleştirilmiştir. Ada sınırlarına karşılık gelen bilgiler, nDSM ve CityGML verileri bir analiz tablosunda toplanmış, tüm veri katmanları ile işlem yapılabilmesi için ortak bir GIS veri tabanına aktarılarak bir ArcMap çalışma dosyası oluşturulmuştur. CAD

verilerinin aktarılmasında 'Import CAD Annotation' aracı kullanılarak CBS verileri ortak veri tabanına aktarılmıştır. İmar planlarındaki tüm bilgiler, ilişkilendirme açısından gerekli olduğu için, nokta ve polyline formuna dönüştürülmüş ve analizlerimizde kullanılmıştır.

İmar planlarının yükseklik ile ilgili kısıtlamalarına konu olan bina saçaklarına ait mevcut yükseklikler LIDAR verilerinden elde edilip veri tabanında özellik tablosuna eklenmiştir. İmar planlarında bulunan kısıtlama değerlerinden maksimum yükseklik sınırı, yan komşuya ve yola olan mesafeleri belirten değerler bulunmaktadır. Bu çalışma için yalnızca $Y_{ençok}$ olarak ifade edilen yükseklik bilgisi kullanılmıştır. Tüm bu veriler GIS 'Spatial Join ve Table Join' fonksiyonları kullanılarak veri tabanı ile ilişkilendirilmiştir. İmar planlarından ve LIDAR verilerinden elde edilen yüksekliklerin farkları alınarak veri tabanına yazdırılmıştır (1).

$$H_{ortalama/CityGML} - H_{yençok} \quad (1)$$

İstanbul fazlasıyla eğimli ve karmaşık bir kent olduğundan, aynı katta bile farklı yükseklikler görülebilmektedir. Binanın bir tarafı cadde seviyesinde iken, diğer tarafı daha yukarıda olabileceğinden; yükseklik sınırları, genellikle yalın arazi yüzeyinden değil, artı eksi sıfır kotu adı verilen bir merkezden alınır. Bu değer, genellikle binanın dört köşe kotunun ortalaması şeklinde alınırken, farklı topoğrafya ve ölçme koşullarına göre daha farklı yerlerden de alınabilmekte olup yüksekliklerin yorumlanmasını zorlaştırmaktadır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi bu gibi sorunları azaltmak için akıllı imar planları geliştirmiştir. Bu çalışmada yukarıda belirtilen faktörler göz ardı edilerek, doğrudan bina saçaklarının ortalama yükseklikleri bina yüksekliği olarak değerlendirilmiştir.

Bina dış sınırı olarak kabul edilen saçak sınırları LIDAR verilerinden elde edilmiş ve binanın taban alanı sınırları olarak kabul edilmiştir. Bu değerler imar planlarından elde edilen parsel bilgileri ile ilişkilendirilerek taban alanı katsayısı (TAKS) hesaplanmıştır. Bina yükseklikleri ve TAKS değerleri imar planlarında belirtilen sınırlar ile karşılaştırılmıştır. İmar planlarından alınan bina sınır değerleri ve parsel bilgileri, LIDAR-CityGML bina verileri ile karşılaştırılmıştır. LIDAR verilerinden elde edilen yüksekliklerin imar planlarındakilerden olan farkları ArcGIS (merge) aracı kullanılarak tablo ve grafikler hâlinde görsel ve istatistiksel olarak analiz edilmiştir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

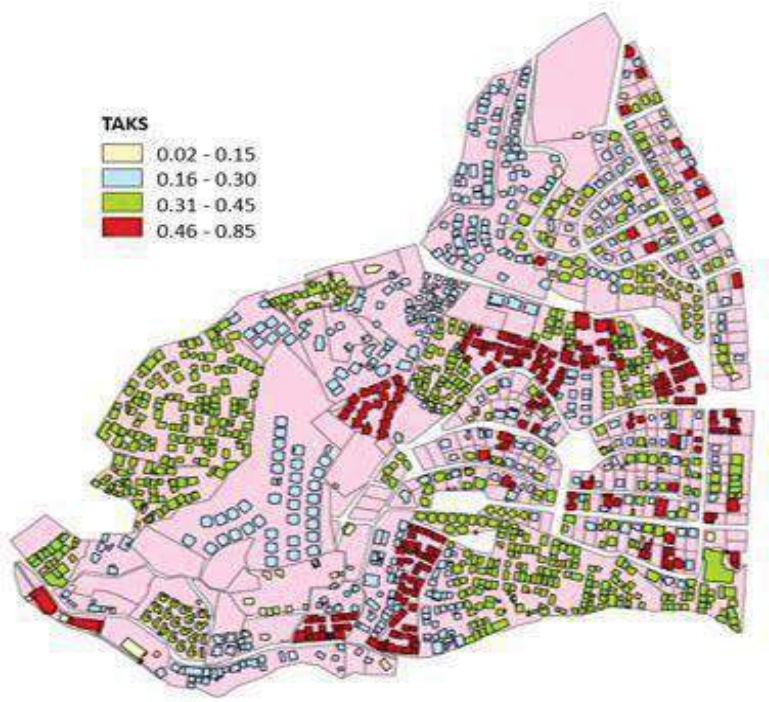
İmar planlarında belirtilmiş ada sınırları çerçevesinde, oluşturulan nDSM'deki her adaya düşen ortalama bina yükseklikleri hesaplanmış ve bu değerler imar planında belirtilen yapı sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışma alanında imar planına uymayan bölgeler belirlenmiştir. Toplamda 1649 bina bulunan çalışma alanında, LIDAR verilerinin analizi sonucunda, binaların %16'sının imar planında belirtilen sınır değer olan 12,5 metrenin üzerinde kaldığı saptanmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. Güzeltepe mahallesinde yükseklik sınırını aşan ve sınırda kalan binalar (Sınırı aşan binalar: kırmızı, sınırda kalan binalar: mavi).

TAKS değerlerinin LIDAR verileri ile karşılaştırılması için parsel sınırları ve binaların saçak sınırından itibaren olan taban alanları seçilmiştir. Her binanın, bulunduğu parsel içindeki TAKS hesabı yapılmış ve buna göre binalar dört aralıkta sınıflandırılmıştır. Bu hesapta, binaların taban alanları saçak çevresinden alındığı için ve normal şartlarda TAKS hesabına katılmaması gereken alanlar da dahil edilmiş olabileceği için hata payı bulunmaktadır. Yapılan TAKS hesabı sonucunda, binaların 49 tanesi 0.02-0.15 değerleri arasında, 523 tanesi 0.16-0.30 değerleri arasında, 726 tanesi

0.31-0.45 değerleri arasında iken; 351 tanesi ise 0.46- 0.85 sınırları arasında kalmaktadır (Şekil 8). İmar planlarında ise Güzeltepe mahallesi için belirtilen TAKS değeri 0.15 olduğundan 1649 binadan sadece 49'unun bu değerin altında kaldığı anlaşılmaktadır.



Şekil 8. TAKS sınırının altında ve üstünde kalan binaların sınıflandırılması.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçların, değişim görülen bölgelerde kat artırımı ve/veya azaltımı olabilecek bölgelerin belirlenmesinde kullanılabilir olmasının yanında, otomatik bina çıkarımı ve 3D model üretimi ile kentsel değişim kontrolünde uygulanma potansiyeli de olabilir. Tapu kadastro uygulamalarında LIDAR kullanımının geliştirilmesi için, mobil tarayıcı sistemler gibi daha farklı teknolojilerin kullanılmasının yanında, imar ve kadastral bilgilerin birlikte kullanıldığı bir veri havuzu da oluşturulmalıdır. Bu veri havuzu aynı zamanda son dönemlerin popüler konularından 3D kadastro bilgi sistemi için de önemli bir altlık oluşturabilir. LIDAR verilerinin kullanımını yaygınlaştırmak için farklı yöntemlerin geliştirilmesi ve imar bilgilerinin daha ayrıntılı ve farklı teknolojilerin kullanımına uygun şekilde düzenlenmesi ile kentsel alanların 3D ortamında çalışılması ve planlanması gibi konularda projeler üretilmelidir.

KAYNAKLAR

Reisoğlu, S., 1980. *Türk Eşya Hukuku*. 6. Basım, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, 12.

Şişman, A. ve Kibaroğlu, D., 2009. Dünya'da ve Türkiye'de Kentsel Dönüşüm Uygulamaları, *12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 11-15 May 2009, İstanbul.

Ioannidis, C., Psaltis, C., and Potsiou, C., 2009. Towards a Strategy for Suburban Informal Building Control Through Automatic Chance Detection. *Computer, Enviroment and Urban Systems,* 33(1): 64-74.

Uzar, M. and Yastıklı N., 2013. Automatic Building Extraction Using Lidar and Aerial Photographs, *Boletim De Ciencias Geodesicas*, 19(2):153-171.

Maltezos, E ve Ioannidis C., 2015. Automated Detection of Building Point From Lidar and Dense Image Matching Point Clouds. *ISPRS Geospatial Week*, La Grande Motte, France, pp: 33-40.

Yastıklı, N. and Çetin, Z., 2017. Automatic 3D Bulding Model Generations With Airborne Lidar Data. *ISPRS Annals of the Photogrammetry*, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 4th International GeoAdvances Workshop, Karabük, Turkey, pp: 411-414.

Pang, S., Hu, X., Wang, Z. and Lu, Y., 2014. Object Based Analysis of Airborne Lidar Data for Building Change Detection, *Remote Sensing,* 6(11): 10733-10749.

Singhal, S., and Radhika, S., 2014. Automatic Detection of Building from Aerial Images Using Color Invariant Features and Canny Edge Detection, *International Journal of Engineering Trends and Technology,* 11(8): 393-396.

Benedek, C., Descombes, X., and Zerubia, J., 2010. Building Detection in a Single Remotely Sensed Image with a Point Process of Rectangles, *International Conference on Pattern Recognition*, Istanbul, Turkey, pp: 1417-1420.

Biljecki, F., 2017. Level of Detail in 3D City Models. PhD thesis, Delft University of Technology, Delft, Holland, 353 pages.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6180

3B YÜZ TANIMADA KİLİT NOKTA TEMELLİ ALGORİTMALARIN KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI VE DOĞRULUK ANALİZİ

Muhammed Enes ATİK[1], Zaide DURAN[2], Bülent BAYRAM[3]

[1]Araş. Gör., İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul, atikm@itu.edu.tr
[2]Doç.Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul, duranza@itu.edu.tr
[3]Prof. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü 34210, Esenler, İstanbul, bayram@yildiz.edu.tr

ÖZET

Yüz tanıma, insanın, günlük hayatında en rutin ve rahat gerçekleştirdiği işlemlerden biridir. Peki bu durum bilgisayarlar için de geçerli olabilir mi? Bu soru bilgisayarla görünün en popüler alanlarından biri olan otomatik yüz tanıma alanının doğmasına yol açmıştır. Çalışmanın amacı; 3B yüz tanıma işlemlerine farklı bir boyuttan yaklaşmaktır. Bu kapsamda, otomatik 3B lokal kilit nokta bulucu algoritmaların yüz ve obje tanımada kullanımının olanakları araştırılmaktadır. Kullanılacak yöntemlerin ifade değişimi durumları karşısında gösterdikleri performanslar hem bu çalışmanın devamı niteliğindeki çalışmalarda hem de bu konu hakkında yapılacak farklı çalışmalarda bir yol gösterici nitelik taşıyacağı düşünülmektedir.

Bu çalışma kapsamında 3B kilit nokta temelli yöntemler kullanılarak yüz tanıma algoritması geliştirilmiştir. Uygulama verisi olarak 10 kişiye ait yüz verisi lazer tarayıcı kullanılarak 3 boyutlu modellenmiştir. 2 farklı doğal yüz ifadesi ve 1 tane gülme yüz ifadesi şeklinde tarama yapılmıştır. 10 kişiden toplamda 30 adet nokta bulutu alınmıştır. Böylece sorgu yapılabilecek bir 3B yüz veri tabanı oluşturulmuştur. Nokta bulutu verileri sadece X,Y,Z koordinatlarını içermektedir. Algoritma 3 adımdan oluşmaktadır. İlk adımda ISS yöntemi kullanılarak nokta bulutları üzerinde 3B kilit noktalar belirlenmiştir. İkinci adımda, PFH ve FPFH histogram yöntemleri kullanılarak kilit noktalar tanımlanmıştır. Böylece her birine ait özellik histogramı elde edilmiştir. Üçüncü adımda, elde edilen özellik histogramları kullanılarak farklı nokta bulutlarındaki kilit noktalar eşleştirilmiştir. Kilit nokta bulucu ve tanımlayıcı algoritmaların kombinasyonları çalışma sonucunda karşılaştırılmıştır. Doğruluk analizi için nokta bulutları İteratif En Yakın Nokta (İEYN)(ICP) yöntemiyle çakıştırılmıştır. Eşlenik noktaların arasındaki Öklid mesafesi hesaplanarak doğru eşlenen noktalar tespit edilmiştir. 10 mm'nin altında mesafeye sahip nokta çiftleri doğru eşlenmiş olarak kabul edilmiştir. Ayrıca bu noktaların mesafelerinin karesel ortalaması da hesaplanmıştır.

Sonuç olarak ISS-PFH ve ISS-FPFH ikili yöntemlerinin her kişiye ait 2 tane olmak üzere doğru eşlenmiş nokta oranı ve karesel ortalama hata (KOH) grafikleri oluşturulmuştur. Ayrıca eşlenen nokta sayısına bağlı olarak 3B yüz tanıma karşılaştırması da yapılmıştır. PFH kullanılarak yapılan eşlemelerde doğru eşleme oranı %50'lere ulaşırken FPFH ile yapılan eşleştirmeler ise %25-30 düzeylerinde kalmıştır. Karesel ortalama hatalar incelendiğinde ise yöntemler arasında ciddi bir farklılık ortaya çıkmamıştır. 10 mm doğruluk ile yaklaşık ±3 mm karesel ortalama hata tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: 3 boyutlu modelleme, lazer tarama, lokal kilit nokta, yüz tanıma

ABSTRACT

INVESTIGATION OF USE POSSIBILITIES OF KEYPOINT BASED ALGORITHMS IN 3D FACE RECOGNITION AND ACCURACY ANALYSIS

Facial recognition is one of the most routine and comfortable processes performed by people in their daily life. Could this also apply to computers? This question has led to the emergence of automatic face recognition, one of the most popular areas of computer vision. Purpose of the study; developing a new approach to 3D face recognition. In this context, the possibilities of using 3D local keypoint detector algorithms in face recognition are investigated. The performances of the methods used in the different face expression are thought to be both a guideline for the continuing work of this work and for the different works to be done on this subject. In the scope of the study, face recognition algorithm was developed using 3D keypoint based methods. As an application data, face data belonging to 10 persons were modeled in 3D by using a laser scanner. The scans consists of 2 different natural facial expressions and 1 laughing facial expressions. A total of 30 spot clouds were collected from 10 people. Thus, a 3D face database has been created for querying. Point cloud data only contains X, Y, Z coordinates. The algorithm consists of 3 steps. In the first step, 3D points are detected on the point clouds using ISS method. In the second step, keypoints are described using PFH and FPFH methods. Thus, the feature histogram of each is obtained. In the third step, the key points in different point clouds are matched using the feature histograms obtained. The combinations of keypoint detector and descriptor algorithms are compared in the result. For accuracy analysis, the point clouds are overlaid by the Iterative Nearest Point (ICP) method. Euclidean distances between corresponding points were calculated and correct matching points were determined. Point pairs with distances less than 10 mm are considered to be correct matching. In addition, the root mean square error of the distances of these points are also calculated.

As a result, the correct matching point ratio and root mean square error (RMSE) graphs of ISS-PFH and ISS-FPFH methods with 2 of each person have been obtained. Also 3D face recognition comparison was made depending on the number of matched points. The correct match rate for PFH matches was 50%, while the FPFH were 25-30%. When root mean square errors were examined,

there was no significant difference between the methods. Root mean square error of approximately ± 3 mm was detected with an accuracy of 10 mm.

Keywords: 3D modelling, laser scanning, keypoint, face recogntion

1. GİRİŞ

Yüz tanıma, insanın, günlük hayatında en rutin ve rahat gerçekleştirdiği işlemlerden biridir. Peki bu durum bilgisayarlar için de geçerli olabilir mi? Bu soru bilgisayarla görünün en popüler alanlarından biri olan otomatik yüz tanıma alanının doğmasına yol açmıştır (Chellappa vd., 2010). İnsan algısının çok hızlı ve rahat yapabildiği yüz tanıma işlemini makinelere yaptırmak her zaman ilgi çekici bir konu olmuştur. Yüz tanıma, hukuki uygulamalar, gözetleme sistemleri, sınır güvenliği, kimlik tespiti ve eğlence sistemleri gibi birçok alanda uygulanmaktadır (Soltanpour vd., 2017).

Yüz görüntüleri kullanılarak yapılan 2 boyutlu (2B) yüz tanımanın doğruluğu, poz değişimi, aydınlatma durumu, ifade farklılığı ve örtüklük (gözlük, saç-sakal, el veya başka bir cisimden kaynaklı veri eksikliği durumu) gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Belirtilen problemlerin üstesinden gelmek amacıyla, 3 boyutlu (3B) yüz tanıma alternatif veya tamamlayıcı bir yöntem olarak geleneksel 2B yüz tanımanın yerine önerilmiştir (Berretti vd., 2013) . 3B temelli yaklaşımların esas avantajı yüzün geometrik bilgisini içermeleridir. Yüzlerin eşleştirilmesinde temel problem yüz tanıma için uygun benzerlik metriklerinin bulunmasıdır. 3B yüzeyler arasındaki benzerliklerin hesaplanması, birçok model tanıma uygulaması için oldukça önemlidir. Özellikle 3B obje ve yüz tanıma çalışmalarında yüzey benzerliklerinden faydalanılmaktadır (Jain ve Li, 2011).

2B görüntülerle karşılaştırıldıklarında, 3B modeller daha fazla özellik içerdiklerinden dolayı görsellik açısından fazlaca veri sunarlar. Bundan dolayı, son yıllarda gittikçe artan sayıda araştırmacı 3B modellerin işlenmesi ve analizi ilgili çalışma yapmaktadır. 3B verileri elde etmek için farklı yöntemler mevcuttur. Dijital fotogrametri ve lazer tarama en çok kullanılan yöntemlerdir. Bu yöntemlerin arasında lazer tarayıcılar, güvenilir ve hızlı şekilde veri üreterek 3B modelleme teknolojisinin odak noktası hâline gelmiştir. Obje yüzeyi birkaç dakikada içerisinde milyonlarca 3B koordinata sahip nokta ile tanımlanabilmektedir (Akyol ve Duran, 2014). 3B nokta bulutu kullanılarak yüz tanıma işlemi için farklı yöntemler mevcuttur. Literatürde; en üst seviyede bütüncül, özellik-temelli ve hibrit yöntemler olarak üç kısımda incelenmiştir (Soltanpour vd., 2017). Bu bölümler de alt başlıklara ayrılmıştır. Bütüncül yöntemler, yüzün bütün yapısını göz önünde bulundurarak benzerlik kriterleri belirlemeye çalışmaktadır. Özellik temelli yöntemler, yüzdeki lokal bölgelere (kulak, burun vb.) veya özelliklere bağlı olarak benzerlik belirmeye çalışan yöntemlerdir. Hibrit yöntemler ise farklı yaklaşımların veya verilerin kombinasyonlarına bağlı olarak çalışmaktadır. Özellik-temelli yöntemler de kendi içinde alt bölümlere ayrılmaktadır. Bunlar; ilgi noktası temelli (keypoint-based), eğrilik temelli ve lokal yüzey-temelli yöntemlerdir. Bu çalışma kapsamında özellik-temelli yöntemlerin bir alt başlığı olan ilgi noktası temelli yöntemler kullanılacaktır. Yapılan çalışmalardan bazıları yüzdeki belirli ilgi noktalarını kullanmaktadır. 3B ilgi noktaları, nokta bulutunda, belirlenen ayırt edici özelliklere sahip noktalardır. İlgi noktası temelli yöntemler de ilgi noktaları bazı geometrik kriterlere bağlı olarak bulan ve tanımlayan yöntemlerdir. 3B veriden çıkartılan ilgi noktaları, nokta bulutu birleştirme, 3B obje tanıma ve poz tahmini, şekil çıkarımı ve şekil sınıflandırma gibi çeşitli şekil eşleme çalışmalarında kullanılabilmektedir. İlgi noktası temelli yöntemler üç temel adıma sahiptir: ilgi noktası bulma, tanıma ve eşleme. 3B ilgi noktası tanıma, ilgi noktası bulucular tarafından bir yüzey üzerinde ilgi noktaların belirlenmesi işlemidir. Belirlenen ilgi noktalarının, etkili bir tanıma ve eşleme amacıyla kullanılabilmesi için ayırt edici özelliğe sahip olmalıdır. Ayrıca, farklı pozisyon ve gürültü durumlarında, mümkün olduğunca aynı noktaların tekrar tespit edilebilmesi gerekmektedir (Salti vd., 2014). 3B ilgi noktası tanıma, 3B ilgi noktası tanımlayıcılar kullanılarak gerçekleştirilir. Bu tanımlayıcı algoritmalar, 3B ilgi noktasını lokal çevresindeki geometrik özellikleri baz alarak tanımaktadır. İlgi noktalarını eşleme için, 3B tanımlayıcılar ile elde edilen iki farklı nokta bulutuna ait tanıma değerleri istatiksel yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada kapsamında, eşleme işlemi için Kullbeck-Lieber Divergence yöntemi kullanılmıştır. Her bir ilgi noktasına ait histogramlar istatiksel karşılaştırma yöntemleri kullanılarak karşılaştırılmış ve farklı ilgi noktası bulucu ve tanımlayıcı algoritma kombinasyonları 3B yüz nokta bulutu verileri üzerinde incelenmiştir.

Bu çalışmada 3B ilgi noktası bulucu (detector) algoritma olarak "Gerçek Şekil İmleçi (Intrinsic Shape Signature (ISS))" yöntemi (Yu, 2009) belirlenmiştir. 3B ilgi noktası tanımlayıcı algoritmalar olarak "Nokta Özellik Histogramları (Point Feature Histograms (PFH))" (Rusu vd., 2008) ve "Hızlı Nokta Özellik Histogramları (Fast Point Feature Histograms (FPFH)) (Rusu vd., 2009) yöntemleri tercih edilmiştir. Çalışmanın amacı; 3B yüz tanıma işlemlerine farklı bir boyuttan yaklaşmaktır. Bu kapsamda, otomatik 3B lokal ilgi noktası bulucu algoritmaların yüz tanımada kullanımının olanakları araştırılmaktadır. Kullanılacak yöntemlerin gösterdikleri performansların hem bu çalışmanın devamı niteliğindeki çalışmalarda hem de bu konu hakkında yapılacak farklı çalışmalarda bir yol gösterici nitelik taşıyacağı düşünülmektedir.

Doğruluk, Geomatik Mühendisliği açısından çok önemli bir kavramdır. Elde edilen sonuçlar ancak bir doğruluk ile birlikte ifade edilirse Geomatik Mühendisliği açısından anlamlı bir hâle gelir. Dolayısıyla, bu çalışmada elde edilen sonuçlar konumsal doğruluk açısından da değerlendirilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Yüz tanıma, örüntü tanıma ve görüntü analizinin en önemli uygulaması olarak son yıllarda ilgi odağı hâline gelmiştir. Bu bölümde kısaca 3B yüz tanıma için ilgi noktası temelli yöntemleri kullanan çalışmalar incelenmiştir. 3B yüz tanıma yöntemleri ile ilgili Scheenstra (2005), Bowyer (2006) ve Soltapour (2017) tarafından yayımlanmış geniş kapsamlı literatür araştırmaları mevcuttur.

3B yüz tanıma için ilgi noktası bulucu algoritmalar, ilk olarak Mian ve arkadaşları (2008) tarafından geliştirilmiştir. Önerilen algoritma Face Recognition Grand Challenge v2(FRGC v2) (Phillips vd., 2005) veri tabanında denenmiştir. Çalışmada 3B ve 2B verilerin birleştirilmiş hâli kullanılmıştır. Hem 3B veriden üretilen yoğunluk görüntüsünden hem de 2B yüz görüntüsü üzerinden ilgi noktaları tespit edilip eşleme algoritması ile eşlenmiştir. Kimlik saptama oranı sabit yüz ifadesi ve ifade değişimi durumlarında sırasıyla %99.38 ve %92.11 olarak gerçekleşmiştir. Kimlik doğrulama oranı ise %99.85 ve %96.62 olarak gerçekleşmiştir.

Mayo ve Zhang (2009) tarafından yapılan çalışmada, GavabDB (Moreno ve Sanchez, 2004) 3B yüz veri tabanı kullanılmıştır. 3B nokta bulutu verisi 2.5B yoğunluk görüntüsüne dönüştürülmüştür. Çalışmada önerilen yöntem 2B görüntülerde ilgi noktası bulan SIFT (Lowe, 2004) algoritmasının geliştirilmiş hâlidir. Önerilen metot sabit yüzlerde %95'e kadar, farklı yüz ifadelerinde ise %90'a kadar tanıma doğruluğuna ulaşmaktadır. Ancak yüzün sağ ve sol taraflarından görünümü kullanılarak yapılan eşleme uygulamasında eşleme doğruluğu %11'e kadar düşmüştür.

Huang ve diğerlerinin (2010) yaptığı çalışmada FRGC v2.0 veri tabanı kullanılmıştır. Önerilen yöntem, 2.5B yoğunluk görüntüsünde SIFT tabanlı ilgi noktası bulucu algoritması kullanılarak yüz tanıma işleminin gerçekleştirilmesini içermektedir. Çalışmadaki yöntem hibrit bir yöntem olarak tanımlanabilir. Tanıma doğruluğu oranları doğal ve doğal olmayan yüz ifadelerinde sırasıyla %99.1 ve %92.5 olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca yüzde belli bölgelerin eksikliği durumunda tanıma oranı %74 ila %93.8 arasında değişiklik göstermiştir.

Berretti ve diğerleri (2011) SIFT-tabanlı ilgi noktası bulucu algoritma için bir ilgi noktası tanımlayıcı algoritma önermişlerdir. Kullanılan veri daha önce bahsedilen FRGC v2.0 veri tabanıdır. Önerilen lokal şekil tanımlayıcı algoritma çalışma sistemi; ilgi noktalarının her biri için Lokal Referans Sistem (LRS) belirlenmesi, bir ilgi noktasının r yarıçaplı küre ile tanımlanan LRS'ye bağlı olarak komşuluğunun (support) elde edilmesi ve her bir ilgi noktası için bir veya birden fazla geometrik özelliğe bağlı olarak tanıma kriterlerinin belirlenmesi şeklinde açıklanabilir. Çalışmanın amacı SIFT tanımlayıcısının ve önerilen tanımlayıcının, poz değişimi durumlarında karşılaştırılmasıdır. Elde edilen sonuçlar SIFT-tabanlı tanımlayıcıda sol ve sağ taraftan sırasıyla tanıma oranları %17.37 ve %19.17; önerilen lokal şekil tanımlayıcıda ise %44.01 ve %47.80 olarak tespit edilmiştir.

Inan ve Halıcı (2012) tarafından yapılan çalışmada, FRGC v2.0 veri tabanı kullanılmıştır. Kullanılan veriler, 3B veriden üretilen 2B şekil indeksi, gauss ve ortalama eğrilik haritalarıdır. Elde edilen bu 2B görüntülerden SIFT tabanlı kilit nokta bulucu ve tanımlayıcı algoritma uygulanmıştır. Farklı yüz ifadelerinde, yöntemin performansı değerlendirildiğinde %98.35 tanıma oranına ulaşıldığı tespit edilmiştir.

Li ve diğerleri (2011) tarafından yapılan çalışmada doğrudan 3B yüz verisi(mesh model) kullanılmıştır. Çalışmada 3B mesh modellere Gauss gürültüsü eklenerek Gauss Uzayı oluşturulmuştur. Her bir gürültü düzeyinde noktaların maksimum ve minimum eğrilik değerleri ile ilgi noktaları belirlenmiştir. Çalışmanın amacı 3 farklı ilgi noktası tanımlayıcının Yüzey Düşümü (HoG), Şekil İndeksi (SI) ve Şekil İndeksi Düşümü (HoGS) yüz ifadesi değişimi durumlarında performansının karşılaştırılmasıdır. Sonuç olarak bütün yüz verilerinde HoG, HoS, HoGS kullanılarak sırasıyla %82.50, %90.11,%81.93 tanıma oranları elde edilmiştir. Farklı yüz ifadeleri kullanıldığında ise tanıma oranı %50'lere kadar düşmüştür.

Smeets ve diğerleri (2013) tarafından önerilen yöntem 2B SIFT yönteminden esinlenerek geliştirilen meshSIFT yöntemidir. meshSIFT yönteminde ilgi noktaları Gauss Uzayı kullanılarak bulunur. Her bir düzeyde en fazla tekrar eden noktalar ilgi noktası olarak belirlenir. Çalışmada veri seti olarak FRGC v2, Bosphorus (Savran vd., 2008) ve SHREC '11 (Veltkamp ve Jole, 2011) veri tabanları kullanılmıştır. Yüz ifadesi farklılığı durumunda FRGC v2 ve Bosphorus veri tabanlarında sırasıyla %93.7 ve %89.6 yüz tanıma oranı elde edilmiştir. 3B yüz verisi eksikliği durumunda SHREC '11 verisinde %98.6 tanıma oranı gerçekleşmiştir.

Berretti ve diğerleri (2014) tarafından yapılan çalışmada önerilen ilgi noktası bulucu algoritma meshDOG algoritmasıdır. Kullanılan veri tabanları Bosphorus, GavabDB ve UND/FRGC v2 veri tabanlarıdır. Veri türü mesh modeldir. Bosphorus veri tabanında farklı yüz ifadelerinde tanıma oranı %7 6.8 (tiksinme ifadesi) ila %98.6 (şaşırma

ifadesi) arasında değişmiştir. Gavab veri tabanında ise doğal yüz ifadesinde %100 tanıma oranı sağlanırken yüz ifadesi ile birlikte %94.0 oranı gerçekleşmiştir. 3B yüzün sol ve sağ tarafa çevrilerek yapılan uygulamada sırasıyla %93.4 ve %83.6 tanıma oranları elde edilmiştir. UND/FRGC v2 veri tabanında yine sağa ve sola çevrilerek gerçekleştirilen yüz tanıma uygulamasında elde edilen doğru tanıma oranı sırasıyla %76.4 ve %77.8 olarak gerçekleşmiştir.

Genel olarak literatür incelendiğinde ilgi noktası temelli yöntemlerin 3B yüz tanıma için kullanımının incelenmediği görülmektedir. Çalışmada yeni bir yöntem önerilmeyecek olup, var olan yöntemlerin 3B yüz tanıma kapsamında karşılaştırması yapılmaktadır. Ayrıca çalışmada, lazer tarayıcı ile elde edilen ham 3B yüz nokta bulutları kullanılmaktadır. Böylece hazır veri tabanları kullanan çalışmalardan ayrılmaktadır. Eşlenen ilgi noktalarının konumsal doğruluğu da incelenmiştir. Çalışmanın literatüre farklı bir bakış açısı ve geniş çaplı değerlendirme olanağı sunarak katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

3. YÖNTEMLER

3.1 Gerçek Şekil İmleci (Intrinsic Shape Signature – ISS)

Gerçek Şekil İmleci (ISS) lokal özellik temelli bir yöntemdir. ISS algoritması doğrudan 3 boyutlu nokta bulutu üzerinde işlem yapabilir. ISS yönteminde ilk olarak r yarıçaplı küre kullanarak her bir nokta için komşuluk belirlenir. Her bir noktanın komşu nokta sayısına göre ağırlığı hesaplanır. Komşuluk hesabı Eşitlik 1'de gösterilmiştir.

$$w_i = \frac{1}{\|\{p_j : |p_j - p_i| < r\}\|} \quad (1)$$

ISS yönteminde noktanın özelliği saçılım matrisinin å(p) Özdeğer Ayrışımına (EDV) bağlı olarak hesaplanır. Saçılım matrisi **Eşitlik 2**'de gösterilmiştir.

$$\sum(p) = \frac{1}{N}\sum_{q \in N(p)}(q - \mu_p)(q - \mu_p)^T \quad (2)$$

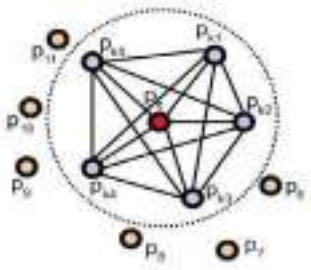
Burada m(p), p noktasına ait komşulukta bulunan noktaların ortalama koordinat değeridir. Saçılım matrisi hesaplandıktan sonra, matrise ait özdeğer vektörü hesaplanır. Özdeğer vektörler, ilgi noktası seçiminden önce noktaların eleme işlemi için kullanılır. Hesaplanan özdeğerler (λ1; λ2; λ3) büyükten küçüğe doğru sıralanır. Eşitlik 3'te gösterildiği gibi özdeğerlerin birbiriyle olan oranları, belirlenen sınır değerlerden küçükse nokta ilgi noktası adayı olarak seçilir.

$$\frac{\lambda_2(p)}{\lambda_1(p)} < Th_{12} \quad \Lambda \quad \frac{\lambda_3(p)}{\lambda_2(p)} < Th_{23} \quad (3)$$

Eleme adımından sonra, kalan noktalar arasından ilgi noktaları belirlenir. Bu işlem için kalan her bir noktanın lokal komşuluğunda değerleri karşılaştırılır. Eğer noktanın λ3 değeri lokal komşuluğundaki en küçük değer ise, o nokta ilgi noktası olarak belirlenir (Tombari vd., 2013).

3.2 Nokta Özellik Histogramları (Point Feature Histograms-PFH)

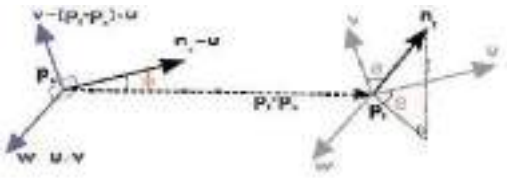
Nokta Özellik Histogramları (PFH) bir ilgi noktasının komşuluk sınırları içinde her bir nokta çiftinin farklı özelliklerini kullanarak oluşturulan çok boyutlu bir histogramdır (Guo vd., 2016). PFH'a ait diyagram **Şekil 1**'de gösterilmiştir. İlgi noktaları kırmızı, komşu noktalar mavi olarak temsil edilmiştir.



Şekil 1. Nokta Özellik Histogramı Diyagramı (Rusu vd., 2009).

Girdi veri noktaların 3 boyutlu koordinat (X,Y,Z) değerleri ve yüzey normalleri kullanılır. Her bir nokta p konum vektörü ve n yüzey normali ile tanımlanır. İlk olarak, bir noktaya ait k sayıdaki komşu noktalarının yüzey normalleri

hesaplanır. Lokal tanımlayıcı algoritmalarda, noktalar için Lokal Referans Sistemi belirlenmelidir. PFH yönteminde LRF olarak Darboux çerçevesi kullanılır. **Şekil 2**'de iki noktaya ait Darboux çerçeveleri gösterilmektedir.



Şekil 2. Bir nokta çifti arasındaki Darboux çerçevesi (Wahl vd., 2003).

Hesaplanan normaller de kullanılarak komşuluk alanı içindeki her bir nokta için bir Darboux çerçevesi belirlenir (**Eşitlik 4**).

$$u = n_1 \tag{4a}$$

$$v = \frac{(p_1 - p_2) \times u}{\|(p_1 - p_2) \times u\|} \tag{4b}$$

$$w = u \times v \tag{4c}$$

Bir komşuluk alanı içerisindeki bütün ikili ilişkiler **Eşitlik 5**'te gösterildiği gibi hesaplanır.

$$\alpha = \arctan(w.n_2, u.n_2) \tag{5a}$$

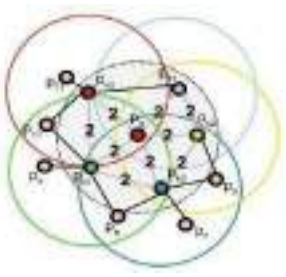
$$\beta = v.n_2 \tag{5b}$$

$$\gamma = u.\frac{p_2 - p_1}{\{(p_2 - p_1)\}} \tag{5c}$$

α; n2 vektörünün azimut açısını, β; n2 vektörünün polar açsının kosinüsünü ve γ; p1'den p2'ye doğrultuyu göstermektedir. Point Feature Histogram yönteminde hesaplanan 4 özellik bir histogram içinde ifade edilir. Histogram grubu sayısı b^d formülasyonu ile hesaplanır. b her bir özelliğin alt-grup sayısını, d sayısı ise toplam özellik sayısını belirtir.

3.3 Hızlı Nokta Özellik Histogramları (Fast Point Feature Histograms-FPFH)

Hızlı Nokta Özellik Histogramları (Point Feature Histograms (FPFH), PFH yönteminin hızlandırılmış şeklidir. Yöntem, iki adımdan oluşmaktadır. İlk adımda; r yarıçaplı bir küre ile ilgi noktasının komşuluğu belirlenir. Küre içinde kalan noktalar ile merkezdeki ilgi noktasının arasındaki geometrik ilişki hesaplanır (**Şekil 3**). Sadece ilgi noktası ve komşu noktalar arasındaki geometrik özelliklerden oluşan histogram, Sadeleştirilmiş PFH (SPFH) olarak adlandırılmaktadır (Rusu vd., 2009). İkinci adımda; ilgi noktasının her bir komşu noktası için de SPFH hesaplanır. Oluşturulan histogram ilgi noktası ile komşu nokta arasındaki öklid mesafesine bölünerek ağırlıklandırma yapılır. Son olarak, ilgi noktasına ait histogram ile komşu noktalara ait ağırlıklandırılmış histogramların ortalaması toplanır.



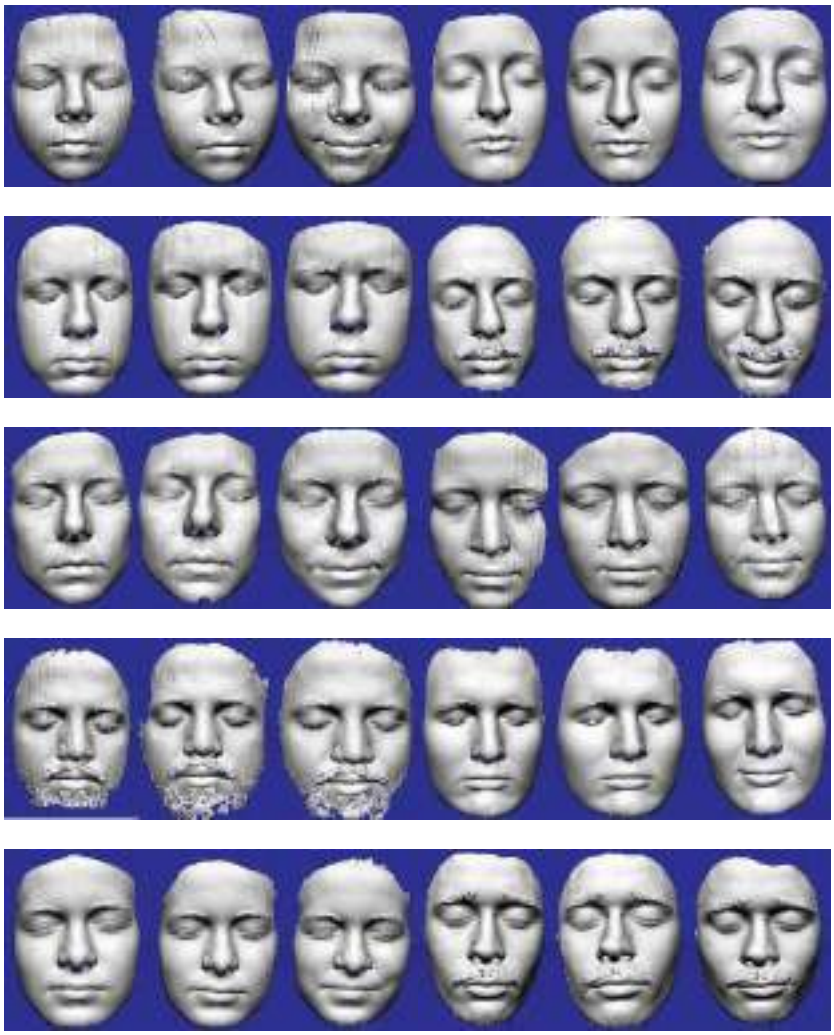
Şekil 3. Hızlı Nokta Özellik Histogramı Diyagramı (Rusu vd., 2009).

$$FPFH(p) = SPF(p) + \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k}\frac{1}{w_k}.SPF(p_k) \tag{6}$$

4. UYGULAMA

4.1 Uygulama Verisi

Uygulamada kullanılan veri, Next Engine Desktop Laser Scanner ile taranan insan yüzüne ait 3B nokta bulutu verisidir. Bu çalışmada, yüzler 1100 nokta/inc2 yoğunluğunda taranmıştır. Bu yoğunluk değeri deneysel olarak hem işlem yükünü arttırmayacak hem de yeterli geometrik bilgiyi elde edilebilecek şekilde olmasına dikkat edilerek belirlenmiştir. Taramalar, yüzün sağ, sol ve cephe olmak üzere üç farklı açıdan gerçekleştirilmiştir. Veri tabanı için 10 kişinin yüzü taranmıştır. 10 kişiye ait toplam 90 tarama elde edilmiştir (**Şekil 4**). Üç farklı tarama tarayıcıya ait yazılım aracılığıyla birleştirilmiştir.



Şekil 4. Kişilere ait 3B nokta bulutu verileri. Sırasıyla doğal ifade 1-2 ve gülme (Kişi 3 kızgın) yüz ifadesi olacak şekilde sıralanmıştır.

4.2 3 Boyutlu Yüz Tanıma

3B yüz tanıma üç adımda gerçekleştirilmiştir. Birinci adımda; her bir 3B nokta bulutu üzerinde ilgi noktası bulucu algoritma (ISS) uygulanmıştır. Böylece ilgi noktaları tespit edilmiştir. İkinci adımda; belirlenen ilgi noktaları, tanımlayıcı algoritmalar (PFH-FPFH) ile tanımlanmıştır. Tanımlama sonucunda yöntemlere bağlı olarak her bir ilgi noktasına ait özellik histogramları oluşturulmuştur**.**

Üçüncü adımda; iki farklı nokta bulutuna ait histogramların arasındaki benzerlikler hesaplanarak ilgi noktası eşleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için Kullbeck-Lieber Divergence yöntemi (**Eşitlik 7**) kullanılmıştır.

$$\kappa(H_0, H_{O'}) = \sum_{i=1}^{d} (H_{O'}(i) - H_0(i)) \ln \frac{H_{O'}(i)}{H_0(i)} \quad (7)$$

İki histogram arasındaki mesafe eğer belirlenen t sınır değerinin altındaysa eşlenik nokta olarak kabul edilmiştir. En fazla eşlenik ilgi noktasına sahip iki farklı yüz nokta bulutu, aynı kişiye ait olarak kabul edilmiştir.

4.3 Lokal İlgi Noktası Bulma

3B ilgi noktası bulmak amacıyla ISS yöntemi kullanılmıştır. Her bir tarama için 4 mm komşuluk değeri ile 3B ilgi noktaları belirlenmiştir (**Şekil 5**). ISS yönteminde Th12 ve Th23 değerleri önceki çalışmalara dayanarak (Tombari vd., 2013) sırasıyla 0.975 ve 0.975 olarak belirlenmiştir. Belirlenen ilgi noktası sayıları Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.



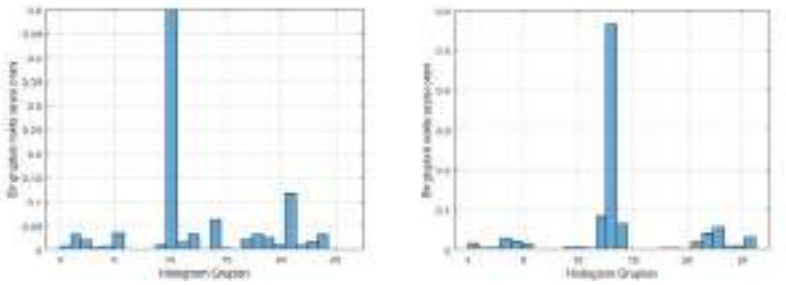
Şekil 5. ISS ile bulunan ilgi noktaları.

Çizelge 1. ISS yöntemiyle her bir kişiye ait ilgi noktaları sayıları

İFADE / KİŞİ	1	2	3	İFADE / KİŞİ	1	2	3
Kişi 1	246	226	183	**Kişi 6**	156	204	209
Kişi 2	197	164	154	**Kişi 7**	274	199	259
Kişi 3	232	246	215	**Kişi 8**	230	238	175
Kişi 4	210	228	226	**Kişi 9**	193	205	194
Kişi 5	168	173	177	**Kişi 10**	232	225	202

4.4 İlgi Noktası Tanımlama

3B ilgi noktası tanımlama için PFH ve FPFH yöntemleri bütün taramalar için hem ISS ile belirlenen ilgi noktalarına uygulanmıştır. Oluşturulan histogramlardan örnekler **Şekil 6**'da gösterilmiştir.

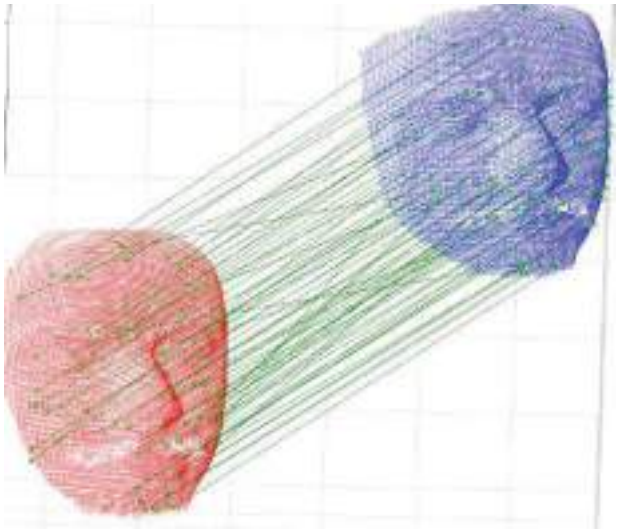


Şekil 6. Nokta Özellik Histogramı (sağda) ve Hızlı Nokta Özellik Histogramı.

Belirlenen komşuluk yarıçapı 4 mm'dir. Oluşturulan histogramların grup sayısı 27'dir. Yapılan denemeler sonucunda 27 grubun uygun bir sayı olduğuna karar verilmiştir. Histogramlarda oluşurulan değerler, her bir gruba düşen eleman sayısının 0-1 arasında hesaplanan oransal değerleridir.

4.5 3B Yüz Eşleme

3B yüz tanıma sistemi kimlik saptama uygulaması için 10 tane 3B insan yüz verisi ile bir galeri oluşturulmuştur. Sistemin, dışarıdan verilen farklı model 3B yüz verisini, galerideki doğru kişinin yüzü ile eşlemesi beklenmektedir. ISS-PFH ve ISS-FPFH kombinasyonları oluşturulmuştur. Eşleştirme için kabul edilen sınır değer 0,5'tir. Eğer iki histogram arası mesafe 0,5'ten küçük ise histogramların ait oldukları ilgi noktaları eşlenik olarak kabul edilmiştir (**Şekil 7**).



Şekil 7. Kişi 4'e ait doğal yüz ifadeli taramaların eşlenik noktaları.

İlk durumda her bir kişiye ait doğal yüz ifadesine sahip taramalardan bir veri tabanı oluşturulmuştur. Sisteme girdi olarak, veri tabanındaki bir kişiye ait doğal yüz ifadeli ikinci bir tarama verilmiştir. İlgi noktaları tespit edilip, tanımlandıktan sonra galerideki her bir tarama ile model taramasının ayrı ayrı benzerliği tespit edilmiştir. Eşlenen nokta sayıları **Çizelge 2** ve **Çizelge 3**'te gösterilmiştir. İkinci durumda, sisteme girdi olarak veri tabanındaki bir kişiye ait gülme yüz ifadesine sahip tarama verilmiştir. Algoritma ikililerinin eşleme sonuçları **Çizelge 4** ve **Çizelge 5**'te gösterilmiştir.

Çizelge 2. ISS-PFH yöntemiyle eşleştirilen nokta sayıları (Doğal yüz ifadesi-Doğal yüz ifadesi).

ISS-PFH	Kişi 1	Kişi 2	Kişi 3	Kişi 4	Kişi 5	Kişi 6	Kişi 7	Kişi 8	Kişi 9	Kişi 10
Kişi 1	57	36	54	45	35	34	43	40	36	37
Kişi 2	37	59	35	48	31	20	30	38	38	51
Kişi 3	50	36	55	40	46	31	40	52	41	43
Kişi 4	55	52	47	74	40	23	45	52	41	59
Kişi 5	53	43	43	45	56	19	31	42	37	46
Kişi 6	49	45	46	46	35	28	37	42	39	48
Kişi 7	44	23	41	35	35	23	57	45	40	31
Kişi 8	48	38	41	44	34	17	43	81	32	45
Kişi 9	40	43	43	38	33	19	50	50	54	44
Kişi 10	57	51	50	58	42	25	42	49	34	68

Çizelge 3. ISS-FPFH yöntemiyle eşleştirilen nokta sayıları (Doğal yüz ifadesi-Doğal yüz ifadesi).

ISS-FPFH	Kişi 1	Kişi 2	Kişi 3	Kişi 4	Kişi 5	Kişi 6	Kişi 7	Kişi 8	Kişi 9	Kişi 10
Kişi 1	57	36	54	45	35	34	43	40	36	37
Kişi 2	37	59	35	48	31	20	30	38	38	51
Kişi 3	50	36	55	40	46	31	40	52	41	43
Kişi 4	55	52	47	74	40	23	45	52	41	59
Kişi 5	53	43	43	45	56	19	31	42	37	46
Kişi 6	49	45	46	46	35	28	37	42	39	48
Kişi 7	44	23	41	35	35	23	57	45	40	31
Kişi 8	48	38	41	44	34	17	43	81	32	45
Kişi 9	40	43	43	38	33	19	50	50	54	44
Kişi 10	57	51	50	58	42	25	42	49	34	68

Çizelge 4. ISS-PFH yöntemiyle eşleştirilen nokta sayıları (Doğal yüz ifadesi-Farklı yüz ifadesi).

ISS-PFH	Kişi 1	Kişi 2	Kişi 3	Kişi 4	Kişi 5	Kişi 6	Kişi 7	Kişi 8	Kişi 9	Kişi 10
Kişi 1	57	36	54	45	35	34	43	40	36	37
Kişi 2	37	59	35	48	31	20	30	38	38	51
Kişi 3	50	36	55	40	46	31	40	52	41	43
Kişi 4	55	52	47	74	40	23	45	52	41	59
Kişi 5	53	43	43	45	56	19	31	42	37	46
Kişi 6	49	45	46	46	35	28	37	42	39	48
Kişi 7	44	23	41	35	35	23	57	45	40	31
Kişi 8	48	38	41	44	34	17	43	81	32	45
Kişi 9	40	43	43	38	33	19	50	50	54	44
Kişi 10	57	51	50	58	42	25	42	49	34	68

Çizelge 5. ISS-FPFH yöntemiyle eşleştirilen nokta sayıları (Doğal yüz ifadesi-Farklı yüz ifadesi).

ISS-PFH	Kişi 1	Kişi 2	Kişi 3	Kişi 4	Kişi 5	Kişi 6	Kişi 7	Kişi 8	Kişi 9	Kişi 10
Kişi 1	57	36	54	45	35	34	43	40	36	37
Kişi 2	37	59	35	48	31	20	30	38	38	51
Kişi 3	50	36	55	40	46	31	40	52	41	43
Kişi 4	55	52	47	74	40	23	45	52	41	59
Kişi 5	53	43	43	45	56	19	31	42	37	46
Kişi 6	49	45	46	46	35	28	37	42	39	48
Kişi 7	44	23	41	35	35	23	57	45	40	31
Kişi 8	48	38	41	44	34	17	43	81	32	45
Kişi 9	40	43	43	38	33	19	50	50	54	44
Kişi 10	57	51	50	58	42	25	42	49	34	68

3B yüz tanıma sistemi için işlemler tamamlanmıştır. Bu işlemlerden sonra nokta bulutlarına ICP algoritması uygulanarak koordinat dönüşümü yapılmıştır. Böylece doğruluk analizi gerçekleştirilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Uygulama bölümündeki çizelgelerden (Çizelge 4.3-4.10) yola çıkarak doğal yüz ifadesinde ISS-PFH algoritması ile 10 kişiden 9'u; ISS-FPFH algoritması ile 10 kişiden 7'si doğru olarak tanımlanmıştır. Hem PFH hem de FPFH algoritmaları yüzün küçük bir alandaki hassas geometrik özelliklerini belirlemektedir. Ancak PFH kullanıldığında iki nokta bulutu arasında daha fazla sayıda ilgi noktası eşlenmesinden dolayı bu algoritma daha iyidir. Yanlış eşleşme olan kişilerde tarama esnasında hareket olduğu tespit edilmiştir. Bunun sonucunda yüzün geometrisi değiştiği için tanıma işlemi yanlış şekilde gerçekleşmiştir. Kişi 6 hiçbir yöntemde doğru olarak tespit edilememiştir.

Sisteme farklı yüz ifadesi verildiği durumlar incelendiğinde ise ISS-PFH algoritması 10 kişiden 5'ini; ISS-FPFH algoritması 10 kişiden 3'ünü doğru olarak tanımlamıştır. Tanıma oranının bu kadar düşmesinin sebebi farklı yüz

ifadesinin yüzün geometrisini önemli oranda değiştirmesidir. Bu nedenle hem bulunan ilgi noktalarının yerleri farklılaşmakta hem de tanımlayıcı algoritmaların elde ettiği histogramlar farklı olmaktadır. Bu da eşleme sayısını düşürmektedir. Genel olarak bakıldığında ise ISS-PFH algoritması farklı yüz ifadesi olan durumlarda da en iyi performansı göstermiştir.

Eşlenen noktaların konumsal doğrulukları İteratif En Yakın Nokta Yöntemi (İEYN-ICP) ile incelenmiştir. PFH kullanılarak yapılan eşlemelerde doğru eşleme oranı 10 mm hata ile %60'lara ulaşırken, FPFH histogram ile yapılan eşleştirmeler ise %25-%30 dolaylarında kalmıştır. Doğru nokta eşleşmelerinin karesel ortalama hataları incelendiğinde ise yöntemler arasında ciddi bir farklılık ortaya çıkmamıştır. Bütün yöntemlerde 10 mm doğruluk ile yaklaşık 3 mm karesel ortalama hata tespit edilmiştir. Aynı kişiye ait iki tarama arasında geometrik farklılık fazla ise karesel ortalama hata sağlıklı olarak tespit edilememiştir.

Kullanılan yöntemler sadece doğal yüz ifadesine sahip yüzleri tanımada etkili olmuştur. Yüz ifadesi farklı ise kullanılan algoritma ikilileri başarılı olmamaktır. Oluşturulan veri tabanı 10 kişiden elde edilen 3 farklı taramadan oluşturulmuştur. Gelecek çalışmalarda daha büyük veri tabanları kullanılabilir. Sadece doğal yüz ifadesi ve gülme yüz ifadesi değil, çeşitli yüz ifadeleri olan durumlar da incelenebilir. Ayrıca farklı açılardan oluşturulan yüz taramaları da incelemeye dahil edilebilir. Çalışmada zaman konusu gözardı edilmiş sadece algoritmaların 3B yüz tanımadaki çalışabilirliği incelenmiştir. Dolayısıyla hız açısından bir değerlendirme yapılmamıştır. Bu çalışmada 3B ilgi noktası bulucu ve tanımlayıcı algoritmaların 3B yüz tanıma kapsamında karşılaştırılması yapılmıştır. Literatürde daha önce bu tarz bir çalışmanın olmadığı göz önüne alındığında çalışmanın bu eksikliği giderme yönünde önemli bir adım olduğu düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma İstanbul Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Akyol, O. ve Duran, Z. 2014. Low-Cost Laser Scanning System Design, *Journal of Russian Laser Research*, 35(3), 244–251.

Berretti, S., Del Bimbo, A. ve Pala, P. 2011. 3D partial face matching using local shape descriptors, MM'11 - *Proceedings of the 2011 ACM Multimedia Conference and Co-Located Workshops* - JHGBU 2011 Workshop, J-HGBU'11.

Berretti, S., Werghi, N., Del Bimbo, A. ve Pala, P. 2013. Matching 3D face scans using interest points and local histogram descriptors, *Computers and Graphics (Pergamon)*, 37(5), 509–525.

Berretti, S., Werghi, N., del Bimbo, A. ve Pala, P. 2014. Selecting stable keypoints and local descriptors for person identification using 3D face scans, *Visual Computer*, 30(11), 1275–1292.

Bowyer, K.W., Chang, K. ve Flynn, P. 2006. A survey of approaches and challenges in 3D and multi-modal 3D + 2D face recognition.

Chellappa, R., Sinha, P. ve Phillips, P.J. 2010. Face recognition by computers and humans, *Computer*, 43(2), 46–55.

Guo, Y., Bennamoun, M., Sohel, F., Lu, M., Wan, J. ve Kwok, N.M. 2016. A Comprehensive Performance Evaluation of 3D Local Feature Descriptors, *International Journal of Computer Vision*, 116(1), 66–89, 1411.3159.

Huang, D., Zhang, G., Ardabilian, M., Wang, Y. ve Chen, L. 2010. 3D face recognition using distinctiveness enhanced facial representations and local feature hybrid matching, *IEEE 4th International Conference on Biometrics: Theory*, Applications and Systems, BTAS 2010.

Inan, T. ve Halici, U. 2012. 3-D face recognition with local shape descriptors, *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, cilt 7, s.577–587.

Jain, A.K. ve Li, S.Z. 2011. *Handbook of face recognition*, Springer, New York.

Li, H., Huang, D., Lemaire, P., Morvan, J.M. ve Chen, L. 2011. Expression robust 3D face recognition via mesh-based histograms of multiple order surface differential quantities, *Proceedings - International Conference on Image Processing*, ICIP, s.3053–3056.

Lowe, G. (2004). SIFT - The Scale Invariant Feature Transform, *International Journal*, 2, 91–110.

Mayo, M. ve Zhang, E. 2009. 3D face recognition using multiview keypoint matching, *6th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance*, AVSS 2009, s.290–295.

Mian, A.S., Bennamoun, M., Owens, R., Mian, A.S., Bennamoun, M., Owens, .R. ve Owens, R. 2008. Keypoint Detection and Local Feature Matching for Textured 3D Face Recognition, *Int J Comput Vis*, 79, 1–12.

Moreno, A. ve Sanchez, A. 2004. Gavabdb: a 3D face database, *Workshop on Biometrics on the Internet*, s.75–80.

Phillips, P.J., Flynn, P.J., Scruggs, T., Bowyer, K.W., Chang, J., Hoffman, K., Marques, J., Min, J. ve Worek, W. 2005. Overview of the face recognition grand challenge, *Proceedings - 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, CVPR 2005, cilt I, s.947–954.

Rusu, R.B., Blodow, N. ve Beetz, M. 2009. Fast Point Feature Histograms (FPFH) for 3D registration, *2009 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, s.3212–3217, http://ieeexplore.ieee.org/document/5152473/.

Rusu, R.B., Marton, Z.C., Blodow, N. ve Beetz, M. 2008. Persistent point feature histograms for 3D point clouds, *Intelligent Autonomous Systems 10*, IAS 2008, s.119–128.

Salti, S., Tombari, F. ve Di Stefano, L. 2014. SHOT: Unique signatures of histograms for surface and texture description, *Computer Vision and Image Understanding*, 125, 251–264.

Savran, A., Alyüz, N., Dibeklioğlu, H., Çeliktutan, O., Gökberk, B., Sankur, B. ve Akarun, L. 2008. Bosphorus database for 3D face analysis, *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, cilt5372 LNCS, s.47–56.

Scheenstra, A., Ruifrok, A. ve Veltkamp, R.C. 2005. A Survey of 3D Face Recognition Methods, Analysis, 3546, 891–899, http://www.springerlink.com/index/40YDGRVQ8GFQWPKQ.pdf

Smeets, D., Keustermans, J., Vandermeulen, D. ve Suetens, P. 2013. MeshSIFT: Local surface features for 3D face recognition under expression variations and partial data, *Computer Vision and Image Understanding*, 117(2), 158–169.

Soltanpour, S., Boufama, B. ve Jonathan Wu, Q.M. 2017. A survey of local feature methods for 3D face recognition, *Pattern Recognition*, 72, 391–406.

Tombari, F., Salti, S. ve Di Stefano, L. 2013. Performance evaluation of 3D keypoint detectors, *International Journal of Computer Vision*, 102(1-3), 198–220.

Veltkamp, R. ve Jole, S.V. 2011. SHREC'11 Track: 3D Face Models Retrieval, . . . on 3D object retrieval . . . , 1–7, http://www.researchgate.net/publication/220888653{_}SHREC{_}'11{_}Track{_}3D{_}Face{_}Models{_}Retrieval/file/9fcfd4fb755a5dcf89.pdf.

Wahl, E., Hillenbrand, U. ve Hirzinger, G. 2003. Surflet-pair-relation histograms: A statistical 3D-shape representation for rapid classification, *Proceedings of International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling*, 3DIM, cilt2003-Janua, s.474–481.

Yu, Z. 2009. Intrinsic shape signatures: A shape descriptor for 3D object recognition, *2009 IEEE 12th International Conference on Computer Vision Workshops*, ICCV Workshops 2009, s.689–696.

Zeng, H., Wang, H. ve Dong, J. 2017. Robust 3D keypoint detection method based on double Gaussian weighted dissimilarity measure, *Multimedia Tools and Applications*, 76(24), 26377–26389.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6989

3B-CBS İÇİN 3B KAPALI ALAN NAVİGASYONU

Mert BEŞİKTEPE[1], Emrecan GÜLCEMAL[2], Muhammed Furkan KAYA[3], Alper ŞEN[4]

[1]Lisans, Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, İstanbul, mert5iktepe@gmail.com

[2]Lisans, Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, İstanbul, egulcemal@outlook.com

[3]Lisans, Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, İstanbul, mfkayaa09@gmail.com

[4]Dr. Öğretim Üyesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, İstanbul, alpersen@yildiz.edu.tr

ÖZET

Günümüzde Coğrafi Bilgi Sistemlerinde 3-boyutlu (3B) ağ analizleri ile binalarda iç mekân ve dış mekânın birlikte kullanılarak en kısa yol analizlerinin geliştirilmesi acil durumlar, güvenlik, sağlık hizmetleri, dağıtım faaliyetleri, ziyaretçi yönlendirmesi, artırılmış gerçeklik vb. konular için önem arz etmektedir. Bu çalışmada Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi bloklarının Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında 3-boyutlu (3B) modeli oluşturularak bina iç ve dış mekânlar için bir veri tabanı oluşturulmuş ve 3B en kısa güzargah analizleri yapılmıştır.

Anahtar Sözcükler: 3B-CBS, kapalı alan, navigasyon, ağ analizi, topoloji

ABSTRACT

3D INDOOR NAVIGATION FOR 3D-GIS

Nowadays, it is important to develop the shortest path analysis using 3 dimensional (3D) network analysis regarding indoor and outdoor of buildings in Geographical Information Systems for emergency, security, health services, distribution activities, visitor orientation, augmented reality, etc. applications. In this study, a database for indoor and outdoor of the buildings of Yildiz Technical University Civil Engineering Faculty has been developed by 3-dimensional (3D) modelling in Geographic Information System, and 3D optimum route analysis has been conducted.

Keywords: 3D-GIS, ındoor, navigation, network analysis, topology

1. GİRİŞ

Üç boyutlu (3B) coğrafi bilgiye olan ilgi 1990'lardan beri artmaktadır. İnternetin yaygınlaşması, bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler ve 2000'li yılların başına kadar olan süreçte yürütülen çalışmalar sayesinde 3B coğrafi bilgiyi görselleştirmeyi ve topolojik ilişkilerden faydalanmayı sağlayacak veri modelleri geliştirilmiştir (Smith ve Friedman, 2004). Bunun sonucunda mekânsal analiz fonksiyonlarının da kullanılabileceği 3B coğrafi bilgi sisteminin kurulması mümkün hâle gelmiştir (Zlatanova vd., 2002). Üç boyutlu dünyadaki gerçek objelere yönelik olarak, bir CBS'den beklenen tüm fonksiyonları gerçekleştirebilecek düzeydeki sistemler 3B CBS olarak adlandırılmaktadır (Karaş, 2007). Özellikle detay düzeyi (LoD) yapısı sayesinde kent bilgi sistemleri hâlinde 3B CBS yaygınlık kazanmıştır. 2016 yılında CityGML modelinde bulunan detay seviyelerinin iyileştirildiği 2 yeni model; Biljecki vd. (2016) tarafından I1-CityGML ve Lwner vd. (2016) tarafından 12-CityGML modelleri geliştirilmiştir. Dahası 3B CBS'ler eskiden olduğu gibi yalnızca kentsel ya da bölgesel ölçekte değil, OGC tarafından 2015 yılında standart olarak kabul edilen IndoorGML işaretleme dili gibi yeni imkânlar sayesinde kapalı alanların da modellenmesi ve yayınlanmasında kullanılabilmektedir (Nguyen-Gia vd., 2017).

Günümüzde acil durum yönetimi, güvenlik, sağlık hizmetleri, dağıtım faaliyetleri, ziyaretçi yönlendirme, artırılmış gerçeklik vb. uygulama alanlarında düşük maliyetli, kolay uygulanabilir kapalı alan konumlandırma sistemlerinin geliştirilmesi ve bu uygulamalara altlık oluşturacak 3 boyutlu coğrafi bilgi sistemlerinin hazırlanması popüler çalışma alanları olarak ön plana çıkmaktadır. Uygulama alanlarındaki çok katlı ve karmaşık binalar için 3 boyutlu konumsal ve mantıksal analizler, CBS yazılımlarının teknolojik yatırımlarını 3 boyutlu görselleştirme ve analizleri temel alarak oluşturmaya yöneltmektedir.

Bu çalışmada, Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi bloklarının Coğrafi Bilgi Sistemi ortamında 3 boyutlu modeli oluşturularak bina iç ve dış mekânlar için bir veritabanı oluşturulmuş ve en kısa güzargah analizleri yapılmıştır. Kullanıcı tarafından belirlenen konumlara veya adreslere göre en kısa güzergah analizi yaparak duraklar arası adres bilgisini ekranda görüntüleyen prototip bir araç, yazılımın model geliştirme arayüzü kullanılarak geliştirilmiştir.

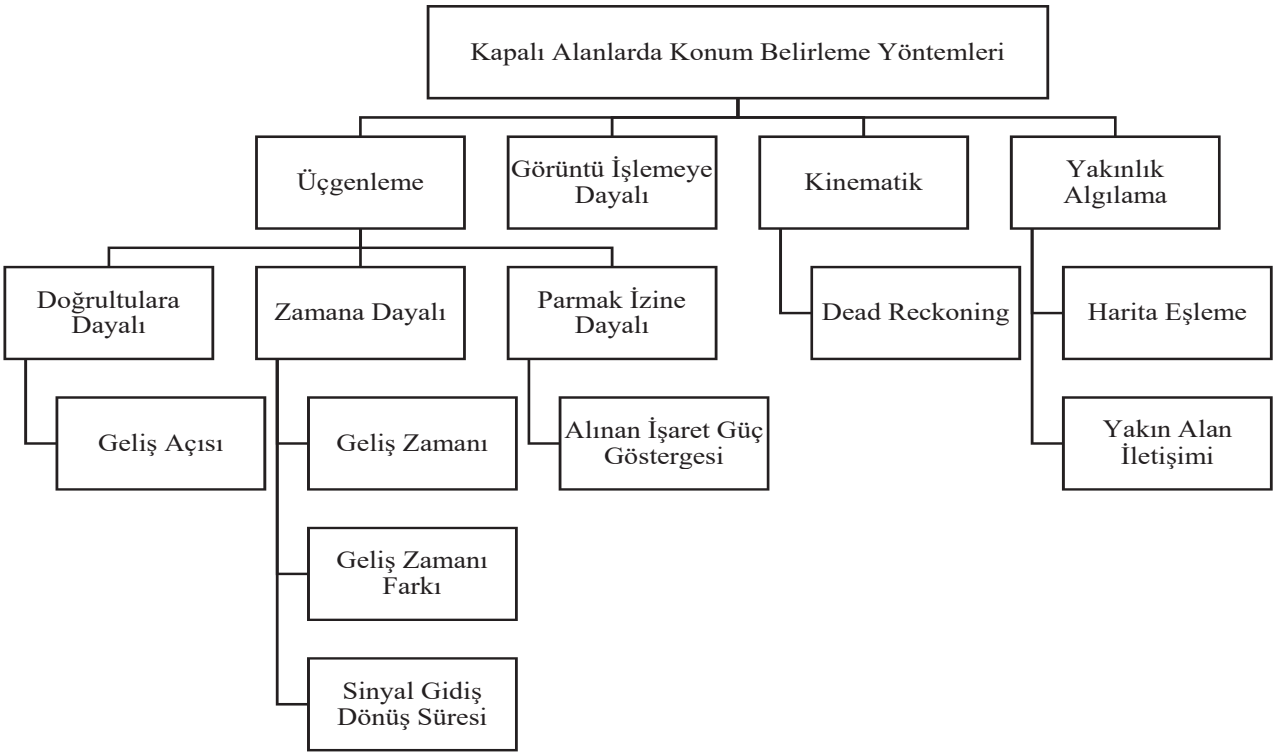
2. KAPALI ALANLARDA NAVİGASYON

Kapalı alanlarda navigasyon konusu özellikle mobil cihaz teknolojilerinin gelişmesine ve kullanımının yaygınlaşmasına paralel olarak ilgi duyulan bir araştırma alanı hâline gelmiştir (Ni vd., 2004). Acil durum yönetimi -Özellikle 11 Eylül 2001 saldırıları sonrası acil durum yönetimi konusunun ilgi kazanması bu sonucu doğurmuştur (Kwan ve Lee, 2005)-, ziyaretçi yönlendirme, engelliler için yardımcı uygulamalar, artırılmış gerçeklik uygulamaları bu alanın kapsamında görülmektedir (Xiong ve Jamieson, 2003). Dış ortamlarda (açık havada) GPS yardımı ile konum yüksek hassasiyetle belirlenebilmektedir. Ancak kapalı ortamlarda (bina içerisinde) GPS sisteminin kullanılamaması ve çok yolluluk (multipath) etkisi nedeniyle konum belirlemede farklı yaklaşımlar geliştirilmiştir (Montanes vd. 2013; Şafak, 2014).

Kapalı alan navigasyonu için birçok çalışma söz konusudur. Bunlar; Kablosuz Yerel Alan Ağı (WLAN), Bluetooth, Ultra Geniş Bant (UWB), Ultrason, Pseudo-GPS (uydusallar), Kızılötesi, Yakın Alan İletişimi (NFC) ve Radyo Frekansı ile Tanımlama (RFID) teknolojileri üzerinedir. Çizelge 1'de kapalı alan navigasyon sistemleri için kullanılan teknolojilerin karşılaştırılması verilmiştir. (Montanes vd., 2013). Kapalı alan navigasyon sistemleri ile ilgili diğer karşılaştırmaları Demiral vd. (2013) ve Coşar (2014) vermiştir. Kapalı alan navigasyon yöntemleri Şekil 1'de görülmektedir.

Çizelge 1. Kapalı alan navigasyon teknolojilerinin karşılaştırılması (Montanes, vd., 2013).

	WiFi	**Bluetooth**	**UWB**	**RFID/NFC**
Doğruluk	3m	2m	10cm	0m
Menzil	Oda ölçeği	10m	15m	Kapsama ölçeği
Sinyal	RF	RF	RF	RF
Enerji Tüketimi	Orta	Orta	Orta	Düşük
Maliyet	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Düşük



Şekil 1. Kapalı Alan Navigasyon Yöntemleri.

Günümüzde giderek yaygınlaşan insansız hava ve kara araçlarının navigasyonu için geliştirilen Eş zamanlı Konumlandırma ve Haritalandırma (SLAM) gibi teknolojilere dayalı pek çok konumlandırma sistemi ortaya çıkmıştır. SLAM problemi, başlangıçtaki konumu hakkında önsel bir bilgisi bulunmayan mobil ajanın bulunduğu

çevreyi haritalandırarak anlık olarak bu harita vasıtasıyla kendi konumunu belirlemesi olarak tanımlanmıştır (Durrant-Whyte ve Bailey, 2006). Kamera donanımına ve görüntü işleme kabiliyetine sahip mobil cihazlar, görüntülerden elde edilen nokta bulutları sayesinde çevre ile etkileşimi yüksek artırılmış gerçeklik uygulamalarının geliştirilmesine olanak tanımıştır. Bu yöntem genel olarak görsel (visual) SLAM olarak adlandırılmıştır (Egodagamage ve Tuceryan, 2018).

3. ÇALIŞMA ALANI

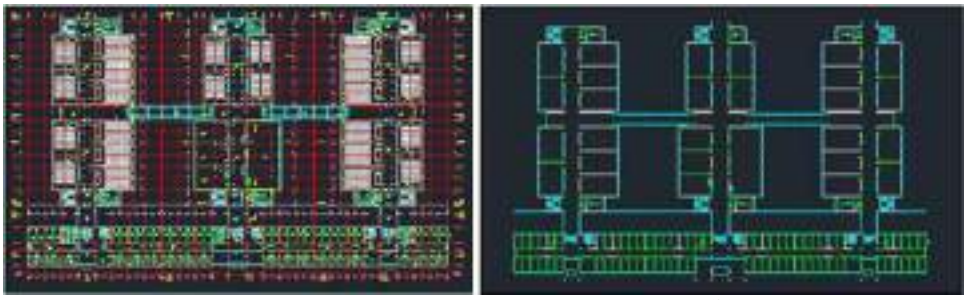
Yıldız Teknik Üniversitesi (YTÜ) Davutpaşa Kampüsü İnşaat Fakültesi 3B-CBS kurulması için çalışma alanı olarak seçilmiştir. İnşaat Fakültesi A, B, C, D, E ve F olmak üzere 6 bloktan, Harita Mühendisliği, İnşaat Mühendisliği ve Çevre Mühendisliği olmak üzere 3 bölümden oluşmaktadır (Şekil 2). YTÜ İnşaat Fakültesi'nin 3 boyutlu modelinin oluşturulmasında, YTÜ Yapı İşleri Daire Başkanlığı'ndan alınan CAD formatındaki veriler kullanılmıştır.



Şekil 2. YTÜ İnşaat Fakültesi.

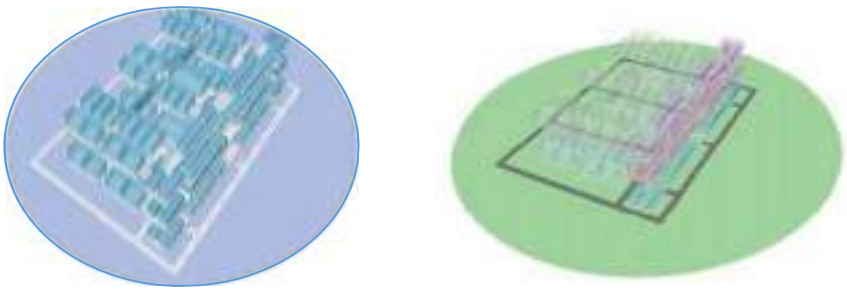
4. UYGULAMA

Plan verilerinden modellemede kullanılan detayları ayırmak amacıyla AutoCAD yazılımında düzenleme işlemleri yapılmış ve yapının her katı Şekil 3'te görüldüğü gibi CBS yazılımına yüklenmeye hazır hâle getirilmiştir. ArcGIS 10.3 ortamında fakülte içi 3 boyutlu ulaşım ağı topolojisi ağ analizlerine altlık oluşturması amacıyla oluşturulmuştur. Şekil 4'te ArcScene ortamında görselleştirme işlemleri tamamlanmış YTÜ İnşaat Fakültesi bloklarının 3 boyutlu modeli gösterilmiştir. Şekil 5'de ulaşım ağına altlık olması için hazırlanan 3 boyutlu ağ modeli görülmektedir.

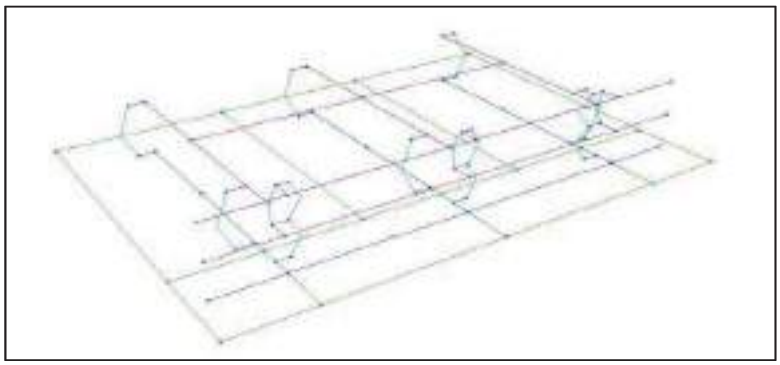


(a) (b)

Şekil 3. Birinci kat planı (a) ve Genelleştirilmiş kat planı (b).

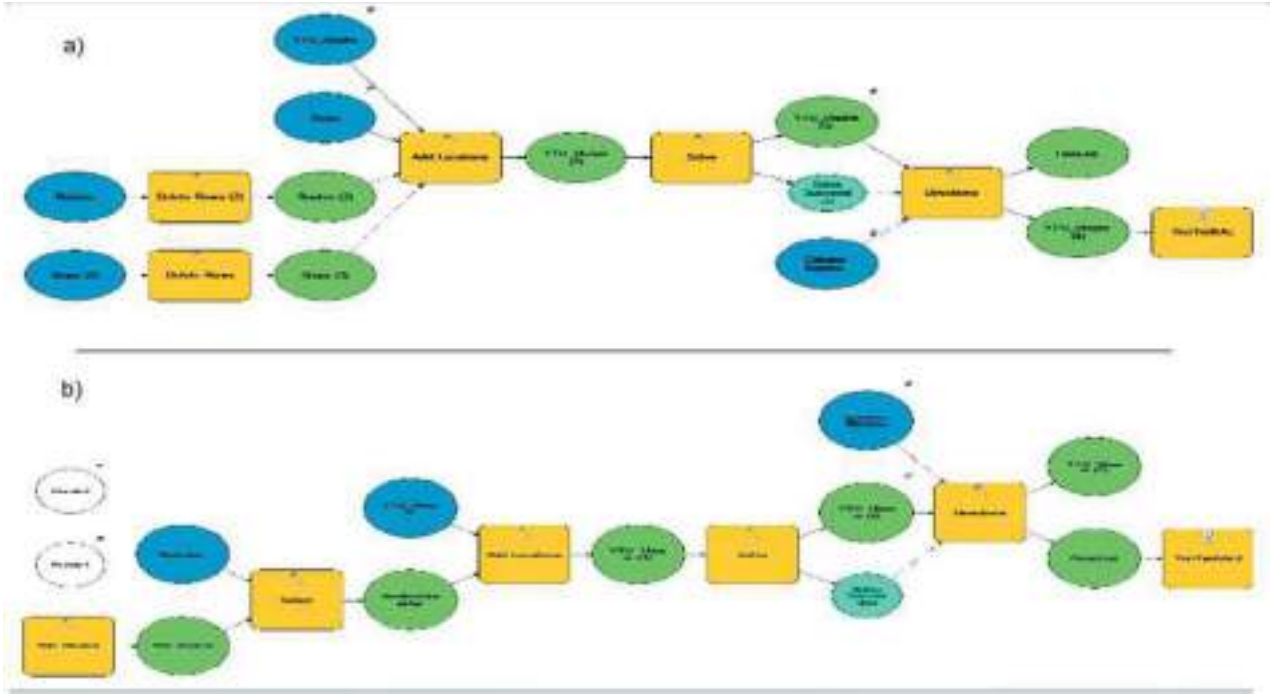


Şekil 4. YTÜ İnşaat Fakültesi 3 boyutlu modeli.



Şekil 5. Üç boyutlu topolojik ağ modeli.

Kullanıcının imleç ile seçtiği duraklar arasındaki ve oda numaraları üzerinden yapılan sorgularla seçilen duraklar arasındaki en kısa yolu bulmak amacıyla "Modelbuilder" ortamında CBS fonksiyonları entegre edilerek iki adet araç geliştirilmiştir. Şekil 6'da bu araçlar gösterilmiştir. Çizelge 2'de kullanılan ArcGIS fonksiyonları, açıklamaları ve yapılan eklentiler verilmiştir.



Şekil 6. a) Kullanıcın imleç ile seçtiği duraklar arası en kısa güzergah analizini gerçekleştiren araç
b) Oda numarası girilerek seçilen duraklar arası en kısa güzergah analizini gerçekleştiren araç.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ortamında binaların 3 boyutlu modelinin oluşturulması, 3 boyutlu ağ analizleri yardımıyla bina iç ve dış mekânda duraklar arası en kısa güzergahın belirlenmesi ve duraklar arası adres bilgisinin ekranda görüntülenmesi sağlanmıştır (Şekil7).

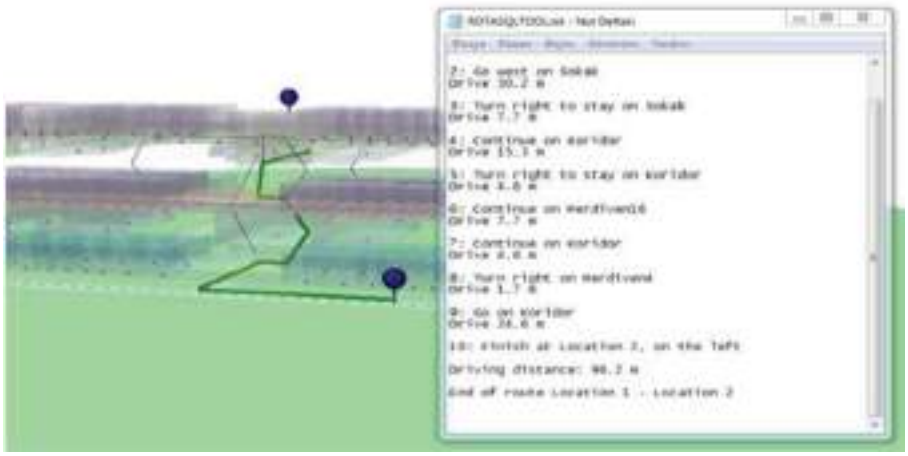
Kapalı alan konum belirleme sistemlerinde kullanılan ölçü teknikleri incelenmiş ve ArcGIS yazılımının 3 boyutlu ulaşım ağı analizlerindeki yeterliliği araştırılmıştır. Kapalı alan konumlandırma sistemleri arasında WLAN, Bluetooth, RFID ve SLAM teknolojisine dayanan teknikler uygulama kolaylığı ve maliyet açısından ön plana çıkmaktadır. Artırılmış gerçeklik uygulamalarının geleceği bu teknolojilerin gelişmesine bağlı görülmektedir.

Bugün ticari ürün olarak sunulan kapalı alan konumlandırma sistemlerinde bu tekniklerin hibrit olarak kullanıldığı görülmektedir.

Kapalı alan konumlandırma sistemlerinde 3 boyutta konum belirlemek mümkün olsa da genellikle 2 boyutlu konum belirleme tercih edilmektedir. Bu durumun ana sebebi olarak, kurulum aşamalarında elektromanyetik dalgaların yayılımına yönelik modellerin 2 boyutlu enterpolasyon yöntemleri ile üretilmesi gösterilebilir. Artık çoğu akıllı cihazda bulunmakta olan barometre, ivme ölçer ve jiroskop donanımını kapalı alanlarda konum belirleme çalışmalarında konumlandırma sistemine entegre etmeye yönelik çalışmalar vardır. Ölçümlerde kullanılan elektromanyetik dalgaların 3 boyutta yayılımı için modeller elde edilmesi durumunda bu imkânlardan daha fazla faydalanılabilir.

Çizelge 2. Kullanılan ArcGIS fonksiyonları, açıklamaları ve yapılan eklentiler.

Araç	Açıklama	Python Koduna Örnek
Make Route Layer	Güzergah ağı analizi tabakası oluşturur. Navigasyon özellikleri ayarlanır.	
Add Locations	Ağ analiz katmanına, fonksiyonlara girdi olarak alınan detayların eklenmesinde kullanılan araçtır. Ağ analiz katmanında hedef detay sınıfı bu aracın girdisidir.	
Solve	En kısa yol analizini, ağ analiz katmanı oluşturulurken belirtilmiş olan ölçüte göre gerçekleştiren araçtır.	
Directions	Hesaplanan rotadan ağ veri setine uygun biçimde yön tarifi oluşturmak için kullanılan araçtır.	
Calculate Values	Modelbuilder ortamına özel olan bu araç ile girdi olarak alınan değerler çeşitli düzenleme işlemlerine tabi tutulabilmektedir.	def SQL_Sorgusu_Olustur(): Deger = “ODA_NO = ‘{}’ OR ODA_NO = ‘{}’”.format(“%Durak1%”.upper(), “%Durak2%”.upper()) return Deger
Select	Bu araç ile SQL sorguları yapılarak seçme işlemleri yapılmaktadır. Seçilen detaylar yeni bir detay sınıfına kopyalanır.	
TarifBelgesiAc	Yazılım tarafından oluşturulan yön tarifi dosyasını otomatik olarak açmak için oluşturulan Python dilinde yazılmış script aracıdır.	# -*- coding: cp1254 -*- İmport os os.startfile(“C:/BitirmeDirections/ROTASQLTOOL.txt”)



Şekil 7. Bina iç mekân ve dış mekândan seçilen iki durak arası en kısa yol ve adres görüntüleme.

Mevcut CBS yazılımları, kapalı alanlarda navigasyon uygulamaları geliştirmek için gerekli, çok katlı yapılarda hareketin modellenebileceği 3 boyutlu ulaşım ağlarının kurulmasına olanak tanımaktadır. Bu yazılımlar 3 boyutlu modelleri çevrimiçi yayınlamaya uygun formatlara dönüştürebilmektedir. Ancak 3 boyutlu ulaşım ağı analizlerini çevrimiçi gerçekleştirebilmek için özel yazılım bileşenleri gerekmektedir. Ayrıca mobil ortamda 3B CBS verilerini mekânsal analiz fonksiyonları ile sunabilen bir platform bulunmamaktadır. ESRI firmasına ait ArcGIS Campus Viewer kütüphanesi çevrimiçi 3B CBS uygulamaları için görselleştirme, sorgulama ve ulaşım ağı analizi imkânı sunmaktadır. İlerleyen zamanda radyo frekans ve SLAM tabanlı teknikleri hibrit bir biçimde kullanabilecek, mobil platforma uyumlu, artırılmış gerçeklik ve 3B-CBS alanlarını buluşturan çalışmalar yapılması planlanmaktadır.

6. TEŞEKKÜR

Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi'nin 3 boyutlu modelinin oluşturulmasında kullanılan CAD formatındaki verileri sağlayan Yıldız Teknik Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı'na teşekkürü bir borç biliriz.

KAYNAKLAR

Coşar, M., 2014. Üniversite Yerleşkelerinde Wi-Fi Erişim Noktaları Kullanılarak Konum Belirleme Çalışması. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi,* 6(3): 1-9.

Demiral, E., Karaş, İ.R. ve Turan, M.K., 2013. RFID Sistemleri ile Konum Belirleme Uygulamaları. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.

Durrant-Whyte, H. ve Bailey T., 2006. Simultaneous localization and mapping: part I. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 13(2): 99-110.

Egodagamage R. ve Tuceryan M., 2018. Distributed Monocular Visual SLAM as a Basis for a Collaborative Augmented Reality Framework. *Computers & Graphics*, 71:113-123.

Karaş, İ. R., 2007. Objelerin Topolojik İlişkilerinin 3B CBS ve Ağ Analizi Kapsamında Değerlendirilmesi. *Doktora Tezi*. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kwan, M.-P. ve Lee J., 2005**.** Emergency response after 9/11: the potential of realtime 3D GIS for quick emergency response in micro-spatial environments. *Computers, Environment and Urban Systems*, 29(2): 93-113.

Nguyen-Gia, T., Dao M. ve Mai-Van, **C.,** 2017. A Comparative Survey of 3D GIS Models. *4th NAFOSTED Conference on Information and Computer Science,* Hanoi, 126-131.

Ni L. M., Liu Y., Lau Y. C. and Patil A. P., 2004. LANDMARC: indoor location sensing using active RFID. *Proceedings of the First IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, 2003. (PerCom 2003).*, Fort Worth, TX, 407-415.

Montanes, J. P., Rodriguez, A. M., & Prieto, I. S., 2013. Smart Indoor Positioning/Location and Navigation: A Lightweight Approach. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 2(2): 43-50.

Smith, G. ve Friedman J., 2004. 3D GIS: A Technology Whose Time Has Come. *Earth Observation Magazine*, Kasım, 16-19.

Şafak, I., 2014. Kapalı Ortamlarda RFID-Tabanlı Konum Belirleme. *Akademik Bilişim'14 - XVI. Akademik Bilişim Konferansı*, Mersin.

Xiong, J. ve Jamieson K., 2013. ArrayTrack: A Fine-Grained Indoor Location System. *Proceedings of the 10th USENIX Conference on Networked Systems Design and Implementation*, Lombard.

Zlatanova, S., Rahman A. A. ve Pilouk, **M.**, 2002. 3D GIS: Current status and perspectives. *Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications*, Ottawa.

BİBLİYOGRAFYA

Biljecki, F., Ledoux, H. ve Stoter, J. 2016. An improved LOD specication for 3D building models. *Computers, Environment and Urban Systems,* 59, 25-37.

Lwner, M.O., Grger, G., Benner, J., Biljecki, F. ve Nagel, C. 2016. Proposal for a new lod and multi-representation concept for Citygml. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, *IV-2/W1*.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6666

KOZMİK IŞINLARIN RADAR VERİSİ ÜZERİNDEKİ MUHTEMEL ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Hakan KÖKSAL[1], Ali KILÇIK[2], Nusret DEMİR[3]

[1]Yl. Öğr., Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Ana Bilim Dalı, 07058, Antalya, koksalhakan@outlook.com
[2]Doç., Dr. Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Uzay Bilimleri Ve Teknolojileri Bölümü, 07058, Antalya, alikilcik@akdeniz.edu.tr
[3]Dr.Öğr.Üyesi., Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Uzay Bilimleri Ve Teknolojileri Bölümü, 07058, Antalya, nusretdemir@akdeniz.edu.tr

ÖZET

Çalışmada, radar görüntüleri üzerindeki benek etkisi(speckle) SNAP yazılımı aracılığıyla giderilmiştir. Filtrelenmiş veri ile kalibre edilmiş ham veri arasındaki yansıma değerleri farkı kozmik ışın şiddet verileri ile karşılaştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda çalışma alanına ait her 12 günde ve aynı saatte alınmış, aynı tarama açısına sahip 87 Radar verisinin benek değerlerini temsil eden geri saçılım değerleri ve bu değerlerin medyan değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra bu verilerin ortalaması alınarak aylık veriye dönüştürülmüştür. Son olarak bu aylık benek medyan verileri ile aylık kozmik ışın şiddeti verileri arasında korelasyon analizi yapılmış ve pozitif yönde 0.70 değerinde yüksek derece anlamlı bir korelasyon elde edilmiştir

Anahtar Sözcükler: kozmik ışınlar, radar, korelasyon analizi

ABSTRACT

THE RESEARCH OF THE POSSIBLE EFFECT OF COSMIC RAYS ON RADAR DATA

In the study, the speckle effect on the radar image has been removed with SNAP software. The difference between the reflectance values of the filtered data and the calibrated raw data have been compared with the cosmic ray intensity data. The temporal resolution of radar data which used in the study is 12 days and the data have a same scan angle. The backscattering values representing the speckle values of these data and the medians of these values have been calculated. Then, the average of these data have been converted into monthly data. Finally, a correlation analysis was performed between this monthly speckle median data and the monthly cosmic ray intensity data, and a high degree of correlation of 0.70 in the positive direction has been obtained.

Keywords: cosmic rays, radar, correlation analysis

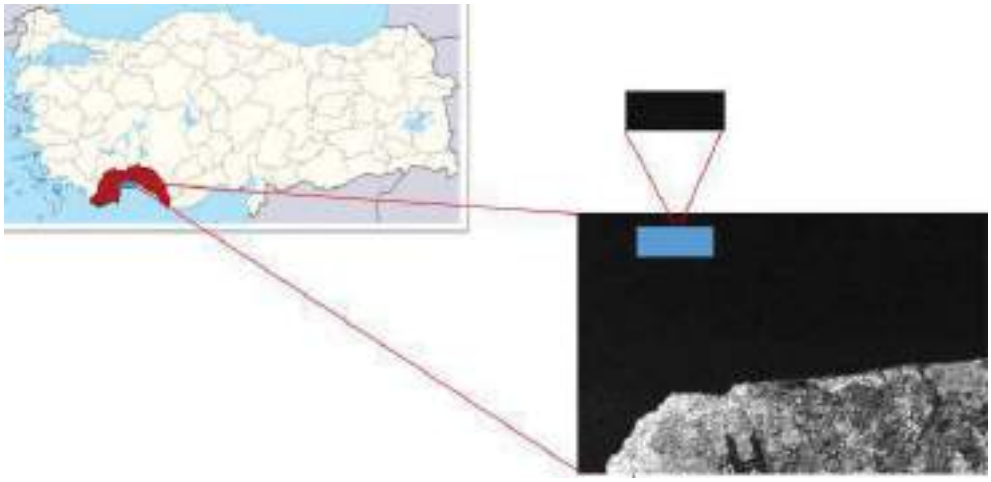
1. GİRİŞ

1.1. Kozmik Işınlar ve Radar Görüntülerine Etkisi

Kozmik ışınlar, Güneş Sistemi'nin dışından sürekli olarak Dünya atmosferine giren ve yeryüzüne kadar ulaşabilen çeşitli atomaltı parçacıklarıdır. Birincil ve ikincil olmak üzere iki grupta incelenirler. Birincil kozmik ışınlar, doğrudan yeryüzüne ulaşabilen çok yüksek enerjili kozmik ışınlardır ve genellikle Hidrojen(Proton) veya Helyum(Alfa Parçacığı) çekirdeklerinden oluşmaktadırlar. Kozmik ışınlar atmosferden geçerken atmosferde bulunan gaz atomları ile çarpışmakta ve bu durumda parçacık reaksiyona girerek başka parçacıklar hâlini almaktadır. Bu durumda yere ulaşan daha düşük enerjili kozmik ışınlar ise ikincil kozmik ışınlardır. (Yavuz S, 2016). Birincil kozmik ışınlar uyduların elektronik sistemine etki ederek görüntülerdeki yansıma değerlerini etkileyebilmektedir. Çalışmada benzer bir etkinin incelenmesi amacı ile radar görüntülerindeki benek (speckle) değerlerindeki zamansal değişim kozmik ışın şiddeti verileri ile karşılaştırılmıştır. Burada bahsettiğimiz benek (speckle) etkisi ise şu şekilde açıklanabilir; Bir SAR görüntüsü ardışık radar darbelerinden geri saçılma geri dönüşlerini işleyerek oluşturulduğunda, bu etki şiddeti bir tuz-ve-biber olarak kendini gösteren bir piksel-piksel varyasyonuna neden olur. (Goodman, 1976; Lee vd., 1994). Bu parlak ve koyu pikseller, homojen alanlarda sabit bir ortalama radyometrik seviyeye sahip olmayan SAR görüntüsüyle sonuçlanır (Bruniquel ve Lopes, 1997). Benek(speckle) etkisinin kaynağı, bir yüzey üzerinde bulunan çok sayıdaki saçıcıdan gelen tutarlı geri dönüş arasındaki, rastlantısal radar dalgasının bir dalga boyunun ölçeği (yani bir çözünürlük hücresi) arasındaki rastlantısal etkileşimle açıklanır. (Gagnon ve Jouan, 1997).

1.2. Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak Antalya Lara bölgesinde Greenwich' e göre 30°46'53.85"E ve 36°50'40.58"N merkez koordinatlarına sahip bir alan seçilmiştir. Bu alana ait radar görüntülerinden geri saçılım değerlerinin homojen olarak incelenebilmesi (geri saçılım değerlerinde farklılaşmaya sebep olabilecek faktörlerden etkilenmemek) için kıyıya 5,10 mil(deniz mili) uzaklıktaki deniz bölgesinden veri kesilmiş ve çalışmada kullanılmıştır. Çalışma alanını temsil eden görüntü **Şekil 1**' de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanının Türkiye haritası üzerindeki görüntüsü ve ayrıntılı görüntü.

1.3. Kullanılan Veriler ve Yöntemler

Çalışmada kullanılan radar görüntüsü verileri ESA (Avrupa Uzay Ajansı) nın resmî internet sitesi üzerinden elde edilmiştir. Çalışmada kullanılmak üzere 2014 Ekim – 2017 Ekim tarihleri arasında, aynı tarama açısına sahip GRD(Ground Range Detected) formatında 87 radar görüntüsü alınarak analize hazır hâle getirilmiştir. Görüntülerdeki benek etkisinin(speckle) dağılımını homojen olarak gözlemleyebilmek amacı ile her 12 günde bir aynı saatte alınmış ve aynı tarama açısına sahip veriler kullanılmıştır.

Benek(speckle) değerlerinin elde edilmesinde veriye sırasıyla kalibrasyon ve speckle filtresi işlemleri uygulanmıştır. Elde edilen bu iki veri Python yazılımı aracılığı ile sayısal olarak okunmuş ve farkları hesaplanmıştır. Fark değerlerinin medyanları hesaplanmış ve bu değerler kullanılarak aylık ortalama medyan değerleri elde edilmiştir. Elde edilen değerlerin yaklaşık olarak normal dağılım gösterdiği bulunmuştur. Öte yandan verinin zamanla değişim grafiği çizildiğinde artan yönde bir trende sahip olduğu görülmüş olup kozmik ışın şiddeti verilerinde de benzer bir trend(gidişat) olduğu gözlemlenmiştir. İki veri seti arasındaki uyumun derecesi ve yönünü belirlemek için pearson korelasyon analizi uygulanmış ve 0,70 değerinde yüksek derecede pozitif korelasyon elde edilmiştir.

2. UYGULAMA

2.1. Kalibrasyon ve Benek Etkisi(Speckle) Filtresi

Öncelikle Radar verilerinin anlamlı şekilde kullanılabilmesi için kalibrasyon işlemi gerekir. Bu işlem sonrasında veri radyometrik olarak düzeltilmiş olur ve yansıtıcı yüzeyin geri saçılımını temsil eder. Benek etkisi(speckle) SAR görüntüsünde doğal olarak oluşan ve görüntü kalitesini düşüren gürültüdür. Gürültü azaltılırken radyometrik bilgide, geometrik çözünürlükte, kenar bilgisinde ve doku bilgisinde en az kayıp amaçlanır.

Bu işlem iki yolla yapılır;
1- Sık sık veri toplanarak
2- Görüntü işleme teknikleri kullanılarak(speckle filter)

Çalışmada benek etkisinin giderilmesi için Lee filtresi kullanılmıştır. Lee filtresi (Lee, 1981), ilgili pikselin ortalama ve varyansının, kullanıcı tarafından seçilen hareketli çekirdek içindeki tüm piksellerin lokal ortalaması ve varyansına eşit olduğu varsayımına dayanmaktadır. Piksel değerleri aşağıda verilen eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$DNout = [\ Mean\ ] + K[\ DNin - Mean\ ] \quad (1)$$

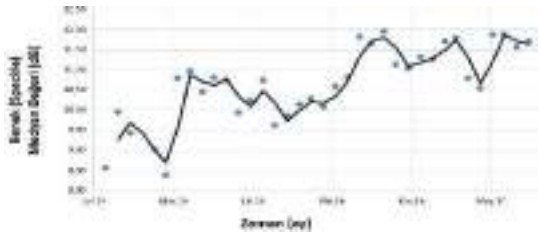
Burada; $K = Var(x) / ([Mean]^2\sigma^2 + Var(x))$, DNout = filtrelenmiş piksel DN değeri, Mean = Kernelin içindeki piksellerin ortalaması ve DNin = ilgilenilen piksel değerini temsil etmektedir.

2.2.Görüntüler Arasındaki Farkın İncelenmesi

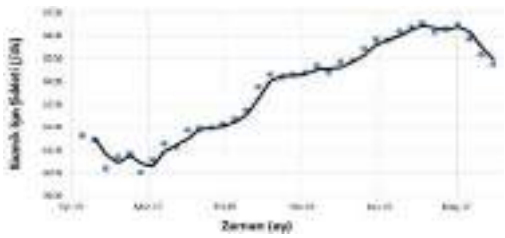
Görüntülerin sayısal olarak açılması ve yansıma değerlerinin farkının incelenmesi için Python yazılım dili kullanılmıştır. Benek (Speckle)filtresi uygulanmış veri ile ham veri değerleri birbirinden çıkarılmış, elde edilen benek(speckle) değerlerinin medyanı hesaplanmıştır. İncelenen zaman zarfında (Ekim 2014 - Ekim 2017) elde edilen 87 veri için veri setine ait örnek değerler **Çizelge 1**' de, aylık medyan ve kozmik ışın şiddeti değerlerinin zamansal değişim grafikleri **Şekil 2**'de verilmiştir.

Çizelge 1. Veri setinden örnek.

Tarih	Medyan	Tarih	Aylık Medyan	Kozmik Işın
21.11.2014	10,87	**Şubat 2015**	9,01	6084,39
03.12.2014	8,72	**Mart 2015**	8,38	6002,81
15.12.2014	8,84	**Nisan 2015**	10,79	6057,47
27.12.2014	10,69	**Mayıs 2015**	10,96	6129,9
08.01.2015		**Haziran 2015**	10,45	6113,6
13.02.2015	8,84	**Temmuz 2015**	10,79	6186,74
25.02.2015	9,17	**Ağustos 2015**	10,74	6195,81



Aylık medyan değeri zamansal değişim grafiği



Aylık kozmik ışın şiddeti zamansal değişim grafiği

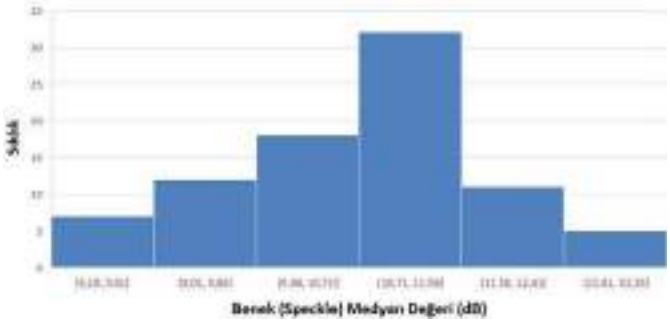
Şekil 2. Aylık medyan ve kozmik ışın şiddeti değerlerinin zamansal değişim grafikleri.

2.3. Normal Dağılım Testi

Veri setinin/setlerinin normal dağılım gösterip göstermediğini test etmek için IBM-SPSS yazılımı kullanılmıştır. Sonuç raporunda dikkat edilecek nokta çarpıklık(skewness) ve basıklık(kurtosis) değerlerinin +1.5 -1.5 aralıklarında olmalarıdır(Tabachnick ve Fidell, 2013). Yapılan test sonucunda verinin normal dağılım gösterdiği bulunmuştur. **Çizelge 2**' de test sonucunda elde edilen çarpıklık ve basıklık değerleri verilmiştir. Normal dağılım histogramı ise **Şekil 3**' te gösterilmektedir.

Çizelge 2. Normal dağılım testinde elde edilen çarpıklık ve basıklık değerleri.

Çarpıklık (skewness)	**-0,198**
Basıklık (kurtosis)	**0.087**

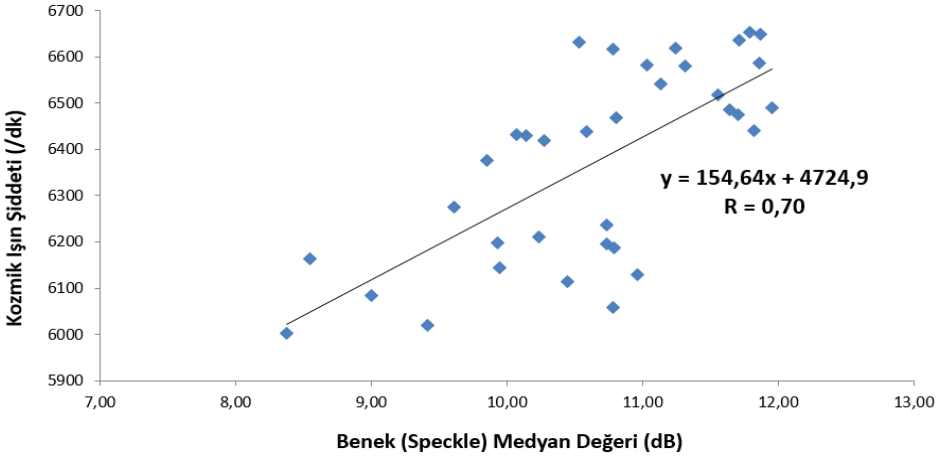


Şekil 3. Aylık ortalama benek değerlerinin sıklık dağılımı.

2.4. Korelasyon Analizi

Korelasyon analizi iki veri seti arasındaki uyumun derecesi ve yönünü belirlemek için kullanılan en önemli istatistik yöntemlerinden birisidir. Bu çalışmada aylık medyan ve kozmik ışın şiddeti verilerine Pearson korelasyon analizi

yöntemi uygulanarak iki veri seti arasındaki korelasyon katsayısı hesaplanmıştır. Korelasyon analizinde elde edilen iki verinin birbirine göre değişim grafiği grafiği ve korelasyon katsayısı **Şekil 4**'te gösterilmektedir.



Şekil 4. Aylık benek medyan ve kozmik ışın şiddeti değerlerinin birbirine göre değişimi. Grafikte denklem iki veri seti arasındaki en iyi lineer fitin denklemi ve R de iki veri seti arasındaki Pearson korelasyon katsayısıdır.

3. SONUÇ

Bu çalışmada, Antalya Lara bölgesinde Greenwich'e göre 30°46'53.85"E ve 36°50'40.58"N merkez koordinatlarına sahip bir alandan Ekim 2014 – Ekim 2017 tarihleri arasına ait her 12 günde, aynı tarama açısına sahip 87 radar verisi elde edilmiştir. Geri saçılım değerlerinin homojen olarak incelenebilmesi için radar görüntülerinin kıyıya 5,10 mil(deniz mili) uzaklıktaki deniz bölgesinden bir alan kesilmiş ve çalışmada kullanılmıştır. Radar görüntülerindeki benek(speckle) etkileri SNAP yazılımı aracılığıyla giderilmiş ve ham veri ile arasındaki benek(speckle) değerleri Python yazılımı aracılığı ile hesaplanmıştır. Son olarak verilerin ortalaması alınarak aylık veriye dönüştürülmüş ve aylık kozmik ışın şiddeti verileri ile arasında Pearson korelasyon analizi uygulanmıştır. Analiz sonuçları incelendiğinde; aylık medyan değerleri ile kozmik ışın şiddeti verisi arasında pozitif yönde 0.70 değerinde yüksek derece anlamlı bir korelasyon elde edilmiştir(**Şekil 4**). Buna göre kozmik ışın şiddeti arttığında buna paralel olarak kalibre edilmiş ve ham verinin geri saçılım değerleri arasındaki fark da artmaktadır. Dolayısıyla kozmik ışınların Radar görüntüleri üzerinde bir etkisi olduğu değerlendirilmektedir.

Çalışmanın ileri aşamasında; nesnelerin bulunduğu görüntülerde kozmik ışınların etkisini inceleyebilmek amacı ile, aylık toplam yağış değerleri kullanılarak nemliliğin geri saçılım değerleri üzerindeki etkisi kaldırılabilir.

4.KAYNAKLAR

Lee, J.S., 1981, Speckle Analysis and Smoothing of Synthetic Aperture Radar Images. Computer Graphics and Image Processing, 17(1), pp. 24-32.

Goodman, J. W., 1976, "Some Fundamental Properties of Speckle," Journal of the Optical Society of America, 66(11):1145-1150.

Gagnon, L., Jouan, A., 1997, Speckle Filtering Of SAR Images: A Comparative Study Between Complex-Wavelet-Based And Standard Filters, SPIE Proc. #3169, conference "Wavelet Applications in Signal and Image Processing V", San Diego, 199.

Lee, J.-S., Jurkevich, I., Dewaele, P., Wambacq, P., and A. Oosterlinck, 1994, "Speckle Filtering of Synthetic Aperture Radar Images: A Review," Remote Sensing Review, 8:313-340.

Bruniquel, J. and A. Lopes, 1997, "Multivariate Optimal Speckle Reduction in SAR Imagery," International Journal of Remote Sensing, 18(3):603-627.

Tabachnick, BG., Fidell, LS., 2013, Using Multivariate Statistics (sixth ed.)Pearson, Boston.

Yavuz, S., 2016, https://gokbilimi.net/kozmik-isinlar/[Erişim tarihi: 04.08.2018].

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7016

3DETECTOR - LIDAR NOKTA BULUTU VERİSİNDEN OTOMATİK AĞAÇ KONUMU BELİRLEME SİSTEMİ

Büşra ŞAHİN[1], Cengiz GÜZEL[2], Sıla BAŞ[3], Mustafa TÜRKER[4]

[1]Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 06800, Ankara, busraasahin@yandex.com
[2]Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 06800, Ankara, cengizguzelll@yandex.com
[3]Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 06800, Ankara, sila.bass@yandex.com
[4]Prof. Dr. Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 06800, Ankara, mturker@hacettepe.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, LiDAR (Light Detection and Ranging) nokta bulutu verisinden ağaç konumlarını otomatik belirleyen bir sistem (3Detector) geliştirilmiştir. Sistem; 'Las Infos', 'Functions', 'Tree Detection' ve 'Output' bileşenlerinden oluşmaktadır. 'Las Infos' bileşeni, girdi nokta bulutu verisine ait istatistiksel bilgileri göstermektedir. 'Functions' bileşeninde Blunder Removing, Ground Points, Non-Ground Points, Ground and Non-Ground Points, DTM (Digital Terrain Model) ve DSM (Digital Surface Model) fonksiyonları yer almaktadır. 'Tree Detection' bileşeni; iki ağaç arasındaki ortalama mesafeyi kullanıcıdan girdi alarak K-Means kümeleme algoritması ile ağaç konumlarını otomatik tespit etmektedir. 'Output' bileşeni; uygulamalar neticesinde elde edilen hatalardan arındırılmış verinin, yer ve yer üstü noktaların ve otomatik tespit edilen ağaç konumlarının koordinatlarının text formatında kaydedilmesini sağlamaktadır. Geliştirilen sistemin, İzmir Bergama bölgesinde seçilen ağaçlık bir alanda testleri neticesinde %75.2 doğruluk oranı elde edilmiştir. LiDAR verisi kullanarak ağaçların tespit edilmesi, nesne çıkarımı için önemli bir başlangıç adımıdır. Ağaç konumlarının belirlenmesi tarım alanlarının ve ormanların yönetimi için önemlidir. Sürdürülebilir tarım ve orman yönetimi bilgisi için, sadece gelecekteki tarım ve orman yönetiminin planlanması yeterli değildir. Bununla birlikte, tarım alanlarının ve ormanların mevcut durumlarının belirlenmesi de gerekmektedir. Bu nedenle tarım alanlarının ve ormanların izlenmesi ve bu alanlarda oluşan hasarların değerlendirilmesi gibi çeşitli uygulamalar için ağaç konumlarının otomatik belirlenmesi zorunlu olmuştur. Bu çalışmada geliştirilen 3Detector sistemi bu amaçlar için kullanılabilinir.

Anahtar Sözcükler: otomatik ağaç konumu belirleme, LIDAR, nesne çıkarımı, sayısal arazi modeli, sayısal yüzey modeli

ABSTRACT

3DETECTOR - DEVELOPING AUTOMATIC TREE DETECTION SOFTWARE FROM 3D LIDAR POINT CLOUD

In this study, a system (3Detector), which automatically detects tree locations from the LiDAR (Light Detection and Ranging) point cloud data, was developed. The system consists of the components 'Las Infos', 'Functions', 'Tree Detection' and 'Output'. The 'Las Infos' component displays the statistical information about the input point cloud data. The 'Functions' component consists of the functions Blunder Removing, Ground Points, Non-Ground Points, Ground and Non-Ground Points, DTM (Digital Terrain Model) and DSM (Digital Surface Model). The 'Tree Detection' component automatically detects tree locations using the K-Means clustering algorithm by taking the average distance between two trees from the user. The 'Output' component records the coordinates of the denoised data, ground and non-ground points, and the automatically detected tree locations in text format that are obtained as a result of the applications. As a result of the test of the developed system on a selected woodland field in the Bergama, İzmir region, 75.2% accuracy rate was achieved. Detecting trees using LiDAR data is an important initial step for object extraction. Detection of tree locations is important for the management of agricultural lands and forests. For sustainable agriculture and forest management, the planning of future agriculture and forest management only is not sufficient. It is also necessary to determine the current conditions of the agricultural areas and forests. Thus, automatic detection of tree locations has become necessary for various applications, such as the monitoring of agricultural areas and forests, and damage assessment that occur in these areas. The 3Detector system developed in this study can be used for these purposes.

Keywords: tree detection, LiDAR, object detection, digital terrain model, digital surface model

1.GİRİŞ

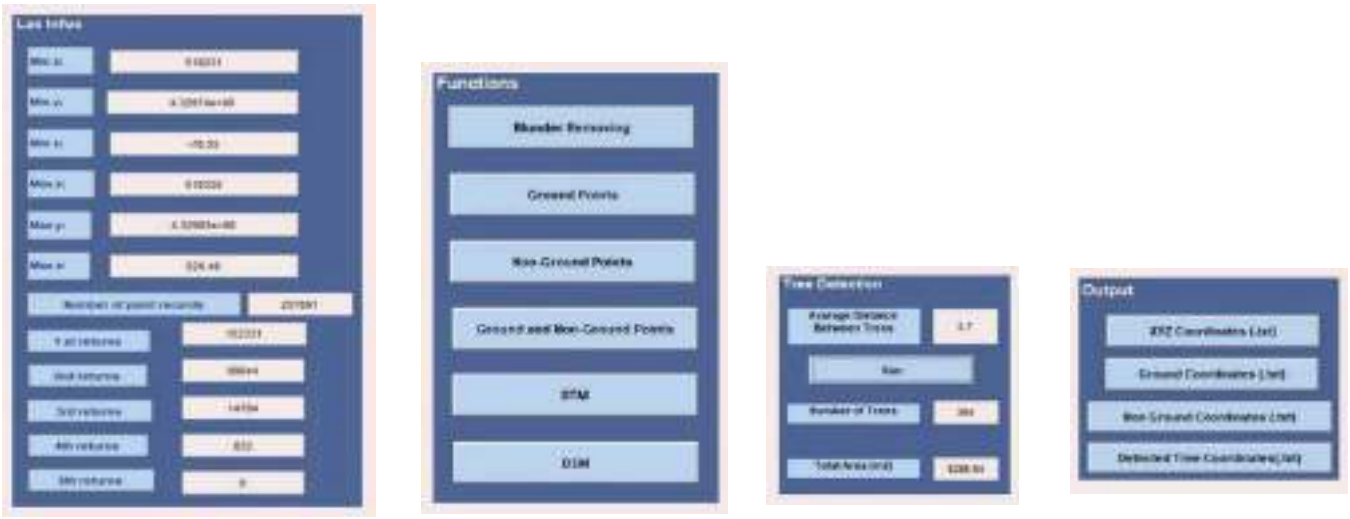
Lazer tarama 2000'li yılların başında geliştirilmiş, geleneksel ölçme tekniklerine göre çok daha hızlı ve kapsamlı veri sunan, 3 boyutlu nokta bulutu bilgileri ile yüksek doğrulukta sonuçlar elde edebilen bir teknolojidir. LiDAR (Light Detection and Ranging), şehir merkezleri, ormanlık alanlar ve enerji nakil hatları gibi ölçümlerin güçlükle yapılabildiği bölgeler için yeni imkânlar sunmaktadır. LiDAR nokta bulutu verisinden otomatik nesne çıkarımı ile ilgili çalışmaların son yıllarda hızla arttığı görülmektedir. Bu çalışmalara örnek olarak, bina sınırı çıkarımı (Torun vd., 2013), bina çatısı çıkarımı (Düzgün vd., 2013), yol çıkarımı (Harita Genel Komutanlığı, 2012), araç çıkarımı, enerji nakil hatlarının çıkarımı, kıyı kenar çizgisi çıkarımı (Kalkan vd., 2010) ve ağaç çıkarımı verilebilir. LiDAR nokta bulutu verisinden otomatik ağaç tespiti son yılların yaygın araştırma konuları arasında yer almıştır. Bu konuda yapılmış olan çalışmalardan Biener vd. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada geliştirilen algoritmanın lazer tarayıcı ile elde edilmiş 574 ağaç üzerinde yapılan testleri neticesinde %97.4 başarı oranı elde edilmiştir. Yanlış tespit olasılığını düşürmek amacıyla ağaçların kök çapları kullanılan parametreler arasına dahil edilmiştir. Rutzinger vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada mobil lazer tarama verileri kullanılarak alfa şekilleri yöntemi ile tek ağacın özelliklerinin bulunması amaçlanarak tespit edilen ağaç cinslerinin ve aynı cins ağaçların kümelerinin büyüklükleri belirlenmiştir. Karslı vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada ise hava lazer tarama verileri kullanılarak, Viyana şehir merkezi test alanında RANSAC algoritmasıyla verilerin sınıflandırılmasında tatmin edici düzeyde sonuçlar üretildiği ortaya konmuştur. Özdemir (2012) tarafından yapılan bir çalışmada yersel lazer tarama verileri kullanılarak tek ağaç özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmış, tespit edilen ağaç cinslerinin ağaç gövdeleriyle orantılı olduğu belirlenmiştir. Yakın zamanda Akgül vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada, yersel lazer tarama verileri kullanılarak kentsel ortamlardaki bireysel ve aile şeklinde ağaçların modellenmesine yönelik parametrelerin ölçümü yapılarak statik ve dinamik kitle oranları ve ilişkileri 3 boyutlu ağaç modeli üzerinde ortaya konulmuştur.

Bu çalışmanın amacı belirtmiş olduğumuz eski çalışmalardan yola çıkarak, LiDAR nokta bulutu verisinden ağaç konumlarını otomatik olarak tespit eden ve bu tespit işleminin yanı sıra hatalı noktaların temizlenmesi, yer filtrelemesi, sayısal arazi ve yüzey modellerinin üretilmesi ve girdi nokta bulutu verisine ait istatistiksel bilgilerin gösterilmesine olanak sağlayan fonksiyonları içeren bir sistem geliştirmektir. Sistemin testleri için, İzmir- Bergama ilçesi sınırları içinde yer alan düzenli ekim aralığına sahip bir ağaçlık alan seçilmiş, bu alana ait 3 boyutlu nokta bulutu verisi kullanılmıştır. Çalışmada tarım alanları veya ormanlardan elde edilen LiDAR nokta bulutu verisinden yer filtreleme, Sayısal Arazi Modeli (SAM) ve Sayısal Yüzey Modeli (SYM) üretimi, ağaçların konumlarını belirleme, .las formatlı verinin .txt formatında kaydedilmesi işlemleri yüksek bir doğruluk ile gerçekleştirilmiştir. LiDAR ile elde edilen verilerin doğruluğunun, geleneksel ölçme yöntemleri ile elde edilen verilere göre çok daha yüksek olması ve 3 boyutlu LiDAR nokta bulutu verisinden, otomatik nesne çıkarılması alanında geliştirilmiş yazılımların yaygın olmaması durumları düşünüldüğünde, mevcut sistemin geliştirilmesi ile yapılabilecek işlemlerin bu alana önemli katkıları olacağı düşünülmektedir.

1.1 Sistem Bileşenleri

Geliştirilen sistem 4 bileşenden oluşmaktadır (Şekil 1). Bu bileşenler; *Las Infos*, *Functions*, *Tree Detection* ve *Output* olarak adlandırılmıştır. *Las Infos* bileşeni, girdi nokta bulutu verisine ait istatistiksel bilgileri göstermektedir. Bu istatistiksel bilgiler; minimum ve maximum x-y-z değerleri, kaydedilen nokta sayısı (Number of point records) ve kaydedilen noktaların dönüş sırası (Return numbers) bilgileridir (Şekil 1a). *Functions* bileşeninde sistemde kullanılabilecek fonksiyonlar yer almaktadır (Şekil 1b). Bu bileşen; hatalı noktaların giderilmesi (*Blunder Removing*), yer filtrelemesi işlemiyle yer ve yer üstü noktaların ayrılması (*Ground Points/ Non-Ground Points*), Sayısal Arazi Modeli (*SAM–Digital Terrain Model-DTM*) ve Sayısal Yüzey Modeli (*SYM–Digital Surface Model-DSM*) fonksiyonlarını içermektedir. *Tree Detection* bileşeni; kullanıcıdan iki ağaç arasındaki ortalama mesafeyi girdi alarak, ağaç konumlarını, ağaç sayısını ve toplam alanı otomatik tespit etmektedir (Şekil 1c). *Output* bileşeni; uygulanan fonksiyonlar sonucunda hataları giderilmiş veriye ait x-y-z koordinat değerlerini, yer ve yer üstü noktalara ait koordinat değerlerini ve otomatik olarak tespit edilmiş ağaçların koordinatlarını text (.txt) formatında kaydeden butonlardan oluşmaktadır (Şekil 1d).

Sistemde kullanılan yöntemler ve algoritmalar, yoğun matematiksel işlemler içermektedir. Dolayısıyla sistem bu matematiksel işlemleri hızlı ve doğru bir şekilde çözebilecek programlama dili olan MATLAB ortamında geliştirilmiştir. Sistem arayüzü geliştirilirken sade ve kullanışlı olmasına dikkat edilmiştir.

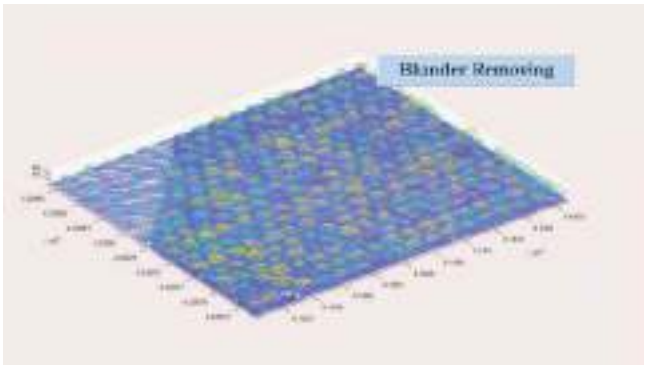


a) Las Infos b) *Functions* c) *Tree Detection* d) *Output*

Şekil 1. 3Detector sistem bileşenleri.

1.2 *Blunder Removing* Fonksiyonu

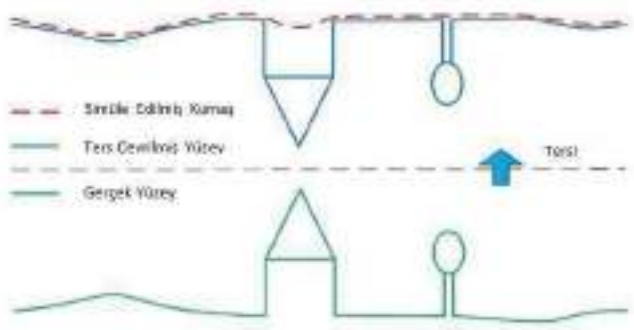
LiDAR nokta bulutu verisi, 3 boyutlu noktalardan oluşmaktadır. Ham veri, atmosferik etkiler sonucu hatalı noktalar içermektedir. Bu çalışmada, LiDAR nokta bulutu verisinden hataların giderilmesi için Kd-Ağacı (Kd-Tree) tabanlı algoritma kullanılmıştır. Kd-Ağacı, her düğümün bir k-boyutlu nokta olduğu ikili bir ağaçtır. Yaprak olmayan her düğümün, boşlukları alt uzaylar olarak bilinen iki bölüme ayıran bölünmüş bir hiper düzlem oluşturduğu düşünülebilir. Bu hiper düzlemin solundaki noktalar, o düğümün sol alt ağacını temsil eder ve hiper düzlemin sağ tarafındaki noktalar sağ alt ağaç tarafından temsil edilir. Hiper düzlemin yönü; ağdaki her düğümün, boyutun eksenine dik olan hiper düzlem ile k boyutlarından biriyle ilişkilendirilerek belirlenir. Belirli bir bölme için "x" ekseni seçilirse, alt ağaçtaki tüm noktalar düğümden daha küçük bir "x" değerine sahip olacak ve sol alt ağaçta tüm noktalar daha büyük "x" değerine sahip olacaktır. Bu durumda hiper düzlem, noktanın "x" değeriyle ayarlanır ve normali "x" ekseni birimidir. Algoritma tüm veri seti için tekrarlanır. Hatalı noktalar tespit edilerek veri setinden çıkartılır (Shen vd., 2014). Çalışma alanına ait LiDAR nokta bulutu verisinin, Kd-Ağacı algoritması ile hatalı noktaların giderilmesinden sonraki görünümü Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Hatalardan arındırılmış LIDAR nokta bulutu verisi.

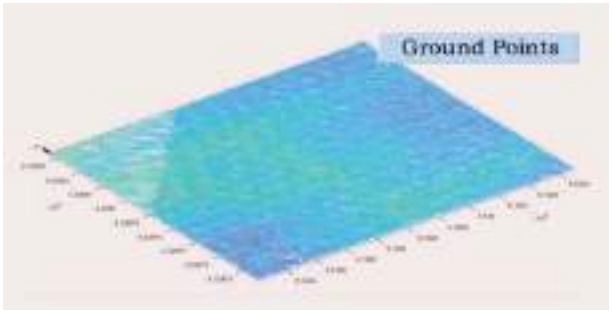
1.3 *Ground Filtering* ve *Non-Ground Filtering* Fonksiyonları

Ground Filtering ve *Non-Ground Filtering* fonksiyonları 3 boyutlu LiDAR nokta bulutu verisini yer ve yer üstü noktalara ayırmaktadır. SYM oluşturmak için yer noktalarının filtrelenmesi önemlidir. Bunun için çeşitli filtreleme algoritmaları geliştirilmiştir. Bununla birlikte, geliştirilen bu filtreleme algoritmalarında bile, yüksek doğruluk elde edebilmek için bir dizi karmaşık parametrelerin değerlerinin dikkatli bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, yer ve yer üstü noktalarını ayırmak için *Cloth Simulation Filtering (CSF)* kullanılmıştır (Zhang vd., 2016). Bu filtreleme yöntemi, 3 boyutlu bilgisayar grafik simülasyonudur ve basit bir fiziksel sürecin simülasyonuna dayanmaktadır. Yüzeye serilen hayali kumaşı simüle etmek için kullanılır (Şekil 3).

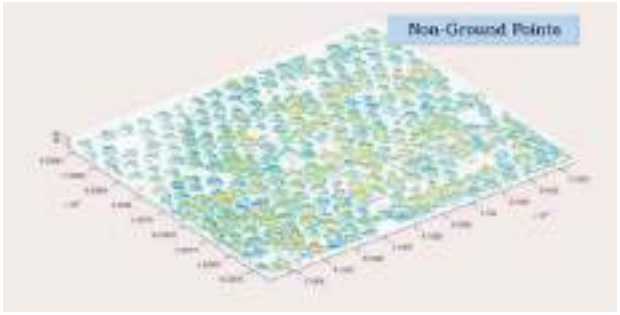


Şekil 3. Cloth Simulating Filtreleme Algoritması (Zhang and Qi, 2016).

Bu yaklaşımda, 3 boyutlu nokta bulutu verisi ters çevrilir ve çevrilen yüzey kumaş ile kaplanır. Kumaş düğümleri ve karşılık gelen LiDAR noktaları arasındaki etkileşimlerin analiz edilmesiyle kumaş düğümlerinin yerleri, zemin yüzeyinin üretilmesi için kullanılır. Üretilen yüzey ile yer noktaları elde edilmiş olur (Şekil 4a). 3 boyutlu nokta bulutu veri seti ters çevrilmeden yüzey kumaş ile kaplandığında; kumaş düğümleri ve karşılık gelen LiDAR noktaları arasındaki etkileşimlerin analiz edilmesiyle, kumaş düğümlerinin yerleri, yüzeyin üretilmesi için kullanılır. Böylece, üretilen yüzey ile yer üstü noktalar elde edilmiş olur (Şekil 4b).



a)

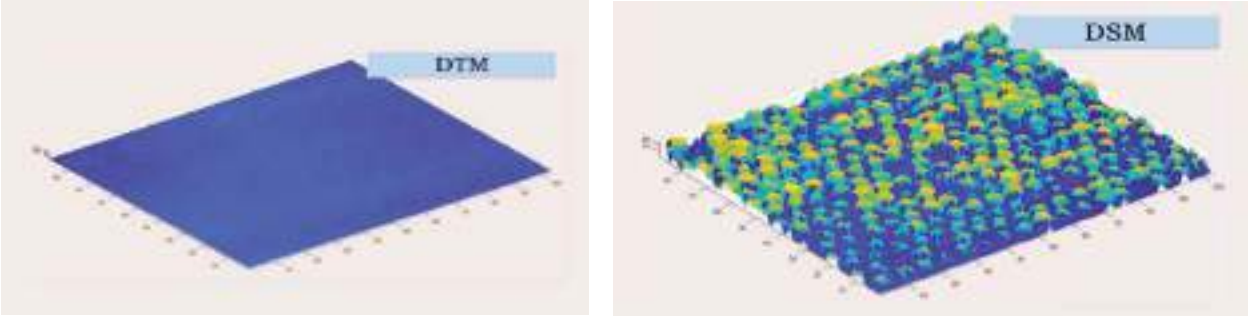


b)

Şekil 4. a) Sistemin *Ground Points* butonu ile ayrılmış yer noktaları, b) *Non-Ground Points* butonu ile ayrılmış yer üstü noktalar.

1.4 *DTM* ve *DSM* Fonksiyonları

Çalışmada, SYM ve SAM üretimi için Kademeli Morfolojik Filtreleme *(Progressive Morphological Filtering)* yöntemi kullanılmıştır. Kademeli Morfolojik Filtreleme yönteminde, sabit pencere büyüklüğüne bağlı olarak yaşanan kısıtlamaları ortadan kaldırmak için sabit pencere büyüklüğü yerine farklı büyüklüklere sahip birden çok arama penceresi boyutu kullanılmaktadır. Bu yöntem, morfolojik filtreleme algoritmalarının farklı büyüklükteki nesneleri filtrelemedeki zayıf yönlerini giderebilmek için pencere büyüklüğüne bağlı olarak değişen yükseklik eşik değeri parametresini tanımlar. Böylece karmaşık arazi yapılarının daha iyi filtrelenmesini sağlar (Zhang vd., 2003). Çalışma alanına ait LiDAR nokta bulutu verisinden, sistemin *DTM* butonu ile elde edilmiş SAM Şekil 5a'da, *DSM* butonu ile elde edilmiş SYM Şekil 5b'de gösterilmiştir.

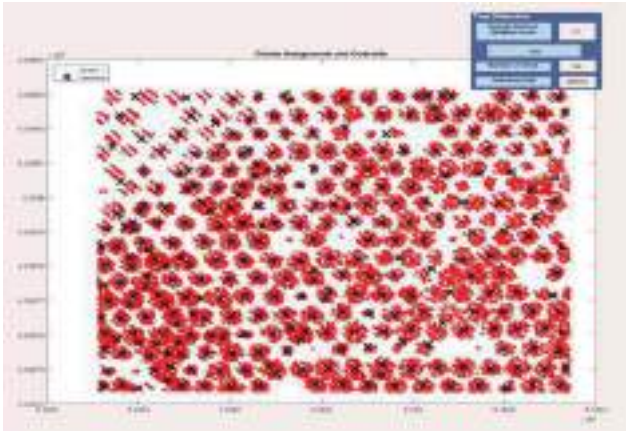


a) b)

Şekil 5. a) Sistemin *DTM* butonu ile elde edilen SAM ve b) *DSM* butonu ile elde edilen SYM.

1.5 *Tree Detection* Bileşeni

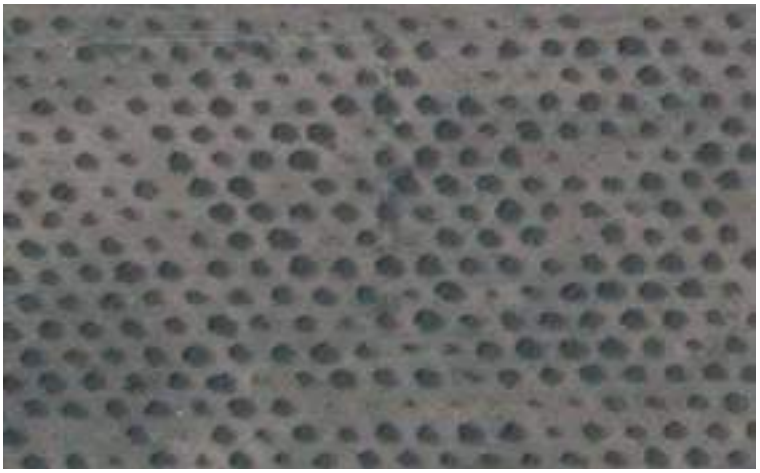
Sistemin *Tree Detection* bileşeni, yer üstü nokta bulutu verisinden, K-Means Kümeleme yöntemiyle ağaçların konumlarını otomatik olarak tespit etmektedir. K-Means en yaygın kullanılan kümeleme yöntemlerinden biridir. K-Means'in mekanizması bir grup verinin birden fazla küme özelliğine göre hangi kümeye ait olduğunun bulunmasıdır. Kullanılan matematiksel yöntem her sınıf için merkez belirlenen noktaya uzaklığa göre yeni kümelerin yerleştirilmesidir. Algoritma temel olarak, küme merkezlerinin belirlenmesi, merkez dışındaki örneklerin mesafelerine göre sınıflandırılması ve yapılan sınıflandırmaya göre merkezlerin belirlenmesi şeklindedir. Veri seti kararlı hâle gelene kadar sınıflandırma ve yeni merkezlerin belirlenmesi işlemi devam eder. Bu çalışmada geliştirilen sistemde kullanıcıdan istenilen girdi, iki ağaç arasındaki ortalama mesafe olarak belirlenmiştir. Sistem, ağaç konumlarını, ağaç sayısı ve bölgenin toplam yüzey alanı bilgisini otomatik olarak tespit etmektedir. Şekil 6' da, çalışma alanına ait LiDAR yer üstü nokta bulutu verisi kırmızı renkte, sistem tarafından otomatik tespit edilen ağaç konumları ise siyah çarpı işareti ile gösterilmiştir.



Şekil 6. *Tree Detection* butonu ile elde edilen ağaç konumları.

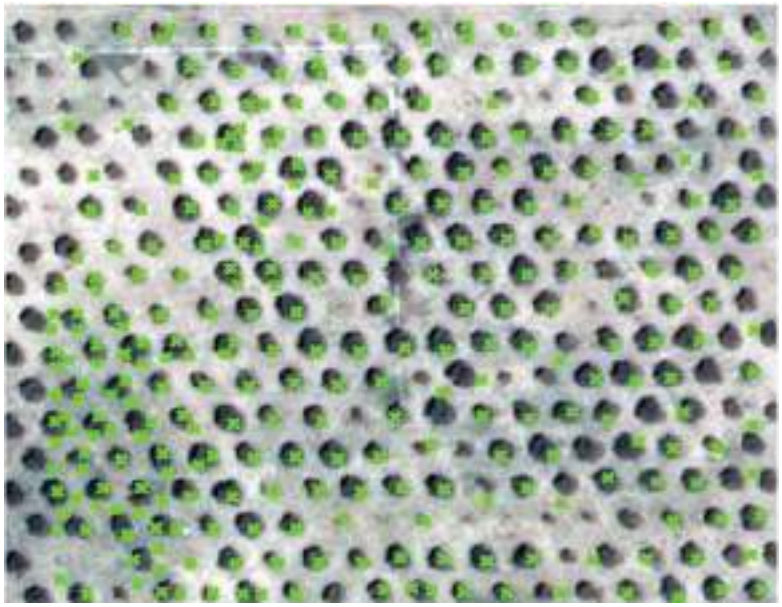
2. TESTLER VE BULGULAR

Geliştirilen sistem, İzmir ili Bergama ilçesi sınırları içinden seçilen 9752 m^2'lik bir ağaçlık alanda (Merkez koordinatları: 4331600.00, 518230.00, WGS84 UTM – Zone 35N) test edilmiştir. Çalışma alanında toplam 374 ağaç bulunmaktadır. Alana ait renkli ortofoto Şekil 7'de gösterilmiştir. Lazer tarama verileri Optech firması tarafından 25 Ekim 2014 tarihinde 1200 m yükseklikten çekilmiştir. LiDAR verisi toplam 257891 noktadan oluşmakta ve nokta yoğunluğu 26.44 nokta/m^2'dir. Nokta bulutu verisinin %15.6'sı son dönüşten gelen noktalardır.



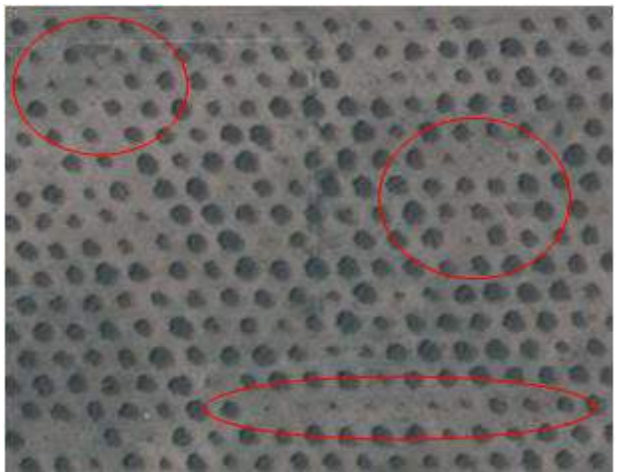
Şekil 7. Çalışma alanı renkli (RGB) ortofoto görüntüsü.

Ağaç konumları ArcMap programında ortofoto üzerinde manuel olarak işaretlenerek doğruluk analizleri için referans veri seti hazırlanmıştır. Programın otomatik olarak tespit ettiği ağaç konumları, referans veri setindeki ağaç konumları ile karşılaştırılarak programın doğruluk analizi yapılmıştır. Doğruluk analizi için konumsal yakınlık kriteri baz alınmıştır. Sistemin tespit ettiği ağaç konumu ile referans ağaç konumu arasındaki mesafe 3 m'den düşük ise tespit edilen ağaç konumu doğru kabul edilmiştir. Aksi takdirde, ağaç konumunun yanlış tespit edildiği kabul edilmiştir. Bu şekilde otomatik tespit edilen ağaç konumları referans ağaç konumları ile karşılaştırılmış ve çalışma alanında %75.2 (194/258) doğruluk değeri elde edilmiştir. Sistemin otomatik tespit ettiği ağaç konumları yeşil çarpı işareti şeklinde alana ait renkli ortofoto ile çakıştırılmış olarak Şekil 8'de gösterilmiştir.



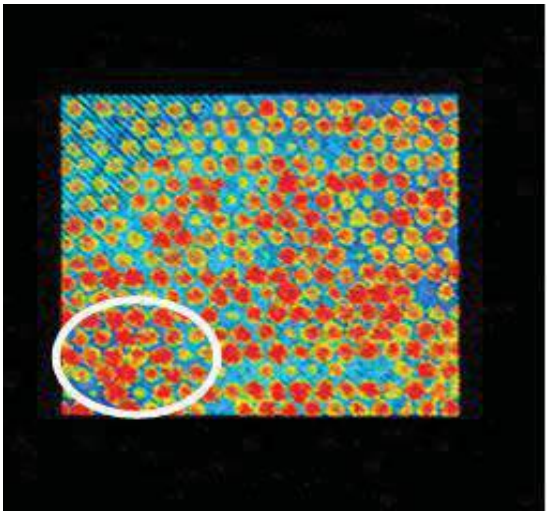
Şekil 8. Sistem tarafından otomatik olarak elde edilen ağaç konumlarının (yeşil renkli çarpı işaretler) çalışma alanına ait ortofoto ile çakıştırılmış gösterimi.

Alanda yer alan ağaçların farklı boyutlarda olduğu, taç kapamaların farklı büyüklüklerde olduğu Şekil 9' deki renkli ortofotoda görülmektedir. Bu durum, programın K-Means kümeleme yöntemiyle otomatik ağaç tespitinde doğruluk oranını olumsuz yönde etkilemiştir.

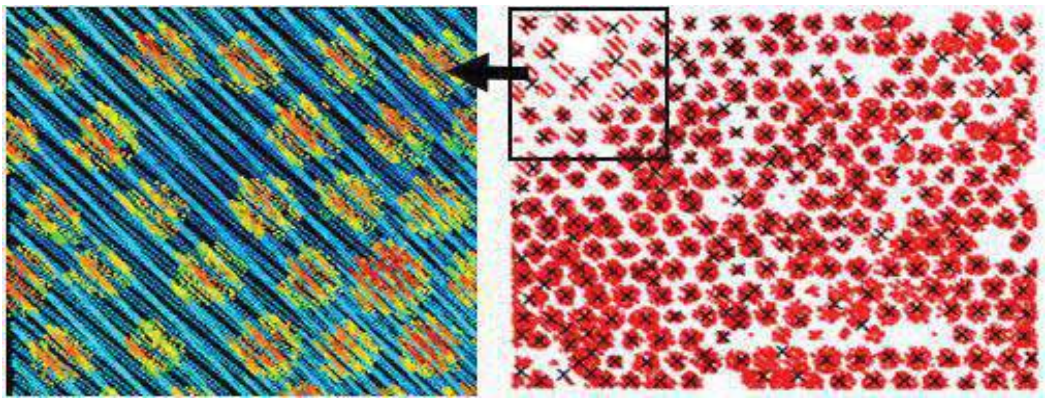


Şekil 9. Ağaç büyüklüklerinin farklı boyutlarda olduğu alanlar renkli ortofotoda görülmektedir.

Sistemin ağaç konumlarını doğru tespit etmediği bazı durumlar fark edilmiştir. Özellikle ağaç yoğunluğunun yüksek olduğu kısımlarda sistemin olması gerekenden daha fazla sayıda ağaç tespit ettiği görülmüştür. Örneğin, Şekil 10'da gösterilen beyaz daire içindeki ağaç yoğunluğunun yüksek olduğu bölgede doğru tespit oranının düştüğü görülmüştür. Sistemin yanlış ağaç tespiti nedenlerinden bir diğeri ise K-Means algoritmasının kümeleme işlemini tarama yönünde gerçekleştirmesidir. Buna örnek Şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 10. Ağaç yoğunluğunun yüksek olduğu bir kısım.



Şekil 11. Tarama yönünün sonuçlara etkisi.

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada geliştirilen 3Detector programı ile; LiDAR nokta bulutu verisi .las formatında okunabilmekte, hatalı noktalar giderilebilmekte, yer ve yer üstü noktaların filtrelemesi işlemi yapılabilmekte, SYM ve SAM oluşturulabilmekte, ağaç konumları otomatik olarak tespit edilebilmekte, nokta bulutu verisinden istatistiksel veriler elde edilebilmekte, hatalardan arındırılmış noktaların, yer noktaların ve yer üstü noktaların koordinat değerleri .txt formatında kaydedilebilmektedir. Program, günlük yaşamda orman, bahçe işleri, ağaçlandırma ve kontrolünü sağlayan kurum ve kuruluşlar tarafından LiDAR nokta bulutu verisinden ağaç konumlarının otomatik tespiti için kullanılabilir. Program ayrıca, LiDAR nokta bulutu verisinden yer ve yer üstü noktaları ayırmak (yer filtreleme), SYM ve SAM üretmek isteyen tüm kurum, kuruluş ve kullanıcılar tarafından da kullanabilir. Çalışmanın gelecek hedefleri arasında öncelikle, K-Means kümeleme yöntemi yerine alternatif algoritmalar kullanarak ağaç tespiti doğruluğunun arttırılması yer almaktadır.

LiDAR ile elde edilen verilerin doğruluğunun oldukça yüksek olması ve 3 boyutlu LiDAR nokta bulutu verisinden otomatik nesne çıkarımı konusunda geliştirilmiş yazılımların yaygın olmaması durumları düşünüldüğünde, geliştirilen mevcut programın ve geliştirilmesi hedeflenen ek fonksiyonlar ile yapılabilecek işlemlerin, bu alana önemli katkıları olacağı düşünülmektedir.

4. TEŞEKKÜR

Çalışmamıza katkılarından dolayı Harita Genel Müdürlüğüne, bilgilerini bizimle paylaşan Arş. Gör. Gizem KARAKAŞ, Arş. Gör. Murat GÜLER' e ve tasarıma katkılarından dolayı Ozan HİNDİSTAN'a teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

Akgül, M., Yurtseven, H., Akburak, S., Çoban S., 2016. Determination of some tree parameters using terrestrial laser scanner in urban green areas. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(2): 445-458.

Alsabti, K., Ranka, S., Singh, V., 1997. An Efficient K-Means Clustering Algorithm. *Electrical Engineering and Computer Science*. 43.

Arthur, D., and Vassilvitskii, S., 2007. K-means++: The Advantages of Careful Seeding. *SODA '07: Proceedings of the Eighteenth Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms,* New Orleans, Louisiana, syf: 1027–1035.

Bienert, A., Scheller, S., Keane E., 2007. Tree Detection and Diameter Estimations by Analysis of Forest Terrestrial Laser Scanner Point Clouds. *ISPRS Workshop on Laser Scanning,* Finland, 36(3).

Kaartinen, H., Hyyppä, J., and Yu, X., 2012. An International Comparison of Individual Tree Detection and Extraction Using Airborne Laser Scanning. *Remote Sensing*, 4(4), 950-974.

Karslı, F., Pfeifer, N., 2013. Ransac Algoritmasi İle Yersel Lazer Tarayici Verilerinden Bina Cephelerinin Otomatik Olarak Çikarilmasi, *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu*

Özdemir, İ., 2013.Yersel lazer tarama ile tek ağaç özelliklerinin belirlenmesi, *SDU Faculty of Forestry Journal*, 14: 40-47

Pingel, T. J., Clarke K. C., McBride, W. A., 2013. An Improved Simple Morphological Filter for the Terrain Classification of Airborne LIDAR Data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 77(1), 31-30.

Rusu, R. B., Marton, Z. C., Blodow, N., Dolha, M., Beetz, M., 2008. Towards 3D Point Cloud Based Object Maps for Household Environments. *Robotics and Autonomous Systems Journal,* 56 (11), 927-941.

Rutzinger, M. et al., 2010. Detection and Modelling of 3D Trees From Mobile Laser Scanning Data, *Commission V Symposium*, Newcastle, UK

Shen, J., Liu, J., Zhao, R., Lin, X., 2014. A Kd-tree-based Outlier Detection Method for Airborne LiDAR Point Cloud: A Review of Critical Issues. *Remote Sensing*, *2*, 833-860.

Wang, Y., Weinacker, H., and Koch, B., 2008. A Lidar Point Cloud Based Procedure for Vertical Canopy Structure Analysis and 3D Single Tree Modelling in Forest. *Sensors*, 8(6): 3938-3951.

Zhang, K., Chen, S., Whitman, D., Shyu, M., Yan, J., Zhang, C., 2003. A Progressive Morphological Filter for Removing Nonground Measurements From Airborne Lidar Data, *IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing*, 41(4).

Zhang, W., Qi, J., Wan, P., Wang, H., Xie, D., Wang, X., Yan, G., 2016. An Easy-to-Use Airborne LiDAR Data Filtering Method Based on Cloth Simulation. *Remote Sensing*, 8(6), 501.



18 Eylül 2018

15:30- 17:10

SALON 2009

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6142

TRAFİK SİNYALİZASYON ENVANTERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİNE DÖNÜŞÜMÜ VE ENTEGRASYONU

Yunus Emre ÖNDER[1], İbrahim PAZARBAŞI[2], Serhat Gürkan YILMAZ[3]

1Coğrafi Bilgi Sistemleri Uzmanı, İSBAK Coğrafi Bilgi Sistemleri Şefliği, 34418, Kağıthane, İstanbul, yeonder@isbak.istanbul
2Coğrafi Bilgi Sistemleri Uzmanı, İSBAK Coğrafi Bilgi Sistemleri Şefliği, 34418, Kağıthane, İstanbul, ipazarbasi@isbak.istanbul
3Coğrafi Bilgi Sistemleri Uzmanı, İSBAK Coğrafi Bilgi Sistemleri Şefliği, 34418, Kağıthane, İstanbul, sgyilmaz@isbak.istanbul

ÖZET

İstanbul genelinde trafik sinyalizasyon sistemleri 1995 yılından bu yana İSBAK A.Ş. tarafından hem imalat hem de programlama yönüyle çalışılmaktadır. 2010 yılına kadar vaziyet planı şeklinde gerçekleştirilen çizimler bu tarih itibariyle saha çalışmalarının yanı sıra sinyalize sistemlerin sürekli takip edilmesi, revizyon ihtiyaçlarının doğması gibi sebepler nedeniyle tüm sistemlerin bir arada tutulduğu mekânsal veri tabanı oluşturulmuştur. Mekânsal olan tüm nesneler ile çalışmayı en kolay hâle getirebilen CBS yöntemi sinyalize sistemlerin kontrol edilmesinde de büyük rol oynamaktadır. Sinyalize sistemlerin programlama, stok yönetimi, iş süreçleri ve iş sonu projeleri gibi farklı başlıkların bir arada çalıştırılabildiği topyekûn bir servis yönetim platformuna dönüştürülmesi hedeflenmektedir.

Anahtar Sözcükler: CBS, trafik, sinyalizasyon, CAD

ABSTRACT

TRANSFORMATION AND INTEGRATION OF THE TRAFFIC SIGNALIZATION INVENTORY TO THE GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

Traffic signaling systems in Istanbul are being studied by ISBAK since 1995 for both manufacturing and programming. As of this date, the spatial data bases in which all the systems are kept together due to reasons such as continuous monitoring of signaling systems and the necessity of revision have been created. The GIS method, which can make it easiest to work with all objects that are spatial, also plays a major role in controlling signaling systems. It is aimed to transform the signaling systems into a total service management platform where different titles such as programming, stock management, business processes and end-of-work projects can be operated together.

Keywords: GIS, traffic, signalization, CAD

1. GİRİŞ

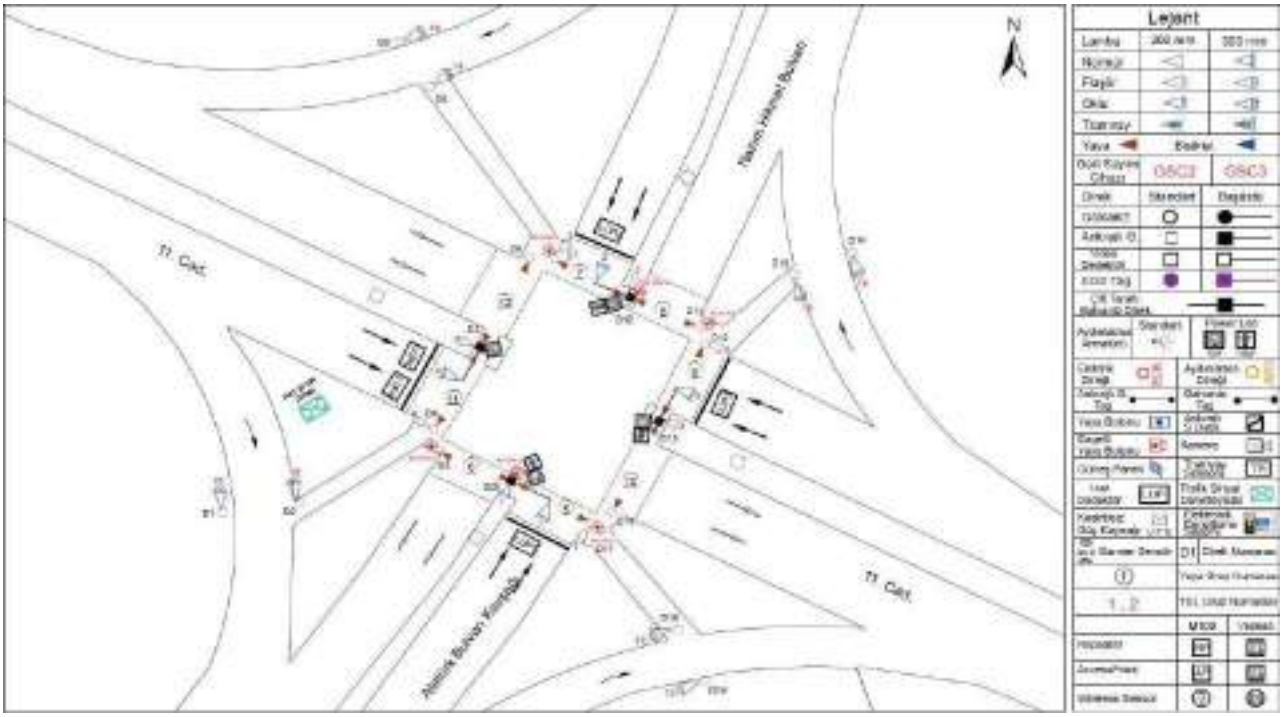
Metropol kentlerdeki araç ve yaya yoğunluğunun doğru yönetilebilmesi için sinyalizasyon sistemleri kritik rol oynamaktadır. Sinyalizasyon sistemleri araç güvenliği, yaya güvenliği ve trafik akışının düzenli olması gibi faktörleri doğrudan etkileyerek şehir yaşam kalitesinin artmasına katkı sağlamaktadır.

Bir sinyalize sistem tasarlanıp uygulamaya konulduktan sonra iş sonu projeleri CAD çizimleri şeklinde yapılmaktadır. Fakat bu sistemdeki tüm ekipmanları izlemek için yeterli değildir. Bu sebeple sinyalize sistemi oluşturan bütün araçların öznitelik bilgileriyle saklanması gerekmektedir. 2010 yılına kadar geçen süreçte oluşturulan projeler bu bakımdan yetersiz kalmıştır (Şekil - 1). Öncelikle tüm iş sonu projeleri oluşturulan yeni sinyalize sistemler veri modeli altına gerekli içerikler ile toplanmıştır (Şekil - 2). Burada CAD yönteminden direkt bir geçiş yaşandığı için CBS' de bazı aksaklıklar yaşanmıştır. 2010 yılı öncesinde uygulanan projelerin detaylı bilgileri bulunmadığından analiz, raporlama ve coğrafi konumlandırma kısımları eksik kalmıştır.

Sinyalize sistemler birçok farklı çalışma başlığını bir arada bulundurduğundan yönetimi zordur. Uçtan uca bir çözüm ile tüm süreçlerin izlenmesi, sistemlerde yapılan değişikliklerin sürekli göz önünde bulundurulması, farklı birimlerin sürece dahil olması için mutlaka bir CBS yapısına ihtiyaç vardır. Servis yönetimi, saha yönetimi, iş gücü optimizasyonu, envanter yönetimi, saha kurulum ve proje yönetimi gibi farklı başlıkların bir araya getirilmesi ile oluşan bu yeni platforma Varlık Yönetimi Sistemi adı verilmektedir.

2. UYGULAMA

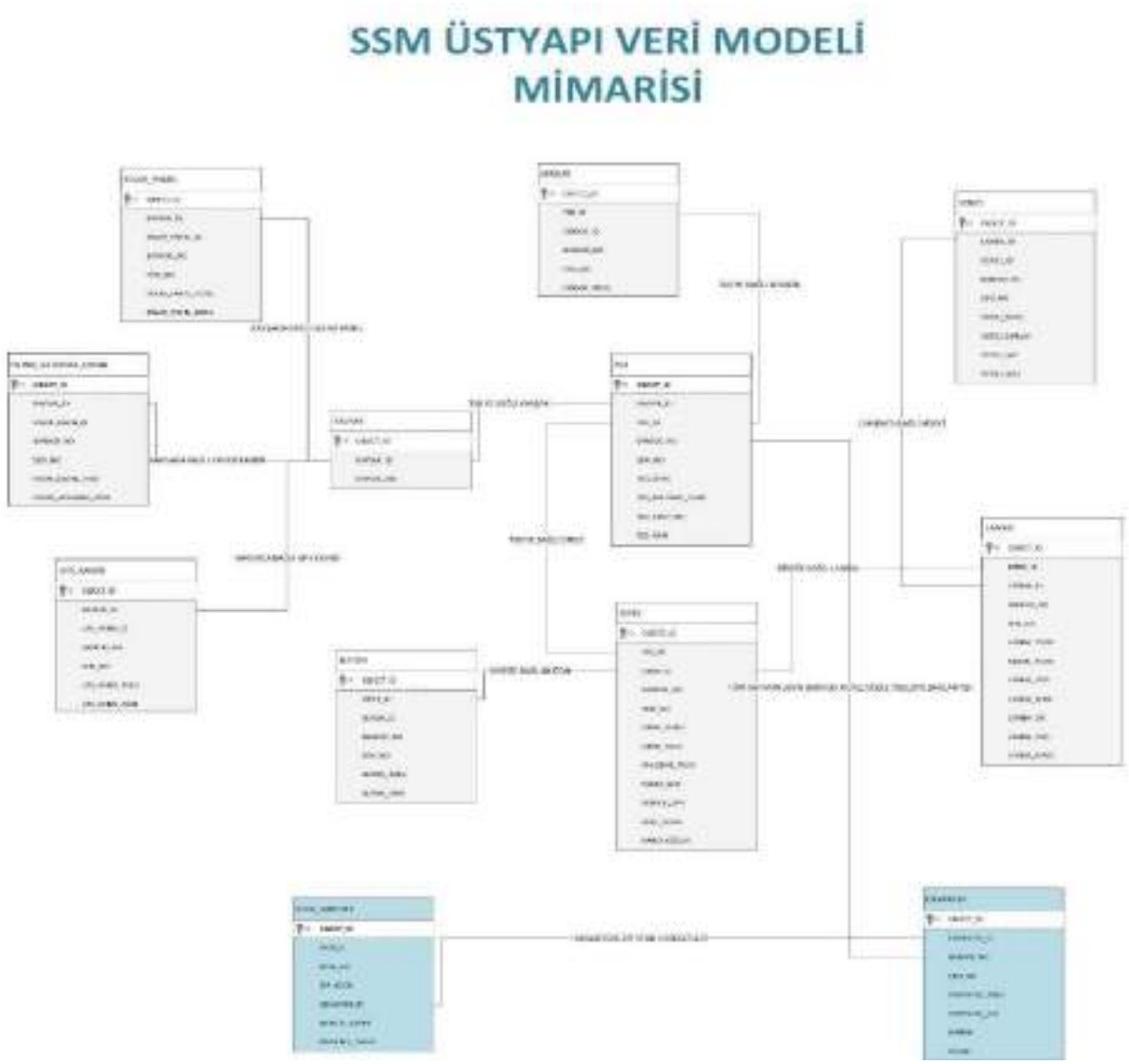
İlk etapta veri üzerinde mevcut durum analizi yapılmıştır. Verinin eksik yönleri belirlenmiş olup yeni bir veri modeli hazırlanmıştır (Şekil - 2). CAD yönteminin dönüşümü sebebiyle oluşan mekânsal veri formatına uygun olmayan kısımlar standartlara uygun hâle getirilmiştir (Şekil - 3). Sahadaki envanterlerin mekânsal veri tabanında hangi semboloji ile gözükeceğine dair çalışmalar yapılmıştır. Burada olabilecek coğrafi açıdan sisteme en uygun tasarımlar seçilmiştir. Son kullanıcının özel bir CBS bilgisi olmasa dahi sistemi kolayca anlayabileceği bir yaklaşım tasarlanmıştır. Verinin doğduğu saha çalışması esnasından itibaren sisteme veri girişi yapılması sağlanmıştır. Bu sayede ofis ortamı çalışmalarında zaman tasarrufu elde edilmiştir. Ayrıca çizim esnasında doğabilecek hataların önüne geçilmiştir.



Şekil 1: Eski sinyalize sistem kavşak çizimi.

1.1 Sinyalize Sistemler Veri Modeli

Mevcut yapıda her biri farklı sembol olarak gösterilen envanterler, oluşturulan model ile birlikte birbiriyle konuşabilen ilişkisel bir yapıya dönüştürülmüştür. Her bir envanterin konumsal ve öznitelik bilgileriyle tutulması sağlanmıştır.



Şekil 2: Oluşturulan sinyalize sistemler veri modeli.

Farklı sistemlerle entegrasyona uygun olarak üretilen veriler ile mevcut süreçlerin daha efektif yönetilebilmesi amaçlanmıştır.

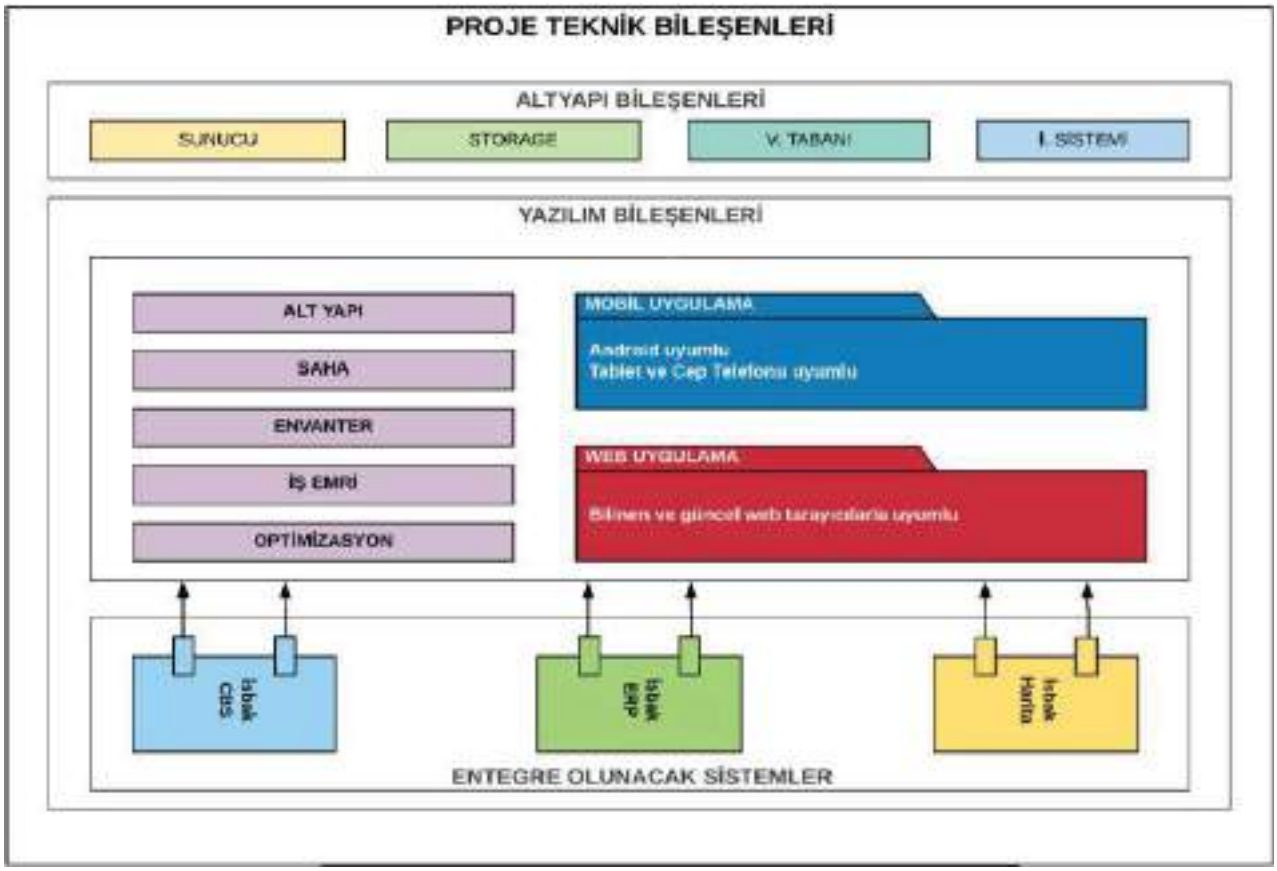
1.2 Projenin Teknik Yapısı

Oluşturulan sinyalize sistemler veri modelleri ve veri girişi için oluşturulan arayüzlere ek olarak sistemin uçtan uca yönetilebilmesi için varlık yönetimi eklenerek proje kapsamı genişletilmiştir. Varlık yönetimi öncesi CAD, ERP, ITS ve CBS sistemlerine ayrı ayrı erişim bulunmaktaydı. Çoklu bilgisayar kullanımı ve manuel süreçler ile işleyiş gerçekleştirilmekteydi.

- Bir tasarımı gerçekleştirmek için birçok araç kullanılmaktaydı.
- Yanlış ya da yetersiz standartlar bulunmaktaydı.

Varlık yönetimi sonrasında ise CAD, ERP, ITS ve CBS sistemleri tek bir bileşen altına toplanmıştır. Tek noktadan erişim sağlanmış ve otomatik süreçlere geçiş sağlanmıştır.

- CBS ile entegre tasarım araçlarının oluşturulması,
- İş takibi, rota analizi ve stok yönetimi yapısı kurabilme kabiliyeti,
- Optimize saha çalışması performansının sağlanması,
- Uzun dönemli bakım maliyetlerinin azaltılması sağlanmıştır.



Şekil 3: Varlık yönetimi proje teknik bileşenleri.

Entegrasyonun gerçekleştirilebilmesi için uygulanan aşamalar şunlardır:

- Sistem Altyapı Modülü

Sistem Yönetim Modülü ile diğer modüllerin ihtiyaç duyacağı ana ve parametrik verilerin sisteme girilmesi ve düzenlenebilmesi sağlanmaktadır. Kullanıcı, rol yönetimi işlemleri de bu modül ile takip edilmektedir.

- Saha Yönetimi Modülü

Saha Yönetimi Modülü ile saha tiplerine göre ihtiyaç duyulan saha yapıları kurgulanmaktadır. Aynı şekilde saha-alt saha yapısı da tasarlanmaktadır.

- Envanter Yönetimi Modülü

İSBAK' a ait malzeme, stok ve envanterler yönetilebilir; sipariş, sevkiyat ve rezervasyon yapısı kurgulanabilir; zimmetleme, envanter takibi işlemleri yapılabilir; envanter tarihçesi görüntülenebilmektedir.

- İş Emri Modülü

İş Emri Yönetimi modülü ile bir projenin tüm aşamaları dinamik olarak kurgulanabilmekte ve sistematik bir şekilde takip edilebilmektedir.

- İş Gücü Optimizasyonu Modülü

İş Gücü Optimizasyon Modülü ile İSBAK' a ait sahada bulunan kaynakların yönetimi ve dinamik rota optimizasyonunun gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir.

- Hak Ediş Modülü

Sahada yapılan iş ve sarf edilen envanter bilgileri üzerinden, hak edişe dönük baz veri sistem üzerinden temin edilebilecektir.



Şekil 4: Entegrasyon aşamaları sistem altyapısı.

Bu entegrasyonlar tamamlandıktan sonra süreçlerin yönetilmesi adımına başlanmıştır.

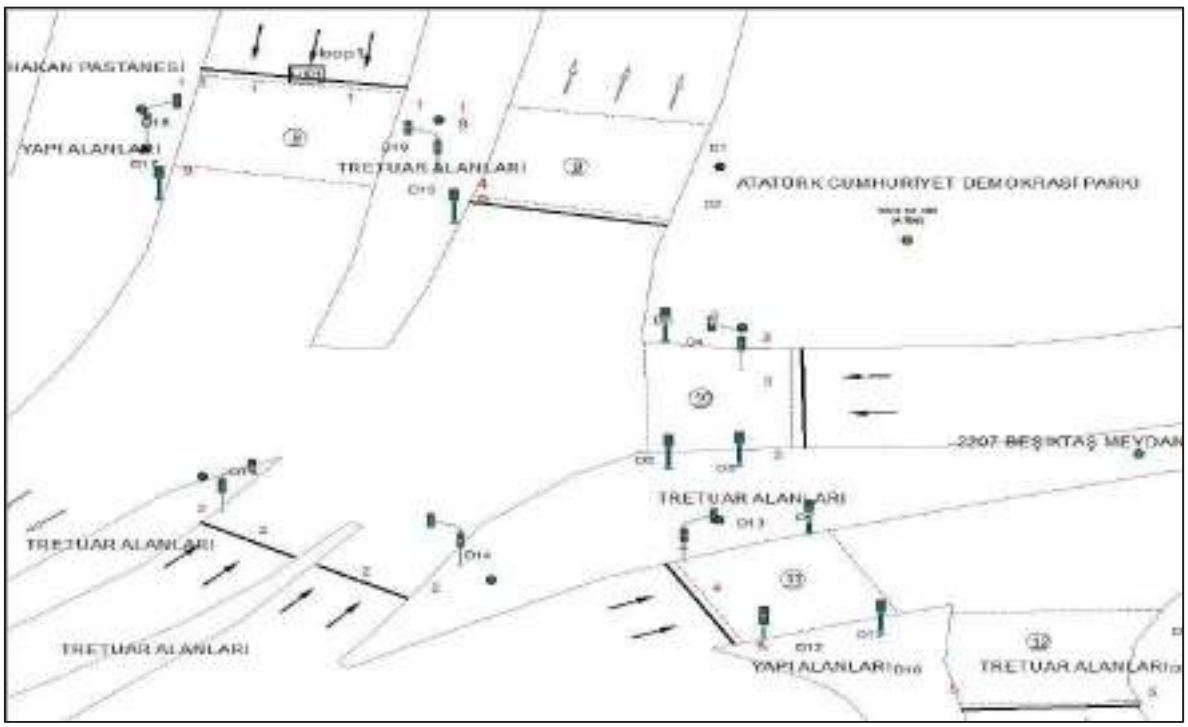
Bu adımlar;

- Coğrafi envanter kayıtlarının tutulması,
- Stok yönetimi,
- İş- Süreç takibi,
- İş emri ile proje yönetimi,
- Sahadan veri giriş/ güncelleme imkânı,
- Ekip koordinasyon ve takibi,
- Ekiplerin yönlendirilmesi için rota optimizasyonları,
- Varlıkların kronolojik takibi,
- Web ve mobil uygulamalar ile yönetimin kolaylaştırılması işlemlerini kapsamaktadır.

Konu	Alt Konu
Analiz	Web / Mobil Uygulama
	Entegrasyon
	Optimizasyon
Web Uygulama	Sistem Altyapı Yönetimi
	Envanter Yönetimi
	Saha Yönetimi
	İş Emri Yönetimi
	İş Gücü Optimizasyonu
	Hak Ediş
	Raporlar
Mobil Uygulama	Android
Entegrasyon	CBS
	ERP
	Harita Entegrasyonu
Optimizasyon	Taktiksel Planlama
	Operasyonel Planlama

Şekil 5: Varlık yönetimi işlem adımları ve içerikler.

Sinyalizasyon nesnelerinin üretim aşamasında barkod ve seri numaralarıyla tekil kayıt altına alınması bu üretilen nesnenin depolanması, montaj/ demontaj ve bakım gibi süreçleri uygulayan yetkili ve süreçlerin uygulanma tarihi gibi bilgilerle kaydedilmesi, sistemin sağladığı konumsal olanaklar ile ekip yetkinliklerinin belirlenmesi ve rota optimizasyonunun yapılması sağlanmıştır. Böylece bir nesnenin üretimi, güncellenmesi ve depoya tekrar dönüşüne kadar oluşan döngünün takibi ve yönetimi optimum fayda maliyetle sağlanmıştır.



Şekil 6: Yeni sinyalize kavşak çizimi.

Oluşturulan yeni yapı ile birlikte harita üzerinde görüntülenebilen ve üzerinde konumsal analizler yapılabilen, sorgulanabilir ve yönetilebilir bir yapı oluşturulmuştur.

1.3 Yurt Dışı Örnek Uygulama



Traffic Data Model Design

Trafik özelliklerinin güncellenmesi 2011 yılında başladı ve Mühendislik Departmanı, Bayındırlık Dairesi ve Trafik İşaretleri Bölümü'nden çeşitli personel ekledi. İlk adım, trafik veri modelinin tasarımını ve hangi özelliklerin, alanların, etki alanlarının ve ilgili nesnelerin dahil edileceğine karar vermeyi içermekteydi. Şekil 3, tasarım düzeninin bir örneğini göstermektedir. Tasarım aşaması tamamlandıktan sonra, mekansal veri tabanı motorunu (SDE) trafik veri modelinin şemasını oluşturmak için python komut dosyaları (Şekil 4) geliştirildi. Trafik verilerinin tamamı model yapısı Şekil 5'te gösterilmektedir.

Figure 3 – Design Layout





Figure 4 – Python Scripting to Build Schema



Tüm trafik veri modeli şemasını oluşturmak için dört komut dosyası geliştirildi. Komut dosyaları SDE'deki örnekli trafik veri kümelerini değiştirdi.

Figure 5 – Traffic Data Model in SDE



Son sayımlar şunları içerir: 7 özellik sınıfı, 17 ilgili nesne, 20 ilgili sınıf ve 40 etki alanı.

Sample Intersection

GIS Personeli, Mühendislik Departmanı ve Trafik İşaretleri Bölümü tarafından sağlanan bilgilere dayanarak trafik özellik sınıflarını ve ilgili nesneleri güncelledi. Güncellemeleri gerçekleştirmek için ArcGIS Desktop ve Cityworks uygulamalarında bulunan düzenleme araçları kullanıldı. Şekil 6, trafik özelliklerini, ilgili nesneleri gösteren bir tanımlama aracı ve ilgili bir nesnenin özelliklerini gösteren bir düzenleyici ekranı içeren kesişim konfigürasyonu örneklerini göstermektedir.

Figure 6 – Sample Intersection at 2nd and Coltrane



Results

Nihai sonuç, eksiksiz bir trafik sinyali ve trafik işareti envanteri içerir. Tüm trafik özellikleri şu anda City'nin Cityworks varlık yönetim sisteminde kullanılmaktadır. Bir görevli ArcMap'te bir trafik varlığı seçebilir, daha sonra bir iş emri üretebilir. Herhangi bir trafik varlığı üzerinde yapılan çalışma aranabilir ve raporlar aracılığıyla kullanılabilir. Sinyal ve ışık verileri üzerinde toplanan tüm envanter ve iş geçmişi bilgileri, şehrin trafik ve mühendislik bölümlerine trafik altyapısını daha iyi anlamak ve yönetmek için yardımcı olur.

Cityworks Desktop used with ArcMap



Traffic Sign Inventory

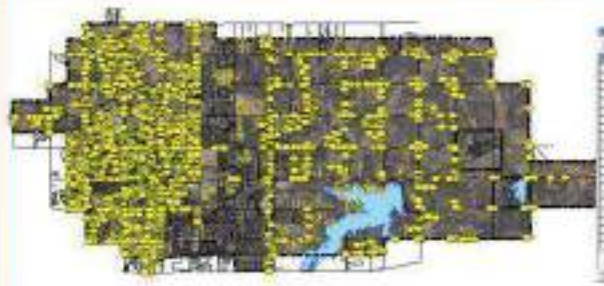
2009 Tek Yönlü Trafik Kontrol Cihazları El Kitabı'nda (MUTCD) belirtilen trafik işaretleri için retro-yansıtma standartlarına dayanarak, Edmond caddelerinde bulunan tüm trafik işaretlerinin doğru bir envanterinin bulunması gerekli hale geldi. Karayolu işaretlerini muhafaza etmekle yükümlü olan ajanslara, 2009 MUTCD'de belirtilen asgari standartları karşılamak için bir değerlendirme ve / veya yönetim yöntemi kullanma seçeneği sunuldu. Her iki yöntem de, belgelenebilecek veri tabanını oluşturmak için işaretlerimizin doğru bir envantere sahip olmasını gerektirir. Envanter işlemini büyük bir maliyetle dışa aktarabilirdik, ancak şirket içinde yapmayı tercih ettik. Hedef, 2013 takvim yılı sonunda bu işlemi tamamlamaktır. Şehir genelinde kullanılan yaklaşık 215 sinyal türleri ile geçerli özellik sınıfında 10.204 lambası ile 6163 sinyal direkleri vardır.

Data Collection and Processing

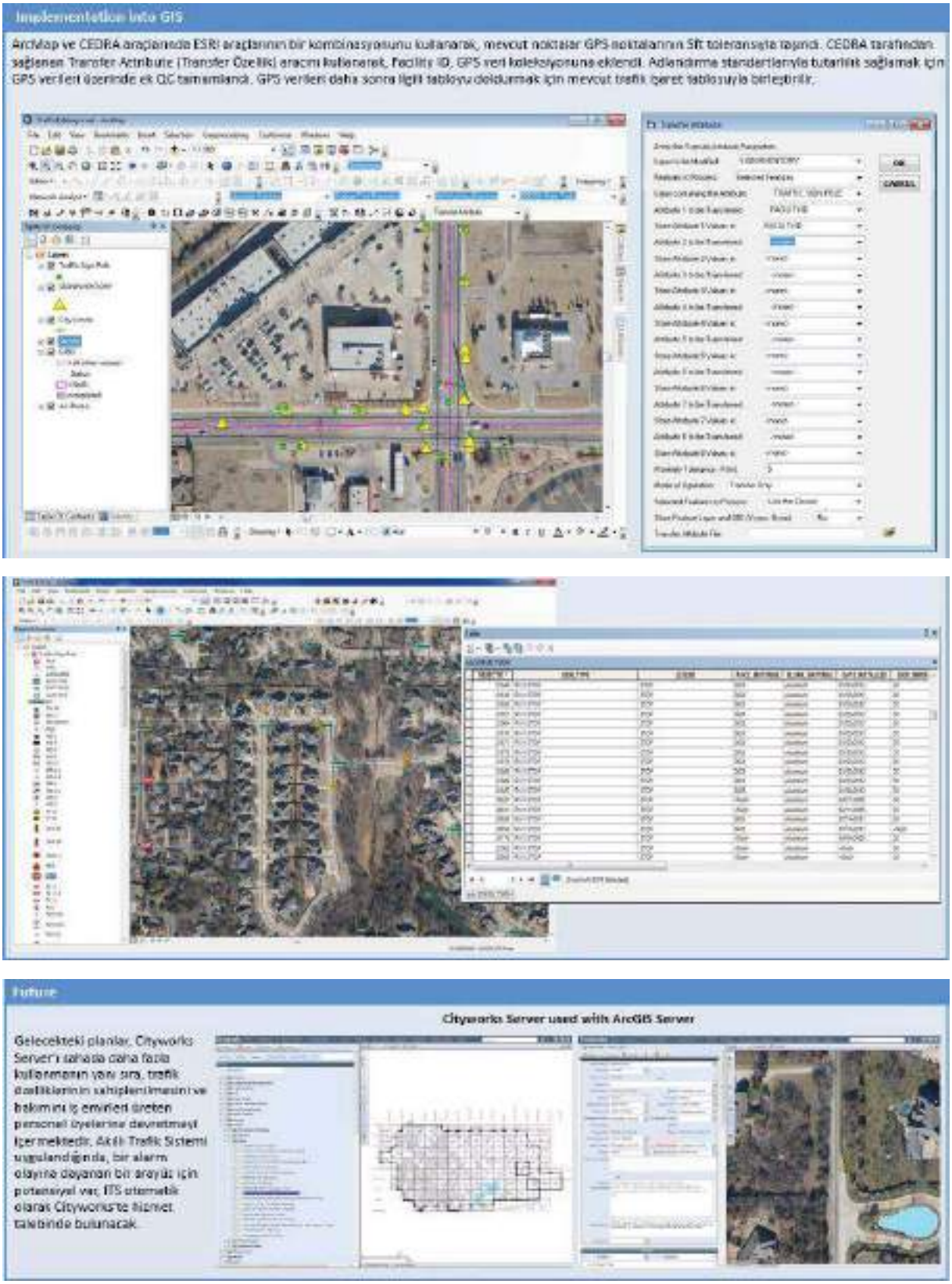
Şehir, Trimble GeoXH6000 ünitelerini, GPS Pathfinder Ofisini ve veri toplama sürecine yardımcı olması için Sanal Referans İstasyonunda (VRS) bir abonelik satın aldı. Toplama işlemine yardımcı olması için özellik sınıfından niteliklerden oluşan yeni bir veri sözlüğü geliştirildi. Üç trafik personeli her ilçeyi haftalık olarak tarıyorlar. Koleksiyon, özellik belirtilerini ve tam işareti gösteren bir fotoğrafı içerir. Her hafta kutup ve tüm işaretin bir fotoğrafı ile ilgili bilgiler de dahil olmak üzere ortalama 250 işaret noktası toplanmaktadır. Bugüne kadar yaklaşık 7.000 nokta toplandı. Veriler, GPS Pathfinder Office ile postayla işlenir veya doğrudan coğrafi veri tabanına aktarılır.











Şekil 7: Edmond şehri trafik sinyalizasyonu ve envanter oluşturma (SCAUG, 2018).

3. SONUÇLAR

Mevcut sistemin coğrafi bilgi sistemleri mantığına entegrasyonuyla birlikte her bir nesne bir veri olarak tanımlanmıştır. Verilere ait sayısal ve sözel bilgiler kayıt altına alınarak sahada ve ofiste kolay ulaşılabilir, sorgulanabilir, raporlanabilir ve planlanabilir yapıda olması sağlanmıştır. Proje süreçlerinde gerçekleştirilen işlemlerin takip edilebilirliğinin sağlanması için en üst kademeden en alt kademeye kadar yapılan işlerin takibi yapılabilir.

Gelecek teknolojilerinden biri olan ve akıllı şehirlerin önemli parçası olan IOT teknolojisi ile entegrasyon bu yapıyla birlikte çok daha kolay sağlanabilecektir.

KAYNAKÇA

1- 2018. SCAUG Home. https://www.scaug.org/page-1860647, [20.07.2018]

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6147

MEZARLIK OTOMASYON PROJESİ

Şeyda AKAR[1], Damla YETGİN[2]

1 Coğrafi Bilgi Sistemleri Operatörü, İSBAK Coğrafi Bilgi Sistemleri Şefliği, 34418, Kağıthane, İstanbul, seyda.akar@isbak.istanbul
2 Coğrafi Bilgi Sistemleri Uzmanı, İSBAK Coğrafi Bilgi Sistemleri Şefliği, 34418, Kağıthane, İstanbul, dyetgin@isbak.istanbul

ÖZET

Geçmişten bugüne kadar İstanbul mezarlıkların durumu ile konumsal yerleşimlerinin değişimi incelenmiş olup sürdürülebilir bir çalışma oluşturulamamıştır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi altındaki birimler ve bu birimlere bağlı tüm alt birimlerin kullanabileceği sürdürülebilir Mezarlık Otomasyon Sisteminin olmayışı belirli gereksinimleri ortaya çıkartmıştır.
Çalışma alanı, İstanbul kentinde bulunan Karacaahmet ve Yeni Ayazağa mezarlığıdır. Bu mezarlıkların seçilmesinin nedeni eski ve yeni mezarlıklar olması, doluluk oranlarının, topografyalarının, donatı elemanlarının ve bitkisel materyallerin farklılık göstermesidir.
Bu çalışmada, pilot iki mezarlık alanlarına ait sayısal halihazır haritalama çalışması yapılarak boş mezar yerlerinin tespit edilmesi, kurumun faaliyetlerini düzgün ve verimli olarak yürütebilmesi için ihtiyaç duyulan coğrafi verilerin toplanması, tüm verilerin yönetim birimlerinin ortak kullanımına açık mevcut bir yapıda depolanması öngörülmektedir.
Mezarlık kayıtlarının yönetilmesine ve mezarların daha hızlı ve etkin bir şekilde yerleştirilmesine yardımcı olacağı için MEBİS hem mezarlık çalışanlara hem de vatandaşa faydalı olacağı öngörülmektedir. Mezarlıkların yönetim ve kullanımı ile ilgili iş ve işlemler için son teknolojiler kullanılarak etkin, hızlı ve planlı karar destek sisteminin oluşturulması hedeflenmektedir.

Anahtar Sözcükler: halihazır, GPS, MEBİS, İstanbul

CEMETERY AUTOMATION SYSTEM

ABSTRACT

From the past to the present, the change of the status and positional settlements of the Istanbul cemeteries has been examined and no sustainable study has been conducted. The lack of a sustainable Cemetery Automation System that can be used by the units under the Istanbul Metropolitan Municipality and all the sub-units connected to these units has revealed certain requirements.The study area is the graveyard of Karacaahmet and Yeni Ayazaga in Istanbul. The choice of these cemeteries is due to the fact that they are old and new cemeteries, their occupancy rates, topography, accessory elements and herbal materials differ. In this study, it is envisaged to carry out numerical preliminary mapping studies of the pilot two cemetery areas, to identify empty grave sites, to collect the geographical data needed to carry out the institution's activities properly and efficiently, and to store the data in an existing structure open to the joint use of the management units. It is foreseen that MEBIS will be beneficial to both the cemetery employees and the citizen as it will help manage the cemetery records and facilitate the placement of the graves more quickly and effectively. It is aimed to establish an efficient, fast and planned decision support system by using the latest technologies for business and operations related to the management and use of cemeteries.

Keywords: GIS, cemetery ınformation system

1. GİRİŞ VE ANA BÖLÜMLER

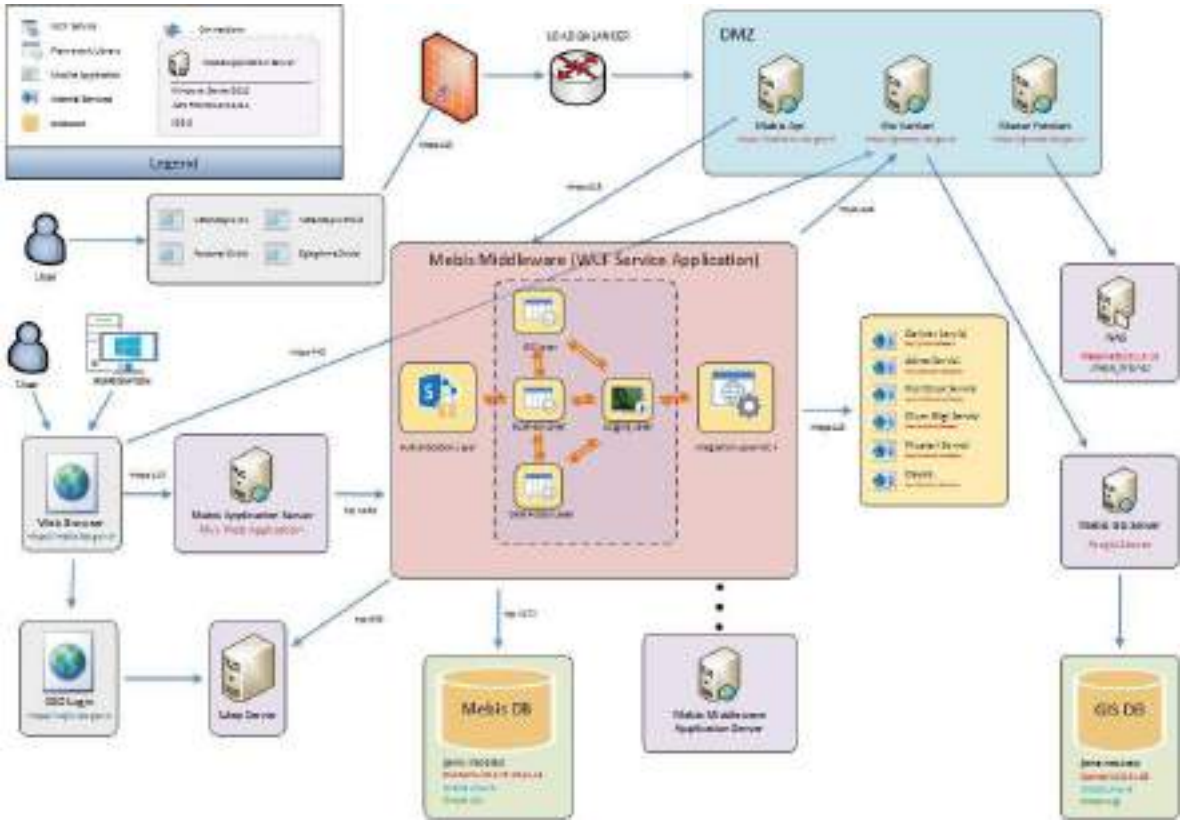
İstanbul Büyükşehir Belediyesine bağlı birimlerin mevcut durumunu, süreçlerini ve ihtiyaçlarını mekânsal ve sözel anlamda yönetilebilir bir yapıya kavuşturmak için CBS tabanlı bütüncül bir Web otomasyonunun geliştirilmesi, Vatandaşın ve idare personelinin kullanacağı mobil uygulamanın geliştirilmesi, İstanbul ilinde pilot 2 mezarlıkta (Karacaahmet ve Yeni Ayazağa) arazi ölçümü ve tespiti yaparak konuma bağlı veri elde edilmesi, sanal ve boş mezarların tespit edilmesi, Mezarlık defterlerinin sayısallaştırarak mekânsal veri ile entegre etmesi, baş taşı defter ve arazi kayıtlarının eşleştirilmesini kapsamaktadır.

Proje sayesinde İstanbul Büyükşehir Belediyesinin Mezarlık Otomasyon sisteminin, faaliyetlerini düzgün ve verimli olarak yürütebilmesi için ihtiyaç duyulan coğrafi verilerin toplanması, yönetim birimlerinin ortak kullanımına açık, mevcut uygulamadaki kullanılan tüm fonksiyonları ve yeni talepleri karşılayan coğrafi ve sözel verilerin bulunduğu yeni bir bilgi sistemi kurulması, boş mezar yerlerinin tespit edilmesi, faaliyetlerini daha iyi yürütebilmesi ve vatandaşa daha iyi hizmet verilmesi amaçlanmıştır.

2. UYGULAMA

2.1 Teknik İnceleme ve Tasarım Çalışmaları

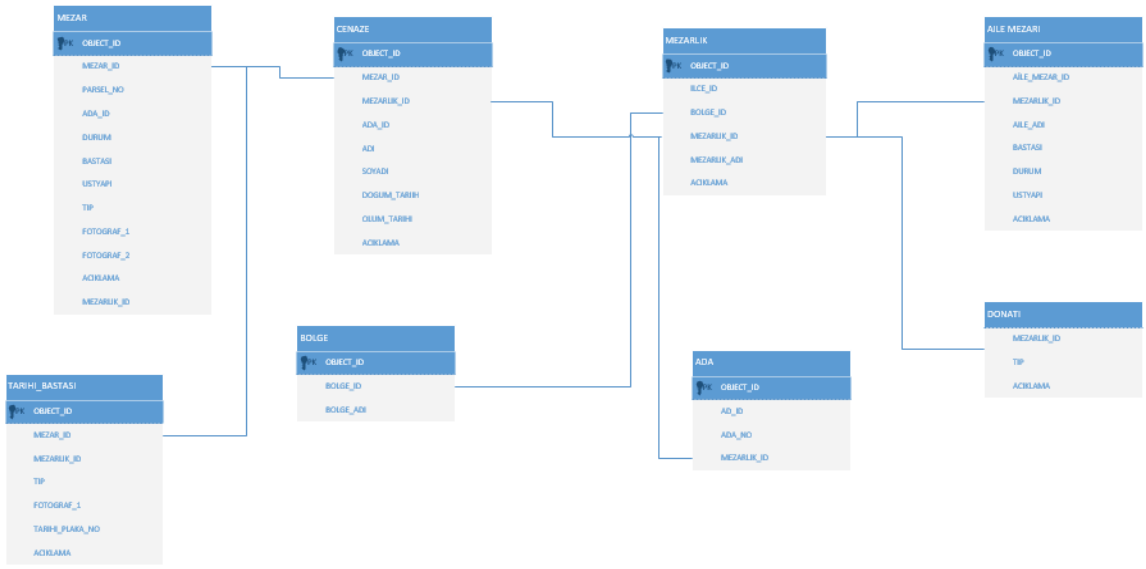
Geliştirilmesi planlanan sistemin aşamaları ve uygulama yazılımlarının sahip olması gereken tüm özellikler İstanbul Büyükşehir Belediyesine bağlı birimlerde yapılacak teknik inceleme ve tasarım çalışmaları neticesinde ortaya çıkmıştır. Yazılım mimarisi ve veri modeli pilot 2 mezarlık başta olmak üzere, tüm İstanbul'daki mezarlık alanları ve bunlara ilişkin öznitelik bilgilerini düşünerek tasarlanacaktır.



Şekil 2.1 Mebis Sistem Topolojisi.

2.2 Veri Modelinin Oluşturulması

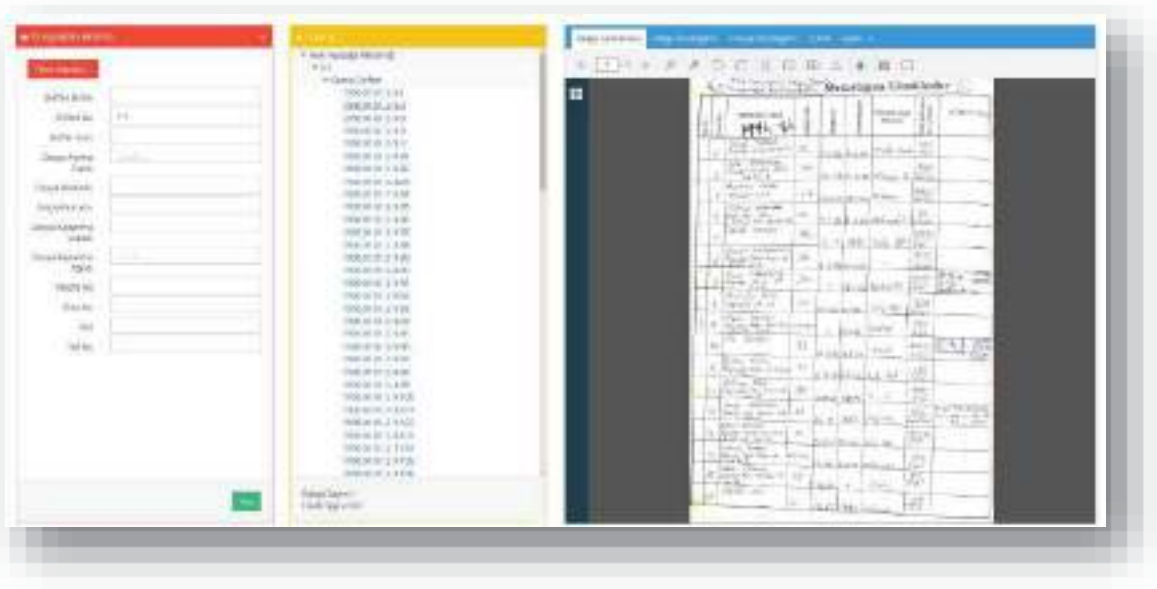
Mezarlık Bilgi Sistemi, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve Veri Tabanı Yönetim Sistemi (VTYS) entegrasyonu ile oluşturulmuştur.



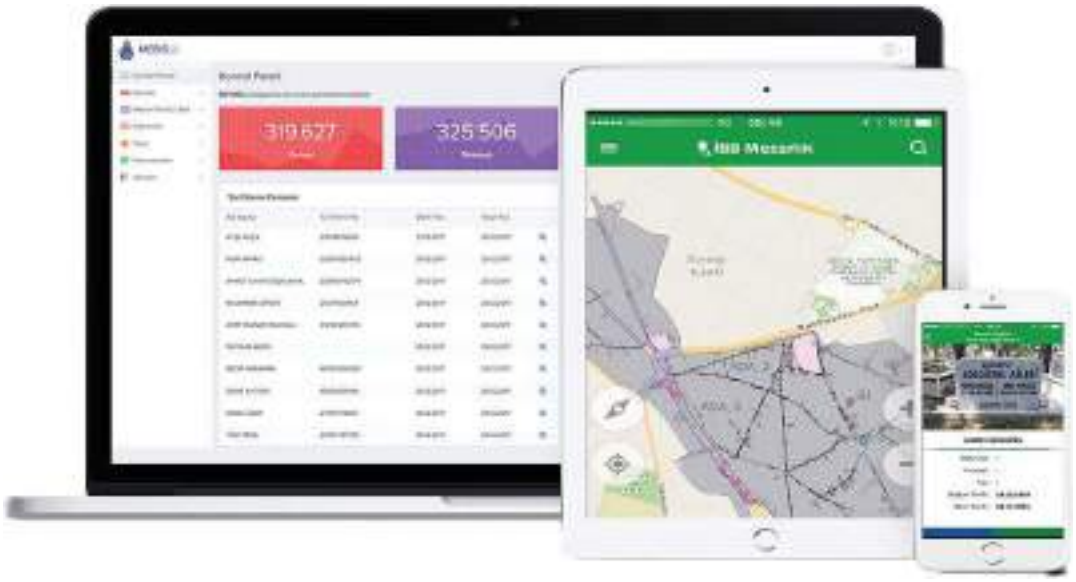
Şekil 2.2: Mebis Veri Modeli Mimarisi.

2.3 Mezarlık Defterlerinin Sayısallaştırılması

İstanbul Büyükşehir Belediyesi mevcut kullandıkları Mebis SOA uygulamasından önce tüm definleri mezarlık defterlerine kayıt ederek muhafaza etmektedir. 365 Adet defter taranarak sayıllaştırılmış, 1 milyon kişi indeklenmiştir. Böylece defterlerin tamamen ortadan kaldırılması hedeflenmektedir. Bu defter kayıtları, hâlihazırda kullanılan Mebis SOA uygulamasındaki kayıtlar ve arazide toplanan baştaşı bilgileri eşleştirilerek yeni kuralacak olan sisteme aktarılmıştır.



Şekil 2.3: Mezarlık Defterlerinin İndeklenmesi.



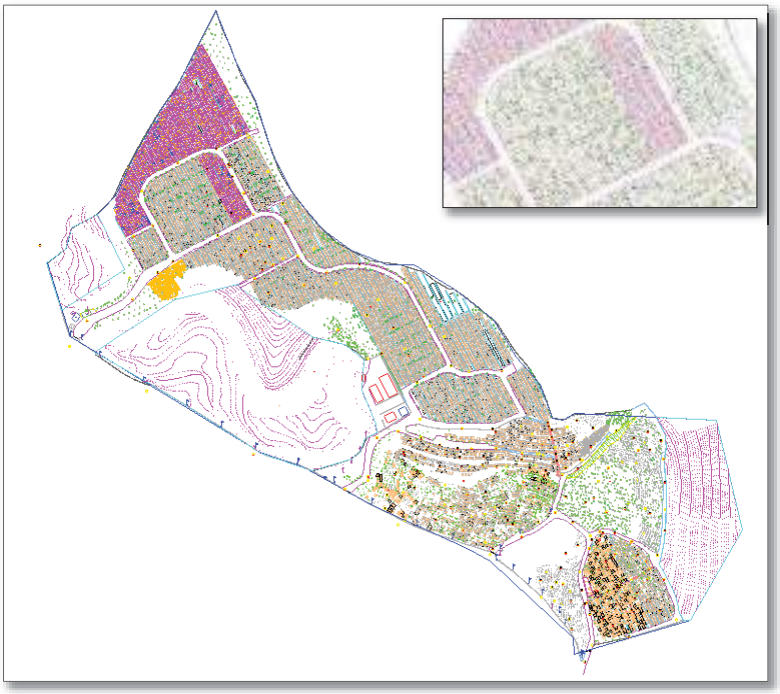
Şekil 2.3: Mekansal ve Sözel Verilerin Bulunduğu Yeni Bir Bilgi Sistemi Arayüzü.

2.4 Arazi Ölçümleri ve Eşleştirilme Çalışması

Mezar yerlerinin ve mezarlık içerisindeki obje ve üst donatıların tespiti, tespit edilen bilgilerinin toplanması ile baş taşı bilgilerinin toplanarak sayısal ortama aktarılmasıdır.

Karacaahmet ve Yeni Ayazağa mezarlığına ait toplam 81 hektar alanda sayısal halihazır haritaların oluşturulmasında çevresel etmenler, fiziksel koşullar vb. gerekçelere göre ölçüm yöntemleri farklılık gösterecektir. Bazı yerlerde GPS aletleri kullanılırken; GPS teknolojisinin yeterli hassasiyeti yakalayamadığı noktalarda Total Station gibi yersel jeodezik ölçüm aletleri kullanılacaktır. Konum verisi toplanan mezar yerleri, mezarlık içerisindeki objeler, üst donatılar ve sözel bilgiler CBS ortamında ilişkisel veritabanında tutulacaktır.

Ayrıca CBS tabanlı bütüncül Web tabanlı eşleştirme uygulaması geliştirilerek, sahada ekiplerinin toplamış olduğu baştaşı bilgiler, sayısallaştırılan defterler ve mevcut uygulamadaki kayıtlar geliştirilen uygulama üzerine atılarak, kontrol personeli sahada eşleştirme yapabilecek, sahada meydana gelen değişiklikleri güncelleyebilecek, istedikleri lokasyona rota oluşturma özelliği ile ulaşabileceklerdir.



Şekil 2.4 Yeni Ayazağa Mezarlığı Halihazırı.



Şekil 2.2.4 Mebis Cenaze Eşleştirme Uygulaması.

- ✓ Mezarlık tespiti esnasında, mezarlık ile defter kayıtlarının eşleşme oranını artırabilmek için, defter kayıtlarının da görüntülenebildiği mobil uygulama ile veri toplanması sağlanacaktır.

2.5 Web ve Mobil Uygulama Yazılımları

2.5.1 Mezarlık Personeli İçin Mobil Uygulama

Bu uygulama ile mezarlıklar müdürlüğünde kontrol görevinde çalışan personeller 2 pilot mezarlık içerisinde istedikleri kişiye ait mezarı aratarak bu mezarın konumunu görecek, isterlerse buraya yönlendirilebilecektir. Mezar taşı olmayan bir mezara mezar taşı eklenmişse bunu sistemde güncelleyebilecek, boş bir mezara yeni bir defin yapılmışsa bunun bilgilerini direkt tablet vasıtasıyla güncelleyebilecektir. Ayrıca eşleştirme imkânı da sunan bu uygulama ile personel; cenazeye ilişkin arka planda tutulan bilgiler ile sahada mevcut bilgileri eşleştirerek, saha ile web kısmının bütüncül çalışmasına katkı sağlayacaktır.



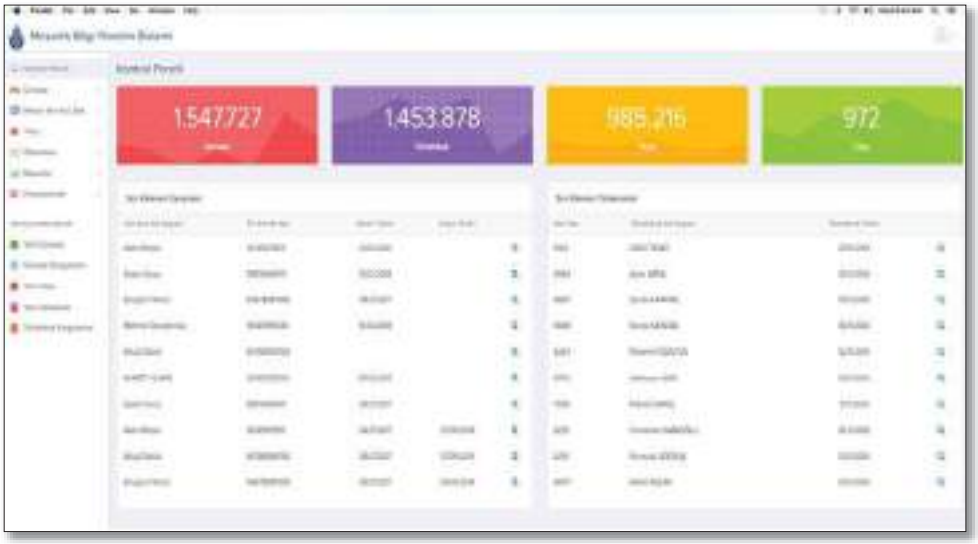
- ✓ Güncelleme
- ✓ Saha çalışmaları neticesinde toplanan fotoğrafları ve mezara ait bilgileri görüntüleyebilme
- ✓ Mezar ve cenaze eşleştirmesini yapabilme
- ✓ Offline çalışma
- ✓ En kısa yol

2.5.2 Vatandaşlar Yönelik Mobil Uygulama

Vatandaşların 2 pilot mezarlıkta defnedilmiş yakınlarını sorgulatarak, mezarlarını bulmalarını sağlayan, ilgili mezara ait fotoğrafları görüntüleyen ayrıca bu mezara yönlendirme sağlayan bir uygulama yazılmıştır. Bu sayede vatandaş direkt olarak mezara erişim sağlayacak, mezarlık personelinin de yükü hafiflemiş olacaktır. Çünkü mevcutta böyle bir uygulama olmadığından yakınlarının mezarına erişmek isteyen vatandaşları mezarlık personeli yönlendirmektedir.



- ✓ Mezar Listeleme
- ✓ Fotoğraf ve bilgi görüntüleme
- ✓ En kısa yol

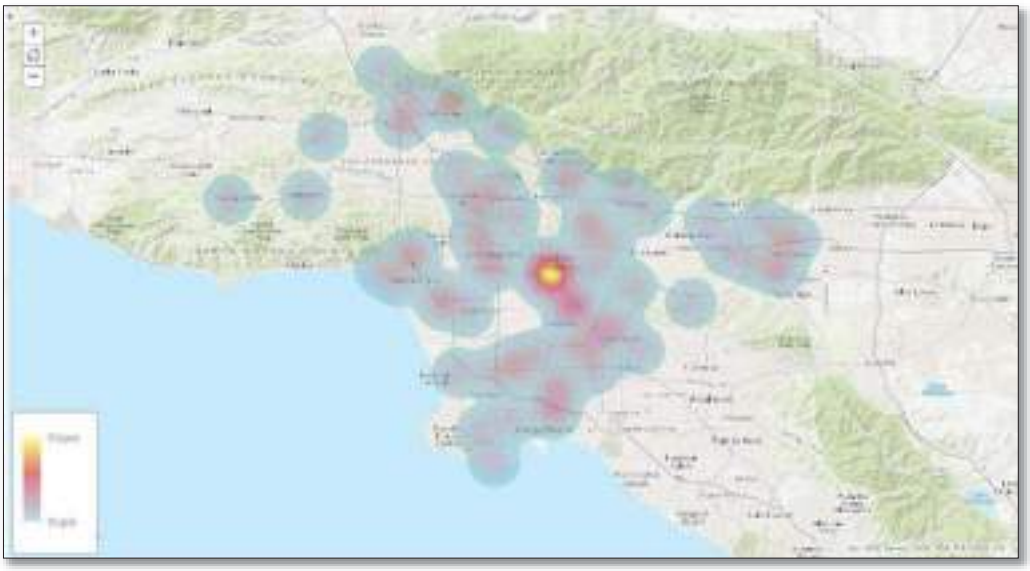


Şekil 2.5.2 Mezarlık Otomasyon Sistemi.

2.6 Dünya Örnekleri

Behind the public Estonian Cemetery portal is the Web-based information system Haudi for cemetery management. This information system for cemetery management preserves and organizes data about the buried and makes it available to people interested in history and to the users of burial places.





Locations of cemeteries in Los Angeles County

2. SONUÇLAR

Gelişmiş, sözel ve sayısal verileri işleyebilen, mevcut tüm verilerin ortak bir veritabanında toplandığı, sayısal halihazır haritaların oluşturulabildiği, sözel/grafik veriler entegre edilerek sorgulama ve analiz edilmesine olanak sağlayan bir sistem öngörülmektedir. Proje kapsamında vatandaşların İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin yetki alanındaki mezarlıklarda bulunan yakınlarına ait kabirlerin yerini, fotoğrafını mobil uygulamasında görmesi, mezar yerine ulaşabilmesi sağlanacaktır. Mezarlıkları ziyaret eden kişilerin, aradıkları mezarı bulması için gereken zaman azalacak, ziyaretçiler hem de belediye görevlileri vakit ve işgücü tasarrufu yapmış olacaktır. Ayrıca, mezarlık personellerinin ihtiyaçtan dolayı, yeni gömü yerlerinin tespiti adına, sayısal harita verileri üzerinden mekânsal planlamalar yapılabilmesi ve yeni mezar yerleri tesis edilebilmesi sağlanacaktır.

3. KAYNAKÇA

https://www.kalmistud.ee/Map-of-Estonia [2018]

http://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?url=http%3A%2F%2Fpublic.gis.lacounty.gov%2Fpublic%2Frest%2Fservices%2FLACounty_Dynamic%2FLMS_Data_Public%2FMapServer%2F93&panel=gallery&suggestField=true [2018]

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6362

BLOCKCHAIN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ UYGULAMALARI

Arif Furkan MENDİ[1], Alper ÇABUK[2]

[1]ARGE Mühendisi, HAVELSAN AŞ, ARGE, Teknoloji ve Ürün Yönetimi Direktörlüğü, 06510, Çankaya, Ankara, afmendi@havelsan.com.tr
[2]Prof. Dr., Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, 26555, Tepebaşı, Eskişehir, acabuk@anadolu.edu.tr

ÖZET

Blockchain alıcı ve satıcı tarafın herhangi bir onaylayıcı üçüncü taraf ihtiyacı olmaksızın doğrudan kendi aralarında güvenli bir şekilde alışveriş yapmasına izin veren, yapılan tüm işlemlerin şifrelenmiş bir şekilde bloklar üzerinde tutulduğu merkezi olmayan işlemsel veri tabanı teknolojisidir. İstemci ve sağlayıcı arasındaki bu alışverişin güvenli bir şekilde yapılabilmesi için tüm işlemler kriptografi kullanılarak dağıtık bir veri tabanında tutulur. Bu dağıtık yapı üzerinde tüm işlemler açık muhasebe defteri denen, işlemlerin tutulduğu ve tüm kullanıcılara açık olan, merkezi olmayan dağıtık veri tabanı yapısında muhafaza edilmektedir. Geleneksel yaklaşımda(Merkezi) veri tabanı üçüncü bir dâhil tarafından kontrol edilirken Blockchain yaklaşımında verilerin kontrolü tüm ağ tarafından yapılmaktadır. Dağıtık veri tabanının kopyası tüm katılımcılarda mevcuttur. Böylece, verinin bozulması ve tahrip edilmesi engellenir. Ayrıca, yüksek güvenlik avantajı en önemli avantajlarından biridir. Herhangi bir zincire yapılacak siber saldırıların başarılı olabilmesi için bilgisayarların minimum %50'sinin üzerinde doğrulanması gerekir ki bu da saldırının başarılı olma ihtimalini neredeyse imkânsız seviyesine getirmektedir. Güvenlik, aracısız işlem, veri takibindeki şeffaflık gibi avantajlar Blockchain teknolojisini cazip hâle getirmektedir. 2008 yılında Blockchain temelli Bitcoin para biriminin ortaya çıkmasıyla, Blockchain teknolojisinin avantajları gün yüzüne çıkmaya başlamıştır. Özellikle 2015 yılından sonra Blockchain teknolojisi kullanılarak birçok alanda uygulamalar geliştirilmiş ve hâlen de geliştirilmeye devam edilmektedir. Bu alanlardan biri de Coğrafi Bilgi Sistemleridir. Brezilya, Honduras ve İsveç, Tapu Blockchain sistemleri bunlardan bazılarıdır. Coğrafi bilgi sistemleri, Blockchain teknolojisinin kullanılabileceği öngörülen potansiyel yıldız adayı olan alanlardan biridir. Bu bildiride, Blockchain altyapısının coğrafi bilgi sistemleri üzerine kullanımları anlatılacaktır.

Anahtar Sözcükler: Blockchain, Blockchain CBS uygulamaları, Blockchain CBS uygulamaları, Blockchain coğrafi bilgi sistemleri

ABSTRACT

BLOCKCHAIN GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM APPLICATIONS

Blockchain is a decentralized transactional database technology in which all transactions are encrypted on blocks, allowing the buyer and seller to make a secure exchange between themselves directly without requiring any third party to approve. All transactions are stored in a distributed database using cryptography so that this exchange between client and provider can be done securely. All transactions on this distributed structure are maintained in a decentralized distributed database structure called "Distributed(Open) Ledger", where transactions are held and open to all users. In the traditional (central) approach database is controlled by a third party, the control of the data in the Blockchain approach is performed by the entire network. A copy of the distributed database is available to all attendees. This prevents the data from being corrupted and destroyed. Moreover, the high security advantage is one of the most important advantages. In order to succeed in any chain of cyber attacks, it is necessary to verify over at least 50% of the computers, which makes the probability of the cyber attack almost impossible. Advantages such as security, no-intermediation, and transparency in data acquisition make Blockchain technology attractive. With the advent of the Blockchain-based Bitcoin currency in 2008, the advantages of Blockchain technology have begun to emerge. Especially after 2015, many field applications have been developed using Blockchain technology and are still being developed. Geographical information systems are one of these areas. Brazil, Honduras and Sweden, Land Registry Blockchain systems are some of these. Geographic information systems are one of the potential star candidates for which Blockchain technology can be used. In this article, the use of the Blockchain infrastructure on geographic information systems will be explained.

Keywords: Blockchain, Blockchain GIS applications, Blockchain geographical information system applications

1. GİRİŞ

Blockchain teknolojisi günümüzün en popüler teknolojilerinden olmasına rağmen, bilinirliği Bitcoin'in gölgesinde kalmıştır. Bitcoin, Blockchain teknolojisi kullanarak ortaya çıkarılan bir uygulama olmasına rağmen, finansal açıdan çoğu kimsenin beklemediği yükselişi ile birlikte Blockchain teknolojisinden çok daha fazla bilinirlik kazanmıştır. Blockchain teknolojisi, istemci ve sağlayıcıların onaylayıcı üçüncü bir taraf ihtiyacı olmaksızın doğrudan birbirleri ile güvenli bir şekilde işlem yapabilmelerini sağlamaktadır. İstemci ve sağlayıcı arasındaki bu alışverişin güvenli bir şekilde yapılabilmesi için tüm işlemler kriptografi kullanılarak dağıtık bir veri tabanında tutulur. Bu dağıtık yapı üzerinde değişiklik yapılabilmesi için ilgili değişikliğin sistemdeki tüm bilgisayarlara kaydedilmesi gerekmektedir. Herhangi bir zincire yapılacak siber saldırıların başarılı olabilmesi için bilgisayarların minimum %50'sinin üzerinde

doğrulanması gerekir ki bu da saldırının başarılı olma ihtimalini neredeyse imkânsız seviyesine getirmektedir. Güvenlik, aracısız işlem, veri takibindeki şeffaflık gibi avantajlar Blockchain teknolojisini cazip hâle getirmektedir.

Merkezi olmayan dağıtık bir veri tabanı sistemi olarak tanımlayabileceğimiz Blockchain, teknik olarak bütün kayıtları blok yapısı üzerine tuttuktan sonra ayrılmaz bir zincir hâlinde birleştiren ve ilk bloktan itibaren depolayan bir veri tabanıdır. Blockchain teknolojisinin sağladığı en büyük avantaj elde edilen bilginin kesin olması ve değiştirilememesidir.

Günümüzde Blockchain teknolojisini daha çok finansal işlemlerin kullanımında görmekteyiz. Ancak Blockchain, sadece finansal işlemler için değil, hemen hemen her şeyin değerini kaydetmek için programlanabilen bir sistemdir. Blockchain teknolojisinin siber tehditlere karşı güvenirliği ile birlikte, istemci ve sağlayıcının güvenli bir şekilde alışveriş yapmak isteme taleplerini birleştirdiğimiz zaman ortaya Blockchain uygulamaları çıkmaktadır. Özellikle 2015 yılından sonra Blockchain teknolojisi kullanılarak birçok alanda uygulamalar geliştirilmiş ve hâlen de geliştirilmeye devam edilmektedir. Bu alanlardan biri de Coğrafi Bilgi Sistemleridir(CBS). Yli Huumo, Blockchain uygulamalarının kripto para uygulamaları ile sınırlı olmayacağını, coğrafi bilgi sistemlerinin de kullanıldığı akıllı mülkiyet alanında dahil olduğu çeşitli alanlarda yapılacak çalışmalar ile Blockchain çalışmalarına çeşitlilik ve bilgi birikimi kazandıracağını savunmaktadır (Yli-Huumo, Ko, Choi, Park, & Smolander, 2016). Coğrafi Bilgi Sistemleri alanı, Blockchain teknolojisinin kullanılabileceği öngörülen potansiyel yıldız adayı olan alanlardandır. Brezilya, Honduras ve İsveç'te uygulanan arazi kayıt sistemleri; bunun yanında, önerilmekte olan sınır ihlallerinin tespiti uygulamaları gibi coğrafi bilgi sistemlerinin kullanıldığı uygulama ve sistem önerileri ile CBS-Blockchain kullanımını görmekteyiz. Bu bildiride, Blockchain altyapısının coğrafi bilgi sistemleri üzerine kullanımları anlatılacaktır.

2. AKILLI SÖZLEŞMELER

Blockchain uygulama alanları denildiğinde ilk olarak akla, finansal popülaritesinin de etkisiyle Bitcoin gelmektedir. Blockchain teknolojisi Bitcoin dışındaki kullanım türlerine de uygulanabilmektedir. Örneğin, Blockchain teknolojisi kullanılarak bir bulut hizmetinde dijital sözleşmeler ve eşler arası veri paylaşımı için bir ortam oluşturulabilir (Swan, 2015). Blockchain tekniğinin güçlü noktası olan veri bütünlüğü, kullanımının diğer hizmetlere ve uygulamalara da yayılmasının sebebidir.

Blockchain, ağ üzerindeki katılımcıların birbirine karşılıklı güven duymasa dahi, sağlanan güvenli sistem mimarisi sayesinde alışverişlerini herhangi bir üçüncü parti doğrulayıcısı olmadan yapabilmelerine imkân sağlamaktadır. Aracının ortadan kaldırılmasıyla, alıcı ve satıcı arasında daha hızlı bir mutabakat sağlanabilmektedir. Zincirler üzerindeki verinin kriptografi kullanılarak tutulması ile merkezî otoritenin varlığına olan ihtiyaç ortadan kalkmaktadır. Blockchain Akıllı Sözleşmeler, zincirde yer alan script adındaki komut dosyalarını yürüterek iş akışlarının otomatik bir şekilde; birbiri ile entegre, düzgün, dağıtılmış ve yoğun bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamaktadır(Christidis & Devetsikiotis, 2016). Blockchain Akıllı Sözleşmeler uygulaması ile yapılmış olan anlaşma çerçevesinde ödeme şartları, koşulları ve işlem adımları belirlenir, ardından tüm bu adımlar üçüncü bir dâhil olmadan uygulamaya konulur.

Blockchain'in temelinde yer alan "Akıllı Sözleşmeler" kullanımının arttırılması Blockchain teknolojisindeki gelişimin hızlanmasını sağlayacaktır. Yli Huumo, 2016 yılına kadar yapılan araştırmaların çoğunun diğer Blockchain ortamlarından ziyade Bitcoin ortamında gerçekleştirildiğini söylemektedir. Kripto para birimleri dışındaki bilgileri (know how) artırmak için akıllı sözleşmeler gibi farklı tarzda uygulamaların yapılması gerekliliğini savunmaktadır. Buna ekleme yaparak Blockchain'in diğer ortamlarda kullanabilme olanakları üzerinde araştırma yaparak farklı sektörlerde işlem yapmak için daha iyi modeller ve olanaklar ortaya çıkabileceğine işaret etmektedir (Yli-Huumo et al., 2016).

Akıllı sözleşmeler fikri ilk olarak 1997'de Nick Szabo tarafından önerilmiştir (Nick Szabo, 2018). Bununla birlikte, mülkiyet durumunu ve mülkiyet transferini izlemek için Bitcoin Blockchain kullanma fikri ilk olarak "Akıllı Mülkiyet" hakkındaki makalede Mike Hearn tarafından açıklanmıştır (Mike Hearn, 2018). Blockchain teknolojisinin giderek yaygınlaşması ve bilinirlik kazanması sonrası, Blockchain Akıllı Sözleşmeler popülerlik kazanmaya başlamış ve birçok uygulama ortaya çıkmıştır. Ethereum, Bithalo, Hyperledger, Blockchain Akıllı Sözleşmelerinin popüler uygulamalarından bazılarıdır. Bu uygulama platformları kullanılarak akıllı sözleşmeler tabanlı uygulamalar geliştirilebilmektedir.

2.1 Ethereum

Akıllı sözleşme altyapısı sunan popüler uygulamalara baktığımız zaman karşımıza ilk olarak Ethereum çıkmaktadır. Ethereum, Bitcoin gibi bir kripto paradır. Blockchain teknolojisini kullanarak merkezi olmayan yani dağıtık bir blok zinciri teknolojisi üzerine kuruludur. Ethereum'un Bitcoin'den temel farkı birtakım akıllı sözleşmelere izin veriyor

olmasıdır (Founder & Gavin, 2017). Ethereum, Vitalik Buterin ve ekibi tarafından tasarlanıp kodlanmış ve ilk olarak 30 Temmuz 2015 yılında gerçekleştirilen Bitcoin konferansında lansmanı yapılmıştır. Ethereum en yaygın kullanılan akıllı sözleşme altyapısını sunmaktadır. Bu popülerlik ile birlikte çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Ethereum'un kullanımı konusunda Huh; akıllı sözleşmeler kullanımı ile Ethereum'un hesaplama platformu hâline getirilebileceğini vurgulamaktadır (Huh, Cho, & Kim, 2017).

2.2 Bithalo

Bithalo bir diğer akıllı sözleşmeler platformu olarak karşımıza çıkmaktadır. Hatta bir adım daha öteye giderek, Bithalo kendisini akıllı sözleşmelerin atası olarak nitelemektedir. Sunmuş olduğu hizmetin bir akıllı sözleşme protokolü olduğunu söyleyebiliriz ("Bithalo," 2018). Ethereum ve Bithalo tamamen aynı hizmeti sunan, akıllı sözleşmeler için hizmet sağlayıcı platformlar gibi algılansa da aralarında farklar bulunmaktadır. Bithalo, anlaşmaları uygulamak için bir protokoldür. Eğer bir iş-oyun teorisi protokolü kullanma ihtiyacı olursa Ethereum'un bile kendi sözleşmelerini uygulamak için Bithalo'yu kullanması gerekeceğini söyleyebiliriz. Piyasadaki sözleşme protokünü en iyi bilen olarak nitelendirilebilir. Bu sebeple, sözleşme protokolü alanında kısa vadede rakibi yoktur diyebiliriz. Ethereum ise; kullanıcılarına akıllı sözleşmeleri kodsal olarak diledikleri gibi geliştirme imkânı vermektedir. Tabii ki geliştirici inisiyatifindeki bu işlemlerin esneklik sebebiyle ortaya çıkacak olan veri büyüklüğü ve güvenlik gibi konuları ele alması gerekmektedir.

2.2 Hyperledger

Blockchain teknolojisini uygulamanın başlıca sorunlarından biri standardın oluşmamasıdır. Açık kaynaklı sistem, pek çok farklı yazılım grubu tarafından, farklı idealler doğrultusunda, farklı şekilde kurgulanması sonucu bir standart oluşturulamamaktadır. Standardın oluşturulamaması problemini çözmek için aralarında IBM, Cisco, Fujitsu Gibi büyük teknoloji firmalarının ve J.P. Morgan, Accenture gibi finans kuruluşlarının bulunduğu 54 şirketten oluşan bir grup, "Hyperledger" adlı bir açık kaynak kod topluluğunu kurmuştur ("Hyperledger," 2018). Temmuz 2017'de Fabric 1.0 versiyonunu, Şubat 2017'de de Sawtooth 1.0 versiyonunu piyasaya sürdüler. Kullanıma açtıkları bu iki versiyon ile geliştiricilerin kullanımlarının ardından verecekleri geri bildirimler ile olgun bir sürümün ortaya çıkması hedeflenmektedir.

3. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ UYGULAMALARI

Blockchain'in güvenlik, hız, şeffaflık, aracısız işlem gibi avantajları, uygulama geliştiriciler için cazip hâle gelmesine sebep olmakta ve birçok uygulama fikri ortaya çıkmaktadır. Firmalar tüm bu uygulamalar için kendi platformlarını kullanabilecekleri gibi Ethereum, Hyperledger gibi platformları da kullanabilmektedir. Blockchain teknolojisinin kullanım alanlarına baktığımızda; Bitcoin ve diğer kripto para birimlerini ilk sırada görmekteyiz. Bunların yanında, aracısız işlem ile maliyetler avantajının sağlanması, işlemlerin daha şeffaf ve güvenli bir şekilde yapılması gibi getirilerin elde edilmesi amacıyla Blockchain uygulamalarının tercih edilmekte olduğu birçok alan görülmektedir. Coğrafi bilgi sistemleri de bu uygulama alanlarından biridir. Ylii Huumo, akıllı mülkiyet konusunda çalışmaların yapılabileceğine işaret etmekte, bu konuda prototip uygulamalar belirlediklerini vurgulamaktadır (Yli-Huumo et al., 2016). Diğer çalışmaları incelediğimizde karşımıza "Arazi Kayıt" ve "Sınır İhlalinin" tespiti uygulamaları çıkmaktadır.

3.1 Arazi Kayıt Sistemleri

Arazi Kayıt Sistemleri, Blockchain'in potansiyel yıldız adayı olarak değerlendirilebileceği alanlardan biridir. Ylii Huumo, Blockchain araştırmalarının artırılmasının sistemin gelişimine olan etkisini vurgularken, merkezi olmayan veri tabanını kullanarak şirketlerin sanal ortamda mülklerini satabilmeleri fikrini örnek olarak sunmaktadır. Ayrıca bu fikrin devrim niteliğinde bir çözüm ortaya koyacağı savunulmaktadır (Yli-Huumo et al., 2016). Arazi kayıt işlemlerinin Blockchain üzerinden yürütülmesi, aracıların azaltılmasını/ortadan kaldırılmasını sağlayabilecek, işlemlerin güvenli ve şeffaf bir şekilde yapılmasına zemin oluşturacaktır.

Benzer bir yaklaşımla Lamieux, Blockchain'in arazi ve mülkiyet değişimlerinin kaydını radikal bir şekilde değiştirme potansiyeline sahip yeni bir teknoloji olduğunu savunmaktadır. Blockchain teknolojisi kullanılarak yapılmış olan uygulamalara baktığımızda; karşımıza Brezilya, Gürcistan, Gana, Hindistan, Japonya ve İsveç'in çıktığı vurgulanmaktadır (V. L. Lemieux, 2017). Şu ana kadar pilot uygulama şeklinde kullanılsa da sayıların artacağı öngörülmektedir.

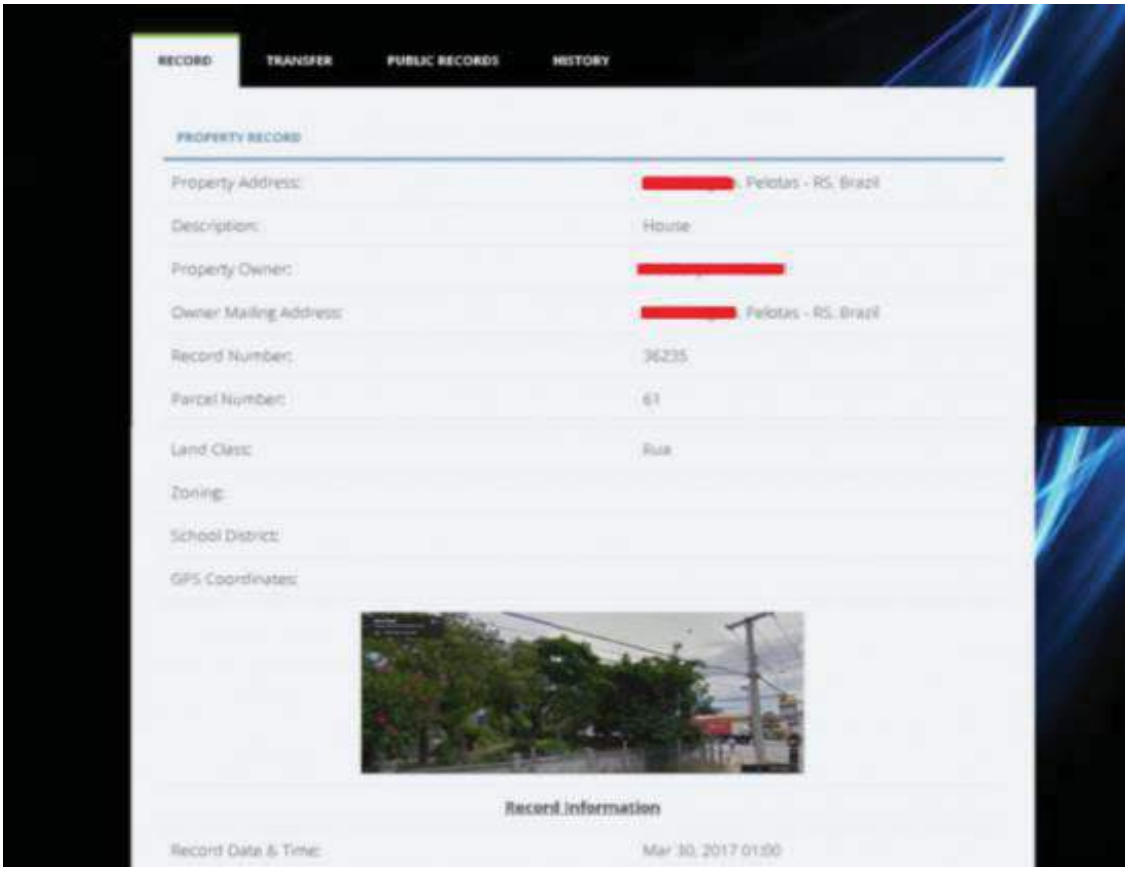
Spielman, bugüne kadar yapılan araştırmaları değerlendirip, Blockchain arazi kayıt sisteminin, tapu-arazi kaydı tutmanın geleceği olduğunu ve mevcut tapu kayıt sistemi üzerinden farklılıklarının belirgin bir şekilde ortaya çıkacağını savunmaktadır. Tapu-arazi kayıt işlemlerinin Blockchain üzerinden yapılmasının getirdiği avantajlar aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır (Spielman, 2016):

- Arazi işlem maliyetini düşüren artan işlem verimliliği
- Mülkiyet değişimindeki sahtekârlığının önlenmesi
- Ek güvenlik seviyeleri
- Denetlenebilirlik
- Şeffaflık
- Doğal afet ya da insan kaynaklı felaketlere karşı daha düşük hassasiyet

Tüm bu avantajların yanında, arazi kayıt sistemi Blockchain üzerinden yapılmaya karar verilmeden önce bazı konuların netleştirilmesi gerekmektedir. Sistem üzerinden sağlanan dokümanların ihtilaf durumlarında yasal kanıt niteliği taşıması gerekir ki sistemin kullanılabilirliği sağlansın. Bu noktada, eski kayıtların sisteme nasıl aktarılacağı, mevzuatın sistem üzerinden nasıl yönetileceği gibi konuların netleştirilip kararların alınması gerekmektedir. Aksi durumda, sistemin kullanılabilirliği azalacaktır (V. L. Lemieux, 2017).

Arazi kayıt sistemindeki uygulamalara baktığımız zaman Brezilya, Honduras ve İsveç'teki uygulamaların ön plana çıktığını görmekteyiz. Honduras için Factom adlı ABD merkezli bir Blockchain teknoloji şirketi Blockchain tabanlı bir çözüm geliştirmiş fakat önerilen proje devam etmemiştir. Honduras uygulaması arazi işlem kaydına yönelik Blockchain teknolojisinin kullanıldığı ilk uygulamadır. Kasım 2015 ve Ocak 2016 arasında toplanan veriler ile birlikte birçok yazı, video, Whitepaper hazırlanmıştır. Neden Blockchain tabanlı bir sisteme geçme ihtiyaçları olduğu konusu araştırıldığında karşımıza arazi kayıt işlemlerinde yaşanan usulsüzlükler çıkmaktadır. Honduras hükûmeti, arazi kayıt işlemleri sırasında yaşanan usulsüzlüklerin önüne geçmek için birtakım yasalar çıkartarak reform yapmayı hedeflemiş fakat bu yeni düzenlemeler tapu sahteciliğini içeren manipülasyona karşı savunmasız kalmıştır. Bu sebeple Factom firması ile Blockchain uygulamasına geçilmesi konusunda anlaşma yapmışlardır (V. L. Lemieux, 2017).

Brezilya'nın Rio Grande do Sul Eyaleti, Pelotas Belediyeleri ve Morro Redondo'daki gayrimenkul sicili ofisi ile Mayıs-Temmuz 2017 yılları arasında uygulamaya alınan Blockchain arazi kayıt uygulaması yine bir Amerikan firması olan "Ubitquity" tarafından geliştirilmiştir. Projenin amacı, bölgedeki resmî arazi kayıtlarına yönelik bir pilot program oluşturmak, maliyetleri düşürmek, aynı zamanda arazi kayıtlarının doğruluğunu, güvenliğini ve saydamlığını artırmaktı. Pilot uygulamayı açıklarken Ubitquity CEO'su Nathan Wosnack Blockchain çözümü ile mülkiyet ve tapu anlaşmazlıklarını adil ve şeffaf bir şekilde ele alınması amacıyla gerçekleştireceklerini açıklamıştır. Sistem sayesinde arazi kayıt sahtekârlığının önüne geçileceği belirtilmiştir. Mülkiyet devir işlemi toplam 13 adımda gerçekleştirilmektedir. Hâlihazırda pilot olarak uygulanmakta olan uygulama ile uzun vadede; mevcut kayıt ve mülk transfer süreçlerini dönüştürmek için Blockchain teknolojisinin özelliklerini içeren bir sistem oluşturmak amaçlanmaktadır (V. L. Lemieux, 2017). Uygulama ile elde edilen verileri değerlendirdikten sonra kayıt işlemi sırasında hatalarda azalma sağlandığı ortaya çıkmıştır. Hatalardaki azalmanın yanı sıra, arşivleme işlemlerinde ciddi bir kolaylaşma elde edilmiştir (Allison, 2018). Uygulamanın arayüzü Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Ubitquity Honduras Blockchain Uygulamasının Kullanıcı Arayüzü (V. Lemieux, 2018).

Brezilya ve Honduras'da yaşanan sahtekârlık ve usulsüzlük durumların aksine, Blockchain teknolojisine geçen bir diğer ülke olan İsveç, Dünya Bankası "İş Yapma Endeksi"nde mülk tescili dünyadaki en yüksek ülkeler arasında yer almaktadır. Tapu ve kadastral işlemler, ayrı ayrı fakat birbirleriyle entegre bir şekilde yapılmaktadır. Yalnızca 7 adımda devir işlemi tamamlanmakta, noter avukat gibi dâhiller işin içerisine girmemektedir. Uygulamaya geçen pilot proje verileri Temmuz-Ekim 2017 tarihleri arasında toplanmıştır. Chromaway firması tarafından geliştirilen uygulama hâlâ kullanılmaya devam etmektedir (V. L. Lemieux, 2017). Uygulamanın kullanıcı arayüz görüntüsü Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Chromaway Land Registry Uygulamasının Kullanıcı Arayüzü ("ChromaWay Land Registry," 2018).

İsveç'teki uygulamanın yakalamış olduğu başarı ile birlikte, Ukrayna Ekim 2017 yılında yaptığı açıklamada arazi kayıt işlemlerinde şeffaflık sağlaması açısında arazi kayıt sisteminde Blockchain'e geçeceklerini duyurmuştur ("Ukrainian Blockchain Land Registry," 2018). Bunun yanında Hindistan eyaletlerinden olan Andhra Pradesh'te Chromaway'ın arazi kayıt sisteminin pilot bölge olarak kullanılmaya başlanacağı Ekim 2017'de duyurulmuştur ("Indian Blockchain Land Registry," 2018).

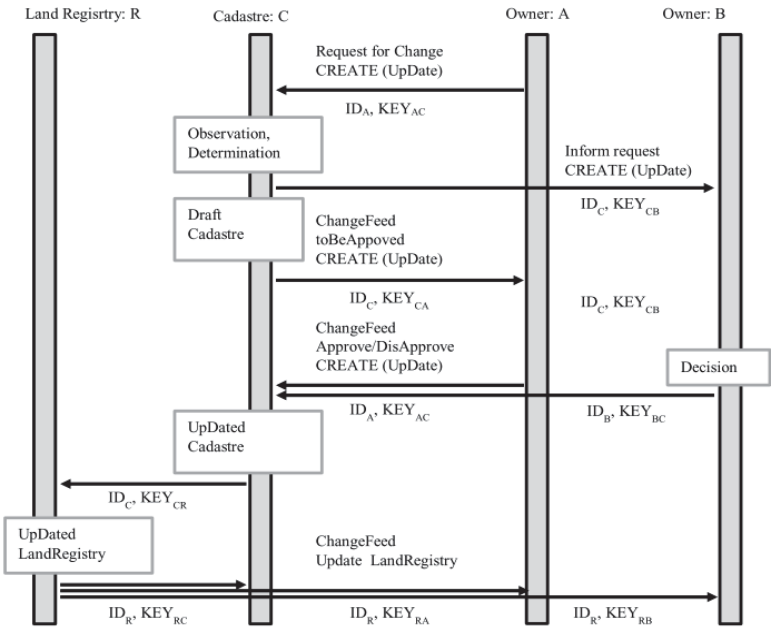
Gerek teknolojinin yeni olması, gerekse uygulamanın birçok dâhil içermesi göz önünde bulundurulduğunda "Arazi Kayıt" uygulamalarının olgunluğa ulaşması için bir süre gerektiği söylenebilir. Uygulamanın avantajlarının yanında, verilerin uzun süre sonunda da erişilebilir olması ve yasal olarak kanıt niteliği taşıyor olabilmesi gibi risk unsuru taşıyan konuların açıklığa kavuşturulması, sistemin devamlılığının sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu konular çoğunlukla bölgesel regülasyonlar ve uygulama mimarisine göre farklılık gösterebilmektedir. Tek bir çözüm ile uluslararası pazarda tek hakim olabilmek çok gerçekçi değildir. Tüm ülkelerin yerel kanunları farklılaşmakta ve sonuç olarak yerel bazda özelleştirmeler yapılması ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Şimdiye kadar yapılmış olan çalışmalar incelendiğinde Chromaway firmasının sunmuş olduğu uygulamanın, gerek ön yüz gerek sistemsel tasarımı ile popülerlik kazandığını söyleyebiliriz. Bu başarı ile birlikte uygulandığı bölge sayısında artış görülmeye başlanmıştır. Blockchain Arazi Kayıt Sistemlerinin avantajları somut olarak ortaya çıkmaya başladıkça kullanım sayılarının daha büyük bir ivme ile artacağını öngörebiliriz.

3.2 Sınır İhlali Tespiti

Blockchain-Coğrafi Bilgi Sistemi uygulamalarına baktığımız zaman Arazi Kayıt uygulamasından sonra karşımıza çıkan bir diğer uygulama "Sınır İhlali Tespiti" uygulaması olmaktadır. Türkiye-Kırşehir'de yapılan bu kadastral Blockchain uygulaması Abdulvahit Torun'un çalışmasında anlatılmaktadır. Başarılı kadastro araştırmaları arasında tutarsız bir sınır tespiti sorunu ortaya çıkmış ve bu gibi durumları önleyebilecek hiyerarşik blok zinciri mimarisine dayanan bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntemde, tüm paydaşların ortak ve müşterek onayı alınmadıkça, tapu sicilinde bir sınır değişikliği işlemi yapılmamaktadır. Kadastro verisinde benzersiz bir sınır olarak temsil edilen iki ayrı fiziki sınırın bir olgu çalışmasını sunduktan sonra Kırşehir / Türkiye'de bu tür olayları önlemek için Blockchain teknolojisine dayalı bir CAD / GIS etkin yöntemi önerilmiştir (Torun, 2018).

Torun, çalışmasında; Blokzincirinin kadastroda kullanılmasının amacını, arazi katılımcısının çatışmalara neden olan sınır tespiti sürecini yönetmek olarak açıklamaktadır. Mevcut durumda tapu kayıt işlemleri tek bir otorite tarafından merkezî sistem üzerinden kontrol edilmektedir. Blockchain teknolojisi ile arazi kayıt işlemlerinin merkezi olmayan, şeffaf, rezervasyon için herkesin erişimine açık bir sistem olmasını önermektedir. Torun, Blockchain tapu-kadastro uygulamalarının incelendiği zaman, her ne kadar çeşitli çabaların amacı birbirinden farklı olsa da ortak hedefin; tapu işlemlerinin zaman takibinde herhangi bir bilgi kaybetmeden çok adımlı ve uzun prosedürlerin sayısallaştırılması olduğunu savunmaktadır. İkincil amacın ise, devlet uygulamalarının o kadar güvenilir olmasa da tüm katılımcıların yanı sıra resmî yetkililerin gözetimi altında mülkiyet işlemlerini yürütülmesi olduğunu eklemektedir (Torun, 2018). Süreçlerin sayısallaştırılması amacının Blockchain-Arazi Kayıt uygulamalarındaki (Brezilya, Honduras, İsveç) ile benzerlik gösterdiğini söyleyebiliriz. Bunun yanında Honduras ve Brezilya'nın Blockchain'e geçiş sebeplerinin ülke genelinde kullanımda olan mevcut sistemlerinde yaşanan usulsüzlüklerin giderilmesi olduğu göz önünde bulundurulduğunda ikincil amacın da benzer doğrultuda olduğu çıkarımında bulunulabilir.

Önerilen uygulamada, sınır komşusu iki arazi sahibinin mutabık kaldığı sınırların, arazilerden birinin el değiştirmesi durumunda yeni sahibin bilirkişi raporu ile sınır tayini istemesi durumu anlatılmaktadır. Bu durumda araziler arası 60 cm'lik (Yasal olarak izin verilen maksimum miktar) bir fark oluştuğu ve bu alanın atıl kaldığı, her iki tarafın bu alanı kullanabilmek için ihtilaf çözüm sürecine gireceği anlatılmaktadır. Çözümünün hayli zahmetli ve uzun olduğu bu ihtilaflı sürecin Blockchain altyapısı ile kolaylıkla ele alınabileceği belirtilmektedir (Torun, 2018). Uygulama örneğinin Blockchain mimarisi Şekil 3'teki gibidir.



Şekil 3. Sınır Tespiti Blockchain Uygulama Öneri Mimarisi (Torun, 2018).

4. SONUÇ

Blockchain alıcı ve satıcı tarafların herhangi bir onaylayıcı üçüncü taraf ihtiyacı olmaksızın doğrudan kendi aralarında güvenli bir şekilde alışveriş yapmasına izin veren, yapılan tüm işlemlerin şifrelenmiş bir şekilde bloklar üzerinde tutulduğu merkezi olmayan işlemsel veri tabanı teknolojisidir. İstemci ve sağlayıcı arasındaki bu alışverişin güvenli bir şekilde yapılabilmesi için tüm işlemler kriptografi kullanılarak dağıtık bir veri tabanında tutulur. Bu dağıtık yapı üzerinde tüm işlemler açık muhasebe defteri denen, işlemlerin tutulduğu ve tüm kullanıcılara açık olan, merkezi olmayan dağıtık veri tabanı yapısında muhafaza edilmektedir. Geleneksel yaklaşımda (Merkezî) veri tabanı üçüncü bir dâhil tarafından kontrol edilirken Blockchain yaklaşımında verilerin kontrolü tüm ağ tarafından yapılmaktadır. Dağıtık veri tabanının kopyası tüm katılımcılarda mevcuttur. Böylece, verinin bozulması ve tahrip edilmesi engellenir. Ayrıca, yüksek güvenlik avantajı en önemli avantajlarından biridir. Güvenlik, aracısız işlem, veri takibindeki şeffaflık gibi avantajlar Blockchain teknolojisini cazip hâle getirmektedir. 2008 yılında Blockchain temelli Bitcoin para biriminin ortaya çıkmasıyla, Blockchain teknolojisinin avantajları gün yüzüne çıkmaya başlamıştır. Özellikle 2015 yılından sonra Blockchain teknolojisi kullanılarak birçok alanda uygulamalar geliştirilmiş ve hâlen de geliştirilmeye devam edilmektedir. Blockchain 'in güvenlik, hız, şeffaflık, aracısız işlem gibi avantajları, uygulama geliştiriciler için cazip bir teknoloji hâline gelmesine sebep olmakta ve birçok uygulama fikri ortaya çıkmaktadır. Firmalar tüm bu uygulamalar için kendi platformlarını kullanabilecekleri gibi Ethereum, Bithalo, Hyperledger gibi akıllı sözleşmeler yapılması için altyapı sağlayıcısı firmaları da kullanabilmektedir. Aracısız işlem ile maliyetler avantajının sağlanması, işlemlerin daha şeffaf ve güvenli bir şekilde yapılması gibi getirilerin elde edilmesi amacıyla Blockchain uygulamalarının tercih edilmekte olduğu birçok alan görülmektedir. Coğrafi bilgi sistemleri, Blockchain teknolojisinin kullanılabileceği öngörülen potansiyel yıldız adayı olan alanlardan biridir. Blockchain-CBS'nin bir arada kullanıldığı alanları incelediğimizde karşımıza Arazi Kayıt uygulamaları çıkmaktadır. İlk olarak Honduras, ardından Brezilya ve İsveç'te uygulamaya alınan Arazi Kayıt uygulamaları bunlardan en fazla öne çıkanlarıdır. Genel duruma bakıldığında Blockchain Arazi Kayıt Sistemi alanı çok yeni olduğu için olgunluğa henüz ulaşılmadığı söylenebilir. Uygulama sayılarının artması, uygulamaların uzun süreli kullanımların ardından alınan geri bildirimlere göre güncellemelerin yapılması ve çoğunlukla yerel kanunlardan kaynaklanan risklerin ortadan kaldırılması ile olgunluk seviyesi yükselecektir. Ayrıca, olgunluk seviyesinin yükselmesi ile birlikte Arazi Kayıt uygulamaların avantajları somut olarak ortaya çıkmaya başlayacak ve kullanım sayıları daha büyük bir ivme ile artacaktır. Bu yükseliş ile birlikte Arazi Kayıt uygulamalarının Blockchain tabanlı uygulamalar arasında öne çıkacağını öngörebiliriz. Bunun gibi Coğrafi Bilgi Sistemi uygulamaların sayısı yükseldikçe, Sınır İhlali Tespit uygulaması tarzı uygulamalar daha kolay bir şekilde hayata geçirilebilecektir. Başarılı sonuçlar görüldükçe daha fazla çeşitlilikte ve sayıda Coğrafi Bilgi Sistemi uygulamalarını görüyor olacağımızı söyleyebiliriz. Yapılan çalışmaları ve ileriye dönük yapılabilecekler incelendiğinde; coğrafi bilgi sistemleri alanının, Blockchain teknolojisinin kullanılabileceği potansiyel yıldız adayı alanlardan olduğunu söyleyebiliriz.

KAYNAKLAR

Allison, I., 2018. Blockchain-based Ubitquity pilots with Brazil's land records bureau. https://www.ibtimes.co.uk/blockchain-based-ubitquity-pilots-brazils-land-records-bureau-1615518 [April 1, 2018]

Bithalo., 2018. http://bithalo.org/ [May 19, 2018]

Christidis, K., & Devetsikiotis, M., 2016. Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things. *IEEE Access*, *4*, 2292–2303.

ChromaWay Land Registry., 2018. https://chromaway.com/landregistry/ [May 26, 2018]

Founder, G. W., & Gavin, E., 2017. Ethereum: A Secure Decentralised Generalised Transaction Ledger, 1–32. http://www.cryptopapers.net/papers/ethereum-yellowpaper.pdf

Huh, S., Cho, S., & Kim, S., 2017. Managing IoT devices using blockchain platform. *International Conference on Advanced Communication Technology, ICACT*, 464–467. https://doi.org/10.23919/ICACT.2017.7890132

Hyperledger. (2018). https://www.hyperledger.org/ [May 19, 2018]

Indian Blockchain Land Registry. 2018. https://www.coindesk.com/andhra-pradesh-partners-with-chromaway-to-develop-blockchain-land-registry/ [April 7, 2018]

Lemieux, V., 2018. Real Estate Transaction Recording in the Blockchain in Brazil (RCPLAC-01) -Case University of British Columbia Records in the Chain Project, (January). https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10569.85606

Lemieux, V. L. (2017). Evaluating the Use of Blockchain in Land Transactions: An Archival Science Perspective. *European Property Law Journal*, *6*(3), 392–440. https://doi.org/10.1515/eplj-2017-0019

Mike Hearn. 2018. Smart Property - Bitcoin Wiki. Retrieved March 31, 2018, from https://en.bitcoin.it/wiki/Smart_Property

Nick Szabo. 2018. The Idea of Smart Contracts. Retrieved March 31, 2018, from http://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/idea.html

Spielman, A. 2016. Blockchain: Digitally Rebuilding the Real Estate Industry. http://dci.mit.edu/assets/papers/spielman_thesis.pdf

Swan, M., 2015. *Blueprint for a new economy*. *O'Reilly Media, Inc*. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Torun, A. 2018. Hierarchical Blockchain Architecture for a Relaxed Hegemony on Cadastre Data Management and Update : A Case Study for ...., [January].

Ukrainian Blockchain Land Registry. 2018. https://www.coindesk.com/ukrainian-government-to-start-blockchain-land-registry-trial-in-october/ [April 7, 2018]

Yli-Huumo, J., Ko, D., Choi, S., Park, S., & Smolander, K., 2016. Where is current research on Blockchain technology? - A systematic review. *PLoS ONE*, *11*(10), 1–27. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163477

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6186

TOPLU TAŞIMA GÜZERGÂHLARININ BELİRLENMESİNDE CBS OLANAKLARININ KULLANILABİLİRLİĞİ

Abdullah ÖZDEMİR[1], Arzu ÖZDEMİR[2]

[1]Çevre Yüksek Mühendisi Ordu Büyükşehir Belediyesi CBS Şube Müdürlüğü, abdullahozdemir@ordu.bel.tr
[2]Harita Mühendisi. Ordu Büyükşehir Belediyesi Harita Zemin Şube Müdürlüğü, arzuozdemir@ordu.bel.tr

ÖZET

Hızla artan nüfus, işgücü ve araç sahipliği gibi etkenler, günümüzde önemli bir sorun olan kent içi ulaşımın çevre, enerji, sürdürülebilirlik, sosyal denge gibi konular dikkate alınarak öncelikle büyük şehirlerde olmak üzere bilimsel yöntemlerle çözümlenmesi ve düzenlenmesini zorunlu kılmaktadır. Bu çerçevede kent içi ulaşımın sadece bu günü değil geleceği de kapsayacak şekilde planlanması ve uygulanması gerekmektedir. Kent içi trafik yükünü azaltabilmek için toplu taşıma sistemlerine ve yaya/bisiklet gibi çevre dostu ulaşım biçimlerine öncelik verilmesi gerekmektedir. Çok bileşenli, çok parametreli ve etkileşimli yapısı nedeniyle toplu taşıma sistemlerinin klasik anlayışlarla planlanması pek mümkün olamamaktadır. Geleneksel yöntemlerle yapılan planlamaların geldiği noktayı her birimiz yaşadığımız kentlerde deneyimlemekteyiz.

Karadeniz Bölgesinin çekim merkezi haline gelen Ordu'nun artan kent içi trafik sorununu çözmek amacıyla Ordu Büyükşehir Belediyesi tarafından toplu taşıma sisteminin kente kazandırılması kararı alınmıştır. 2018 yılında hayata geçirilen bu sisteme ilişkin olarak yapılan durak yerleri ve hat güzergâhlarının belirlenmesine ilişkin olarak yapılan analizler bu bildirinin konusunu oluşturmaktadır. Pek çok ölçütün birlikte değerlendirilmesini zorunlu kılan karmaşık yapısı ile olayın bir mekânda cereyan ediyor olması nedeniyle Coğrafi Bilgi Sistemlerinin, önceliklendirme, ağırlıklandırma gibi istatistiksel yöntemlerin birlikte kullanılması ile alternatif senaryolar oluşturulmuş ve değerlendirilmek üzere karar vericilere sunulmuştur. Toplu taşıma güzergâhlarının planlanmasında; güvenlik, konfor, hız, kolay erişilebilirlik gibi vatandaş odaklı beklentilerin yanı sıra durak, araç, sefer ve yolcu optimizasyonu gibi operasyonel gereklilikler de göz önünde bulundurulmuştur. Operasyonel zorunlulukları unutmadan vatandaş memnuniyetini odağına alan bir toplu taşıma sistemi geliştirmek olarak ortaya konulan probleme akılcı ve ikna edici çözümler üretebilmek adına CBS'nin sunduğu eşsiz olanaklardan yararlanılmaya çalışılmıştır. Problemin ortaya konulmasından sonra karar verme sürecinde gereksinim duyulacak bilgiler ile bu bilgilere ulaşmayı sağlayacak veriler temin edilmiştir. Bu veriler; ulaşım ağı, yol genişliği, şerit sayısı, kaplama cinsi, ortalama yol hızı, trafik yoğunluğu, trafik akış yönü, akıllı bisiklet güzergâhları, trafik ışıkları, cadde sokak bazında nüfus bilgileri, yaş gruplarına göre nüfus bilgileri, sağlık ve kamu kurumları gibi genel hizmet veren önemli yerler, yaşlı ve bakıma muhtaç kişiler gibi handikaplı gruplara hizmet veren yerler, hastaneler, okullar, alışveriş merkezleri olarak sayılabilir. Tamamına yakını konumla ilişkili onlarca verinin göz önünde bulundurulması gereken bir planlamada CBS'nin sunduğu konumsal analizlerin kullanılmasıyla güzergâh planlaması farklı alternatiflerin aynı anda değerlendirilmesine de olanak sağlamış, karar vermeyi kolaylaştırmıştır. Planlama çalışmalarına ulaşım ağının sayısallaştırılmasının ardından oluşturulan ağ veri seti ile en yakın yol, servis alanı, konum tahsis gibi ağ analizleri ile birlikte kapsama, yoğunluk analizleri sonucunda oluşturulan değer rasterları gibi karar verme süreçlerini doğrudan etkileyecek veri setlerinin hazırlanmasıyla başlanılmıştır. Belirlenecek farklı önceliklere göre oluşan sonuçlar alternatif senaryolar olarak raporlanmış, yapılacak seçimlerin olası sonuçları senaryolaştırılarak karar vericilerin bilgisine sunulmuştur. Sürecinin herhangi bir aşamasında herhangi bir parametreye müdahale ederek alternatif senaryoların anlık ve dinamik üretilebiliyor olmasının, üstelik bu sonuçların herkes tarafından kolayca anlaşılabilecek görsellere dönüştürülebilmesinin, gerek plancı ve analistlere gerekse de karar vericilere büyük kolaylıklar sağladığı görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: analitik hiyerarşik yöntem, CBS, konumsal analiz, toplu taşıma

ABSTRACT

Factors such as rapidly increasing population, labor force and vehicle ownership necessitate the solution and regulation of urban transportation, which is an important problem today, with scientific methods, primarily in big cities, taking into account such issues as environment, energy, sustainability and social balance. Within this framework, intra-city transportation needs to be planned and implemented not only including today but also the future. Priority should be given to public transport systems and eco-friendly modes of transportation such as pedestrian / bicycle to reduce the urban traffic load. Because of its multi-component, multi-parameter and interactive structure, it is not possible to plan public transportation systems with classical understandings. We are experiencing the points that the plans made with traditional methods come from in cities where we live in each unit.

The Ordu Metropolitan Municipality decided to acquire the public transportation system to the city in order to solve the increasing urban traffic problem of Ordu, which became the center of attraction of the Black Sea Region. Analyzes made on the determination of the stop locations and route routes made in relation to this system, which was misinterpreted in 2018, constitute the subject of this declaration. Because of the complicated structure that is required to be evaluated together with many gauges, the statistics are presented to the decision makers by creating alternative scenarios by using the methods

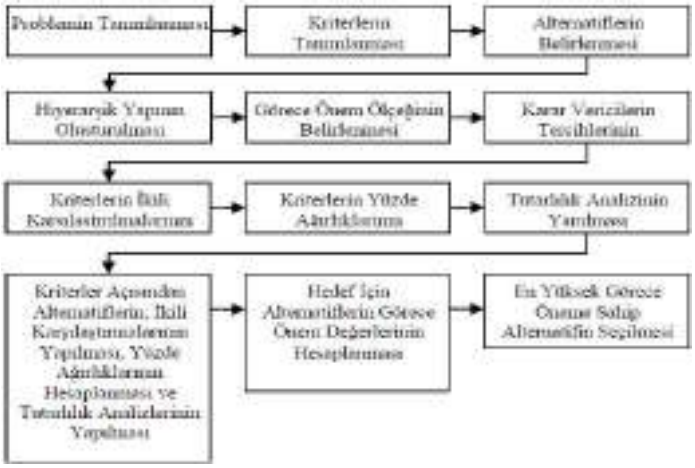
provided by the Geographical Information System with methods such as prioritization and weighting. In the planning of public transport routes; In addition to citizen-focused expectations such as safety, comfort, speed and ease of access, operational requirements such as stop, vehicle, voyage and passenger optimization are also considered. The problem presented as developing a public transport system that focuses on citizen satisfaction without forgetting the operational imperatives has benefited from the unique possibilities offered by GIS in order to produce rational and persuasive solutions. After the problem has been set out, the necessary information is provided in the decision-making process and the data to enable this information to be obtained. This is; such as transportation network, road width, number of lanes, coating type, average road speed, traffic intensity, direction of traffic flow, intelligent bicycle route, traffic lights, street street-based population information, population information by age groups, places that serve handicapped groups such as important places, old and needy people, hospitals, schools, shopping centers etc. The use of spatial analysis provided by the GIS in planning a route that should be taken into account has provided considerable benefits. Following the digitization of the transportation network, the network dataset created, the network analysis such as the nearest road, the service area, the location allocation, as well as the value rasters created as a result of the coverage and density analyzes were created. A model was created in which the results changed automatically as the inputs changed. In this model created, alternative scenarios were created by giving each weight determined criteria as an input by Analytical Hierarchical Method. Interaction of any parameter at any stage of the process allows instantaneous generation of alternative scenarios and these results can be easily understood by everyone, providing the planners and analysts with great facilities for decision makers.

Keywords: analytic hierarchical method, GIS, spatial analysis, public transport

1. GİRİŞ

Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) ile Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) olanaklarının birlikte kullanılması, karar verme süreçleri için benimsenen ve güvenilir bir yöntem olarak kabul edilmektedir (Erden, vd., 2003; Marinoni, 2004; Malczewski, 2006; Erden, vd., 2011; Ozturk, vd., 2011; Yıldırım, vd., 2013; Toraman, vd., 2014). Analitik Hiyerarşi Yöntemiyle ölçütlerin amaca uygun olarak belirlenmesi ve kendi içlerindeki hiyerarşinin kurulmasının ardından bu ölçütlerin birbirlerine görece önemleri belirlenmekte ikili karşılaştırma matrisleri ile hesaplanmaktadır. Böylece pek çok ölçüt birlikte ve göreceli olarak değerlendirilmektedir. Değişken öneme sahip birçok ölçütün göz önünde bulundurularak alternatifler oluşturulması esasına dayanan AHY bunu ölçütlerin her birinin diğerine göre öneminin ortaya koyabilmesiyle sağlamaktadır. AHY sorunun tanımlanmasıyla başlar ve sonuçların değerlendirilmesiyle son bulur. Başlangıçta amaçların belirlenmesi ölçütler ve alternatiflerle ilgili iki adıma ayrılır. Amaçlar oluşturulurken ilk adım ölçütlerin belirlenmesi, ikinci adım seçeneklerin belirlenmesidir. Seçenekler ölçütlerle birlikte değerlendirilerek kullanıcının tercihlerine göre ölçütlere atanacak ağırlıklar tespit edilir. Ağırlıklandırma işlemi birden çok yöntem kullanılabilir. Konuyla ilgili uzman kişilerle yapılan anket çalışmaları bunlardan biridir (Malczewski, 1999). Özetle AHY, birbiri ile çelişen ölçütlere göre değerlendirilen seçenekler arasından en uygun olanı tercih etmek için geliştirilen matematiksel bir modeldir. (Saaty, 1980) AHY'de karar problemi hiyerarşik bir şekilde yapılandırılır ve önceliklendirilir. Amaç-ölçütler-alt ölçütler-seçenekler hiyerarşisi oluşturulur. AHS, problemi parçalara ayırma-hiyerarşi oluşturma, üstünlüklerin belirlenmesi ve sayısal tutarlılığın sağlanması olarak üç temel bileşenden oluşmaktadır. (Malczewski, 1999)

Çizelge 1. Analitik Hiyerarşi Yöntem İşlem Adımları.



Belediyeler, genel karar organları seçimle göreve gelip seçimle değişen kurumlardır. Bu da, belediyeleri kamu kurumlarının diğer kesimlerine göre, halkın istek ve dileklerine daha duyarlı kılmaktadır. Belediyeler halkın günlük yaşantısıyla ilgili konularla iç içe oldukları için çoğu zaman küçük gecikmeler ve aksaklıklar bile halk

tarafından büyük tepkiler alabilmektedir. Yönetimi halk tarafından seçilen, kent halkının desteği ve ilgisine ihtiyaç duyan belediyeler için vatandaş memnuniyeti ve buna bağlı olarak toplumsal destek en önemli etkenlerdir. Belediyeler tarafından yapılan her hizmette, yürütülen her faaliyette temel çıkış noktası; vatandaş ve onun beklentilerinin karşılanmasıdır. Toplu taşıma gibi yüksek maliyetli bir operasyonun sürdürülebilir olması durak yerlerinden hat güzergâhlarına, araç sayılarından modellerine kadar pek çok ölçütün birlikte değerlendirilmesiyle mümkün olmaktadır. Bu nedenle toplu taşıma güzergâhlarının planlanmasında; güvenlik, konfor, hız, kolay erişilebilirlik gibi vatandaş odaklı beklentilerin yanı sıra durak, araç, sefer ve yolcu optimizasyonu gibi operasyonel gereklilikler de göz önünde bulundurulmuştur.

Toplu taşıma sistemlerinin çok bileşenli, çok katmanlı ve etkileşimli yapısı, vatandaş beklentileri ile işletme zorunluluklarının dayattığı koşulların tezatlığı, yapılan tercihlerin vatandaşın yaşamını doğrudan etkileyecek olması, farklı alternatif ve senaryoların oluşturulma gerekliliği, yapılacak seçimlerin olası sonuçlarının önceden bilinmesi gibi gereksinimlerle birlikte sürecin tamamının bir mekânda gerçekleşecek olması, CBS'yi son derece kullanışlı bir araç haline getirmiştir.

2. UYGULAMA

2.1 Uygulama İşlem Adımları

1. Problemin ortaya konulması
2. Ölçütlerin belirlenmesi
3. AHY ile ölçütlerin öncelik ve ağırlıklarının belirlenmesi
4. İhtiyaç duyulan verilerin belirlenmesi
5. Verilerin temin edilmesi
6. Kullanılacak analiz yöntemlerinin tespiti
7. Verilerin analize hazır hale getirilmesi
8. Analiz modellerinin oluşturulması
9. Modellerin çalıştırılarak alternatiflerin üretilmesi
10. Alternatiflerin ilgilerle tartışmaya açılması
11. En uygun sonuç elde edilene kadar modelin çalıştırılması
12. Ölçütleri ve ağırlıklarını değiştirerek en uygun çözüm elde edilene kadar modelin çalıştırılması
13. Elde edilen sonuçların raporlanması

2.2 Verilerin Hazırlanması

Planlamanın yapılacağı alan içerisindeki tüm yollar ücretsiz bir masaüstü CBS yazılımı olan QGIS ile çizilmiştir. Sayısallaştırılan yollara ilişkin genişlik, şerit sayısı, gidiş yönü ve kaplama cinsi gibi öznitelik verileri tanımlanmıştır. Trafik ışıkları ve önemli noktaların yerleri Google Earth programı ile elde edilmiş, eksik kalan veriler ücretsiz bir mobil CBS yazılımı olan OruxMaps ile sahadan toplanmıştır.

Nüfusa ilişkin veriler ise Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğü tarafından sunulan Adres Kayıt Sistemi servislerinden alınarak PostgreSQL veri tabanına aktarılmıştır. Binada oturan bilgilerinden Cadde Sokak düzeyinde nüfus bilgileri elde edilmiş, ayrıca veriler yaş gruplarına göre de sınıflandırılmıştır. Elde edilen bu sözle bilgiler cadde sokak grafikleriyle birleştirilmiştir. Diğer öznitelik alanlarının eklenmesi (min, max, ortalama hız v.b), topolojilerinin kurulması, Ağ veri setinin oluşturulması, uydu görüntülerinin ve trafik yoğunluk haritalarının çalışma sınırlarına göre kesilmesi gibi işlemler sonucunda toplanan veriler, yapılacak analizler için hazır hale getirilmiştir.



Şekil 1. Yolların Sayısallaştırılması.



Şekil 2. Ağ Veri Setinin Oluşturulması.



Şekil 3. Trafik Akış Hızlarının Atanması.



Şekil 4. Önemli Yerlerin Veri Setine Eklenmesi.

Her bir yol için yolun kaplama cinsi, yolun genişliği ve yolun geometrisi gibi parametreler göz önünde bulundurularak her bir yol için minimum, maksimum ve ortalama hız değerleri tespit edilmiştir. Yol uzunluğu ve ortalama hız değerleri kullanılarak her bir yola ait geçiş zamanı değeri saniye cinsinden hesaplanmıştır.

Trafik ışıkları ve ışıklardan kaynaklı gecikmeler ilgili yollara eklenmiştir. Her bir trafik ışığına 150 metre mesafedeki her bir yol için 15 saniye gecikme değeri, 30 metreden kısa mesafede dönüş olan yollara her bir dönüş için ise 5 saniye gecikme süresi eklenmiştir. Böylece her bir yol için ortalama hız, sinyalizasyon ve dönüşlerden kaynaklı gecikme zamanlarının toplamıyla tüm yollar için ortalama geçiş zamanları hesaplanmıştır.

2.3. Yapılan Analizler



Şekil 5. Nüfus Yoğunluk Haritalarının Üretilmesi.



Şekil 6. Cadde Sokak Bazında Yoğunluk Haritaları.

Coğrafi Bilgi Sistemleri uygulamalarında kullanılan konumsal analiz yöntemlerinden olan ağ analizi (Network Analysis) yapılabilmesi için Konumsal Ağ Veritabanı (Network Dataset) oluşturulmuştur. Hazırlanan bu veri seti kullanılarak mevcut her bir ASHİ için bir başka konumsal analiz yöntemi olan Servis Alanı (Service Area) analiz yöntemi kullanılarak erişim zaman haritaları hazırlanmıştır.



Şekil 7. Kapsama Haritalarının Oluşturulması.



Şekil 8. En Yakın Yol Analizlerin Yapılması.



Şekil 9. Konum – Tahsis Analizlerin Yapılması.

Nüfus yoğunluk haritaları baz alınarak en yakın yol analizleri yapılmış en yakın güzergahlar ve ortalama ulaşım süreleri hesaplanmıştır. Huzur evi, yaşlılar evi, bakım evi gibi handiakplı grupların 150 m mesfede erişebileceği durak yerleri sabit durak olarak tanımlanmış aday durak noktalarını belirleyebilmek "Konum - Tahsis Analizleri" (Location-Allocation) yapılmıştır. Aday durak noktaları nüfus yoğunluk haritaları ile çakıştırılarak yaklaşık durak yerleri belirlenmiştir. Önemli yerler olarak tanımlanan yerler etrafından 50,100 ve 150 m çapında oluşturulan halka tamponlar üretilmiş. Her bir mesafedeki halka için AHP ile belirlenen puanlar atanmıştır. Önemli yerler de kendi içerisinde AHP'ye göre önceliklendirilmeye tabi tutularak her bir önemli yer için ağırlık puanları oluşturulmuştur. Önemli yerlerin kendi puanları ile tampon bölgelerden getirdiği ağırlıklı puanların bileşkesi Önemli yerler toplam puanı olarak belirlenmiştir. Yaklaşık durak yerleri güzergahlara üzerinde oluşturulan 50, 100 ve 150 m'lik tampon bölgelerle çakıştırılarak duraklar puanlanmıştır. Ağırlıklı puanlara göre belirlenen durak yerleri, maksimum durak sayısı, duraklar arası minimum ve maksimum mesafe ve zaman süreleri de dikkate alınarak yeniden optimize edilmiştir.

Bu analiz sonunda elde edilen veriler bu kez de farklı durak sayılarına göre yeniden hesaplanmak üzere Konum - Tahsis Analizleri'ne sokularak alternative durum senaryoları oluşturulmuştur. Her bir senaryo için oluşan durak sayısı, hedef yolcu sayısı, önemli yerleri kapsayıcılık, seyahat süresi gibi paremetreler öznitelik olarak tanımlanmış ayrıca raporlanmıştır.



Şekil 10. Ağırlıklandırılmış Rasterların Oluşturulması.



Şekil 11. Alternatifli Değer Rasterlarının Oluşturulması.

Analizler sonucunda oluşturulan her bir harita "Raster" formatına dönüştürülmüş, çakıştırma analizleri uygulanmıştır.



Şekil 12. Durak Sonuç Rasterının Oluşturulması.



Şekil 13. Durak Yerlerinin Belirlenmesi.

Raster haritaları, raster hesaplayıcı (Raster Calculator) yöntemiyle birleştirilerek tek bir "Değer Raster" oluşturulmuştur.



Şekil 14. Güzergahların Belirlenmesi.

Şekil 15. Güzergahların Araç/Yolcu Sayılarına Göre Optimize Edilmesi



Şekil 15. Güzergahların Araç/Yolcu Sayılarına Göre Optimize Edilmesi.

Analizlerle elde edilen güzergâhlar, ilgililere sunulmuş, araç, sefer ve yolcu sayısını optimize edecek şekilde yapılan iterasyonlar sonucunda en uygun güzergâhlar belirlenmiştir.



Şekil 16. Yapılan İterasyonlar Sonucunda En Uygun Çözümün Elde Edilmesi.

3. SONUÇ

Günden günde artan nüfus ve araç sayılarının oluşturduğu trafik yoğunluğu kent yaşamını her geçen gün daha da zorlaştırmaktadır. Kent içi ulaşım acilen çözülmesi gereken bir sorun haline gelmektedir. Kent içi trafik yükünü azaltabilmenin en etkili yollarından birisi kuşkusuz toplu taşıma sistemleridir.

Çok bileşenli, çok parametreli, grift ve etkileşimli yapısı nedeniyle toplu taşıma sistemlerinin klasik anlayışlarla planlanması pek mümkün ol(a)mamaktadır. Geleneksel yöntemlerle yapılan planlamaların geldiği noktayı her birimiz yaşadığımız kentlerde deneyimlemekteyiz.

Toplu taşıma güzergâhları planlanırken pek çok ölçütün aynı anda değerlendirilmesi gerekmektedir. Güvenlik, konfor, hız, kolay erişilebilirlik gibi vatandaş odaklı beklentilerin yanı sıra durak, araç, sefer ve yolcu optimizasyonu gibi operasyonel gerekliliklerin de aynı anda göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Birbiriyle zaman zaman çelişen bu ölçütlerin ağırlıkları Analitik Hiyerarşik Yöntemle belirlenmiş, bu veriler konumsal analizlerde kullanılmıştır. Toplu taşıma güzergâhlarının belirlenmesinde Analitik Hiyerarşik Yöntem ile konumsal analizlerin birlikte kullanılmasının, problemin ortaya konulmasından çözüme ulaşılmasına kadar geçen süreçteki tüm işlem adımlarının hızlı, kontrol edilebilir ve herkes tarafından anlaşılabilir olmasını sağladığı görülmüştür. Yapılan konumsal analizler, çözümü üretmekle kalmamış, çözüm dışındaki alternatiflerin ve yapılacak seçimlerin olası sonuçlarını da ortaya koymuştur.

Yapılan analiz ve elde edilen bulgular ışığında, toplu taşıma sistemi durak yerlerinin ve hat güzergâhlarının belirlenmesinde CBS'nin sunduğu olanakların, karar vericilerin karar verme süreçlerindeki en önemli yardımcısı olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

Bagli, S., Geneletti, D. ve Orsi, F., 2011, Routeing of power lines through least-cost path analysis and multicriteria evaluation to minimise environmental impacts, Environmental Impact Assessment Review, 31 (3), 234-239.

Coria, J., Bonilla, J., Grundstrom, M. ve Pleijel, H., 2015, Air pollution dynamics and the need for temporally differentiated road pricing, Transportation Research Part a-Policy and Practice, 75, 178-195.

Hassan, O. ve Effat, H., 2013, Designing and evaluation of three alternatives highway routes using the Analytical Hierarchy Process and the least –cost path analysis, application in Sinai Peninsula, Egypt, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, 16 (141-151).

Kara, F. ve Usul, N., 2012, Highway Route Design Through The Use of GIS and Multicriteria Analysis: A Case Study Of Istanbul, Ozean Journal of Applied Sciences, 5 (1), 71-84.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6530

KENTSEL BÜYÜME SİMÜLASYON MODEL DOĞRULUĞUNUN FARKLI KALİBRASYON YÖNTEMLERİ KULLANILARAK ARAŞTIRILMASI

Derya KOTAY[1], İsmail Ercüment AYAZLI[2], Ahmet Emir YAKUP[1]

[1]Bursiyer, Cumhuriyet Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 58140, Sivas, (kotayderyaa@gmail.com, emirykp@gmail.com)
[2]Yrd. Doç. Dr., Cumhuriyet Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 58140, Sivas, eayazli@cumhuriyet.edu.tr

ÖZET

Sürdürülebilir kent yönetimi anlayışına göre, kentsel dokudaki değişim yönünün ve hızının kontrol altına alınması gerekmektedir. Uygulanabilir plan kararların alınmasında da kentsel büyüme simülasyon modelleri önemli bir altlığı oluşturmaktadır. Bu çalışmada simülasyon için kullanılacak SLEUTH yazılımı ile simülasyon modeli oluşturulması üç aşamada tamamlanmaktadır; test, kalibrasyon ve kestirim. Kalibrasyon aşamasında kentsel büyüme simülasyon modeli için en uygun büyüme katsayısı değerlerinin hesaplanması amaçlanmıştır. SLEUTH en uygun katsayı değerlerini, hesaplanan 13 adet ölçüte göre Brute Force Calibration (BFC) yöntemini kullanarak belirlemektedir. Ölçütlerden hangisinin veya hangilerinin katsayı belirlemede kullanılacağı konusunda henüz bir fikir birliği yoktur. Literatürde sıklıkla karşılaşılan OSM ve Lee-Sallee yöntemleri bu çalışmada da kullanılmıştır. Bunun haricinde, üçüncü yöntem olarak da en yüksek regresyon değerine sahip olan ölçütlere göre kalibrasyon işlemi yapılmıştır. Hesaplanan katsayılar incelendiğinde Pop-Size-Rad ölçütlerinin kullanıldığı kalibrasyon yöntemi ile oluşturulan modelin çalışma alanının kentleşme karakteri ile daha çok benzeştiği belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: kentsel büyüme, simülasyon, hücresel otomat, kalibrasyon, CBS

ABSTRACT

INVESTIGATION OF URBAN GROWTH SIMULATION MODEL ACCURACY USING DIFFERENT CALIBRATION METHODS

According to the understanding of sustainable urban governance, it is necessary to control the change and speed of the urban fabric. Urban growth simulation models are also an important basis for making applicable plan decisions. In this paper, simulation modeling with SLEUTH software is completed in three steps; test, calibration and prediction. It is aimed to calculate the most suitable growth coefficient values for the urban growth simulation model during the calibration phase. SLEUTH uses the Brute Force Calibration (BFC) method to calculate the most suitable coefficient values according to the calculated 13 measurements. There is not yet a consensus on which of the criteria or which to use in determining the coefficient. OSM and Lee-Sallee methods which are frequently encountered in the literature have also been used in this study. As a third method, the calibration process is performed according to the criteria having the highest regression value. When the calculated coefficients are examined; it was determined that the model created by the calibration method using Pop-Size-Rad criteria is more similar to the urbanization character of the study area.

Keywords: urban growth, simulation, cellular automata, calibration, GIS

1. GİRİŞ

Nüfus artışı, sanayileşme, göç vb. sebeplerle hızla değişen kentlerde kentin büyümesi ve değişimini anlamak çok önemlidir. Böyle kentlerde kaynakların daha verimli kullanılabilmesi ve yaşam kalitesinin artması için kentsel büyümenin kontrol altına alınması gerekmektedir. Bu durum arazi örtüsünün nasıl değişeceğinin yanı sıra kentleşmenin hangi yönde olacağının öngörülmesini de gerektirmektedir.

Kentsel büyüme, son yılların en önemli konuları arasındadır. Kentsel büyüme olgusunun sürekli değişen bir yapıda ve geleceğe yönelik olması bu araştırmaların yapılmasını gerekli kılmaktadır. Bu çalışma, kentlerde meydana gelen değişimlerinin gerçek neden ve sonuç ilişkilerini açıklayarak, gelecek için kestirim modellerini üretmeyi içerir. Bu tür çalışmalar kentlerin anlaşılması ve planlanmasında çok önemli verilerdir bunun yanında araştırma sonuçları

geleceğe yönelik sonuçları ortaya koyabilecek tahminleri içerir. Bu sebeple gelecekte gerekli olacak tahminler, önceden elde edilebilir ve olası olumsuzlukların da bu sayede önüne geçilebilir.

Günümüzde planlama çalışmalarına rağmen kentsel ve çevresel problemler artarak devam etmektedir. Yapılan çalışmaların, kentsel ve çevresel sorunlara yönelik çözüm önerileri getirmemesi nedeni ile araştırmacılar yeni alternatif kent yaklaşımları üretmeyi amaçlamaktadır (Günbeyaz ve Turan, 2009).

Sürdürülebilirlik hedefi doğrultusunda büyümenin denetlenmesi, kentlerin dışarı doğru yayılmasının yavaşlatılması veya durdurulması; arazi kullanımının ulaşım sistemleriyle, ekolojik ve rekreasyonel gereksinimlerle ve var olan gelişmeyle uyumlu hâle getirilmesi ön plana çıkmaktadır (Wheeler, 2004).

Kentsel büyümenin kontrol altında tutularak doğaya ve çevreye verilecek zararların azaltılmasında kentsel büyüme modelinin oluşturulması önemlidir. Kentsel büyümeden kaynaklanan arazi kullanımındaki/örtüsündeki değişimlerin modellenebilmesi için genellikle, hücresel otomat temelli (HO) simülasyon yöntemleri kullanılmaktadır (Başlık, 2008; Cheng, 2003; Batty, 2007; Engelen, et al., 1997; Silva & Clarke, 2002).

SLEUTH kentsel büyüme modeli, Amerika Birleşik Devletleri Kaliforniya Üniversitesinden Dr. Keith C. Clarke tarafından, Amerika Ulusal Jeoloji Servisi (USGS) ve Amerika Ulusal Bilim Derneğinin (NSF) destekleriyle geliştirilmiş bir modeldir. SLEUTH modeli, geçmişteki alanın gelecek zamanda gösterdiği değişimin tespit edilerek geleceğe yönelik tahmin çalışmalarının yapılabilmesine olanak vermektedir (Clarke vd., 1997).

SLEUTH tahmini geçmişteki büyüme eğilimlerinin tekrarlanmasına dayanmaktadır. Kentsel değişimin nasıl oluştuğunu tanımlayan katsayılar bulunduğu zaman, bu değerler gelecek değişimlerinin tahmin edilmesinde kullanılmaktadır.

Simülasyon için kullanılacak SLEUTH yazılımında girdi olarak, dört farklı zaman diliminde oluşturulan yerleşim alanı ve iki farklı zaman diliminde oluşturulan arazi kullanımı verileri gerekmektedir. Gerekli olan arazi kullanımı, eğim ve ulaşım ağı verileri kadastral verilerden üretilmiştir.

Simülasyon modeli oluşturmanın en önemli aşaması olan kalibrasyon evresinde model için en uygun büyüme katsayısı değerlerinin hesaplanması amaçlanır. Ölçütlerden hangisinin veya hangilerinin katsayı belirlemede kullanılacağı konusunda henüz bir fikir birliği yoktur. Jantz vd. (2003), Washington-Baltimore metropoliten alanında Compare, Population ve Lee-Sallee ölçütlerini kullanırken, Dietzel ve Clarke (2007) Optimal SLEUTH Metric (OSM) yöntemini geliştirmiştir. Şevik (2006), Oğuz vd. (2007) ve Silva ve Clarke (2002) ise kendi çalışmalarında sadece Lee-Sallee ölçütünü kullanmıştır.

1.1 Araştırma Konusu ve Çalışma Alanı

Çalışma alanında üç farklı simülasyon yöntemi kullanılarak araştırma yapılmıştır. SLEUTH ile modelleme çalışmasındaki farklı kalibrasyon yöntemleri kullanılarak sonuçların iyileştirilmesi model doğruluğunun artırılması adına önemlidir. Kalibrasyon aşamasında modellenen ve gözlemlenen kentsel gelişim arasındaki ilişkiyi temsil eden en iyi değerler saptanmış olur. Çalışmada 1961, 1992, 2001 ve 2014 yılları için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında analiz edilerek HO tabanlı KBSM üretilmiştir. SLEUTH yazılımı kullanılarak Kentsel Büyüme Simülasyon Modeli (KBSM) oluşturulduktan sonra zamansal değişim analizleri yapılarak elde edilen sonuçlar incelenerek çalışma alanındaki arazi kullanımının kentsel büyüme açısından etkisi farklı kalibrasyon yöntemleri ile irdelenmiştir. KBSM oluşturulmasında OSM ve Lee-Sallee yöntemlerinin yanında üçüncü yöntem olarak en yüksek regresyon değerine sahip olan Pop-Size-Rad ölçütlerine göre kalibrasyon sonuçlarının iyileştirilmesi ve modelin doğruluğunun artırılması amaçlanmıştır.

Sancaktepe, 1980'lerden sonra İstanbul'da kentleşmenin hızla yaşandığı ilçelerden biridir (Şekil 1). Çalışma alanındaki nüfus artışı 2008 ile 2015 yılları arasında yaklaşık %55 civarındadır (TÜİK 2016). İlçenin coğrafi konumu, artan nüfus yoğunluğu ve ulaşım potansiyeli mülkiyet yapısındaki değişimlerin araştırılması için önemlidir.



Şekil 1.Sancaktepe ilçesi idari sınırları (Ayazlı ve Başlık, 2016).

1.2 Yöntem ve Veriler

Simülasyon modelinin oluşturulmasında kullanılacak verilerin depolanması, düzenlenmesi, analizi ve sunumunun kolay bir şekilde yapılabilmesi için elde edilen veriler bir veri tabanı yönetim sistemi içerisinde tutulmuştur. ArcGIS yazılımı kullanılarak bir coğrafi veritabanı olan kentsel büyüme veritabanı oluşturulmuştur.

Arazi örtüsü verisi genellikle uydu görüntülerinden üretilmektedir. Çalışma kapsamında KBSM oluşturmak için gereksinim duyulan arazi kullanım verileri kadastral verilerden üretilerek elde edilmiştir. Yerleşim yeri, Yapı stoku, Arazi örtüsü ve Erişilebilirlik verilerinin hazırlanabilmesi için Ümraniye Kadastro Müdürlüğünden temin edilen kadastral haritalar ve Sancaktepe Belediyesinden alınan imar planlarının, coğrafi bir veri tabanına aktarılmıştır. Kadastral veriler, imar planları ve bölgedeki imar hareketlerinin yoğun yaşandığı yıllara ait veriler toplanarak analiz edilmiş, bu verilerin yıllara göre dökümü hazırlanmıştır.

KBSM oluşturmak amacıyla 1961, 1992, 2001 ve 2014 yıllarına ait kadastral haritalardan üretilen veriler kullanılmıştır. Hesaplanan sonuçlar doğrultusunda kentsel büyümenin yönünün kestirileceği 2030, 2050, 2070 yılları için simülasyon modelleri üretilmiştir.

2. SLEUTH MODEL KALİBRASYONU

SLEUTH yazılımının adı, modelde kullanılan girdi verilerinin Slope (eğim), Land Cover (arazi örtüsü), Exclusion (yerleşim yeri olmayacak alanlar), Urbanization (kentleşme), Transportation (ulaşım) ve Hillshade (gölgeli rölyef veri) baş harflerinden oluşmaktadır (SLEUTH, 2016). Yazılım girdi olarak; eğim, iki periyot arazi kullanımı, hesap dışı kalan alan (yerleşim yeri olmaması gereken alanlar), en az dört periyot kentsel alan, en az iki periyot ulaşım ve gölgeli rölyef veriye (Hillshade) gereksinim duymaktadır.

SLEUTH, KBSM'yi test, kalibrasyon ve kestirim aşamalarında oluştururken, dört büyüme kuralı ve bu kurallarla ilişkili beş büyüme katsayısını kullanmaktadır (Çizelge.1) (Ayazlı, 2011).

Çizelge.1 SLEUTH Büyüme Kural ve Katsayıları.

Büyüme Kuralları	Büyüme Katsayıları
• Doğal	• Saçılım, Eğim
• Yeni Yayılma Merkezleri	• Ortaya Çıkma, Eğim
• Çeper	• Yayılım, Eğim
• Yol Etkisi	• Ortaya Çıkma, Eğim, Yol Etkisi, Saçılım

SLEUTH yazılımı ile simülasyon modeli oluşturulurken ilk aşama test aşamasıdır. Test aşamasında hazırlanan girdi verilerinin ve senaryo dosyasında yapılan düzenlemelerin yazılımın istediği standartlara uygunluğu test edilmiştir. Test aşamasından sonra kalibrasyon aşamasına geçilir.

Modelleme sırasında kalibrasyon en önemli adımdır (Silva ve Clarke, 2002). Kalibrasyon aşamasında modellenen ve gözlemlenen kentsel gelişim arasındaki ilişkiyi temsil eden en iyi değerler saptanmış olur (Akın, 2012). Model kalibrasyonu belirli bir alanda gelecekteki kentsel büyümeyi en iyi temsil eden büyüme parametrelerinin belirlenmesi için uygulanmaktadır. Kalibrasyon aşamasında kentsel büyüme simülasyon modeli için en uygun büyüme katsayısı değerlerinin hesaplanması amaçlanmıştır. Kentsel değişimin nasıl oluştuğunu tanımlayan katsayılar bulunduğu zaman, bu değerler gelecek değişimlerinin tahmin edilmesinde kullanılmaktadır.

2.1. OSM Yöntemi ile Arazi Örtüsü Değişimlerinin İncelendiği KBSM

OSM yöntemi, Dietzel ve Clarke (2007) tarafından geliştirilmiş ve her bir kalibrasyon sonrasında hesaplanan ölçütlerden; Compare, Pop, Edges, Clusters, Slope, X-Mean ve Y-Mean ölçütleri (Çizelge 2) kullanılarak katsayıların belirlendiği bir yöntemdir (Dietzel ve Clarke, 2007). Ölçütlere ait bilgiler Çizelge.2'de açıklanmıştır. OSM yöntemine göre katsayılar hesaplandıktan sonra gelecek için KBSM'nin üretileceği kestirim aşamasına geçilir ve hangi yıllar için kestirimde bulunulacaksa, o yıl için KBSM oluşturulur.

Çizelge 2. OSM Yönteminde kullanılan ölçütler (Candau, 2002).

COMPARE	Son yıl için modellenmiş nüfus/son yıl için gerçek nüfus
POP	Kontrol yılları için gerçek kentsel alana kıyasla modellenen kentsel alan için en küçük kareler regresyon puanı
EDGES	Kontrol yılları için gerçek kentsel çevre ile karşılaştırıldığında modellenen kentsel çevre veya kenar miktarı için en küçük kareler regresyon puanı
CLUSTERS	Kontrol yılları için bilinen kentsel kümelenme sayısına kıyasla modellenen kentsel kümelenmelerin sayısının en küçük kareler regresyon puanı
SLOPE	Kontrol yılı için bilinen kentsel hücrelerin ortalama eğimine kıyasla modellenen kentleşmiş hücrelerin ortalama eğimin en küçük kareler regresyonu
X-MEAN	Kontrol yılları için bilinen kentsel konumların ortalama boylamına kıyasla modellenen kentleşmiş yerler için ortalama boylamın en küçük kareler regresyonu (sütun değerleri kullanılarak hesaplanmıştır)
Y-MEAN	Kontrol yılları için bilinen kentsel konumların ortalama enlemi ile karşılaştırıldığında ortalama enlemlerin (satır değerleri kullanılarak hesaplanan) en küçük kareler regresyonu

Yapılan hesaplamalara ait kalibrasyon sonuçları özeti Çizelge 3'te gösterilmektedir.

Çizelge 3. OSM yöntemine göre hesaplanan katsayılar.

Katsayı Adı	İlk Kalibrasyon		Hassas Kalibrasyon		Son Kalibrasyon		Katsayı Değerleri
	Range	Step	Range	Step	Range	Step	
Dispersion (Saçılım)	0-100	25	50-100	10	100-100	1	100
Breed (Ortaya çıkma)	0-100	25	75-100	5	95-100	1	100
Spread (Yayılım)	0-100	25	50-100	10	60-60	1	60
Slope (Eğim)	0-100	25	75-100	5	75-75	1	75
Road Gravity (Yol Çekim)	0-100	25	25-100	15	70-100	6	82

2.2 Lee-Sallee Ölçütü Kullanılarak Arazi Örtüsü Değişimlerinin İncelendiği KBSM

Lee-Sallee ölçütü, Eşitlik 1'e göre Mevcut Yerleşim Alanı (A) ile Simüle Edilen Yerleşim Alanının (B) kesişim ve birleşimlerinin oranıdır (Ayazlı, 2011).

$$\text{Lee-Sallee} = (A \cap B) / (A \cup B) \qquad (1)$$

Lee-Sallee, modelin büyümesi ile kontrol yılları için bilinen kentsel boyut arasında mekânsal uyum ölçümüdür.

Lee-Sallee ölçütüne göre gerçekleştirilen kalibrasyonlarda bu ölçütteki değerlerin yüzde olarak en yüksek değerleri baz alınarak katsayılar belirlenmiştir. Kalibrasyon aşaması süresince en uygun katsayı değerlerini hesaplayabilmek için mevcut veriler ile modellenen veriler karşılaştırılmış Lee-Sallee ölçütüne göre en uygun büyüme katsayıları yazılım tarafından hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalara ait kalibrasyon sonuçları özeti Çizelge 4'te gösterilmektedir.

Çizelge 4. Lee-Sallee yöntemine göre hesaplanan katsayılar.

Katsayı Adı	İlk Kalibrasyon		Hassas Kalibrasyon		Son Kalibrasyon		Tahmin	Katsayı Değerleri
	Range	Step	Range	Step	Range	Step	Range step	
Dispersion (Saçılım)	0-100	25	0-20	5	20-20	1	20-20 1	34
Breed (Ortaya çıkma)	0-100	25	75-100	5	85-100	3	88-88 1	34
Spread (Yayılım)	0-100	25	0-20	5	20-20	1	20-20 1	100
Slope (Eğim)	0-100	25	75-100	5	90-100	2	94-94 1	28
Road Gravity (Yol Çekim)	0-100	25	25-75	10	55-65	2	63-63 1	70

2.3 Pop-Size-Rad Ölçütleri Kullanılarak Arazi Kullanımı Değişimlerinin İncelendiği KBSM

Çalışmada en yüksek regresyon değerlerine sahip olan ölçütler ise 1 ve 1'e en yakın ölçütler seçilerek belirlenmiştir. Yapılan hesaplama sonucu bu ölçütler Pop-Size-Rad olarak belirlenmiştir. Çizelge 5'te üç ölçüte ait bilgi verilmiştir.

Çizelge 5. Pop, Size ve Rad Ölçütleri (Candau, 2002).

Pop	Kontrol yılları için gerçek kentsel alana kıyasla modellenen kentsel alan için en küçük kareler regresyon puanı.
Size	Kontrol yılı için bilinen ortalama kentsel kümelenme büyüklüğüne kıyasla modellenen ortalama kentsel kümelenme boyutu için en küçük kareler regresyon puanı.
Rad:	$\sqrt{std_x{}^2 + std_y{}^2}$ kentsel büyümenin bir ölçüsüdür. x ve y'deki normalize standart sapma yani kentsel büyümenin standart yarıçapında en küçük kareler regresyonu puanı.

Çizelge 6'da ise Pop, Size ve Rad ölçütlerine göre hesaplanan katsayılar gösterilmektedir.

Çizelge 6. Pop-Size-Rad ölçütlerine göre hesaplanan katsayılar.

Katsayı Adı	**İlk Kalibrasyon**		**Hassas Kalibrasyon**		**Son Kalibrasyon**		**Tahmin**	**Katsayı Değerleri**
	Range	Step	Range	Step	Range	Step	Range step	
Dispersion (Saçılım)	0-100	25	25-100	15	55-100	9	55-55 1	92
Breed (Ortaya çıkma)	0-100	25	50-75	5	50-70	4	70-70 1	100
Spread (Yayılım)	0-100	25	75-100	5	80-98	3	80-80 1	100
Slope (Eğim)	0-100	25	0-75	15	0-75	15	100-100 1	1
Road Gravity (Yol Çekim)	0-100	25	0-50	10	10-50	8	50-50 1	72

3.SONUÇ

Çalışmada, elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, üç farklı kalibrasyon yöntemi arasında Pop-Size-Rad ölçütlerine göre hesaplanan katsayıların Sancaktepe'nin kentleşme karakteri ile benzeştiği görülmüştür. Lee-Sallee ölçütüne göre bulunan en yüksek değer 0,13'tür. Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde bu değerin yüksek olması daha doğru sonuçlar elde etmek adına önemlidir. Bu nedenle bu çalışmada Lee-Sallee yöntemine göre hesaplanan katsayıların modelde kullanılması uygun değildir.

Kentsel büyüme çalışmalarında oluşturulan simülasyon modelinin doğruluğu kentsel büyümenin anlaşılması ve geleceğe yönelik tahminler oluşturulması açısından gereklidir. Kentsel planlama çalışmalarında ve kentsel büyümede geleceğe yönelik kestirimlerde farklı kalibrasyon yöntemleri kullanılarak daha doğru ve tutarlı sonuçlar elde edilebilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK 112K469 ve CÜBAP M-673 numaralı projeler tarafından desteklenmektedir.

KAYNAKLAR

Akın A., Berberoğlu S., 2012, Farklı Politikalar Doğrultusunda Adana Kentsel Gelişiminin Modellenmesi, *4. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu,* Zonguldak.

Ayazlı, İ. E., 2011, Ulaşım Ağlarının Etkisiyle Kentsel Yayılmanın Simülasyon Modeli: 3. Boğaz Köprüsü Örneği, *Doktora Tezi,* YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ayazlı, I. E, ve Başlık, S., 2016, Mülkiyet Deseni İle Kentsel Büyüme İlişkisinin Simülasyon Modelinin Oluşturulması Projesi Sonuç Raporu. Sivas: Proje Sonuç Raporu, TÜBİTAK.

Başlık, S., 2008. Dinamik Kentsel Büyüme Modeli: Lojistik Regresyon ve Cellular Automata (İstanbul ve Lizbon

Örnekleri), *Doktora Tezi*. İstanbul: MSGSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü

Batty, M. 2007, Cities and Complexity. Cambridge, London: MIT Press.

Candau, J., T., 2002, Temporal Calibration Sensitivity of The SŞEUTHUrban Growth Model, *Master's Thesis*, Unıversity of California, Santa Barbara.

Cheng, J. 2003,Modelling Spatial & Temporal Urban Growth, *Doktora Tezi*. Utrecht Üniversitesi Coğrafya Bilimleri Fakültesi, Utrecht.

Clarke, K. C., Hoppen, S., **Gaydos, L.**, 1997, A self-modifying cellular automaton model of historical urbanization in the San Francisco Bay area. *Environment and Planning B-Planning and Design,* 242, 247–261.

Dietzel, C., Clarke, K., 2007, Toward Optimal Calibration of the SLEUTH Land Use Change Model, *Transactions in GIS,* 11(1): 29-45.

Engelen, G, White R., Uljee I., 1997, Integrating constrained cellular automatamodels, GIS and decision support tools for urban planning and policy making. *Decision Support Systems in Urban Planning*, London: E&FN Spon.

Jantz, C., Goetz, S.J. ve Shelley M.K., 2003, Using the SLEUTH urban growth model to simulate the impacts of future policy scenarios on urban land use in the Baltimore-Washington metropolitan area, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 30: 251-271.

Günbeyaz, N., Turan N., G., 2009, Samsun ilinde kentsel büyüme deseninin incelenmesi, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.

Oguz, H., Klein A.G., Srinivasan, R., 2007, Using the Sleuth Urban Growth Model to Simulate the Impacts of Future Policy Scenarios on Urban Land Use in the Houston-Galveston-Brazoria CMSA, *Research Journal of Social Sciences*, 2: 72-82.

Şevik O., 2006, Application of SLEUTH Model In Antalya, *Yüksek Lisans Tezi*, ODTÜ Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknolojileri, Ankara.

Silva, E., A., **Clarke K., C.**, 2002, Calibration of the SLEUTH urban growth model for Lisbon and Porto,

SLEUTH, 2016. SLEUTH.
Available at: http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/gig/About/dtInput.htm [Erişildi: 1 Temmuz 2016].

TÜİK, 2016. *Türkiye İstatisitk Kurumu.* https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr [Erişildi: 11 Temmuz 2016].

Wheeler, S. (2004). Planning for sustainability: toward livable, equitable, and ecological eommunities. Londra-New York: Routledge Publishing.



18 Eylül 2018

15:30 - 17:10

SALON 2016

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7017

LİDAR VERİSİNDEN BİNA ÇATI DÜZLEMLERİNİN OTOMATİK ÇIKARIMI VE MODELLEMESİ

Murat GÜLER[1], Mustafa TÜRKER[2]

[1]Arş. Gör., Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 06800, Ankara, muratguler@hacettepe.edu.tr
[2]Prof. Dr., Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 06800, Ankara, mturker@hacettepe.edu.tr

ÖZET

Üç boyutlu (3B) şehir modellerinde şehri oluşturan temel unsur olan binaların modellenmesi LiDAR (Light Detection and Ranging) nokta bulutu verisinin en yaygın uygulama alanları arasında yer almaktadır. Bu çalışmada, İzmir ili Bergama ilçesi kent merkezinden seçilen farklı iki alana ait LiDAR nokta bulutu verilerinden bina çatı düzlemlerinin otomatik çıkarılması ve modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda, önce bina sınıfına ait nokta bulutu verisine Bölge Büyüme Bölütleme-BBB (Region Growing Segmentation–RGS) algoritması uygulanarak, her bir binaya ait nokta bulutu kümesi ayrı olarak tespit edilmiştir. Sonra, tespit edilen her bir binaya ait nokta bulutu kümesine 3B Rastgele Örnek Uzlaşımı (RANSAC: 3D RANdom SAmple Consensus) algoritması uygulanarak bina çatılarının düzlemsel yüzeyleri otomatik olarak çıkarılmıştır. Bina çatı düzlemlerinin çıkarılmasından sonra, gürültü noktaları belirlenmiş ve çatı düzlemi noktalarından atılmıştır. Son aşamada, her binaya ait tespit edilen çatı düzlemlerinin modellenmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bina çatı modelleri görsel olarak incelendiklerinde, en başarılı sonuçların ikinci test alanında olduğu görülmüştür. İkinci test alanında daha başarılı sonuçların elde edilmesinin temel sebebi, RANSAC algoritmasının bu test alanında diğer alana göre daha başarılı sonuçlar vermiş olmasıdır.

Anahtar Sözcükler:*bölütleme, LiDAR, otomatik çatı düzlemi çıkarımı, RANSAC, 3B şehir modeli*

ABSTRACT

AUTOMATIC EXTRACTION AND MODELING OF BUILDING ROOF PLANES FROM LiDAR DATA

In 3D city models the modeling of buildings, which are the fundamental objects of a city, is one of the most used application areas of LiDAR point cloud data. In this study, automatic extraction and modeling of building roof planes from LiDAR point could data were carried out on two different study areas selected from the city center of Bergama, İzmir. In this respect, first, point cloud data that belong to each building was separated through applying the Region Growing Segmentation (RGS) algorithm. Then, building roof planes were automatically extracted by applying the RANSAC (RANdom Sample Consensus) algorithm on point cloud data of each building. After extracting the building roof planes, the blunder points were detected and removed from the roof plane points. In the last step, the modeling process of the roof planes that belong to each building was carried out. Based on the visual interpretation of the generated building roof planes we can state that the best results belong to second test area. The main reason of achieving better results in the second test area is that the RANSAC algorithm provided better results compared to other test area.

Keywords: *reconstruction, LiDAR, automatic roof plane extraction, RANSAC, 3D city models*

1. GİRİŞ

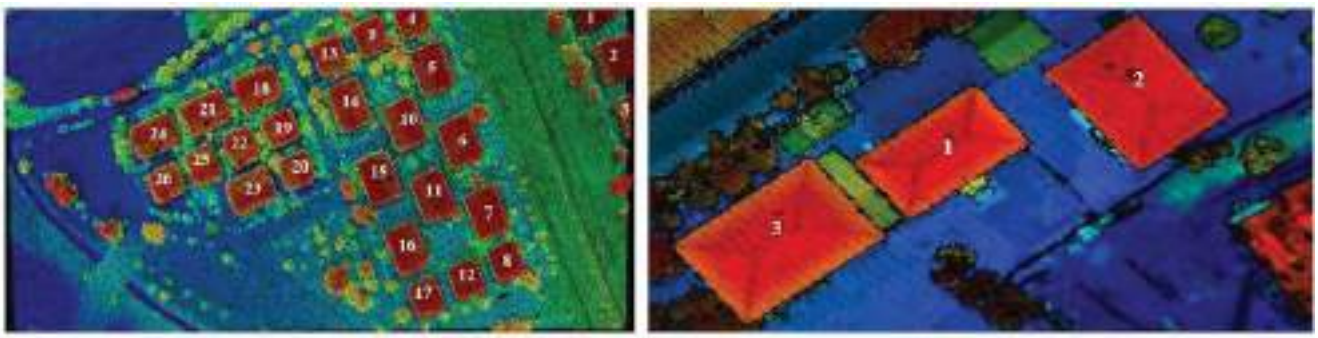
Bir şehri oluşturan ana unsur bina olduğu için, binalar 3B şehir modellemesinde en çok talep gören nesnelerdir (Wei 2008). Kentsel alanlar, genellikle yol ve bina gibi topoğrafik unsurların inşası, yıkımı ya da genişletilmesindeki insan faaliyetleri nedeniyle hızla değişmektedir (Morgan ve Tempfli, 2000). Ayrıca, kentsel alanlarda yapılaşmanın hızlı bir şekilde artmasından dolayı, bina nesneleri güncel olmayabilir. Bu nedenle, 3B topoğrafik nesneleri güncel olarak belirlemek ve çıkarmak için hızlı ve doğru veri toplama teknolojilerine ihtiyaç duyulmaktadır. 3B kent verisi elde etmek için geleneksel fotogrametriye karşın LİDAR teknolojisini kullanmanın avantajları olarak yüksek hız, yüksek düşey doğruluk, yüksek yoğunluk ve düşük maliyet ön plana çıkmaktadır. LİDAR, bina, ağaç, zemin, yol ve enerji hatlarının özellik çıkarımı ve 3B geriçatımında kullanılmaya uygun bir veri toplama yöntemidir (Wei 2008). Geçmişten günümüze kadar yapılmış çalışmalardan Vosselman ve Dijkman (2001) tarafından yapılmış olan çalışmada, bina çatılarında düzlem noktalarını çıkarmak için Hough dönüşümü kullanılmıştır. Düzlem çatı yüzeyleri başlangıç segmentleri uzatılarak ve birleştirilerek elde edilmiştir. Geliştirilen algoritma, bulunan noktaların aynı çatı düzleminde olup olmadığını kontrol etmediği için yapılan bu çalışmada ek kriterler kullanılmıştır. Dorninger ve Nothegger (2007) tarafından yapılmış olan çalışmada, parametre uzayında kümelenerek başlatılan bölütleme algoritması, görüntü eşleştirme ve lazer taraması ile elde edilen nokta bulutları üzerinde uygulanarak güvenilir sonuçlar elde edilmiştir. Karsli ve Pfeifer (2012) tarafından yapılmış olan çalışmada, yalın yer yüzeyi veya herhangi bir bina vb. detayın çıkarımı için, diğer metodlara göre daha etkili olan RANSAC *(RANdom SAmple Consensus)*

algoritması uygulanarak, binaları ve arazi yüzeyini tespit eden olası en iyi düzlemler belirlenmiştir. RANSAC algoritması ile tatmin edici sonuçlar elde edildiği belirtilmiştir. Çömert ve Avdan (2014) tarafından yapılmış olan çalışmada, 3B yersel LİDAR nokta bulutu verisinden düzlem, koni, silindir ve küre gibi şekillerin yüzeylerinin RANSAC algoritması ile otomatik çıkarımı gerçekleştirilmiştir. Burada yapılan işlemde doğruluğu incelemek için elle ve otomatik çıkarılan yüzeyler karşılaştırılmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda, 3B yersel LİDAR nokta bulutu verisinden otomatik yüzey çıkarım işleminde RANSAC algoritmasının oldukça başarılı olduğu belirtilmiştir. Canaz vd. (2015) tarafından göl sınırlarının otomatik olarak belirlenmesi için LiDAR verileri kullanılarak yapılmış olan bir çalışmada, su yüzeyi RANSAC algoritması kullanılarak çıkarılmıştır. Göl alanlarının düzlemsellik özelliği göstermesinden dolayı bu alanların RANSAC algoritmasyla kolay bir şekilde çıkarıldığı belirtilmiştir. Demir (2016) tarafından yapılmış olan bir çalışmada, yalnız LİDAR verisi kullanılarak çatıların 3B modellemesi yapılmıştır. Bu çalışmada ayrıca, görüntüler kullanılarak oluşturulan 3B çizgilerin dahil edilmesiyle daha kaliteli sonuçların üretilebileceği belirtilmiştir. En güncel çalışmalardan olan Fan vd. (2018) tarafından yapılmış olan bir çalışmada, Bölge Büyüme algoritmasının aşırı bölütleme ve tutarsızlık gibi problemlerini gidermek için, farklı nokta bulutu modellerine kendinden uyarlanır (self-adaptive) bölütleme algoritması uygulanarak %96 bölütleme doğruluk oranı elde edilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, LiDAR verisinden, RANSAC algoritması ile bina çatı düzlemlerinin otomatik çıkarımını ve geriçatımını gerçekleştirmektir. Genel olarak, LiDAR nokta bulutu versinden bina geriçatımı işlemi üç temel adımda gerçekleştirilmektedir (Dorninger ve Nothegger, 2007). Bunlar; bina tespitinin yapılması, binaya ait bireysel çatı düzlemleri için düzlemsel yüzeylerin belirlenmesi ve model oluşturulmasıdır. Bu çalışmada, bina modellerinin belirlenebilmesi için nokta bulutu verisinden düzlemsel yüzeyler otomatik olarak çıkarılacaktır. Böylece, bina geriçatımı işlemi için yukarıda belirtilen ilk iki adım gerçekleştirilmiş olacaktır.

2. ÇALIŞMA ALANI VE VERİ

Çalışmada kullanılan İzmir ili Bergama ilçesine ait hava LiDAR verileri Harita Genel Müdürlüğü (HGM) tarafından temin edilmiştir. Çalışma alanı olarak İzmir ili Bergama ilçesi kent merkezinden iki test alanı belirlenmiş ve bu alanlar Test_1 ve Test_2 olarak adlandırılmışlardır. Seçilen test alanlarından Şekil 1 (a)'da gösterilen Test_1'e ait LiDAR verisi, 1200 metre uçuş yüksekliğinde Riegl firmasının LMS-Q1560 Lidar sistemi tarafından ve Şekil 1 (b)'de gösterilen Test_2'ye ait LiDAR verisi, 1200 metre uçuş yüksekliğinde Optech firmasının Pegasus HA-500 LiDAR sistemi tarafından çekilmiştir (Kayi vd., 2015). Ham verinin son dönüşleri için metre kare başına nokta yoğunluğu Test_1 için 18.77 ve Test_2 için 22.63 noktadır.



a) b)

Şekil 1. Test alanlarına ait LiDAR nokta bulutu verileri. (a) Test_1, (b) Test_2.

3. YÖNTEM

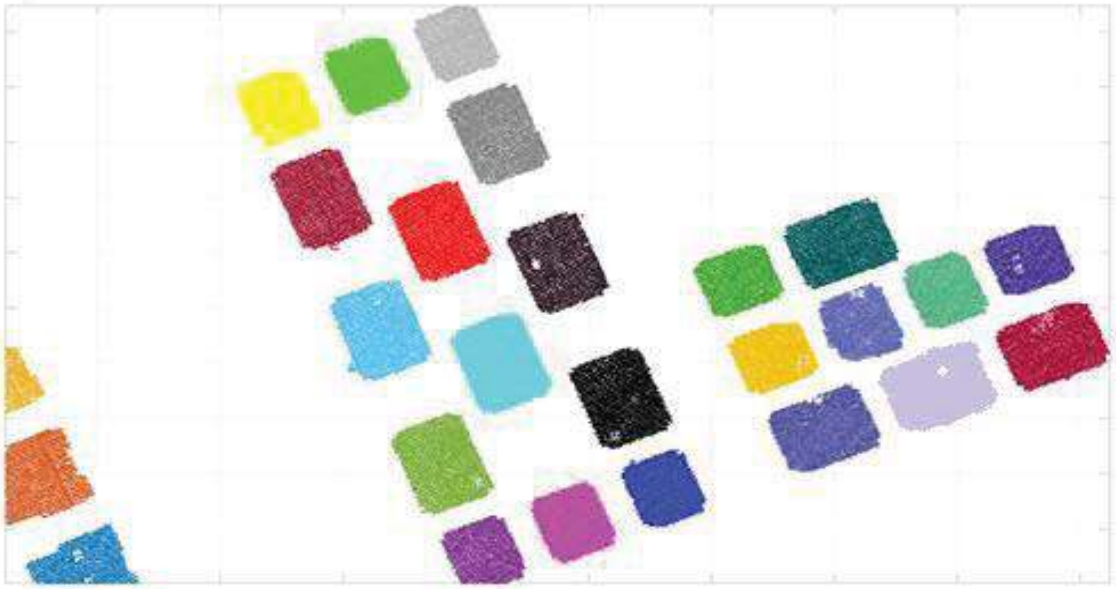
Yöntem altı temel aşamadan oluşmaktadır. Bunlar; 1- Ön işlemler, 2- Bölge Büyüme Bölütleme (BBB) algoritması ile bölütleme, 3- RANSAC algoritması ile düzlem çıkarılması, 4- DBSCAN (Density Based Spatial Clustering of Applications with Noise) algoritması ile düzlemde gürültü ayıklama, 5- Bina çatı düzlem sınırlarının çıkarılması ve 6- Douglas-Peucker algoritması ile bina çatı düzlem sınırlarının sadeleştirmesi dir.

3.1. Ön İşlemler

Ön işlemler için *LAStools* yazılımı kullanılmıştır. *LAStools* yazılımı ortamında gerçekleştirilen ön işlemler; indeks oluşturma, gürültü giderme, örtüşen alanları belirleme, zemin ve nesne ayrımını yapma, ağaç ve binaları sınıflandırma ve bina sınıfını elde etme adımlarından oluşmaktadır.

3.2. Bölütleme

Nokta bulutu kütüphanesi tarafından elde edilen BBB algoritması C++ kodları, bina sınıfı test alanlarına uygulanmıştır. Algoritma, eğrilik ve yüzey normalleri arasındaki açı değerleri kriterlerini göz önüne alarak bir bina kümesine ait olan benzer özellikteki noktaları gruplandırmaktadır (Url-1 2018). Bir bina kümesine ait benzer özellikteki noktalar gruplandırılırken, öncelikle bütün noktaların yüzey normalleri hesaplanmaktadır. Yüzey normallerinin hesaplanmasının ardından bölütleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla her bir test alanında bina sınıfı nokta bulutuna bölütleme işlemi uygulanarak her bir binaya ait nokta bulutu verisi elde edilmiştir. Şekil 2.'de BBB algaritmasının uygulanması ile Test_1 alanı LiDAR verisinin bölütlenmiş 26 adet bina nokta bulutu kümesi gösterilmektedir.



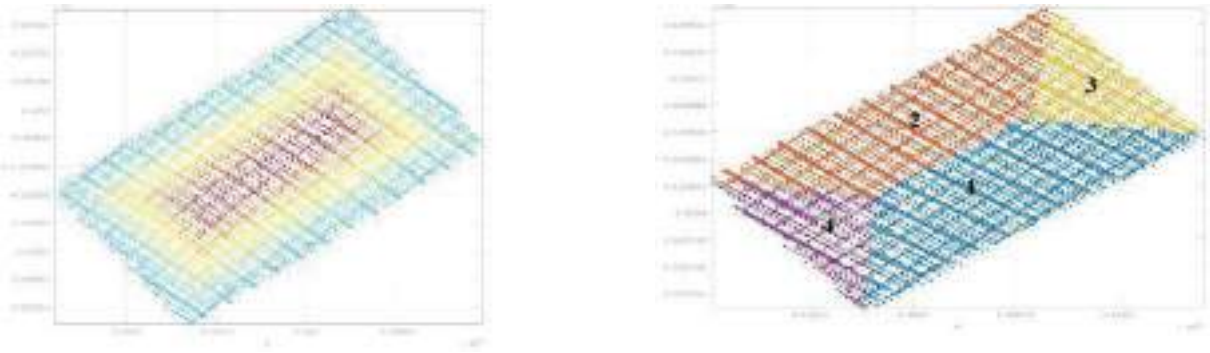
Şekil 2. BBB algaritmasının uygulanması ile Test_1'de bölütlenmiş 26 adet bina nokta bulutu kümesi. Her bir renk bir binayı temsil etmektedir.

3.3. Bina Çatı Düzlemlerinin Çıkarılması

Bölütlenmiş bina nokta bulutu kümelerinin her birine 3B RANSAC algoritması uygulanmıştır (Zaman 2011). RANSAC algoritması ile 3B nokta bulutu LiDAR verisinden düzlemleri elde etmek için, bir düzlem en az 3 noktadan oluşur yaklaşımıyla *modele uyması gereken en az veri noktası sayısı (no)* parametresi değeri 3 olarak seçilir ve algoritma nokta bulutu içerisinden rastgele 3 nokta seçerek model parametrelerini hesaplar. Sonrasında, bir veri noktasının modele uyup uymadığını belirlemek için *eşik değer (t)* parametresi belirlenir. Bölütlenmiş her bir bina nokta bulutu kümesine ait düzlem noktaları, *eşik değer* parametresi mesafe değeri sınırları içerisinde bulunan tüm noktalar, bir düzlem üzerinde bulunur yaklaşımıyla elde edilmiştir. Düzlem noktaları, test alanlarındaki tüm binalara ait nokta bulutu verisi için aynı parametre değerleri kullanılarak elde edilmiştir (Çizelge 1). Bu değerlerden *eşik değer* parametresi deneme yanılma yöntemi ile her iki test alanında bulunan verilere en uygun olacak şekilde,
0.10 metre olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla RANSAC algoritması ile her bir binayı temsil eden düzlemlere ait düzlem noktalarının çıkarılması sağlanmıştır (Şekiller 3, 4 ve5).

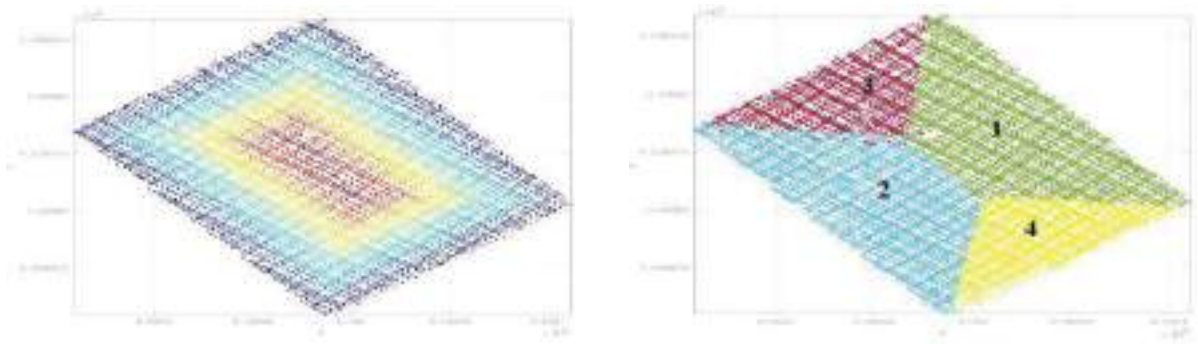
Çizelge 1. RANSAC algoritmasına ait parametreler ve değerleri.

Parametre	Değer
Modele uyması için gereken en az veri noktası sayısı (*no*)	3
İzin verilen en fazla yineleme sayısı (*k*)	168
Bir veri noktasının bir modele uyup uymadığını belirlemek için eşik değeri (*t*)	0.10 m
Bir modelin verilere iyi uyduğunu ileri sürmek için gereken yakın veri noktalarının sayısı (*d*)	Veriye göre değişiklik göstermektedir.



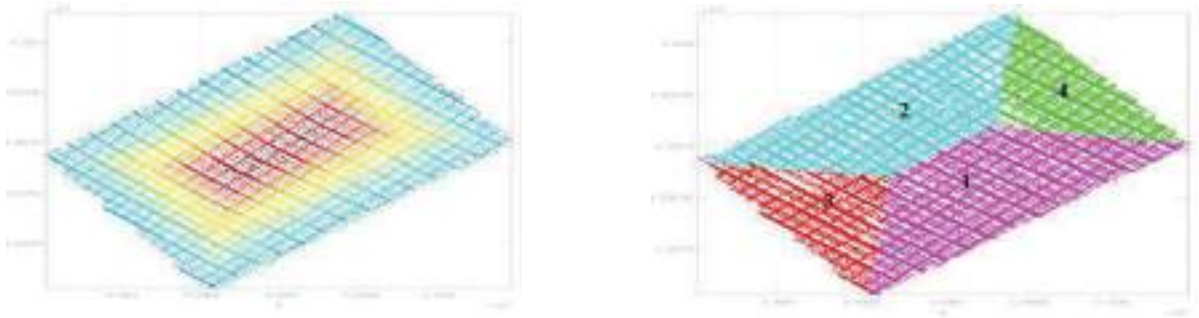
a) b)

Şekil 3. Test_2 test alanında, 1 no'lu binaya ait; a) orjinal bina nokta bulutu verisi b) RANSAC algoritması ile elde edilen dört çatı düzlemine ait noktaların bir arada gösterimi.



a) b)

Şekil 4. Test_2 test alanında, 2 no'lu binaya ait; a) orjinal bina nokta bulutu verisi b) RANSAC algoritması ile elde edilen dört çatı düzlemine ait noktaların bir arada gösterimi.



a) b)

Şekil 5. Test_2 test alanında, 3 no'lu binaya ait; a) orjinal bina nokta bulutu verisi b) RANSAC algoritması ile elde edilen dört çatı düzlemine ait noktaların bir arada gösterimi.

3.4. Gürültü Noktaların Ayıklanması

Her binaya ait LiDAR nokta bulutu kümesine RANSAC algoritmasının uygulanması ile düzlem çıkarımı işleminde görülmüştür ki, görsel olarak başka bir düzlemde olması beklenen noktalar, bazen beklenenin aksine elde edilen düzlem üzerinde bulunabilmektedir. Çalışmanın bu aşamasında, gürültü olarak adlandırılan bu aykırı noktaların ayıklanması işlemi gerçekleştirilmiştir. Gürültü noktaların elde edilen düzlemden kaldırılması için, bölümlemeli kümeleme algoritması K-Means'ten daha üstün küme oluşturma özelliğine sahip yoğunluk tabanlı kümeleme algoritmalarından DBSCAN algoritması (Bilgin ve Çamurcu 2005), düzlemi temsil eden her bir nokta bulutuna uygulanmıştır. DBSCAN algoritması, nesnelerin komşuları ile olan mesafelerini hesaplayarak, belirli bir bölgede önceden belirlenmiş eşik değerden daha fazla nesne bulunan alanları gruplandırarak kümeleme işlemini

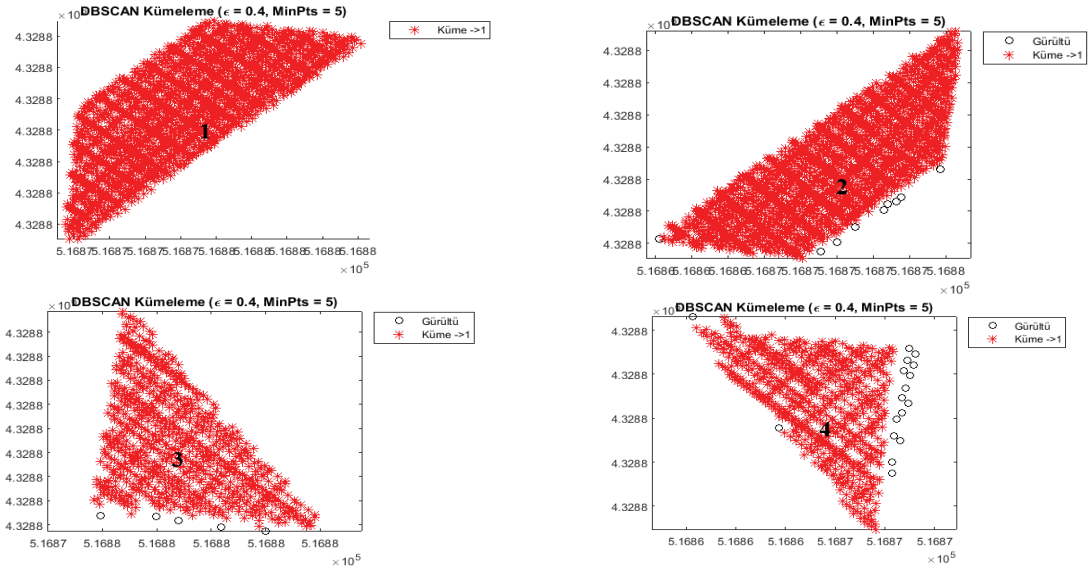
gerçekleştirmektedir. Dolayısıyla, çalışmanın bu safhasında DBSCAN algoritması ile LiDAR düzlem noktalarının birbirleri ile olan komşulukları ortaya çıkarılmıştır.
Algoritmanın temel parametreleri şunlardır:

- "*Eps (ε)* " parametresi: Bir veri nesnesinin komşularını belirlemek için gerekli olan yakınlık mesafesidir.
- "*MinPts*" parametresi: Bir bölgenin yoğun olarak adlandırılabilmesi için *Eps (ε)* parametresi komşuluğunda bulunması gereken en az komşu sayısıdır (Al-Zand 2013).

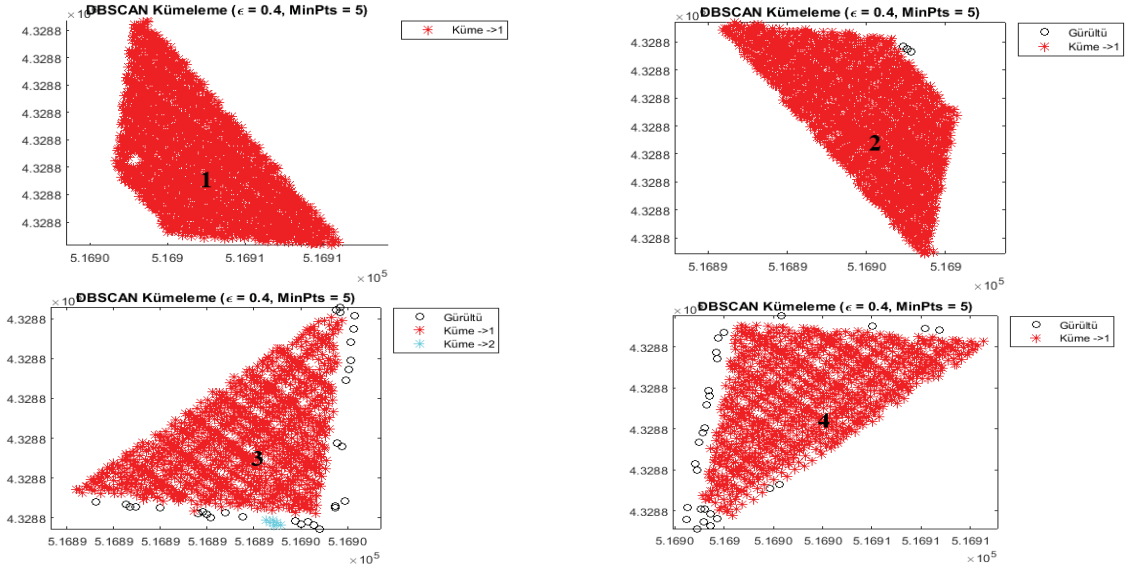
DBSCAN algoritması ile gürültüleri ayıklamak için birçok deneme yapılmış ve çalışmada kullanılan test alanları için en uygun parametre değerleri Çizelge 2'de verildiği gibi belirlenmiştir. Test_2'de yer alan bir binaya ait nokta bulutu verisi üzerinde yapılan işlem sonucunda düzlemlere ait gürültü noktaları Şekiller 6, 7 ve 8'de gösterilmiştir. Gürültüden ayıklanmış düzlemler ise bir arada Şekil 9'da gösterilmiştir.

Çizelge 2. Test alanlarına uygulanan DBSCAN algoritması parametreleri.

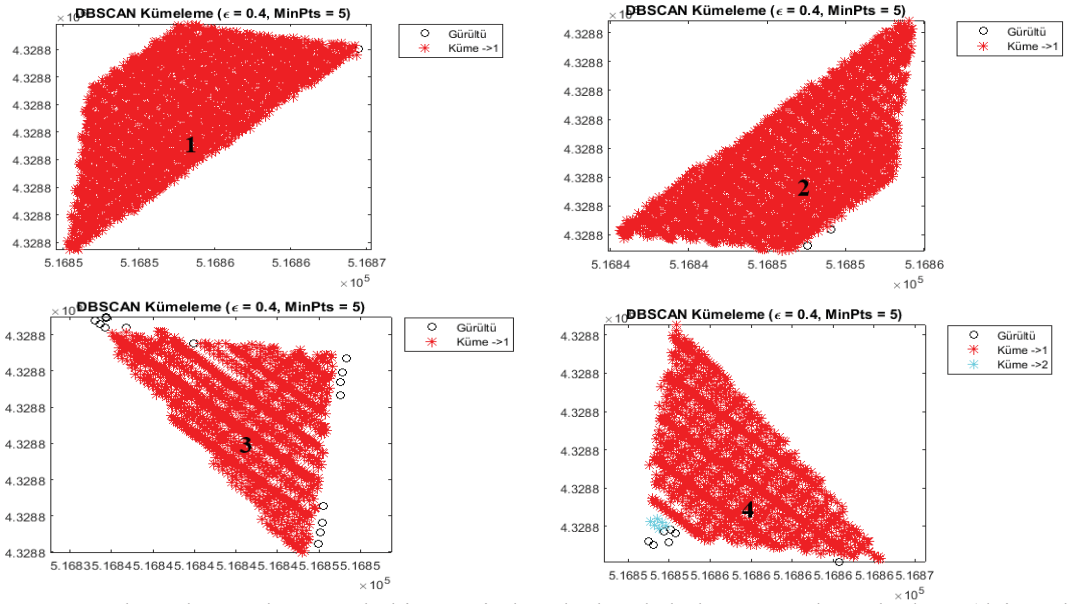
Test_1		Test_2	
MinPts	ε	MinPts	ε
15	0.7	5	0.4



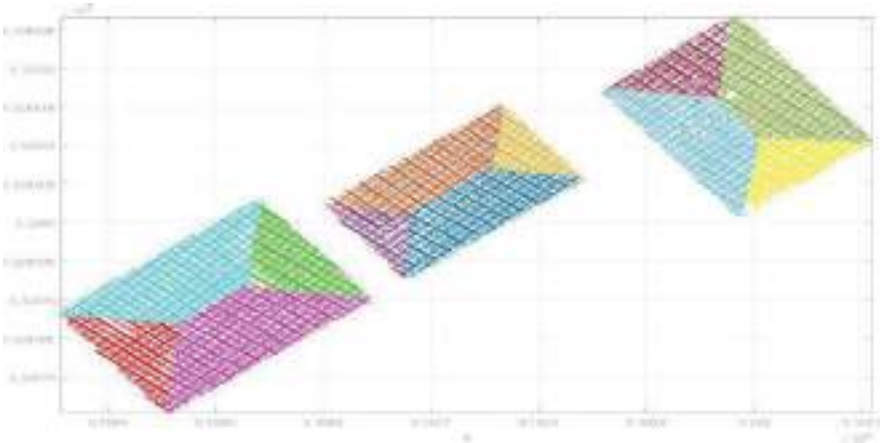
Şekil 6. Test_2 test alanında yer alan 1 no'lu binaya ait dört düzlemde bulunan gürültü noktaların (daire şeklindeki noktalar) gösterimi.



Şekil 7. Test_2 test alanında yer alan 2 no'lu binaya ait dört düzlemde bulunan gürültü noktaların (daire şeklindeki noktalar) gösterimi.



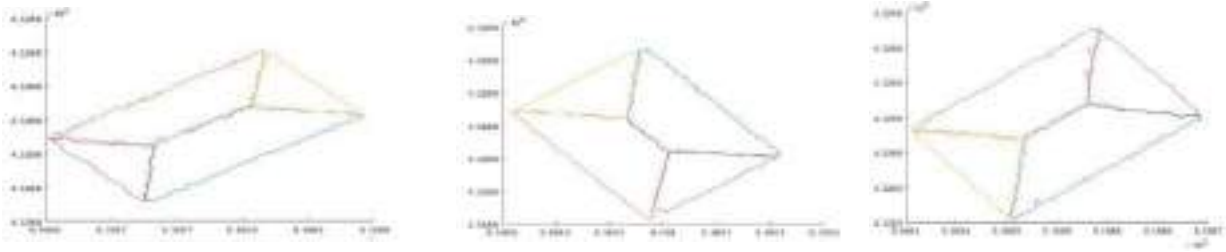
Şekil 8. Test_2 test alanında yer alan 3 no'lu binaya ait dört düzlemde bulunan gürültü noktaların (daire şeklindeki noktalar) gösterimi.



Şekil 9. Test_2 test alanında yer alan tüm binaların gürültü ayıklama işlemi sonrası çatı düzlemlerinin bir arada gösterimi.

3.5. Çatı Düzlem Sınırlarının Çıkarılması

Çatı düzlemi sınırlarının çıkarılması için gürültüden arındırılmış olan LiDAR düzlem nokta bulutu verisine MATLAB ortamında "*boundary*" fonksiyonu uygulanmıştır. Bu fonksiyon, noktalar etrafında iki boyutlu sınırı temsil eden nokta indeksleri vektörünü çalıştırmaktadır. Bu fonksiyon ile dış bükey örtünün (*convex hull*) aksine, sınır noktalarını kaplamak için gövdenin iç tarafına doğru daralma olabilmektedir (Url-2 2018). Bu işlemin uygulanması neticesinde elde edilen sonuçlar Şekil 10'da gösterilmiştir.

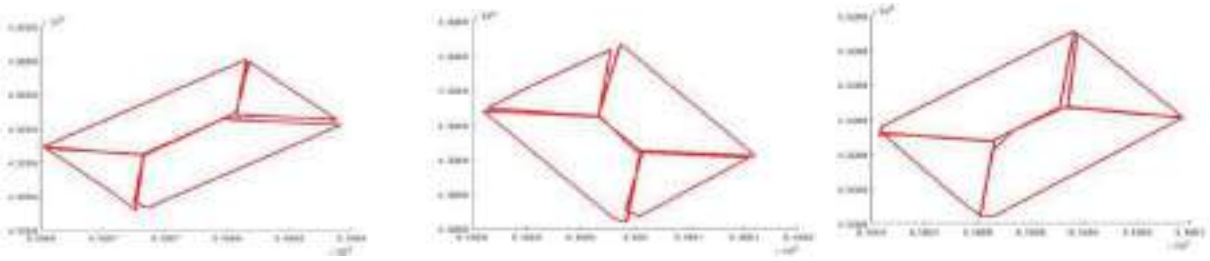


a) b) c)

Şekil 10. Test_2 test alanında yer alan; a) 1 no'lu bina, b) 2 no'lu bina ve c) 3 no'lu bina çatı düzlemlerine "*boundary*" sınır fonksiyonunun uygulanması neticesinde elde edilen sonuç görüntüler.

3.6. Çatı Düzlemi Sınırlarının Sadeleştirilmesi

Bir önceki aşamada "*boundary*" fonksiyonu ile elde edilen sınırı temsil eden noktalara, Douglas-Peucker algoritması (Douglas and Peucker 1973) uygulanmıştır (Schwanghart 2010). Bu algoritmada, tekrarlı bir şekilde bir poligondaki köşe sayısını azaltmak için, ilk ve son noktalardan bir çizgi geçirilerek, tüm köşe noktalarından bu çizgiye olan dik mesafeler hesaplanmaktadır. Bu mesafeler belirtilen bir tolerans değerini geçmediğinde, bu düz çizginin tüm satırı basitleştirilmiş formda temsil edilmektedir. Bunun aksi durumda, düz çizgiden en uzun mesafede olan nokta yeni nokta kabul edilerek, yukarıdaki işlem tolerans sınırı karşılanana ve sadeleştirme süreci tamamlanana kadar devam etmektedir (Turker ve Kok, 2013). Test_2 test alanında bulunan binaların sınırlarına uygulanan sınır sadeleştirme işleminin sonuçlarına bir örnek Şekil 11'de gösterilmiştir.



a) b) c)

Şekil 11. Test_2 test alanında yer alan; a) 1 no'lu bina, b) 2 no'lu bina ve c) 3 no'lu bina çatı düzlemlerine Douglas- Peucker algoritması uygulanması sonrası elde edilen sonuç görüntüler.

4. BULGULAR

Bu çalışmada, RANSAC algoritmasının parametrelerinden olan *k* parametresi değeri (*algoritma tarafından izin verilen en fazla yineleme sayısı–iterasyon sayısı: k)*, Eşitlik 1'e göre hesaplanmıştır.

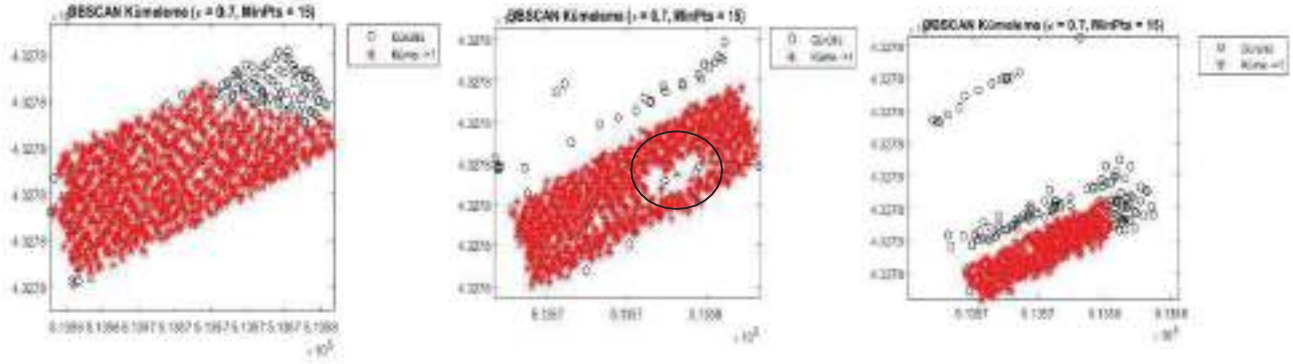
$$N = \frac{log(1-p)}{log(1-w^m)} = \frac{log(1-0.99)}{log(1-0.3^3)} \approxeq 168 \quad (1)$$

Eşitlik 1'de, *m* düzlem modelini tanımlamak için gerekli minimum nokta sayısını, *w* modele uygun olan bir noktanın seçilme olasılığını, *p* başarılı bir işlemin çalışma olasılığını temsil etmektedir (Url-3 2018). *p* değeri 0,99'da sabit tutularak (Bretar 2008), *w* değeri deneme yanılma yöntemi ile bulunmuştur. Yine, RANSAC algoritmasının parametrelerinden olan *d* (*en fazla nokta sayısı)* parametresi değeri, her iki test alanında yer alan binaların her bir düzlemine ait noktalarının çıkarımında minimum olacak şekilde belirlenmiştir. Bundan dolayı, bu parametre değeri her bir binanın her düzlemi için farklılık göstermektedir. Bu parametre değeri ile düzlemlere ait noktalar tespit edildiğinde, görsel inceleme neticesinde çatı düzlemine yakın sonuçlar veren düzlem noktaları kabul edilmiş ve düzlemsellik özelliği olmayan noktalar ise düzlem dışı noktalar olarak göz ardı edilmiştir. Özetle sistem büyük çatı düzlemlerinin tamamını doğru olarak tespit etmiştir.

Düzlem noktalarının tespitinde kullanılan "*mesafe eşik değeri*" parametresi parametre değeri 10 cm olarak alınmıştır. Bu değer, bu çalışmada bina çatılarından yukarıda bulunan bacalara, çatı pencerelerine vb. ait noktalar ile bina çatılarından aşağıda bulunan duvarlara ait noktaların düzlem noktalarına dahil edilmemesi için, en uygun değer olarak belirlenmiştir. Bir düzlem sınırsız büyüklükte olup uzayda sonu yoktur. RANSAC algoritması ile düzlem noktaları belirlenirken, başlangıçta elde edilen düzleme dahil olmaması beklenen noktalar, düzlemin sınırsız büyüklükte olmasından dolayı, düzlem üzerinde olabilmektedir. Bu noktalar gürültü noktaları olarak tanımlanmaktadır. Düzlem noktalarının doğru bir şekilde tespit edilememesi, sonraki adımlarda elde edilen sonuçları da olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Gürültü noktalarının oluşmasına sebep olan bir diğer unsur, "*mesafe eşik değer*" parametresinin bu çalışmada tüm binalar için tek değer alınmasıdır.

RANSAC algoritmasının sonuçları Test_1 test alanındaki 26 bina için incelendiğinde, 1, 2 ve 3 nolu binalarda çıkarılan düzlemlerinin iyi sonuç verdiği, diğer binalarda (2, 4–26) ise çıkarılan düzlemde olması beklenmeyen noktaların elde edilen düzlemde bulunduğu görülmüştür. Yukarıda bahsedildiği gibi, bir düzlemin sınırsız büyüklükte olmasından dolayı bu tür noktaların olması çalışmada beklenmekteydi. Bu problemin giderilmesi için, RANSAC algoritmasının ileride modifiye edilmesi düşünülmektedir. Test_2 test alanında nokta yoğunluğunun yüksek olması ve ayrıca bina çatı geometrilerinin daha düzgün olması nedeniyle, RANSAC algoritması bu test alanında Test_1 test alanına göre daha başarılı sonuçlar vermiştir. Gürültünün ayıklanması aşamasında, her bir test alanında yer alan tüm binalar için aynı DBSCAN algoritması parametre değerleri kullanılmıştır. Dolayısıyla, bu algoritma, bina sayısının daha fazla olduğu ve nokta yoğunluğunun oldukça yüksek olduğu Test_1 test alanında, düzlem LiDAR nokta bulutu verisinde gürültü noktalarının otomatik tespitini beklenen başarı ile gerçekleştirememiştir

Test_1 test alanındaki binalardan 10 nolu binaya ait çatı düzlemlerinde yer alan gürültü noktaları örnek olarak Şekil 12'de gösterilmiştir. Diğer taraftan, benzer şekilde Test_2 test alanında yer alan tüm binalara (3 adet) ait tüm düzlemlerdeki (12 adet) gürültünün ayıklanması için aynı sabit parametre değerinin kullanılması neticesinde ise başarılı sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 12. Test_1 test alanındaki 10 no'lu binaya ait çatı düzlemlerinde yer alan gürültü noktalarının DBSCAN algoritması ile tespit edilmesi örneği.

Ayrıca, yüksek nokta yoğunluğuna sahip Test_1 test alanında, RANSAC algoritması ile çıkarılan düzlemlerde düzlem noktaları olarak algoritma tarafından çıkarılamayan çatı üzerindeki bacaların neden olduğu boşluklar ile diğer nedenlerden kaynaklı boşluklar, gürültü noktalarının tespitinde olumsuz sonuçlar vermiştir. Şekil 12'de, Test_1 test alanı 10 no'lu binaya ait çatı düzlemi üzerinde siyah daire ile işaretlemiş alan içinde kalan boşluk bu duruma bir örnek olarak gösterilmiştir. Her bir test alanında bulunan tüm binalar için aynı DBSCAN algoritması parametre değerlerinin kullanılmış olmasından dolayı, bazı binalarda gürültü olmayan noktaların gürültü noktaları, gürültü noktaların ise gürültü olmayan noktalar olarak tespit edilmesine neden olduğu görülmüştür. DBSCAN algoritmasındaki problemlerin en aza indirilmesi için, her bir düzleme ait nokta bulutu verisi için ayrı parametre değerinin belirlenmesi gerekir. Ancak, bu hem yapılan işlemin süresini artıracaktır hem de önerilen yöntemin otomatik olma özelliğini kaybetmesine yol açacaktır. Bu nedenle, bu çalışmada, kullanılan her iki test alanında yer alan tüm binalar için aynı parametre değerinin kullanılması tercih edilmemiştir.

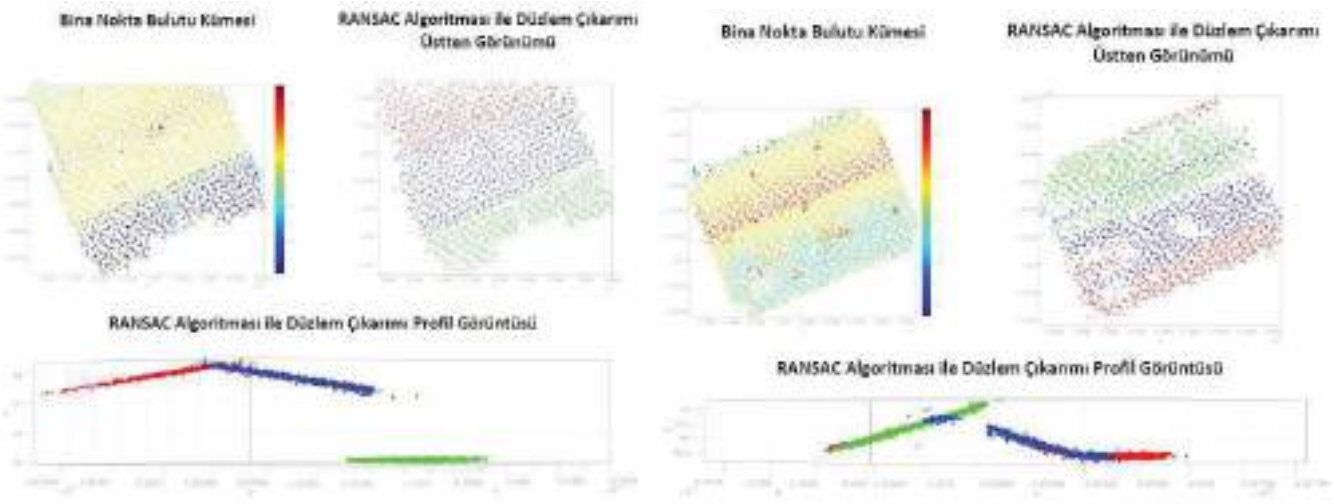
Her bir binaya ait gürültü noktaları giderilmiş düzlem LiDAR nokta bulutu verisinin en dış noktalarından sınır geçirilerek o binayı temsil eden düzlem sınırları çıkarılmıştır. Bunun yanı sıra, düzlem sınır noktalarına Douglas-Peucker algoritması uygulanarak sınırların sadeleştirilmesi (düz çizgilerin oluşturulması) yapılmıştır. Özetle bina çatı düzlem sınırlarının çıkarılması ve sadeleştirilmesi işleminde, her bir binaya ait tespit edilen her ayrı çatı düzlemi üzerinde olan noktalar ile çatı düzlemlerinin modellenmesi amaçlanmıştır.

Test_1 alanındaki 26 bina için, modellenmiş çatı düzlemleri sonuçları incelendiklerinde, 1, 3, 7, 8, 10 ve 12 no'lu binalara ait çatı modellerinin doğru şekilde oluşturulduğu görülmüştür. Yine, Test_1 test alanındaki 2, 4, 13, 14, 17 ve 18 no'lu binalar incelendiklerinde, bu binaların çatı düzlemleri modellemelerinin beklenen doğrulukta olmadığı görülmüştür. Yöntem kısmında verilen Test_2 test alanı incelendiğinde, buradaki binalara ait tüm düzlemler için modelleme sonuçlarının oldukça tatmin edici olduğu görülmüştür.

5. SONUÇLAR

Her iki test alanında bina sınıfı, *LAStools* yazılımı sınıflandırma işlemi ile başarılı bir şekilde elde edilmiştir. Elde edilen bina sınıfı verisine, *Microsoft Visual Studio* yazılımı ortamında geliştirilen BBB algoritması C++ kodu uygulanarak bina sınıfı kapsamında yer alan her bir binaya ait nokta bulutu verisinin başarılı bir şekilde otomatik ayrılması sağlanmıştır. Çalışmada kullanılan LiDAR nokta bulutu verisi nokta yoğunluğunun yüksek olmasından dolayı, çatılardaki bacalar üzerine düşen nokta sayısı da artmaktadır. Ancak, RANSAC algoritması bacalara ait noktaları çıkarılan düzlem noktalarına dahil etmemiştir. Bu da düzlem çıkarımında elde edilen sonuçların doğruluğunu artırmıştır. LiDAR verisi nokta yoğunluğunun daha yüksek olmasından ve ayrıca bina çatı geometrilerinin daha düzgün olmasından dolayı, RANSAC algoritması Test_2 test alanında daha iyi sonuçlar vermiştir. Bu duruma örnek, Test_2 test alanında bulunan binalardan 1, 2 ve 3 no'lu binalar için, sırasıyla Şekiller 3, 4 ve 5'te, Test_1 test alanında bulunan binalardan 3 ve 5 no'lu binalar için, Şekil 13'te gösterilmiştir.

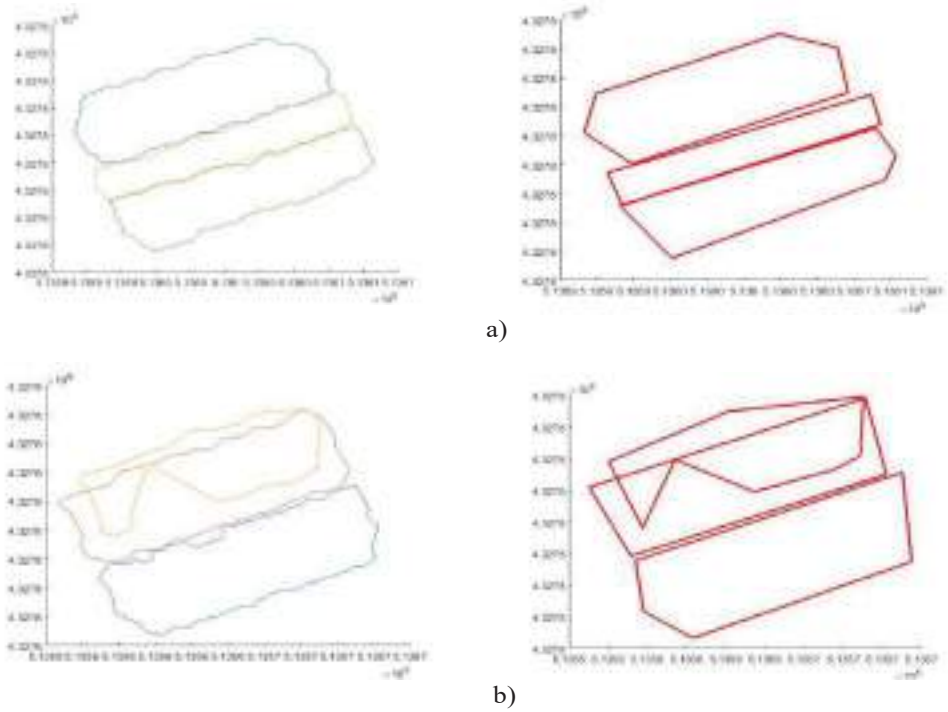
Bazı binalara ait çatı düzlemlerinde başarısız düzlem modellerinin elde edilmesinin ana sebepleri arasında, bina çatı düzlemleri üzerinde boşlukların olması, çıkarılan düzlem noktalarının aynı hizada olmaması, başka bir deyişle düzem sınırlarının zig-zag'lı yapıda olması ve RANSAC, DBSCAN ve Douglas-Peucker algoritmaları parametre değerleri olarak tek parametre değerlerinin kullanılmış olması yer almaktadır. Elde edilen bazı bina çatı düzlemlerinin beklenen doğrulukta modellenememiş olmasının belkide en önemli nedeni, tespit edilen düzlemlerde noktalar arasında boşlukların bulunmasıdır. Diğer taraftan, RANSAC algoritması ile çıkarılan çatı düzlemleri düzgün bir geometriye sahip olduklarında, sınırların başarılı bir şekilde çıkarıldığı görülmüştür.



a) b)

Şekil 13. Test_1 test alanında yer alan, a) 3 no'lu bina ve b) 5 no'lu binalara ait RANSAC algoritması ile düzlem çıkarımı gösterimi.

Her iki test alanında "*boundary*" fonksiyonu ve Douglas-Peucker algoritması uygulanarak elde edilen sonuçlar incelendiklerinde, Test_2 test alanında (Şekiller 10 ve 11) elde edilen sonuçların Test_1 test alanında (Şekil 14) elde edilen sonuçlara göre daha başarılı oldukları görülmektedir. Bunun temel sebebi, DBSCAN algoritması parametre değerlerinin daha az sayıda olan (3 adet) bina üzerine uygulanmasından dolayı, gürültü noktaların daha başarılı bir şekilde tespit edilmesi ve RANSAC algoritmasının bu test alanında daha başarılı sonuçlar vermesidir.



a)

b)

Şekil 14. Test_1 test alanında düzlem sınırlarının çıkarılması ve bu sınırların Douglas-Peucker algoritması ile sadeleştirilmesi. a) Başarılı çatı modeline bir örnek (7 no'lu bina). b) Kısmen başarılı çatı modeline bir örnek (14 no'lu bina).

KAYNAKLAR

Al-Zand, H. A. R., 2013. Bölümleyci Kümeleme Algoritmalarının Farklı Veri Yoğunluklarında Karşılaştırması. *Yüksek Lisans Tezi*. Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü, Ankara. 107 sayfa.

Bilgin, T. T. ve Çamurcu, Y., 2005. DBSCAN, OPTICS ve K-Means Kümeleme Algoritmalarının Uygulamalı Karşılaştırılması. *Politeknik Dergisi*, 8(2):139–145.

Bretar, F., 2008. Feature Extraction from LiDAR Data in Urban Areas. Shan, J., Toth C. K. (Ed.), *Topographic Laser Ranging And Scanning Principles And Processing,* CRC Press Taylor & Francis Group. Syf: 403-418.

Canaz, S., Karsli, F., Guneroglu A. ve Dihkan, M., 2015. Lidar Verileri Kullanılarak Göl Sınırlarının Otomatik Olarak Belirlenmesi, *TUFUAB III. Teknik Sempozyumu*, Konya, syf: 287–293.

Çömert, R. ve Avdan, U., 2014. Yersel Lazer Tarayıcı Verilerinden Basit Geometrik Yüzeylerin Otomatik Olarak Çıkarılması, *5. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu*, İstanbul.

Demir, N., 2016. Lidar Verisinden Çatı Düzlemlerinin Otomatik Çıkarılması, *6. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu*, Adana, syf: 133-138.

Dorninger, P. ve Nothegger, C., 2007. 3D Segmentation of Unstructured Point Clouds for Building Modelling, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Munich, 36-3/W49A, syf: 191–196.

Douglas, D.H. ve Peucker, T.K., 1973. Algorithms for the Reduction of the Number of Points Required to Represent a Digitized Line or its Caricature. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization,* 10(2): 112–122.

Fan, Y., Wang, M., Geng, N., He, D., Chang, J. ve Zhang, J. J., 2018. A Self-Adaptive Segmentation Method for a Point Cloud. *Visual Computer*, 34(5): 659–673.

Karsli, F. ve Pfeifer, N., 2012. Ransac Algortiması İle Lidar Verilerinden Otomatik Detay Çıkarımı, *IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, Zonguldak.

Kayi, A., Erdoğan, M. ve Eker, O., 2015. OPTECH HA-500 ve RIEGL LMS- Q1560 ile Gerçekleştirilen LİDAR Test Sonuçları. *Harita Dergisi*, 153: 42–46.

Morgan, M. ve Tempfli, K., 2000. Automatic Building Extraction from Airborne Laser Scanning Data, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Amsterdam, XXXIII-B3, syf:616–623.

Schwanghart, W. 2010. https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/36229-douglas-peucker-function [Erişim tarihi: 21.07.2018]

Turker, M. ve Kok, E. H., 2013. Field-Based Sub-Boundary Extraction from Remote Sensing Imagery Using Perceptual Grouping. *ISPRS Journal of Photogrammetry And Remote Sensing*, 79:106–121.

Vosselman, G. ve Dijkman, S., 2001. 3D Building Model Reconstruction from Point Clouds and Ground Plans, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Annapolis, Maryland, XXXIV-3/W4, syf: 37-43.

Wei, S., 2008. Building Boundary Extraction Base on Lidar Point Clouds Data, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Beijing, XXXVII-B3b, syf:157–161.

Zaman, T., 2011. 3D RANSAC (get planes from point clouds). http://www.timzaman.com/2011/03/3d-ransac-planaire-oppervlakken-uit-puntwolken/ [Erişim tarihi: 21.07.2018]

Url-1, http://pointclouds.org/documentation/tutorials/ region_growing_segmentation.php [Erişim tarihi: Haziran 2018]

Url-2, https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/boundary.html [Erişim tarihi: 21.07.2018]

Url-3, http://www.math-info.univparis5.fr/~lomn/Cours/CV/SeqVideo/Material/RANSAC-tutorial.pdf [Erişim tarihi: Haziran 2018]

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6440

TAM DALGA BOYU LIDAR VERİLERİ İLE BİTKİ ÖRTÜSÜ SINIFLANDIRMA OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Ayşe Buşra KURTAK[1], Naci YASTIKLI[2]

[1]Müh., Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, İstanbul, aysebusrakurtak@gmail.com
[2]Prof. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, İstanbul, ynaci@yildiz.edu.tr

ÖZET

Gelişmekte olan teknolojiyle birlikte hava LiDAR sistemleri 3-boyutlu veri elde etme konusunda etkili bir kullanım alanı bulmuştur. Yapılan çalışmalar ışığında, hava LiDAR sistemleri kullanılarak obje ve objeden geri yansıyan sinyal hakkında bilgi elde edilebilmektedir. Hedeften algılayıcıya dönen sinyalin çoklu yansıma olarak kaydedilebilmesi tam dalga formu olan LiDAR sistemlerinin en önemli özelliğidir. Bu özelliği sebebiyle tam dalga formu LiDAR sistemleri orman altı topoğrafyasının belirlenmesinde etkili bir rol oynamakta ve çoğunlukla ormancılık çalışmalarında kullanılmaktadır. Günümüzde geri yansıyan sinyalin karakteristiğine göre hedef objenin sınıflandırılması konusundaki çalışmalar önem kazanmaktadır. Hava LiDAR verileri ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılarak sürdürülebilir bir orman yönetimi için orman envanterinin ağaç boyu, hacmi, türleri, yaşı, tür grupları ve orman alan sınırları vb. parametreleri belirlenebilmektedir.
Bu çalışmada; tam dalga formu LiDAR verileriyle geri dönen sinyalin farklı yansıma değerleri kullanılarak bitki örtüsünün sınıflandırma olanaklarının incelenmesi temel amacı oluşturmaktadır. Çalışma alanı olarak İstanbul ilinin kuzey bölgesinde Sarıyer ilçesi sınırları içerisinde yer alan 500 m-700 m'lik bir alan seçilmiştir. Bu çalışmada 2012 yılı ekim ayında 400 kHz Riegl LMS Q680i tarayıcı kullanılarak ortalama 500 m uçuş yüksekliğinde 80 knot uçuş hızında veri alımı yapılarak m^2'de 16 nokta ve 30 cm tarama izi olan LiDAR nokta bulutu verileri İstanbul Büyükşehir Belediyesi BİMTAŞ'dan temin edilmiştir. Elde edilen ham LiDAR nokta bulutu TerraSolid'in TerraScan yazılımı kullanılarak dönüş genişliğine (echo length) göre filtrelenerek sınıflandırılmıştır.

Anahtar Sözcükler: airborne lidar system (ALS), bitki örtüsü, ormancılık, sınıflandırma, tam dalga boyu

ABSTRACT

RESEARCH ON POSSIBILITIES OF VEGETATION CLASSIFICATION BY USING FULL WAVEFORM LIDAR DATA

The airborne LiDAR systems have been considered an effective technique for obtaining 3D data with the technological advancements. In the light of the research studies, the information about the objects and the backscattered signal from objects can be obtain by using airborne LiDAR systems. The multi-reflection of the returning signals from the target to sensor is the most important feature of the full waveform LiDAR systems. Because of this feature, full waveform LiDAR systems play an effective role in determining the subfloor topography and are mostly used in forestry studies. Nowadays, the study about the classification of the target object according to the characteristic of the reflected signal is getting more and more important. The forest inventory parameters like tree height, timber volume, tree species, tree age, stand boundary and basal area are determined for a sustainable forest management using the LiDAR data and high resolution imagery.
In this study; it is aimed to investigate the possibility of classification of vegetation by using different reflection values of returned signal of full waveform LiDAR data. The study area is approximately 500 m-700 m located in Sarıyer district in the northern part of Istanbul province. In this study, 400 kHz Riegl Q680i scanner were used to obtain data at an average flight height of 500 m and 80 knot flight speeds in October 2012, resulting in a 16 point/m^2 and 30 cm footprint LiDAR point cloud data which was provided from İstanbul Metropolitan Municipality BİMTAŞ. The obtained raw point cloud was classified by filtering based on the echo length using TerraSolid's TerraScan software.

Keywords: airborne lidar system (ALS), classification, forestry, full waveform, vegetation

1. GİRİŞ

LiDAR (Light Detection and Ranging) olarak adlandırılan Havadan Lazer Tarama (ALS) aktif bir uzaktan algılama tekniğidir (Doneus ve Briese, 2006). LiDAR, yer yüzeyini yüksek hassasiyetli ve yoğun bir şekilde ölçerek konumsal veri üretilmesini sağlamaktadır. Hava LiDAR sistemleri; yeryüzü topoğrafyasının çok hızlı ve ayrıntılı bir şekilde belirlenmesi, 3-Boyutlu şehir modellerinin oluşturulması, kentsel alanlarda değişimlerin izlenmesi, ormanlık alanlar sınıflandırılması, ağaç yüksekliklerinin belirlenmesi, enerji nakil hatlarının modellenmesi, kıyı kenar çizgisinin belirlenmesi, yersel yöntemlerle ölçülmesi zor alanların (örn bataklık vb.) ölçülmesi, görünürlük analizleri vb. birçok çalışmada başarı ile kullanılmaktadır.

Hava LiDAR Sistemi, algılayıcı platformu helikopter veya uçak olan hava aracına entegre edilen lazer tarayıcı, inersiyal ölçme sistemi (Inertial Measurement Unit (IMU)), global konumlama sistemi (Global Positioning System (GPS)) ve çalışmanın amacına göre hava kamerasından oluşmaktadır. Hava LiDAR ile 3-Boyutlu nokta bulutunun elde edilebilmesi için, lazer tarayıcı uçuş doğrultusu yönünde yer yüzeyine kısa kızılötesi dalga boyunda lazer ışını yayımlamakta ve geri yansıyan sinyal bir fotodiyot ile kaydedilmektedir (Wagner vd., 2006). Lazer tarayıcı ile obje arasındaki 3-Boyutlu mesafe, yayımlanan lazer ışını ile obje yüzeyinden geri yansıyan sinyal arasındaki gidiş-dönüş süresinden hesaplanmaktadır. Bu ölçülen 3-Boyutlu mesafeler ve GPS/IMU sistemi ile kaydedilen dönüklük verileri yardımıyla yeryüzü nesnesine ait 3-Boyutlu nokta bulutu oluşturulmaktadır (Mallet ve Bretar, 2009).

Ticari olarak piyasaya sürülen ilk havadan lazer tarayıcılar, hedefe gönderilen lazer sinyali başına yalnızca bir adet geri dönüş (backscattered echo) sağlamaktaydı. Tek bir dönüş (echo) kaydı, kırınım konisi içerisinde yalnızca bir hedef varsa yeterli olmaktaydı. Bu nedenle çoklu dönüş veya çoklu lazer tarama sistemleri (Multi-echo or multiple pulse laser scanning systems), birden fazla dönüşü kaydetmek için tasarlanmıştır. Bu özelliği sebebiyle, gönderilen tek bir lazer ışını çoklu geri dönüş yapabilmektedir. Son yıllarda piyasaya sürülen ticari hava LiDAR sistemlerinde 6'ya kadar çoklu dönüş sinyali kaydedilebilmektedir (Mallet ve Bretar, 2009). Yer yüzeyine algılayıcı platformundan gönderilen lazer sinyalleri yeryüzü objelerinin farklı katmanlarına çarpıp geri yansımaktadır. Hedeften geri yansıyan dönüş sinyalinin özelliği hedefin büyüklüğüne, tarayıcı ile hedef arasındaki 3-Boyutlu mesafeye, hedefin pürüzlülüğüne ve gönderilen sinyalin saçılma yönüne bağlıdır (Doneus ve Briese, 2006). Çoklu dönüş kaydedebilen ticari LiDAR sistemleri ile elde edilen 3-Boyutlu nokta bulutunda dönüşler; seviyesine göre tekli dönüş (single return), ilk dönüş (first return), orta dönüş (intermediate) ve son dönüş (last return) olarak tanımlamaktadır. Ormanlık alanlarda, lazer tarayıcıdan gönderilen lazer enerjisinin bir kısmı ağaç tepeciklerinden geri dönerken, enerjinin kalanı dallara, gövdeye, çalılara en son orman altı topografyasına ulaşarak geri yansımaktadır (Doneus ve Briese, 2006). Ormanlık alanlarda bitki örtüsünün çeşitli katmanlarından geri dönen lazer sinyallerinden ilk olarak algılayıcıya geri dönen dönüş ağaç tepelerinden dönmektedir ve ilk dönüşler filtrelenerek Meşçere Çatısı Yükseklik Modeli oluşturulmaktadır (Canopy Height Model(CHM)). İkincil ve onu takip eden dönüşler ise doğrudan veya modelleme yoluyla kullanıcıya ağacın boyunu, çapını, hacmini, tepe çatısının genişliğini vb. orman envanterlerinin hesaplanmasını sağlamaktadır. Ancak buradaki kritik husus, LiDAR nokta bulutu içerisinde ağaç gövdesine ait yeterli yoğunlukta noktanın var olmasıdır. Algılayıcıya dönen son dönüş ise yeryüzü topoğrafyasından geri dönen sinyal olduğu için Sayısal Arazi Modeli (SAM) üretiminde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada İstanbul ili, Sarıyer ilçesinde yer alan farklı ağaç türlerini içeren Atatürk Arboretumu'nun 7 Ekim 2012 tarihinde Riegl LMS Q680i lazer tarama cihazıyla elde edilen 3-Boyutlu LiDAR nokta bulutu verisi kullanılmıştır. Tam dalga formu LiDAR verileri ile bitki örtüsü sınıflandırma yaklaşımı 3 temel işlem adımından oluşmaktadır. İlk işlem adımında çalışma alanında kaydedilen lazer sinyalinin farklı yeryüzü nesnelerinden geri yansımalarının dönüş genişlikleri (echo width), ikinci işlem adımında geri yansımaların çoklu dönüş seviyelerinin farklı bitki örtüsü katmanlarına etkisi incelenmiş ve üçüncü ve son işlem adımında ilk iki işlem adımında elde edilen sinyalin öznitelikleri yardımıyla bitki örtüsü sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

2. TAM DALGA FORMU LİDAR

LiDAR teknolojisi ile teorik olarak lazer tarayıcı ile yeryüzü topoğrafyası arasında lazer sinyalinin gidiş-dönüş süresiyle 3-Boyutlu mesafe ölçülmektedir. Lazer ile 3-Boyutlu mesafe ölçümü, puls ve faz farkı ile mesafe ölçümü olmak üzere iki temel ölçme prensibi ile gerçekleştirilmektedir (Wehr ve Lohr, 1999). Puls ile mesafe ölçümünde; lazer tarayıcıdan hedefe, hedeften lazer tarayıcıya olan lazer sinyalinin gidiş-dönüş süresinden mesafe ölçülmekte, faz farkıyla mesafe ölçümünde ise yayılan ve yansıyan sinyaller arasındaki faz farkından yararlanılarak mesafe ölçülmektedir (Mallet ve Bretar, 2009). Tam dalga formu (full-waveform) kaydeden LiDAR sistemlerinde puls ile mesafe ölçme yöntemi kullanılmaktadır.

Algılayıcı platformundan gönderilen ve yeryüzü topoğrafyasından geri yansıyan lazer sinyallerinin (N adet geri yansıma) konumu (x_i, y_i, z_i), dönüş genişliği (W_i, echo width) ve dönüş genliği/yoğunluğu (I_i, echo amplitude) olmak üzere geri yansıyan sinyalin öznitelikleri $X^T_i = (x_i, y_i, z_i, W_i, I_i)$ (i=1,…N) olarak tanımlanmaktadır. X_i noktasının dönüş genişliği $W_i=2\sigma_i$ ve dönüş genliği $I_i=\sqrt{2\pi}\cdot\sigma_i\cdot A_i$ dir. Burada, σ_i dönüş genişliğinin standart sapması ve A_i dönüş genliğinin yansımasını ifade etmektedir (Reitberger vd., 2009, Jutzi ve Stilla 2005). Algılayıcı verisi W_i ve I_i referans alınarak kalibre edilmektedir (Eşitlik 1 ve 2). Lazer ışınının seyahat yolu s_i ve nominal mesafe s_0 'ye göre W^e kalibre edilmektedir (Yao vd., 2013).

$$W_i^c = W_i / W^e \quad (1)$$

$$I_i^c = (I_i \cdot s_i^k) / (I_e \cdot s_0^k) \quad (2)$$

LiDAR teknolojisinin iki ana yaklaşımı olan ayrık dönüşlü LiDAR (discrete return LiDAR) ve tam dalga boyu kaydeden LiDAR (full-waveform LiDAR) sistemlerinden ayrık dönüşlü LiDAR sistemleri (geleneksel LiDAR sistemi) geri dönen lazer sinyalinin konumlarını (x_i, y_i, z_i) ve yoğunluk bilgilerini sağlamaktadır. Bu LiDAR sistemleri lazer sinyalinin seyahat yolu üzerinde çoklu yansıma yaratacak aynı objeye ait farklı dönüşler arasındaki mesafe 3 m ve üzeri ise, bu dönen sinyalleri farklı iki dönüş olarak kaydetmektedir (Reitberger vd., 2006). Tam dalga formu kaydeden LiDAR sistemleri ise, hedeften yansıyan lazer sinyallerin tüm dönüş dalga biçimlerini sayısal olarak ölçme ve kaydetme yeteneğine sahip olmaktadır. Bu sistemler, dönüşlerin konumlarıyla birlikte geri dönen sinyalin enerjisini de kaydetmektedir. Kaydedilen dalga formu genel olarak, iletilen sinyal, atmosfer, nesne ve alıcı tarafından etkilenmektedir (Reitberger vd., 2008a).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Çalışma Alanı ve Veri Seti

İstanbul ili Avrupa yakası Sarıyer ilçesinde, Kemerburgaz-Bahçeköy yolu üzerinde yer alan Atatürk Arboretumu ve çevresi çalışma alanı olarak seçilmiştir. Çalışma alanı olarak seçilen bölgeye ait BİMTAŞ tarafından 'Hava Lidar Teknolojisiyle Sayısal Yüzey Modeli ve 3 Boyutlu Kent Modeli Projesi' kapsamında 7 Ekim 2012 tarihinde 400khz Riegl LMS Q680i lazer tarama cihazıyla 500 m uçuş yüksekliğinde 80 knot uçuş hızında alımı gerçekleştirilen LiDAR verileri kullanılmıştır (Çizelge 1). Lazer tarama cihazı Riegl LMS Q680i, hedeften yansıyan lazer sinyallerinin tüm dönüş dalga biçimlerini sayısal olarak ölçme ve kaydetme yeteneğine sahip olmaktadır.

Çizelge 1. Uçuş Parametreleri ve Lazer Tarama Sistemi Teknik Özellikleri.

Lazer tarayıcı	Riegl LMS-Q680i
Uçuş yüksekliği	~500m = ~ 1500feet
Lazer dalga boyu (Wave Length)	1500 (1.5 µm)
Uçuş hızı	~80knot = 148km/sa = 41m/sn
Yansıyan Işının Iraksaması (Beam Divergence)	0.5mrad
Tarama izi (Size of footprint)	30 cm
Tarama açısı (Scan angle)	+/-22,5°
Puls enerjisi	8 mJ
Digitizer	1 ns

Bitki örtüsü olan ve olmayan alanları analiz edebilmek için çalışma alanı temelde 2 gruba ayrılmıştır. İlk veri seti oluşturulurken, doğal olmayan hedeflerin belirlenmesi için bina ve asfalt yoldan 25 m x 25 m boyutlarında alanlar seçilmiştir (Şekil 1). İkinci veri seti oluşturulurken ise bitki örtüsünün yoğunluğuna göre seyrek, orta yoğunluk ve yoğun bitki örtüsü olacak şekilde 50 m x 50 m boyutlarında üç alan belirlenmiştir.



Şekil 1. 25 m x 25 m boyutlarında bina içeren (1A), asfalt yol içeren (1B) ve 50 m x 50 m boyutlarında seyrek bitki örtüsü içeren (2A), orta yoğunlukta bitki örtüsü içeren (2B) ve yoğun bitki örtüsü içeren (2C) çalışma alanları.

3.2 Tam Dalga Formu Lidar Verisi

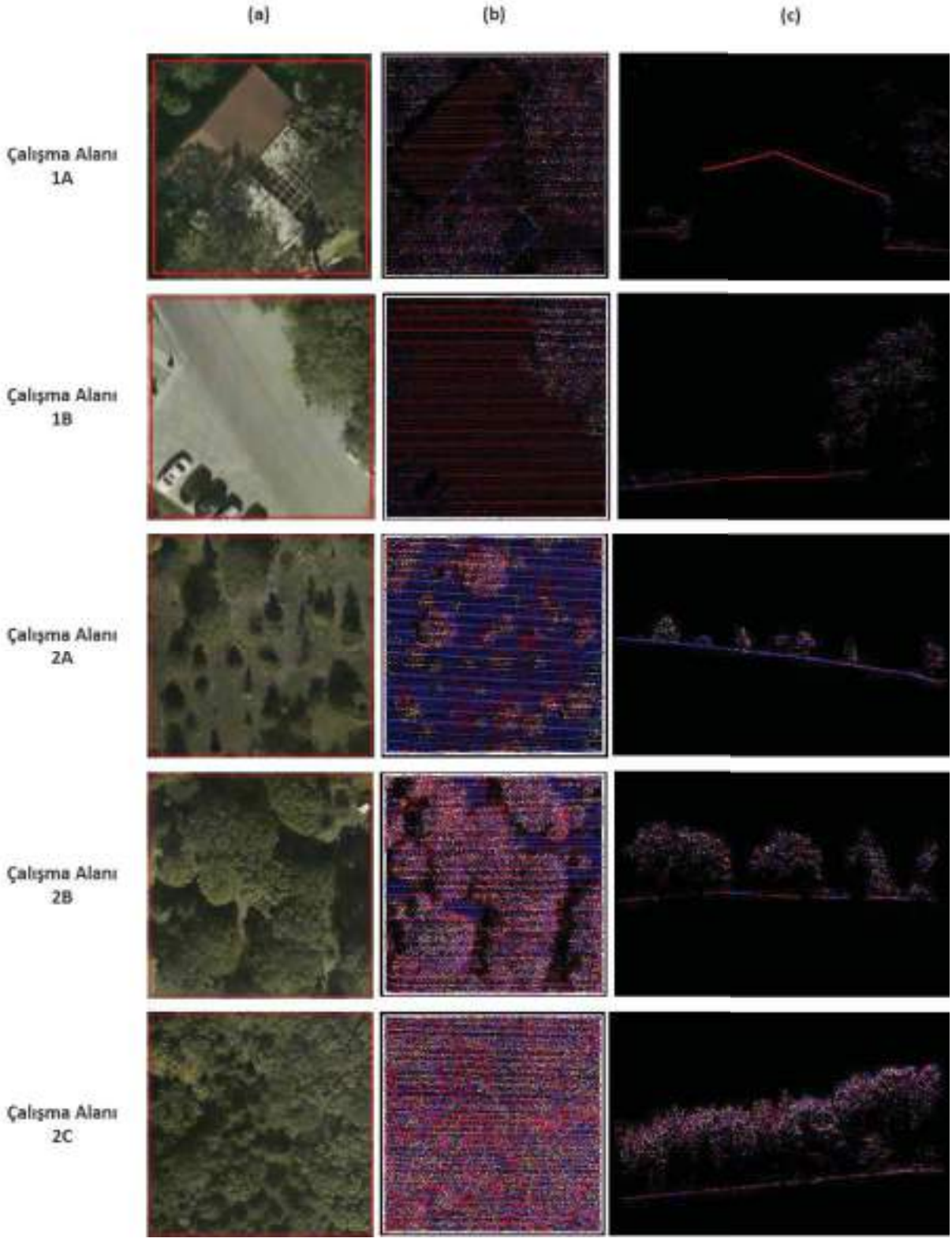
Daha önce de ifade edildiği üzere bu çalışmada, herhangi bir geometrik bilgi olmaksızın bitki örtüsünü tam dalga formu analizi sonucu elde edilen dönüş genişliği (echo width) ve dönüş genliği (echo amplitude) ile çoklu geri dönüş sayıları kullanılarak sınıflandırma yapılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, 7 Ekim 2012'de veri alımı yapılan çalışma alanına ait uçuş kolonunun tam dalga formu kaydı olan Las 1.4 formatı kullanılmıştır. Las 1.4 formatındaki 3B nokta bulutu, TerraSolid'in TerraScan yazılımı kullanılarak GPS/IMU verileri ile ilişkilendirilmiştir.

Bu çalışmada tam dalga formu verileriyle bitki örtüsü sınıflandırma olanaklarını 3 temel işlem adımından oluşan yaklaşım izlenerek gerçekleştirilmiştir. İlk işlem adımında, yayılan lazer sinyalinin farklı yeryüzü nesnelerinden geri yansımalarının dönüş genişliği (echo width) üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu amaçla öncelikle; çatı, bina ve yoğunluğa göre seçilen bitki örtüsü alanlarının LiDAR verileri dönüş genişliğine göre Çizelge 2'deki aralıklarda gruplandırılmıştır. İkinci işlem adımında, geri yansımaların çoklu dönüş seviyelerinin farklı bitki örtüsü katmanlarına etkisi incelenmiştir. Üçüncü ve son işlem adımında ise ilk iki işlem adımında elde edilen sinyalin öznitelikleri yardımıyla bitki örtüsü sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca lazer sinyalinin son dönüşleri kullanılarak Meşçere Çatısı Yükseklik Modeli (Canopy Height Model (CHM)) üretilmiştir.

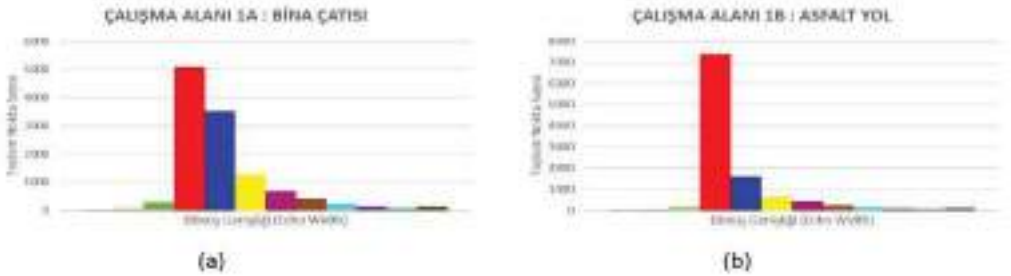
Birinci işlem adımında tüm veri setleri için tam dalga formu LiDAR verilerinin dönüş genişliğine göre gruplandırılması yapılmış ve her bir veri seti için farklı sonuçlar analiz edilmiştir (Şekil 2). Bina çatısı (1A) ve asfalt yollarda (1B) geri dönen sinyallerin dönüş genişliği çoğunlukla 0.041 m ile 0.045 m arasında yer almaktadır. Şekil 3'te her bir çalışma alanında Çizelge 2'de verilen her bir gruba ait dönüş genişliği aralığına düşen nokta sayıları grafik olarak verilmiştir. Çizelge 2 ve Şekil 2 birlikte incelendiğinde Çalışma Alanı 1A ve 1B'deki bina ve asfalt yolların sadece dönüş genişliği değerleri ile ayırt edilmesi ve kendi sınıflarına atanmasının mümkün olmadığı görülmüştür. Bitki örtüsünü içeren çalışma alanında; seyrek (2A), orta yoğun (2B) ve yoğun (2C) bitki örtüsü alanları sırasıyla dönüş genişliğine göre Çizelge 2'de verilen her bir gruba ait dönüş genişliği aralığı esas alınarak gruplandırma işlemine tabi tutulmuştur. Genel olarak bitki örtüsü noktalarının dönüş genişliğinin doğal olmayan nesneler grubundaki bina ve asfalt yol noktalarının dönüş genişliğinden daha büyük olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuçlara göre bitki örtüsünü diğer yeryüzü nesnelerinden ayırmak için dönüş genişliği kullanmanın faydalı olacağı görülmüştür. Ancak yoğunluğa göre seçilen bu üç bitki örtüsü alanı tek tek incelendiğinde, dönüş genişliği kullanılarak seyrek, orta yoğun ve yoğun bitki örtüsü alanlarının birbirinden sağlıklı bir şekilde ayırt edilmesinin mümkün olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 2).

Çizelge 2. Dönüş genişliğinin (echo width) 0.005 m aralıklı gruplandırması.

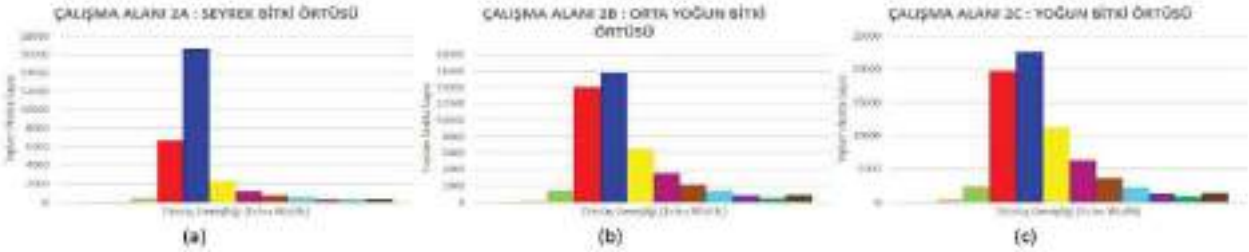
GRUP KODU	DÖNÜŞ GENİŞLİĞİ (m)	
	min. değer	max. değer
Grup 1	-9999	0.030
Grup 2	0.030	0.035
Grup 3	0.036	0.040
Grup 4	0.041	0.045
Grup 5	0.046	0.050
Grup 6	0.051	0.055
Grup 7	0.056	0.060
Grup 8	0.061	0.065
Grup 9	0.066	0.070
Grup 10	0.071	0.075
Grup 11	0.076	0.080
Grup 12	0.081	9999



Şekil 2. Her bir çalışma alanına ait hava fotoğrafı (a), dönüş genişliği gruplandırmasına göre renklendirilmiş nokta bulutu (b) , çalışma alanına ilişkin kesit (c).

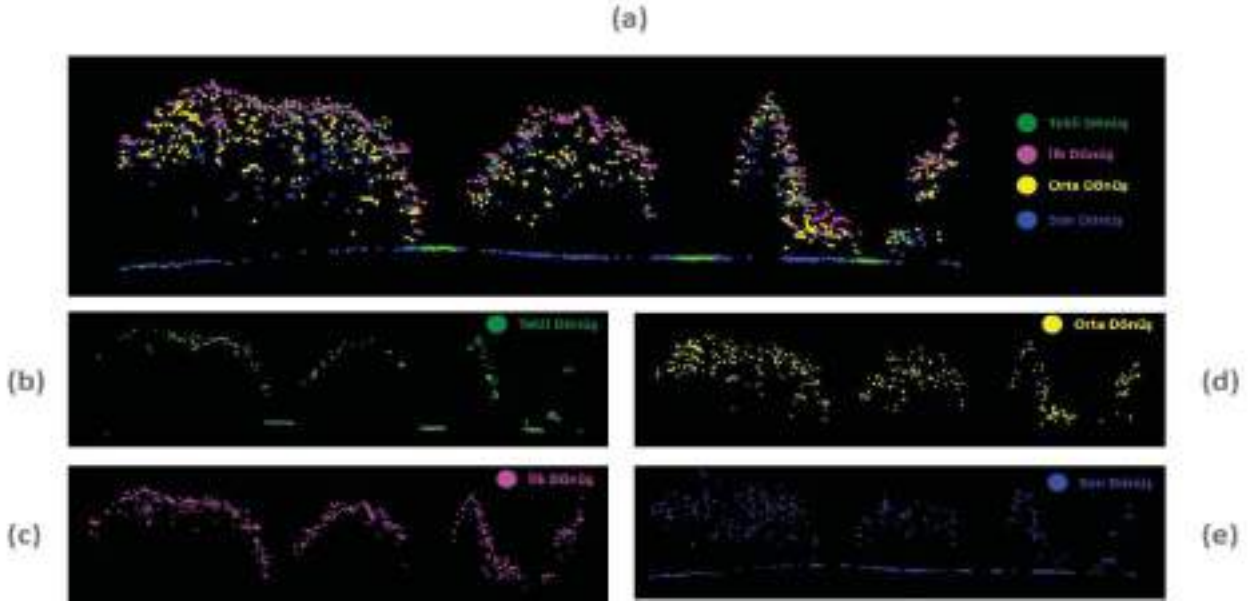


Şekil 3. Çalışma Alanı 1A'nın dönüş genişliğine göre toplam nokta sayısı dağılımı(a), Çalışma Alanı 1B'nin dönüş genişliğine göre toplam nokta sayısı dağılımı (b).



Şekil 4. Çalışma Alanı 2A'nın dönüş genişliğine göre toplam nokta sayısı dağılımı (a), Çalışma Alanı 2B'nin dönüş genişliğine göre toplam nokta sayısı dağılımı (b) ve Çalışma Alanı 2C'nin dönüş genişliğine göre toplam nokta sayısı dağılımı (c).

Algılayıcı platformundan gönderilen tek bir lazer sinyalinin bitki örtüsünün farklı katmanlarına nüfuz ederek geri yansımasıyla oluşan çoklu dönüşlerle bu çalışmadaki ikinci işlem adımı oluşturulmuştur. Orta yoğunlukta bitki örtüsüne sahip çalışma alanı 2B, çoklu dönüş seviyelerine ayrılmıştır (Şekil 5).



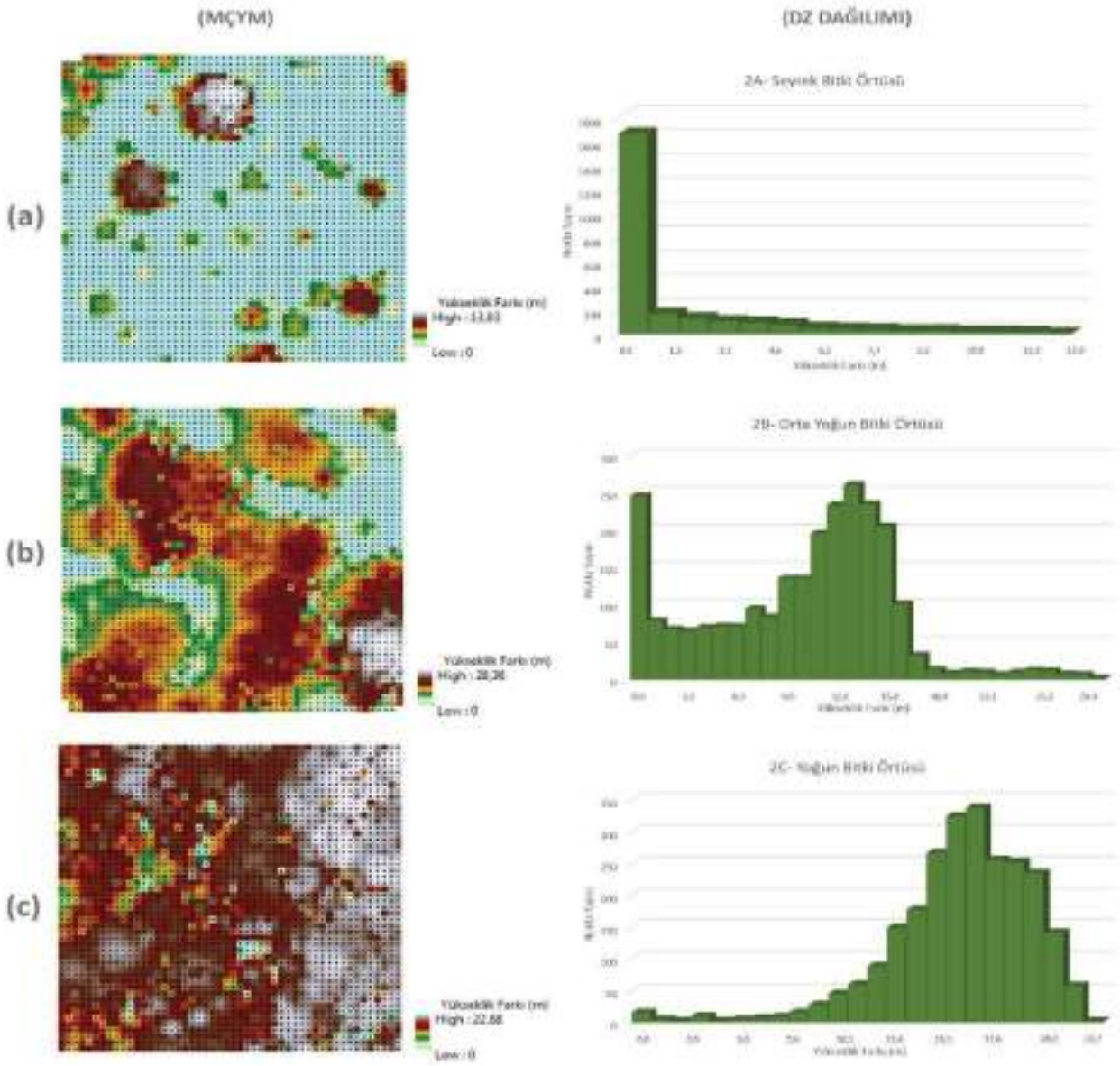
Şekil 5. Orta yoğunlukta bitki örtüsünü temsil eden Çalışma Alanı 2B için dönüş seviyelerine ayrılan nokta bulutu; çoklu dönüşlerin bir arada gösterimi (a), tekli dönüş (single return) (b), ilk dönüş (first return) (c), orta dönüş (intermediate return) (d), son dönüş (last return) (e).

Çoklu geri dönüşlerden ilk olarak algılayıcıya dönen lazer sinyali, ağaçların taç tepelerinden yansımaktadır. Bu sebeple ilk dönüşler kullanılarak Meşçere Çatısı Yükseklik Modeli oluşturulabilmektedir. LiDAR nokta bulutu verisinin yüksekliği deniz seviyesinden olan yüksekliktir. Çoklu geri dönüşlerden en sonuncusunun orman altı topoğrafyasından geldiği kabul edip, son dönüşlerden (last return) büyük dönüş genişlikleri (echo width) çıkarılarak yeryüzü topoğrafyası sınıfı oluşturulmuştur. Meşçere Çatısı Yükseklik Modeli oluşturulmadan önce lazer noktalarının yüksekliğini zeminden olan yüksekliğe göre düzenlemek üzere ilk dönüşlerin yükseklikleri yeryüzü topoğrafyası sınıfına ait nokta yüksekliklerine göre düzenlenmiştir. Elde edilen lazer noktaları zemin yüksekliğinde ilk dönüşler olmuştur. Bu lazer noktaları ile Düzensiz Üçgenler Ağı (Triangulated Irregular Network (TIN)) yöntemiyle Meşçere Çatısı Yükseklik Modeli (MÇYM) oluşturulmuştur (Şekil 6).

Seyrek (2A), orta yoğun (2B) ve yoğun (2C) bitki örtüsüne sahip Çalışma Alanlarının birbirlerinden ayırt edilebilmesi amacıyla her bir çalışma alanı için oluşturulan Meşçere Çatısı Yükseklik Modelindeki ağaçların zeminden yüksekliğini ifade eden yükseklik farkları (DZ) hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre seyrek, orta yoğun ve yoğun bitki örtüsüne sahip çalışma alanlarında maksimum yükseklik farkları sırasıyla 13.83 m, 28.36 m ve 22.68 m olarak belirlenmiştir (Çizelge 3). Seyrek bitki örtüsüne sahip çalışma alanında (2A) ağaçların seyrek olmasından dolayı dönen sinyaller çoğunlukla zemine ait olup, ağaçların taç tepelerinden dönen yansıma sayısı oldukça az olmuş ve Meşçere Çatısı Yükseklik Modelindeki ortalama yükseklik farkı değeri 1.47 m olarak hesaplanmıştır. Benzer yaklaşımla orta yoğunlukta bitki örtüsü (2B) ve yoğun bitki örtüsü (2C) Meşçere Çatısı Yükseklik Modelindeki ortalama yükseklik farkları değerleri sırasıyla 9.89 m ve 16.22 m olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bu sonuçlar ışığında tam dalga boyuna sahip LiDAR verileri ile bitki örtüsünün yoğunluğa göre sınıflandırılmasının Meşçere Çatısı Yükseklik Modeli yardımıyla olanaklı olduğu görülmüştür.

Çizelge 3. Çalışma alanı 2A, 2B ve 2C için yükseklik farkları ve farkların ortalaması.

Çalışma Alanı	**Maksimum DZ (m)**	**Ortalama DZ (m)**
Seyrek bitki örtüsü (2A)	13.83	1.47
Orta yoğun bitki örtüsü (2B)	28.36	9.89
Yoğun bitki örtüsü (2C)	22.68	16.22



Şekil 6. Meşçere Çatısı Yükseklik Modeli (MÇYM) ve Ortalama Yükseklik Farkları (DZ) Dağılımı; seyrek bitki örtüsü(a), orta yoğunlukta bitki örtüsü(b), yoğun bitki örtüsü (c).

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada; tam dalga formu LiDAR verileriyle geri dönen sinyalin farklı yansıma değerleri kullanılarak bitki örtüsünün sınıflandırması gerçekleştirilmiştir. Bitki örtüsünün sınıflandırılması için; ilk işlem adımında yayılan lazer sinyalinin farklı yeryüzü nesnelerinden geri yansımalarının dönüş genişliği (echo width) üzerindeki etkisi, ikinci işlem adımında geri yansımaların çoklu dönüş seviyelerinin farklı bitki örtüsü katmanlarına etkisi incelenmiş ve son işlem adımında ilk iki işlem adımında elde edilen sinyalin öznitelikleri yardımıyla bitki örtüsü sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca lazer sinyalinin ilk dönüşleri kullanılarak Meşçere Çatısı Yükseklik Modeli (Canopy Height Model (CHM)) üretilmiştir.

Çalışma alanı olarak İstanbul ilinin kuzey bölgesinde Sarıyer ilçesi sınırları içerisinde Kemerburgaz-Bahçeköy yolu üzerinde yer alan Atatürk Arboretumu ve çevresini kapsayan 500m-700m'lik bir alan seçilmiştir. Çalışma alanında doğal olmayan objelerin belirlenmesi için bina ve asfalt yoları içeren 25m x 25m boyutlarında bölgeler

ve bitki örtüsünün yoğunluğuna göre seyrek, orta yoğun ve yoğun bitki örtüsü içeren 50m x 50m boyutlarında bölgeler belirlenmiştir.

Çalışma alanında belirlenen bölgelerde yapılan değerlendirme ve analizler sonucunda tam dalga formu LiDAR verilerinin dönüş genişliğine göre yapılan sınıflandırmada bina çatısı ve asfalt yollarda bitki örtüsünden farklı olarak geri dönen sinyallerin dönüş genişliği çoğunlukla 0.041 m ile 0.045 m arasında yer aldığı tespit edilmiştir. Tam dalga formu LiDAR verilerinin dönüş genişliğine yapılan sınıflandırmada bitki örtüsü ayrı bir sınıfa atanabilmiş bina çatısı ve asfalt yollardan ayrılmıştır. Bununla birlikte bina ve asfalt yolların sadece dönüş genişliği değerleri ile ayırt edilmesi ve kendi sınıflarına atanmasının mümkün olmadığı görülmüştür. Çalışma alanında belirlenen bölgelerde tam dalga formu LiDAR verilerinin çoklu geri dönüşleri yardımıyla Meşçere Çatısı Yükseklik Modeli oluşturulmuştur. Meşçere Çatısı Yükseklik Modelindeki ağaçların zeminden yüksekliğini ifade eden yükseklik farkları (DZ) yardımıyla bitki örtüsünün seyrek, orta yoğun ve yoğun bitki örtüsü olarak sınıflandırılmasının mümkün olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada önerilen yaklaşımla çalışma alanında tam dalga LiDAR verileriyle bitki örtüsünün sınıflandırılması başarıyla gerçekleştirilmiştir.

Teşekkür

Çalışma alanına ait LiDAR verilerini sağladığı için İstanbul Büyükşehir Belediyesi BİMTAŞ'a teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

Doneus, M. ve Briese, C., 2006, Digital terrain modelling for archaeological interpretation within forested areas using full-waveform laser scanning. *The 7th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage VAST*, Zypern.

Hassani P., 2017. Research Analyst, Systweak Softwares**.** https://blogs.systweak.com/2017/03/a-guide-to-what-is-actually-lidar-technology/ [Erişim Tarihi: 25.05.2017].

Jutzi B., Stilla U. 2005. Waveform processing of laser pulses for reconstruction of surfaces in urban areas. In: Moeller M, Wentz E (eds) 3th International Symposium: Remote sensing and data fusion on urban areas, URBAN 2005. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing.* Vol 36, Part 8 W27.

Mallet, C., Bretar, F., 2009: Full-waveform topografic lidar: State-of-the-art. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing,* 64, 1-16. doi:10.1016/j.isprsjprs.2008.09.007.

Reitberger, J., Krzystek, P., Stilla, U. 2006, Analysis of Full Waveform Lidar Data for Tree Species classification. *Symposium ISPRS Commission III "Photogrammetric Computer Vision"* PCV06, 20 – 22th September, Bonn, Germany.

Reitberger, J., Krzystek, P. And Stilla, U., 2008a. Analysis of full waveform lidar data for tree species classification. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 36, pp. 228–233.

Reitberger, J., Schnörr, Cl., Krzystek, P., Stilla U., 2008b. 3D Segmentation of Full Waveform LIDAR data for Single Tree Detection using Normalized Cut. *ISPRS 21th Congress,* Peking, China, 3 – 11th July 2008.

Reitberger, J., Schnörr, Cl., Heurich, M., Krzystek, P., Stilla, U., 2008c. Towards 3D mapping of forests: A comparative study with first/last pulse and full waveform Lidar data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVII. Part B8. Beijing.

Roncat, A., Morsdorf, F., Briese, C., Wagner, W. and Pfeifer, N., 2014. Laser Pulse Interaction with Forest Canopy: Geometric and Radiometric Issues. *Managing Forest Ecosystems*, Vol. 27, Springer Netherlands, Dordrecht, The Netherlands, chapter 2, pp. 19–41.

Wagner, W., Ullrich, A., Ducic, V., Melzer, T., and Studnicka, N., 2006. Gaussian decomposition and calibration of a novel small-footprint full-waveform digitising airborne laser scanner. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 60(2), pp. 100-112.

Wehr, A., ve Lohr, U., 1999, Airborne laser scanning – an introduction and overview, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 54, pp. 68-82.

Wulder M.A., Bater C.W., Coops N.C., Hilker T., White J.C., 2008: The role of LiDAR in sustainable forest management, *The Forestry Chronicle*, Vol. 84, No.6.

Yao, W., Krzystek, P., Heurich, M., 2013. Enhanced detection of 3D individual trees in forested areas using airborne full-waveform LiDAR data by combining normalized cuts with spatial density clustering. *ISPRS Ann. Photogrammetry., Remote Sensing and Spatial Information Sciences.* 1, 349–354.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7022

KENTSEL VE KIRSAL ALANLARDA LİDAR VERİLERİ ÜZERİNDE YER FİLTRELEME YÖNTEMLERİNİN PERFORMANS ANALİZLERİ

Mustafa VARLI [1], Mustafa TÜRKER [2]

[1] Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 06800, Ankara, mustafav1644@gmail.com

[2] Prof. Dr., Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 06800, Ankara, mturker@hacettepe.edu.tr

ÖZET

Sayısal Arazi Modeli (SAM) arazi yapısını tanımak için en yaygın kullanılan model türüdür. Son yıllarda gelişen LiDAR (Light Detection and Ranging) sistemleri, SAM'ın oldukça kolay bir şekilde üretilmesine olanak sağlamıştır. Bunun yanında, LiDAR sistemleri mekansal veri elde etmek, tarihi yapıları incelemek, SAM ve SYM üretmek gibi daha bir çok farklı alanda yaygın kullanılmaktadır. LiDAR sistemleri farklı araçlarda (Mobil, Uçak, Helikopter, İHA ve Uydu) yer alarak lazer tarafından taranan nesnelerin üç boyutlu nokta ölçümlerini (X, Y, Z) kaydeder ve kısa sürede nokta bulutu verisi elde edilir. SAM, LiDAR nokta bulutu verisinden yalnız zemin noktaları kullanılarak oluşturulur. Ancak, LiDAR nokta bulutu verisinde zemin verisi ile beraber doğal ve yapay nesnelerden yansıyan nokta verileri de yer almaktadır. Dolayısıyla SAM oluşturmak için LiDAR nokta bulutu verisinden yalnız zemin noktalarının elde edilmesi gerekir. Bu işlem, "yer filtreleme" olarak adlandırılmaktadır. LiDAR nokta bulutu verisinden yer filtreleme için birçok algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritmaların bir kısmı açık kaynak kodlu ALDPAT yazılımında mevcuttur. Bu çalışmada, ALDPAT yazılımında bulunan ve yaygın kullanılan dört farklı yer filtreleme algoritmasının (ATIN, ETEW, MLS ve PM) performans testleri gerçekleştirilmiştir. Testler için, İzmir ili Bergama ilçesinde farklı özelliklere sahip üç ayrı alan belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, ATIN (Adaptive TIN) ve PM (Progressive Morphological) algoritmaları en doğru sonuçları vermiştir.

Anahtar Sözcükler: LiDAR, ALDPAT, yer filtreleme, sayısal arazi modeli (SAM)

ABSTRACT

Digital Terrain Model (DTM) is the most commonly used model type to recognize land structure. In recent years, Light Detection and Ranging (LiDAR) systems have enabled the DTM to be produced very easily. In addition, LiDAR systems are widely used in many different areas such as obtaining spatial data, examining historical structures, producing DTM and DEM. LiDAR systems record 3D point measurements (X, Y, Z) of objects scanned by the laser in different vehicles (Mobile, Aircraft, Helicopter, UAV and Satellite) and the point cloud data is obtained shortly. The DTM is created using only the ground points from the LiDAR point cloud data. However, in the LiDAR point cloud data, there are point data as well as point data reflected from natural and artificial objects. Therefore, only the ground points need to be obtained from the LiDAR point cloud data to form the DTM. This process is called "ground filtering". Many algorithms have been developed for location filtering from LiDAR point cloud data. Some of these algorithms are available in the open source ALDPAT software. In this study, performance tests of four widely used location filtering algorithms (ATIN, ETEW, MLS and PM) in ALDPAT software have been performed. For the tests, three different areas with different characteristics were determined in the province of Bergama, Izmir. According to the findings obtained, ATIN (Adaptive TIN) and PM (Progressive Morphological) algorithms gave the most accurate results.

Key Words: LiDAR, ALDPAT, ground filtering, digital terrain model (DTM)

1. GİRİŞ

Sayısal Arazi Modeli (SAM), bir alan içinde doğal ya da yapay nesnelerin (bina, ağaç, elektrik teli, araç vb.) kaldırılarak sadece arazinin yapısını gösterir. Yüksek doğrulukta SAM üretimi elde edebilmek için yüksek doğrulukta 3B nokta verisine ihtiyaç duyulmaktadır. Geleneksel yöntemler (Total Station, GPS ve Fotogrametri) kullanılarak SAM üretimi hem zahmetli hem de oldukça maliyetli bir iştir. Özellikle sık ormanlık alanlarda geleneksel yöntemler ile SAM oluşturma işlemi neredeyse imkânsız hâle gelmektedir. Bu nedenle yüksek doğrulukta 3B nokta verisi üreten teknolojilere yön verilmiştir. LiDAR teknolojisi de bu amaçla geliştirilen, çok farklı platforma entegre edilerek (uydu, uçak, helikopter ve İHA) daha geniş alanların kısa süre içinde 3B nokta verisinin elde edilmesini sağlamak için son zamanlarda kullanımı hızla artan bir teknolojidir (Liu 2008). LiDAR sistemleri tarama sonucu araziden ve arazi üzerinde yer alan doğal ve yapay nesnelerden yansıyan nokta verisini kayıt etmektedir. Ancak, SAM üretmek için yalnız zemin verisine gerek duyulmaktadır. Bu nedenle LiDAR nokta bulutu verisinden zemin verisinin zemin üstü veriden ayrılması gerekmektedir. Bu işlem yaygın olarak yer filtreleme olarak adlandırılmaktadır (Soycan vd. 2011, Süleymanoğlu 2016).

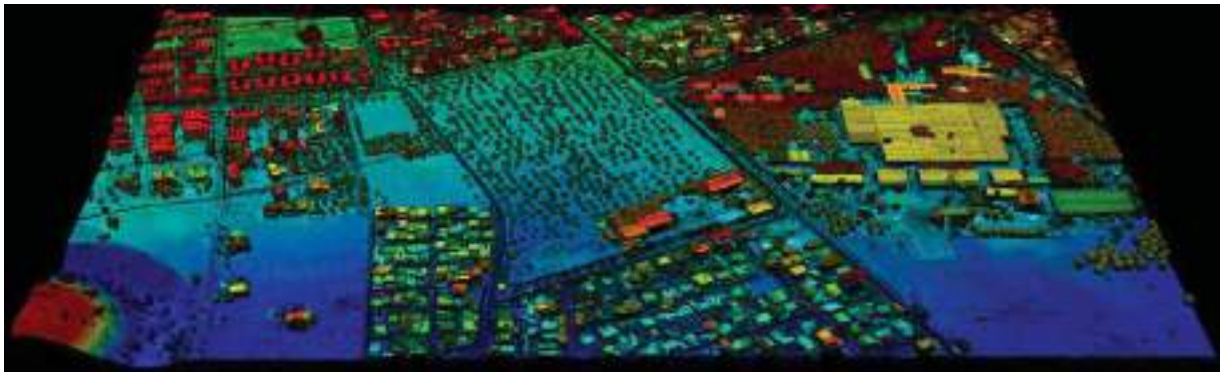
Bu amaçla geliştirilmiş bir çok algoritma bulunmaktadır. Algoritmaların çalışma prensiplerinin farklı olmasının yanı sıra, farklı parametrelere de sahip olmalarından dolayı, çalışma alanı yapısına da bağlı olarak, farklı sonuçlar elde edilebilmektedir. Yaygın kullanılan algoritmalar arasında, Uyarlanabilen TIN (Adaptive TIN-ATIN), Genişleyen Pencereler ile Yükseklik Eşik Değeri (Elevation Threshold with Expand Window-ETEW), Maksimum Yerel Eğim (Maximum Local Slope-MLS) ve Aşamalı Morfolojik (Progressive Morphological-PM) bulunmaktadır. Bu algoritmalar farklı açık kaynak yazılımlarda kullanılabilmektedir. Bu çalışmada, açık kaynak kodlu ALDPAT yazılımında bulunan ve yaygın kullanılan yukarıdaki dört algoritmanın farklı arazi özelliklerine sahip alanlarda performans testleri yapılmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANI ve VERİLER

2.1 Çalışma Alanı

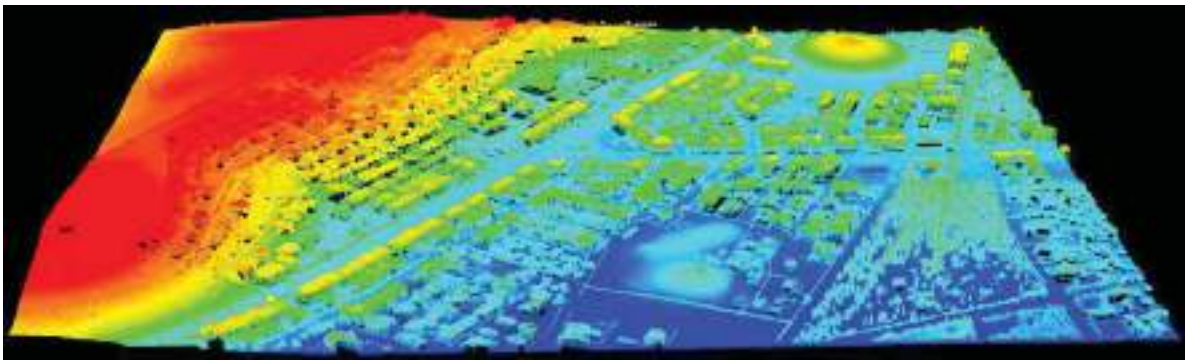
Çalışma alanı olarak İzmir ili Bergama ilçesinden üç farklı alan seçilmiş ve TA1 (Test Alanı 1), TA2 (Test Alanı 2) ve TA3 (Test Alanı 3) şeklinde adlandırılmıştır.

TA1 test alanı (**Şekil-1**) 62 hektar olup yaklaşık 12 milyon nokta içermektedir. Alanda yükseklik 68 ile 111 metre arasında değişmektedir. Alan içerisinde farklı boyutlarda binalar, sık ve seyrek ağaçlık alanlar, 1.5 hektar genişliğinde Dokuz Eylül Üniversitesi Bergama Meslek Yüksekokuluna ait bina topluluğu ve sağ alt kısımda 50 metre yüksekliğinde bir tepelik alan bulunmaktadır.



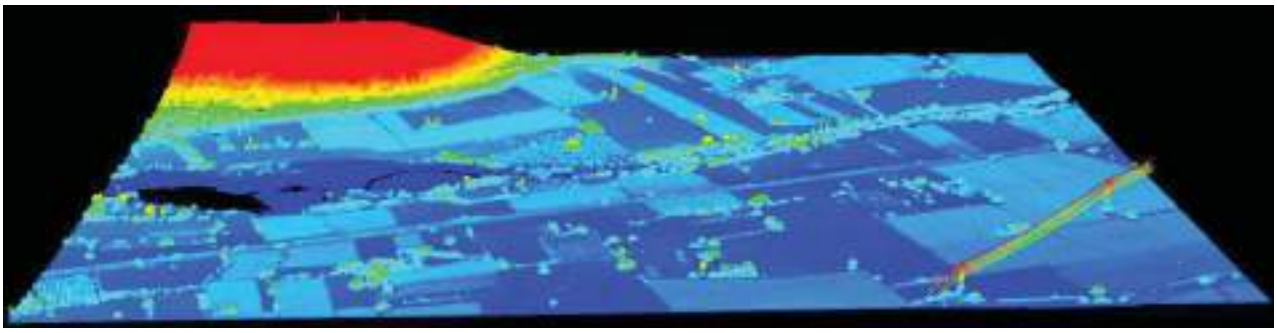
Şekil-1. TA1 test alanı LiDAR nokta bulutu verisi.

TA2 test alanı (**Şekil-2**) 95 hektar olup yaklaşık 16 milyon nokta içermektedir. Bu alanda yükseklik 74 ile 150 metre arasında değişmektedir. Alan içerisinde üç farklı boyutta tepelik alanlar, farklı boyutlarda binalar ve sol alt kısımda sık ağaçlık bir alan bulunmaktadır.



Şekil-2. TA2 test alanı LiDAR nokta bulutu verisi.

TA3 test alanı (**Şekil-3**) 125 hektar olup yaklaşık 26 milyon nokta içermektedir. Alanda yükseklik 58 ile 140 metre arasında değişmektedir. Bu alan içinde Bakırçay'ın 1.4 km lik bölümü, çayın kenarlarında sık ağaçlık alanlar, tarlalar, sol alt kısımda yüksek gerilim hattı ve bir tepenin eteğinde oluşmuş bir yerleşim bölgesi bulunmaktadır.



Şekil-3. TA3 test alanı LiDAR nokta bulutu verisi.

2.2 Veriler

Çalışmada kullanılan İzmir ili Bergama ilçesine ait hava LiDAR verileri Harita Genel Müdürlüğü (HGM) tarafından temin edilmiştir. LiDAR verisi Optech firması tarafından 25 Ekim 2014 tarihinde 1200 m yükseklikten çekilmiştir. Test alanlarına ait LiDAR verisi, TA1 test alanı için toplam 12.280.897 noktandan, TA2 test alanı için toplam 16.458.904 noktadan ve TA3 test alanı için toplam 26.606.426 noktadan oluşmaktadır. Nokta yoğunlukları TA1 test alanı için 39.6 nokta/m^2, TA2 test alanı için 15.2 nokta/m^2 ve TA3 test alanı için 20.5 nokta/m^2 dir.

3. KULLANILAN YAZILIM VE YER FİLTRELEME ALGORİTMALARI

Çalışmada açık kaynak kodlu ALDPAT (Airborne LiDAR Data Processing and Analysis Tools) yazılımında bulunan Adaptive Triangulated Irregular Network (ATIN), Elevation Threshold with Expand Window (ETEW), Maximum Local Slope (MLS) ve Progressive Morphological (PM) filtreler kullanılmıştır.

ALDPAT, Zhang ve Cui (2007) tarafından geliştirilmiş bir yazılımdır. İçerisinde birçok farklı algoritma yer almaktadır. Bu algoritmalar, 3B LiDAR verileri içerisinde yer alan zemin ve zemine ait olmayan tüm noktaları algılayıp yalnız zemin noktalarının sonuç olarak elde edilmesini sağlamaktadır. Her bir algoritmanın zemin noktalarını belirlemek için farklı matematiksel formülleri ve parametreleri vardır. Bu algoritmalar ve çalışma prensipleri şu şekildedir:

a) ATIN Filtresi: Bu filtre Axelsson (2000) tarafından geliştirilmiştir. LiDAR verisi belirlenen kare hücre boyutuna göre bölünmektedir. Belirlenecek olan hücre boyutu çalışma alanındaki zemin olmayan nesnenin boyutundan daha büyük olacak şekilde belirlenmelidir. Her bir kare içerisinde yer alan minimum yükseklik değerine sahip noktalar belirlenir. Bu noktalar birleştirilir ve Delaunay üçgenleme algoritması ile TIN oluşturulur. Her noktanın, oluşturulan TIN yüzeyine olan uzaklığı ve her iki noktayı birbirine bağlayan çizgiler ile TIN yüzeyi arasındaki üç açının eşik aralık değerleri belirlenir. Eğer noktanın TIN yüzeyine olan uzaklığı ve açı ölçüsü tanımlanmış eşik aralığı değeri altında ise nokta zemin noktası olarak tanımlanır. Ancak, eşik aralığı değerinden yüksek ise nokta atılır ve kalan noktalardan yeniden TIN yüzeyi oluşturulur. Bu işlem hiçbir zemin noktası eklenmeyene kadar tekrarlanmaktadır.

ATIN Filtresi Parametreleri:

Tile X Width (Karo X Genişliği): LiDAR verisinin genişliği

Tile Y Height (Karo Y Yüksekliği): LiDAR verisinin yüksekliği

Cell Size (Hücre Boyutu): Ham verileri ayrıştırmak için belirlenen hücre boyutu

Z Difference (Z farkı): Bir noktadan TIN yüzeyinin altındaki bir noktaya olan mesafeyi karşılaştırmak için kullanılan eşik değeri

Angle Threshold (Açı Eşiği): TIN yüzeyinin altındaki veya üstündeki noktalar ile TIN 'daki noktalar arasındaki açıyı karşılaştırmak için kullanılan eşik değeri

Init TriGrid Size (İlk TriGrid Boyutu): Zemin noktalarını seçmek için kullanılan hücre başlangıç boyutu

Tile Buffer (Karo Tamponu): Bir dikdörtgen için arabellek boyutu. Dikdörtgenin sınırına yakın noktalar için filtreleme sonuçlarının tutarlılığını incelemek için kullanılır

b) ETEW Filtresi: Bu filtre, Zhang ve Whitman (2005) tarafından geliştirilen algoritmayı temel almaktadır. LiDAR verisi önce kare hücrelere bölünmektedir. Her kare hücresindeki minimum yükseklik değerine sahip noktalar tutulur ve diğer tüm noktalar sonraki işleme alınmaması için atılır. Bir sonraki adım için, ilk belirlenen kare hücre boyutu büyütülür ve yeni hücre boyutu içerisindeki minimum yüksekliğe sahip noktalar tutulur ve belirlenen eşik değerinden yüksek değere sahip noktalar atılır. Bu işlem belirlenen tekrarlanma sayısına göre bir önceki tekrarlanmadan atılacak hiçbir nokta kalmayana kadar devam etmektedir.

ETEW Filtresi Parametreleri:

Width (Genişlik): Kare hücre genişliği

Height (Yükseklik): Kare hücre yüksekliği

Max Z (Maksimum Z): Tüm yer noktaları için maksimum yükseklik

Min Z (Minimum Z): Tüm yer noktaları için minimum yükseklik

Slope (Eğim): Yükseklik farklılıklarının eşik değerini belirleyen eğim faktörü

Loop Times (Döngü Zamanları): Filtrenin gerçekleştirdiği maksimum yineleme sayısı

c) MLS Filtresi: Bu filtre, Vosselman (2000) tarafından geliştirmiştir. LiDAR verisi, boyutuna göre kare ya da dikdörtgen olarak 2B hücrelere bölünür. Her 3B nokta, x ve y koordinatları temel alınarak hücrelere atanır. Eğer belirlenen hücre içerisinde birden fazla nokta yer alırsa minimum yüksekliğe sahip nokta kabul edilir. LiDAR verisinde belirlenen ölçme noktası ile belirlenen yarıçap içerisindeki herhangi bir nokta arasındaki eğim algoritmada belirlenen maksimum eğim değerinden az ise zemin noktası olarak tanımlanır. Ancak, yüksek bir değer ise bu nokta atılır. Bu işlem her defasında minimum yüksekliğe sahip noktayı bulmaya çalışır ve belirlenen eşik değerleri altındaki noktaları bulup bütün zemin noktalarını bulana kadar devam eder.

MLS Filtresi Parametreleri:

Width (Genişlik): Hücre genişliği

Height (Yükseklik): Hücre yüksekliği

Max Z (Maksimum Z): LİDAR noktaları için maksimum yükseklik değeri

Min Z (Minimum Z): LİDAR noktaları için minimum yükseklik değeri

BinSize (Arama Yarıçapı): Arama yarıçapının boyutu

Min Distance (Minimum Mesafe): Bir eğim hesaplamak için izin verilen minimum mesafe

Max Slope (Maksimum Eğim): Eğim eşik değeri

d) PM Filtresi: Bu filtre, Zhang vd. (2003) tarafından geliştirilmiştir. Filtrenin temeli, morfolojik açılma ve kapanma işlemlerini büyüyen hücre boyutuna ve yükseklik farklarına göre incelenerek zemin noktaları elde edilmesi işlemidir. İlk olarak bir hücre boyutu belirlenir ve her hücre içerisinde yer alan minimum yüksekliğe sahip noktalar belirlenir. Ancak, hücre içerisinde nokta yok ise en yakın komşu hücre değeri atanır. Bu noktalarda diğer aşamalarda kullanılacak giriş verisi olarak kullanılır. Daha sonraki aşamalarda, belirlenen hücre boyutu artırılır. Eğim ve mesafe eşik aralık değerlerinden az olan bir nokta belirlenir ise zemin noktası olarak atanır. Bu işlem belirlenen hücre boyutunun artırılacağı seviyeye kadar devam eder.

PM Filtresi Parametreleri:

Cell Size (Hücre boyutu): N×N boyutunda ızgara yapısını temsil eder

Z Factor (Eğim): Yükseklik farkı eşiğini belirler

Init Threshold (İlk Eşik): LİDAR ölçümlerinin hatalarına yaklaşan ilk yükseklik farkı eşiği

Max Threshold (Maksimum Eşik): Kentsel bölgelerde binaların kaldırılması için kullanılır. Bu eşik değerini, kullanılmayacağı zaman, test alanında en büyük yükseklik farkı (ör., 9999) olarak belirlemek gerekir

Window Base (Pencere Tabanı): Pencere boyutunu belirlemek için temel değer

Power Increment (Güç Artışı): Bir pencere dizisini artış sayısı

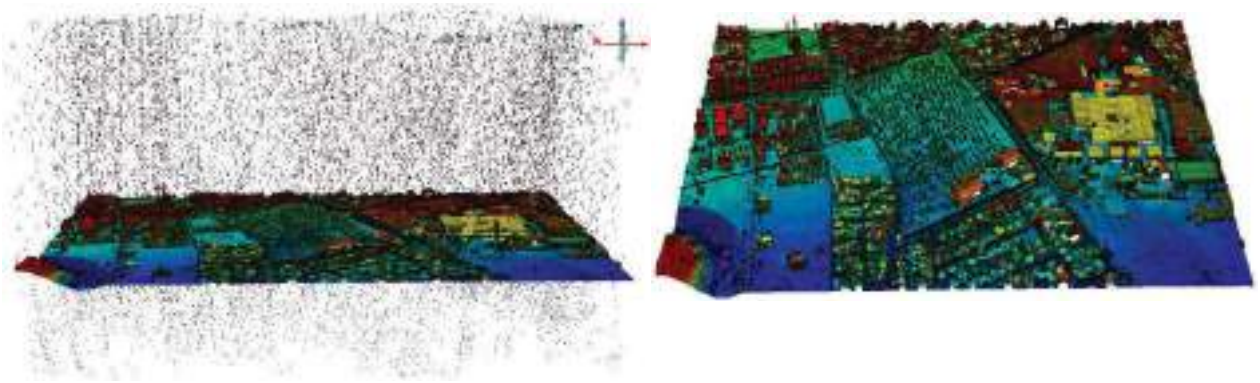
Max Window (Maksimum Pencere): Bir pencere dizisinin uzunluğu

Init Radius (Başlangıç Yarıçapı): En yakın komşu interpolasyonu için başlangıç arama yarıçapı

4. TESTLER

4.1 Gürültünün Temizlenmesi

SAM üretimi için filtre algoritmalarının uygulanmasından önce, işlenmemiş hava LiDAR verileri içerisinde bulunan gürültü noktaları temizlenmiştir. Bu problem iki farklı yöntem ile çözülmüştür. İlk yöntemde LiDAR verisindeki gürültü değerleri MATLAB kodu ile yok edilmiştir. İkinci yöntemde ise *LasTools* programı içerisinde yer alan *Lasnoise* fonksiyonu kullanılarak verideki gürültü temizlenmiştir.



Şekil 4. (a) Gürültü içeren LiDAR verisi. **(b)** Gürültü temizlenmiş LiDAR verisi**.**

4.2 Filtrelerdeki Uygun Parametre Değerlerinin Belirlenmesi

Gürültünün yok edilmesinin ardından filtreler TA1, TA2 ve TA3 test alanlarına uygulanarak zemin noktalarının elde edilmesi sağlanmıştır. Her test alanı için, alanın yapısına göre farklı parametre değerleri belirlenmiştir. Ancak, temel olarak zemin noktalarının elde edilmesinde filtrelerdeki bazı parametreler etkin olmuştur. Çalışmada kullanılan filtreler için belirlenmiş parametre değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

ATIN filtresi uygulanırken önce test alanlarının boyutları girilmiştir. Sonra, alan içinde boyutu en büyük olan nesnelerden zemin olmayan noktaları almamak için, hücre başlangıç boyutu bu nesnelere göre belirlenmiştir. Ardından, çalışma prensibine göre zemin noktalarının elde edilmesi için noktalar arasında Z değer farkı ve açı eşik değeri test alanları üzerinde denenmek suretiyle en uygun değer belirlenmiştir.

ETEW filtresi uygulanırken önce, alan içindeki maksimum ve minimum yükseklik değerleri (MAX Z ve MIN Z)belirlenmiştir. Çünkü, yalnız zemin olan noktaların sahip olduğu Z değerlerinin belirlenebilmesi için alanın yükseklik sınırlarının belirlenmesi gerekir. Bu aşamadan sonra, etkin olan eğim parametresi değerleri, zemin olmayan noktaların alınmamasını sağlayacak şekilde test edilerek, en uygun değerler belirlenmiştir.

MLS filtresi uygulanırken ETEW filtresinde olduğu gibi öncelikle test alanı içindeki maksimum ve minimum yükseklik değerleri (MAX Z ve MIN Z) belirlenmiştir. Sonra, filtrenin çalışma prensibine göre, zemin olmayan noktaların alınmaması için maksimum eğim ve minimum mesafe değerleri birlikte test edilerek en uygun parametre değerleri tespit edilmiştir.

PM filtresi uygulanırken önce ilk ve maksimum eşik değerleri belirlenmiştir. Çünkü, test alanlardaki yalnız zemin noktalarının Z değerleri ile sınırlandırılması gerekmektedir. Ardından, matematiksel morfolojik çalışma prensibine göre pencere tabanı (WINDOW BASE) tespit edilmiştir. Test alanlarının yapısına göre eğim eşik değeri (Z FACTOR), yalnız zemin noktalarının alınmasını sağlamak için, denemeler yapılarak belirlenmiştir. Diğer parametreler için de en uygun parametre değerleri, yapılan denemeler neticesinde tespit edilmiştir.

Tablo 1. Filtreler için belirlenmiş parametre değerleri.

		Parametre Değeri		
Filtre	Parametre	TA1	TA2	TA3
ATIN	CELL SIZE	5	5	5
	Z DIFFERENCE	1	0.3	0.4
	ANGLE THRESHOLD	45	45	45
	INIT. TRIGRID SIZE	75	40	10
	TILE X	500	1200	1300
	TILE Y	620	900	1000
	TILE BUFFER	20	100	20
ETEW	WIDTH	5	5	5
	HEIGHT	5	5	5
	Z FACTOR (SLOPE)	0.05	0.1	0.2
	MAX Z	111	150	140
	MIN Z	68	73	58
	LOOP TİMES	5	2	1
MLS	WIDTH	5	5	5
	HEIGHT	5	5	5
	MAX SLOPE	0.1	0.2	0.2
	MIN DIST.	2	2	1
	MAX Z	111	150	140
	MIN Z	68	73	58
	BINSIZE	65	20	2
PM	CELL SIZE	5	5	5
	WINDOW BASE	3	3	3
	POWER INC.	3	1	1
	MAX WINDOW	4	4	4
	Z FACTOR (SLOPE)	0.2	0.2	0.4
	INIT RADIUS	1	1	1
	INIT THRESHOLD	0.5	0.6	0.5
	MAX THRESHOLD	111	150	100

5. BULGULAR

5.1. Bulguların Nokta Sayılarına Göre Karşılaştırılması

Filtre işlemlerinin ardından elde edilen SAM'ların, algoritma çeşidinin parametrelerine göre, farklı sayıda LiDAR nokta verilerine sahip oldukları görülmüştür (Tablolar 2, 3 ve 4). Bunun temel nedeni, algoritmaların farklılığı ve bu çalışmada her algoritma için belirlenmiş olan en uygun parametre değerleridir. ATIN ve PM filtreleri SAM elde ederken açı, mesafe, yarıçap, pencere genişletme gibi bir çok farklı yönden alandaki zemin noktalarını tayin etmeye çalışmaktadır. Ancak, ETEW ve MLS filtreleri sadece eğim değerine göre işlem yapmak suretiyle SAM elde etmektedir.

Bu nedenle elde edilen SAM nokta sayısı ATIN ve PM filtrelerinde daha fazladır. Bu durum TA1 ve TA2 test alanları nokta sayılarında da görülmektedir Her iki alanda da ATIN ve PM filtre sonucunda elde edilen SAM nokta sayıları ETEW ve MLS filtre sonuçlarına göre daha fazladır. Ancak, TA3 için bu durum geçerli değildir. Çünkü, bu test alanı yapısında düzlemsel bölgeleri daha çok barındırmaktadır. Bir diğer açıdan bakıldığında, ATIN ve PM filtreleri noktasal bazda test edildiğinde, ETEW ve MLS filtrelerine göre daha fazla parametre ile incelemesinin etkisiyle SAM'lar daha düzgün çıkmıştır.

Tablo 2. TA1 test alanında filtreleme sonucu nokta sayıları.

Orijinal Veri Nokta Sayısı	12.280.897 Nokta
ATIN	22.883 Nokta
ETEW	18.698 Nokta
MLS	20.081 Nokta
PM	22.400 Nokta

Tablo 3. TA2 test alanında filtreleme sonucu nokta sayıları.

Orijinal Veri Nokta Sayısı	16.458.904 Nokta
ATIN	33.138 Nokta
ETEW	24.894 Nokta
MLS	26.706 Nokta
PM	34.073 Nokta

Tablo 4. TA3 test alanında filtreleme sonucu nokta sayıları.

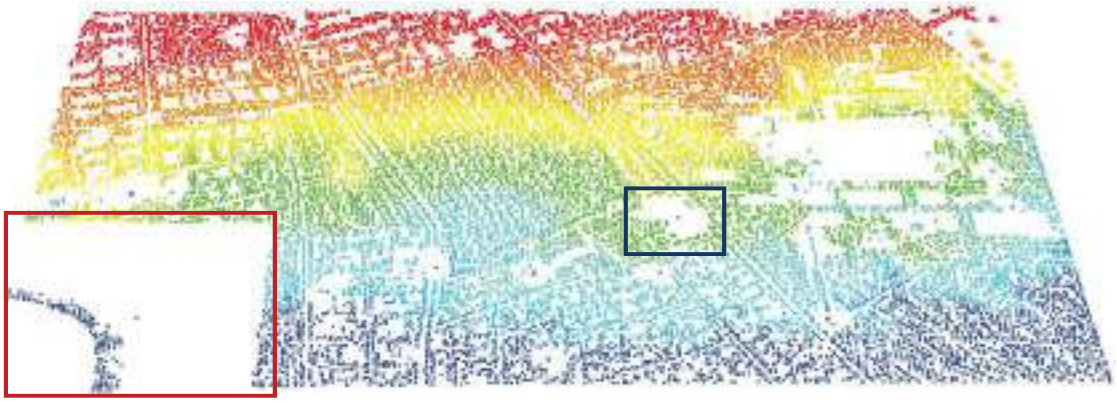
Orijinal Veri Nokta Sayısı	26.606.426 Nokta
ATIN	48.475 Nokta
ETEW	47.114 Nokta
MLS	48.931 Nokta
PM	47.970 Nokta

5.2 SAM Üretimi ve Filtre Uygunluk Araştırması

TA1 test alanı ATIN filtre sonucu Şekil 5'te gösterilmiştir. Bu test alanında sonucu en çok etkileyen yapı 1.5 hektar büyüklüğünde olan bina (Şekil 5'te sağ üst kısımda kırmızı dikdörtgen ile gösterilen alan) olmuştur. Algoritmaya göre, yalnız zemin noktalarının alınması gerektiğinden bu yapıdan nokta seçilmemesi gerekmektedir. Ancak, bunun sağlanabilmesi için alanın sol alt kısmında bulunan tepelik alandaki zemin noktalarında (Şekil 5'te sol alt kısımda kırmızı kare ile gösterilen alan) kayıplar olduğu görülmüştür. En uygun SAM'ın elde edilmesi için bu yapıdan nokta alınmamasına dikkat edilerek denemeler yapılmış ve bu test alanında yüzey yapısını en belirgin gösteren filtrelerin ATIN ve PM filtreleri olduğu görülmüştür. TA1 test alanı ETEW filtre sonucu Şekil 6'da gösterilmiştir. ETEW ve MLS filtreleri ile elde edilen SAM'larda alanın sol alt kısmında bulunan tepelik alanın yanında (Şekil 6'da sol alt kısımda kırmızı dikdörtgen ile gösterilen alan) bölgesel veri kayıplarının olduğu belirgin olarak gözlemlenmiştir.



Şekil-5. TA1 test alanı ATIN filtre sonucu.

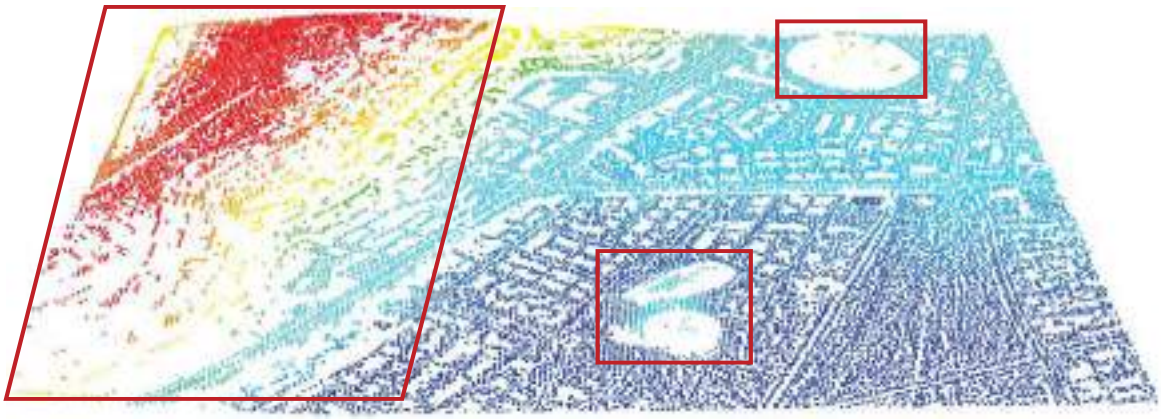


Şekil-6. TA1 test alanı ETEW filtre sonucu.

TA2 test alanı ATIN filtre sonucu Şekil 7'de gösterilmiştir. TA2 test alanında dikkat edilmesi gereken durum, farklı boyutlarda ve eğimlerde üç tepelik alanın bulunmasıdır. Bu tepelerin üzerinde yer alan zemin noktalarının hepsinin en uygun şekilde çıkarılması için birçok deneme yapılmıştır. Ancak, en uygun olarak belirlenen filtre parametre değerlerinin kullanılması ile elde edilen SAM'da bile tepelerin üst kısımlarında zemin noktalarında veri kaybı olduğu görülmüştür. Veri kaybı olan kısımlar Şekil 7'de kırmızı kareler ile gösterilmiştir. TA2 test alanı ETEW filtre sonucu Şekil 8'de gösterilmiştir. Filtre analizlerinin eğim kriteri tabanlı yapıldığı ETEW ve MLS filtrelerinde ise tepelerin eğim farklılıklarından kaynaklı veri kayıplarının fazla olduğu görülmüştür. Ancak, ATIN ve PM filtrelerinin daha fazla parametreye sahip olması tepelik alanlarda yer alan zemin noktalarında kayıpların minimum düzeyde olmasını sağlamıştır. ATIN ve PM filtreleri, bu test alanında yüzey yapısını en doğru ortaya çıkaran filtreler olmuştur.



Şekil-7. TA2 test alanı ATIN filtre sonucu.

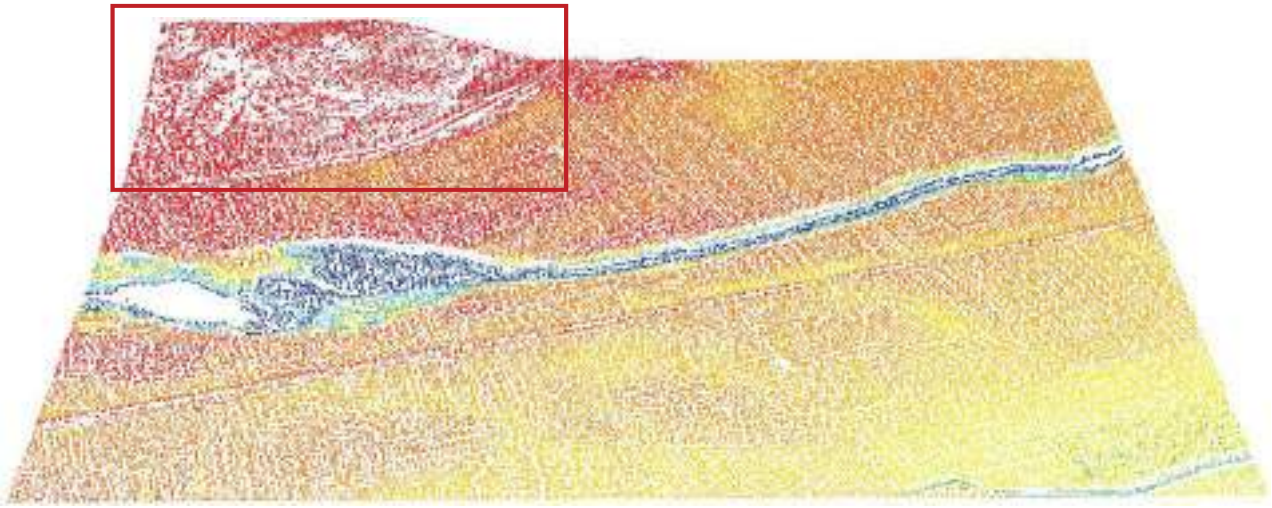


Şekil-8. TA2 test alanı ETEW filtre sonucu.

TA3 test alanı için, ATIN ve ETEW filtre sonuçları sırasıyla Şekiller 9 ve 10'da gösterilmiştir. TA3 test alanında, ATIN, ETEW, MLS ve PM filtreleri ile elde edilen SAM'lar birbirine yakın çıkmıştır. Bunun en önemli nedeni, alan içinde problem çıkarabilecek yapının bulunmayıp genel arazi yapısının tarımsal parsellerden oluşmasıdır. Ancak, Bakırçay'ın (Şekil 9'da sol alttan sağ üste doğru uzanan mavi renkli nokta kümesi) her iki yakasında bulunan sık ağaçlık alanlar, sol üstte yer alan tepenin yapısı ve bu tepenin eteklerinde kurulmuş olan yerleşim bölgesindeki binalar, filtreleme sonuçlarında etkisini göstermiştir. Yapılan analizler neticesinde, yine ETEW ve MLS filtrelerine göre ATIN ve PM filtrelerinin oluşturduğu SAM'ların arazi yüzeyini daha doğru temsil ettiği görülmüştür.



Şekil-9. TA3 test alanı ATIN filtre sonucu.



Şekil-10. TA3 test alanı ETEW filtre sonucu.

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada kullanılan üç farklı test alanında elde edilen SAM'lar incelendiklerinde, kentsel ve kırsal alanlarda arazinin yapısına ve belirlenen en uygun parametre değerlerine göre, ETEW ve MLS filtrelerinin eğim etkisinin az olduğu bölgelerde SAM sonuçlarını doğru verdiği gözlemlenmiştir. Ancak, farklı eğim kriterleri ya da nesnelerin yer aldığı alanlarda, ETEW ve MLS filtreleri zemin noktalarını ortaya çıkarma konusunda eksik kalmıştır. Bunun sebebi, algoritma içerisinde yer alan etkin parametre sayısının az olmasıdır. Diğer taraftan, ATIN ve PM filtreleri ile zemin noktaları belirlenirken, bir çok farklı açıdan analiz eden etkin parametreler bulunmaktadır. Bu nedenle bu çalışmadan elde edilen bulgulara göre, arazi yapısı fark etmeden, ATIN ve PM filtrelerinin en etkin şekilde SAM oluşturduğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

Liu X. (2008). Airborne LiDAR for DEM generation: some critical issues. *Progress in Physical Geography;* 32(1): 31-49. **Liu X. (**2008).

Pfeifer, N. (2007). Theory and Application of Laser Scanning: DSM and DTM Filtering. ISPRS Summer School 2007, Ljubljana, Solvenia. **Pfeifer, N.** (2007).

Sithole, G. (2001). Filtering of Laser Altimetry Data Using a Slope Adaptive Filter. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume XXXIV-3/W4 Annapolis. **Sithole, G.** (2001).

Axelsson, P. (2000). DEM generation from laser scanner data using adaptive tin models, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, XXXIII,* Part B3, 85-92. **Axelsson, P.** (2000).

Süleymanoğlu B. (2016). Lidar tekniği ile elde edilen nokta bulutların sınıflandırılması ve filtreleme algoritmalarının incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye. **Süleymanoğlu B.** (2016).

Vosselman, G. (2000). Slope based filtering of laser altimetry data, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, XXXIII, Part B4:958–964. **Vosselman, G.** (2000).

Zhang K. and Cui Z. (2007). Airborne LIDAR Data Processing and Analysis Tools, *National Center for Airborne Laser Mapping,* 73-80. **Zhang K. and Cui Z.** (2007).

Zhang, K. and Whitman, D. (2005). Comparison of three algorithms for filtering airborne LIDAR data., *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing,* 71, 313-324. **Zhang, K. and Whitman, D.** (2005).

Soycan M., Tunalioglu N. vd. (2011). Three Dimensional Modeling of a Forested Area Using an Airborne Light Detection and Ranging Method", Arabian Journal for Science and Engineering, 36, 581-595. **Soycan M., Tunalioglu N. vd.** (2011).

Zhang, K., S. Chen, vd. (2003). A progressive morphological filter for removing nonground measurements from airborne LIDAR data, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(4): 872–882. **Zhang, K., S. Chen, vd.** (2003).

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7008

LİDAR NOKTA BULUTU YEREL KOMŞULUK ÖZNİTELİK VERİLERİ KULLANILARAK BİNA ÇIKARIMI

Merve YILDIZ ERDEMİR[1], Naci YASTIKLI[2]

[1] Yük.Müh., Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul, merveyildizjfm@gmail.com
[2]Prof.Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul, ynaci@yildiz.edu.tr

ÖZET

LiDAR verisi yüksek doğruluğu ve zengin nokta bulutu içeriği sayesinde bina gibi kentsel detayların çıkarımında sıklıkla kullanılmaktadır. Son yıllarda ham LiDAR nokta bulutu verisinin doğrudan kullanıldığı obje çıkarımı, üç boyutlu modelleme, değişim analizi gibi çalışmalar oldukça yaygınlaşmıştır. Bu çalışmalarda LiDAR nokta bulutu verisinin sınıflandırılması için LiDAR'dan gönderilen ve kaydedilen sinyalin özellikleri yoğunlukla kullanılmaktadır. Bununla birlikte, LiDAR nokta bulutuna ait komşuluk verileri, yükseklik verileri ve bu verilerden üretilen öznitelik verileri yardımıyla LiDAR nokta bulutu sınıflandırılmaktadır. LiDAR nokta bulutu yardımıyla bina çıkarımı birden çok nokta bulutu sınıflandırma yaklaşımının birlikte kullanıldığı özel bir uygulama alanı hâline gelmiştir.

Bu çalışmada; klasik yaklaşımlardan farklı olarak yerel komşuluk öznitelik verileri yardımıyla bina çıkarımı amaçlanmıştır. Bu amacı gerçekleştirmek için önerilen yaklaşım; (I) her bir 3B noktanın yerel bir komşuluğunun belirlenmesi, (II) yerel komşuluk içerisinde bütün 3B noktalara bağlı olarak öznitelik bilgilerin çıkarımı, (III) 3B noktalarına ait öznitelik verilerinin görüntü düzlemine dönüştürülmesi ve (IV) morfolojik operatörlerin uygulanması ile bina çıkarımı adımlarını içermektedir. Sonuç doğruluğunun artırılması amacıyla nokta bulutu verisinden normalize edilmiş sayısal yükseklik modeli (nSYM) üretilmiş ve öznitelik verileri ile birlikte kullanılarak morfolojik operatörler yardımıyla bina çıkarımı gerçekleştirilmektedir. Çalışma alanı olarak hem farklı türde bina çatıları içermesi hem de yoğun bitki örtüsü alanlarını içeren bir kentsel bölge olan İstanbul Zekeriyaköy bölgesinde iki ayrı çalışma alanı belirlenmiştir. Çalışma alanı 1.933.859 nokta ve çalışma alanı 2.853.247 noktadan oluşan LiDAR verisini içermektedir. Bu çalışmada LiDAR nokta bulutu yerel komşuluk öznitelik verileri yardımıyla bina çıkarımı için önerilen yaklaşımdaki yerel komşuluk tanımlaması, öznitelik çıkarımı ve morfolojik operatörlerle bina çıkarımı işlemleri için Matlab programlama dili kullanılarak uygulamalar geliştirilmiştir. Geliştirilen Matlab uygulamaları kullanılarak çalışma alanında çıkarılan binalar, referans veri setiyle karşılaştırılmış yüksek oranda başarı elde edilmiştir. Çalışma alanına ilişkin elde edilen sonuçlar önerilen yaklaşımın bina çıkarımının başarısının artırılmasında katkı sağladığını göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: ham LiDAR nokta bulutu, komşuluk seçimi, öznitelik çıkarımı, morfolojik operatörler, bina çıkarımı

ABSTRACT

BUILDING EXTRACTION USING LIDAR POINT CLOUD LOCAL NEIGBORHOOD FEATURES

LiDAR data with high accuracy and the rich point cloud content of has been frequently used to extract urban details. In recent years, the direct use of the raw LiDAR point cloud data in object extraction, three-dimensional modeling and change detection has become widespread. In these studies, the characteristics of the signal transmitted and recorded from LiDAR are used intensively to classify the LiDAR point cloud data. In addition, the LiDAR point cloud is classified by using the neighborhood, height information and extracted feature data of the LiDAR point cloud. The building extraction with LiDAR point cloud has become a special application area where multiple point cloud classification approaches are used together.

In this study, it is aimed to extract buildings with the help of local neighborhood feature differently from classical approaches. The approach recommended to achieve this goal includes; (I) identification of a local neighborhood of each 3D point, (II) the extraction of feature information based on all 3D points in local neighborhood, (III) transformation of points feature of 3D points into image plane, and (IV) implementation of morphological operators steps. The normalized Digital Surface Model (nDSM) is produced from the point cloud data and used together with the extracted feature in order to increase the accuracy of the result then buildings are extracted using morphological operators. Two separate study areas have been identified in the Zekeriyaköy region in Istanbul, an urban area containing both different types of building roofs and dense vegetation areas. The LiDAR data consists of 933.859 points in study area 1 and 853.247 points in study area 2. In this study, applications were developed using the Matlab programming language for local neighborhood identification, feature extraction, and building extraction with morphological operators using the LiDAR point cloud local neighborhood feature. Using the developed Matlab applications, the extracted buildings in the study area achieved high success compared to the reference dataset. The results obtained for the study areas shows that the proposed approach has contribute enhancing the success of building extraction.

Key words: raw LiDAR point cloud, neighborhood selection, feature extraction, morphological operators, building extraction

1. GİRİŞ

Hava araçlarına yerleştirilen algılayıcılar tarafından elde edilen verilerden kentsel nesnelerin otomatik çıkarımı fotogrametri ve uzaktan algılama alanlarında önemli bir araştırma konusudur. Çoğu yerleşim alanında farklı yükseklik ve çatı özelliklerine sahip binaların bulunması ve ağaç, çalı, çit, araba gibi nesnelerin sıklığı kentsel görüntülerde karmaşıklığa sebep olmaktadır (Niemeyer vd., 2014). Uydu görüntüsü, hava fotoğrafı veya hava LiDAR verilerinden otomatik kentsel nesnelerin çıkarımı gibi işlemler bu karmaşıklık nedeniyle uygulamacıları zorlayıcı bir işlem adımı olarak değerlendirilebilmektedir. Fiziksel obje yüzeyinin nokta tabanlı olarak temsil edilmesine imkân tanıyan üç boyutlu (3B) nokta bulutu formundaki verilerin kentsel nesne çıkarımında kullanılması gün geçtikçe artmaktadır. Hava LiDAR sistemlerinin kullanılmasıyla elde edilen bu nokta bulutu verilerinden sayısal yükseklik modeli, sayısal arazi modeli veya TIN (düzensiz üçgen ağı) yüzey modeli üretilebilmektedir. LiDAR verisi aynı zamanda üç boyutlu kent modellerinin oluşturulasında otomatik nesne çıkarımı için oldukça yaygın kullanılmaktadır.

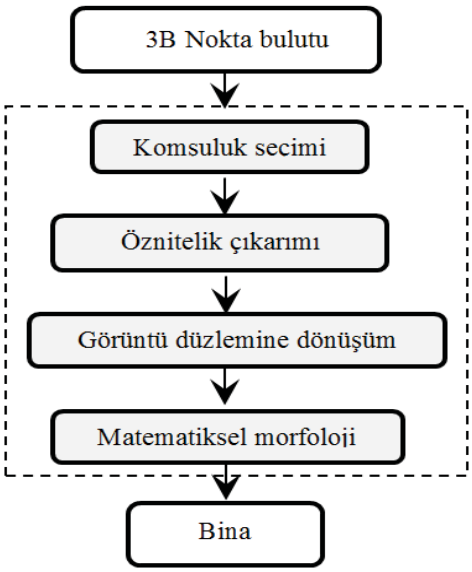
LiDAR nokta bulutu verisi bina, bitki örtüsü, enerji hattı gibi doğal ve insan yapımı objeleri içerdiğinden bu objelerin tespit edilebilmesi LiDAR nokta bulutu verisinin sınıflandırması ile elde edilebilmektedir. LiDAR nokta bulutu verisinin sınıflandırılmasında grid tabanlı ve nokta tabanlı olmak üzere iki yöntem bulunmaktadır (Kim ve Sohn, 2013). Grid tabanlı yaklaşım, üç boyutlu nokta bulutunu iki boyutlu bir yüzey olarak temsil eden raster görüntü olduğunu hesaba katmaktadır. Bu yöntemde, ham LiDAR nokta bulutu enterpolasyon işlemi uygulanan grid yapıya dönüştürülür ve her grid (piksel) ilk dönüşten elde edilen yükseklik, çoklu dönüş sayısı, yoğunluk, geri yansıma katsayısı, yansıyan sinyalin genişliği gibi niteleyici bilgiler içerir. Bu yöntem LiDAR nokta bulutunun yüksek veri hacminin etkin yönetimi ve bilgisayarda görme algoritmalarının kolay bir şekilde uygulanması avantajlarını sunmaktadır. Nokta tabanlı yaklaşımda ise ham nokta bulutu verisine ait özellik çıkarımı yapılmaktadır ve her nokta bir nesne sınıfına atanmaktadır. Bu da üç boyutlu bireysel lazer noktalarının bir nesne sınıfına atanması için detaylı analizini gerektirmektedir. Bu yaklaşımın en büyük avantajı, hesaplama maliyetinin yüksek olmasına rağmen, lazer pulsu ile etkileşimde bulunan materyal tipleri ve saçılım sayısına göre iletilen her lazer pulsu için çoklu etiketlerin hesaplanabilmesidir (Kim ve Sohn, 2013). Son yıllarda görüntülerin sınıflandırılmasında kullanılan ileri sınıflandırma teknikleri LiDAR nokta bulutu verisinin sınıflandırılmasında da etkin olarak kullanılmaktadır ve başarılı sonuçlar elde edilebilmektedir. Literatürde bunlara örnek olarak destek vektör makineleri (Support Vector Machines) (Mallet vd., 2011), rastgele orman algoritması (Random Forest) (Schmidt vd., 2014), AdaBoost (Lodha vd., 2007), en yakın komşuluk sınıflandırıcısı (Nearest Neighbour Classifier) (Jutzi ve Gross, 2009) ve Bayes ayrım sınıflandırıcıları (Bayesian Discriminant Classifier) (Khoshelham ve Oude Elberink, 2012) çalışmaları verilebilir. Kentsel nesne çıkarımıyla ilgili yapılan çalışmaların çoğu bina, yol, ağaç ya da enerji hattı gibi tek bir nesne sınıfını çıkartmaya odaklanmaktadır (Rottensteiner vd., 2013). Kentsel alanlardan bina çıkarımı bu bağlamda öne çıkan bir uygulamadır. Nokta bulutu üzerinde segmentasyon ile bina çıkarımı (Sampath ve Shan, 2010; Ramiya vd., 2017), ham nokta bulutu verisinden üretilen sayısal modeller üzerinden yapılan çalışmalarda kenar belirleme teknikleri ile bina tespiti (Wang vd., 2011), morfolojik operatörlerin kullanılmasıyla bina çıkarımı (Meng vd., 2008), RANSAC algoritması ile çatı düzlemlerinin belirlenmesi (Demir, 2016; Sun vd., 2016) gibi çalışmalar literatürde sıklıkla yer almaktadır.

LiDAR nokta bulutu verisi ile yapılan bina çıkarımı çalışmaları kullanılan kaynak türüne göre iki şekilde yapılmaktadır. Bunlardan biri sadece ham LiDAR verisi kullanılan çalışmalar, diğeri de ham LiDAR verisine ek olarak hava fotoğrafı veya vektör veriyi birleştirerek kullanılan çalışmalardır. Ek veri kullanılmaksızın sadece LiDAR verisinin kullanıldığı çalışmalarda, ham LiDAR verisi ya doğrudan nokta bulutu olarak kullanılmakta ya da nokta bulutu verisinden enterpolasyon ile grid formunda üretilen sayısal yükseklik modeli, sayısal arazi modeli veya yoğunluk görüntülerinin elde edilmesiyle kullanılmaktadır. Literatürde doğrudan nokta bulutu verisinin kullanıldığı çalışmalarda, nokta bulutunun özniteliklerinin belirlendiği araştırmalar son yıllarda öne çıkmıştır (Demantké vd., 2011; Weinmann vd., 2014; Weinmann vd., 2015a). Nokta bulutundaki her bir noktanın öznitelik bilgilerinin hesaplanması için yerel bir komşuluğun belirlenmesi gerekmektedir (Weinmann vd., 2014).

Bu çalışmada, yerel komşuluk öznitelik verileri yardımıyla bina çıkarımı amaçlanmıştır. İlk aşamada her bir 3B noktanın yerel bir komşuluğunun belirlenmesi ve bu yerel komşuluk içerisindeki bütün 3B noktalara bağlı olarak öznitelik bilgilerin çıkarım işlemleri yer almaktadır. Ardından bina ve ağaçların ayırt edilmesinde güçlü etkileri tespit edilen öznitelik verileri enterpole edilerek görüntü düzlemine dönüştürülmektedir. Son işlem adımı olarak ta bu görüntülere morfolojik operatörlerin uygulanması ile bina çıkarımı gerçekleşmektedir. Sonuç doğruluğunun artırılması amacıyla nokta bulutu verisinden normalize sayısal yükseklik modeli (nSYM) üretilmiş ve ilgili öznitelik verileri ile birlikte kullanılmıştır.

2. YÖNTEM

Bu çalışmada hava lazer tarama verisi kullanılarak bina çıkarımı için önerilen yöntem dört işlem adımından oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla ham nokta bulutu verisinden (I) her bir 3B noktanın yerel bir komşuluğunun belirlenmesi, (II) yerel komşuluk içerisinde bütün 3B noktalara bağlı olarak öznitelik bilgilerin çıkarımı, (III) 3B noktalarına ait öznitelik verilerinin görüntü düzlemine dönüştürülmesi ve (IV) morfolojik operatörlerin uygulanması ile bina çıkarımı işlemlerini kapsamaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Hava lazer tarama verisi kullanılarak bina çıkarımı iş akışı.

2.1 Komşuluk Seçimi

Görüntüler ile karşılaştırıldığı zaman, LiDAR nokta bulutunun üç boyutlu yüzeyde düzensiz dağılmaları sebebiyle daha karmaşık bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Buna karşın görüntü ise grid bir yapı düzenindedir ve her piksel genellikle dört veya sekiz komşu sayısına sahiptir (Niemeyer vd., 2014). Fakat nokta bulutu için basit bir komşuluk yapısının tanımlanması neredeyse imkansızdır (Weinmann vd., 2015a). Verilen üç boyutlu X noktası çevresindeki yerel komşuluğu (N) tanımlayan yöntemler arasında sıklıkla uygulanan komşuluk tanımları mevcuttur (Weinmann, 2016). Bunlar küresel komşuluk, silindirik komşuluk ve k en yakın komşuluktur. Küresel komşulukta (Lee ve Schenk, 2002) üç boyutlu bir X noktasının merkezlenmesi ve sabit bir yarıçap ile parametrelendirilmesi suretiyle oluşturulan küresel geometrik şeklin içerisinde kalan bütün 3B noktalar bu yerel komşuluğu tanımlamaktadır. Silindirik komşuluk (Filin ve Pfeifer, 2005) sabit bir yarıçap ile parametrelendirilen ve X'in izdüşümünde merkezlenen bir daire içerisindeki bir düzlem (yer yüzeyi gibi) üzerinde yer alan ve 2B izdüşümleri üzerinde bulunan bütün 3B noktalar tarafından oluşturulan yerel komşuluk olarak tanımlanmaktadır. k en yakın komşuluk (Linsen ve Prautzsch, 2001) ise üç boyutlu bir X noktasının X'in k en yakın komşularının sabit bir sayı ile çevrelendiği komşuluk olarak tanımlanmaktadır.

2.2 Öznitelik Çıkarımı

Yakın geçmişteki araştırmalar komşuluk boyutunu yerel 3B yapısında kapsanan özelliklere göre uyarlanması ve böylece her tekil 3B nokta için optimum bir komşuluk boyutunun ortaya çıkartılması üzerine yoğunlaşmıştır (Weinmann, 2016). Tekli ölçek parametresi ile komşuluk seçimine bir alternatif olarak, uyarlanabilir bir parametre seçimi olarak da düşünülebilen yaklaşımda, her bir X noktası için k en yakın komşu noktalar ayrı ayrı hesaplanıp kullanılmaktadır. Başka bir deyişle bahsi geçen bu yaklaşımda k parametresi için kesin bir değer belirlemek yerine k için optimum bir değerin otomatik olarak belirlenmesi üzerine yoğunlaşılmıştır. Nokta bulutu verisindeki her bir X noktasının komşuluk boyutunu yerel olarak uyarlamak için, verilen 3B nokta bulutunun geometrik özelliklerine dayanan k ölçek parametresi için optimum bir değer seçimi yapan çalışmalar (Demantké vd., 2011; Pauly vd., 2003) temel alınmaktadır. Bu yaklaşımlar 3D yapı tensörüne ($S_{3D} \in \mathbb{R}^{3\times3}$) dayanan enerji fonksiyonlarını (E) kullanmaktadır. Yapı tensörü genellikle görüntü işleme ve bilgisayarda görme alanlarında kullanılmaktadır ve verilen bir 3B $X=X_0$ noktasının ve onun en yakın k komşuları X_i'in ($i = 1,...,k$) koordinatlarından türetilmiş 3B kovaryans matrisini temsil eder (Eşitlik 1). Geometrik merkez $\overline{\boldsymbol{X}}$ Eşitlik 2'deki gibi hesaplanmaktadır ve bu

nedenle dikkate alınan 3B X noktasından biraz farklılık gösterebilmektedir. 3B yapı tensörü yarı simetrik pozitif matematik matrisi temsil ettiğinden üç tane öz değeri bulunmaktadır, negatif değildir ve öz vektörlerin ortogonal sistemine karşılık gelmektedir. Sonuç olarak üç öz değer λ_1, λ_2, $\lambda_3 \in R$ elde edilmektedir.

$$S_{3D} = \frac{1}{k+1} \sum_{i=0}^{k} \left(X_i - \overline{X}\right) \left(X_i - \overline{X}\right)^T \quad (1)$$

$$\overline{X} = \frac{1}{k+1} \sum_{i=0}^{k} X_i \quad (2)$$

$\lambda_{1,i} \geq \lambda_{2,i} \geq \lambda_{3,i} \geq 0$ olarak sonuç veren üç boyutlu yapı tensörünün öz değerlerini gösteren her bir değer ($\lambda_{1,i}$, $\lambda_{2,i}$, $\lambda_{3,i} \in R$) komşuluğun seçimi için uygulanmaktadır. Diğer taraftan, boyutsallık değerlerini ifade eden doğrusallık ($L_{\lambda,i}$), düzlemsellik ($P_{\lambda,i}$) ve küresellik ($S_{\lambda,i}$) öznitelik değerlerinin (Eşitlik 3) toplamları bire eşittir ve boyutsallık tabanlı ölçek seçimi (Demantké vd., 2011) için enerji fonksiyonunu ($E_{dim,i}$) (Eşitlik 4) temsil eden Shannon Entropisinin (Shannon, 1948) hesaplanmasında kullanılabilmektedir (Weinmann vd., 2015a). Bu boyutsallık özellikleri sırasıyla tek boyutlu, iki boyutlu ve üç boyutlu özellikleri temsil etmektedir (Weinmann, 2016).

$$L_{\lambda,i} = \frac{\lambda 1 - \lambda 2}{\lambda 1}\ ,\ P_{\lambda,i} = \frac{\lambda 2 - \lambda 3}{\lambda 1}\ ,\ S_{\lambda,i} = \frac{\lambda 3}{\lambda 1} \quad (3)$$

$$E_{dim,i} = -L_{\lambda,i} \ln(L_{\lambda,i}) - P_{\lambda,i} \ln(P_{\lambda,i}) - S_{\lambda,i} \ln(S_{\lambda,i}) \quad (4)$$

Bunun yerine üç özdeğer λ_1, λ_2 ve λ_3, bunların toplamları Σ_λ tarafından normalize edilmiş öz değerleri $e_i = \lambda_i / \Sigma_\lambda$ ($i \in \{1,2,3\}$) elde etmek için normalleştirilmektedir. Böylelikle normalleştirilmiş öz değerler $e_i \in [0,1]$ aralığında ve toplamları bir değerine eşittir. Bu normalize edilmiş özdeğerlerin Shannon entropisi, özentropi-tabanlı ölçek seçimi (Weinmann vd., 2014) için enerji fonksiyonu $E_{\lambda,i}$'nin (Eşitlik 5) temeli olarak kullanabilmektedir. Her bir üç boyutlu X_i noktası için, enerji fonksiyonları $E_{dim,i}$ ve $E_{\lambda,i}$ değişen k değerleri için hesaplanmakta ve minimum entropiyi veren değer, optimum komşuluk boyutunu belirlemek için seçilmektedir (Eşitlik 6). Bunun için de en küçük k değeri 10 ile en yüksek k değeri 100 değer aralığında ve $\Delta k = 1$ olacak şekilde k parametresi araştırılmaktadır (Weinmann vd., 2014; Weinmann vd., 2015a; Weinmann, 2016).

$$E_{\lambda,i} = -e_{1,i} \ln(e_{1,i}) - e_{2,i} \ln(e_{2,i}) - e_{3,i} \ln(e_{3,i}) \quad (5)$$

$$k_{opt,\lambda} = arg_k min E_\lambda(k) \quad (6)$$

Nokta bulutundaki her bir nokta için komşuluk boyutu belirlendiğinde, sonraki adım ilgili öznitelikleri türetmekten oluşmaktadır (Weinmann, 2016). Literatürde kullanılan tanımlayıcı öznitelikler Chehata vd. (2009)'nın çalışmasında yükseklik tabanlı, yankı tabanlı, öz değer tabanlı, yerel düzlem tabanlı ve tam dalga biçimli olmak üzere beş grup altında toplamıştır. Lazer tarama esnasında kullanılan tarayıcının tam dalga boylu yansımayı toplama özelliğinin bulunmaması durumunda, veri setinin tam dalga biçimli öznitelik bilgileri elde edilemeyeceğinden kullanılamamaktadır. Böylelikle de LiDAR tarayıcısından tarama esnasında elde edilen yoğunluk, yükseklik ve yansıma değerleri gibi veriler ile ham nokta bulutundaki noktaların geometrik ilişkilerinden yararlanılarak öznitelik bilgileri hesaplanabilmektedir.

Yerel komşuluğa ait temel geometrik 3B özelliklerini değerlendirmenin aksine, 3B yapı tensörünü ve onun normalize edilmiş öz değerlerini elde etmek için bu komşuluktaki bütün 3B noktalar kullanılabilmektedir. Bu normalize edilmiş öz değerlere dayanarak, yerel boyutsallığı açıklamak için doğrusallık (L_λ), düzlemsellik (P_λ), saçılım (küresellik) (S_λ) ölçütleri, sırasıyla doğrusal tek boyutlu yapının, düzlemsel iki boyutlu yapının veya hacimsel üç boyutlu yapının varlığı hakkında bilgi sağlamaktadır (Eşitlik 7). Bunların yanı sıra tüm yönlü varyans (O_λ), eşyönsüzlük (A_λ), özentropi (E_λ) ve öz değerlerin toplamı (Σ_λ) öznitelik değerleri hesaplanabilmektedir. Rusu (2009) tarafından önerilen eğriliğin değişimi (C_λ) öznitelik bilgisi de hesaplanmaktadır. Dolayısıyla, her 3B nokta ve onun en yakın komşuları için bu özellikler doğrudan normalize edilmiş öz değerlerden türetilmektedir (Weinmann, 2016). Aynı zamanda yerel 3B yapıya bağlı karakteristik davranışları göstermektedir (Weinman vd., 2015a).

$$\begin{aligned} &L_\lambda = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_1} \quad , \quad P_\lambda = \frac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_1} \quad , \quad S_\lambda = \frac{\lambda_3}{\lambda_1} \\ &O_\lambda = \sqrt[3]{\lambda_1\, \lambda_2\, \lambda_3} \quad , \quad A_\lambda = \frac{\lambda_1 - \lambda_3}{\lambda_1} \quad , \quad E_\lambda = -\sum_{i=1}^{3} \lambda_i \ln(\lambda_i) \\ &\Sigma\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 \quad , \quad C_\lambda = \frac{\lambda_3}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3} \end{aligned} \quad (7)$$

2.3 Görüntü Düzlemine Dönüşüm

Bu çalışmada önerilen yaklaşımla elde edilen öznitelik verilerinin değerlendirilmesinin ardından morfolojik operatörlerle bina nesnelerinin çıkarımı için bu öznitelik verilerinin görüntü düzlemine dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu aşamada, üç boyutlu LiDAR noktalarının iki boyutlu görüntü düzleminde tanımlanması amacıyla gridleme (gride enterpole edilme) işlemi yapılmaktadır. Bir başka ifadeyle LiDAR noktalarına karşılık gelen piksellerin belirlenmesi için bu noktalar XY düzlemine yansıtılmaktadır. Bu işlem adımı sonrasında düzensiz dağılmış olan ham nokta bulutu verisi düzenli dağılmış grid yapıya dönüştürülmüş olmaktadır. Bu işlem için nokta yoğunluğuna bağlı olarak grid boyutu (örneğin 0.5 m) tanımlanmaktadır.

2.4 Matematiksel Morfoloji

Matematiksel morfoloji, nesnelerin şekilsel yapısına dayanan küme teorisi üzerine kurulmuş bir yaklaşımdır (Karhan vd., 2011). Başka bir ifadeyle de iki değerli (binary) ve gri seviyeli görüntülerden geometrik bilgi çıkaran matematiksel bir araç olarak tanımlanabilmektedir. Matematiksel morfolojide amaç, anlamlı şekil bilgisini diğer nesnelerden ayırmaktır. Bu metotta genellikle nesnelerin belirlenmesi için genleşme, aşınma, açma ve kapama işlemleri temel morfolojik işlemler olarak kullanılmaktadır.

3. ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN VERİLER

Hem farklı türde bina çatıları içermesi hem de ormanlık alanları da içeren bir kentsel bölge olarak, İstanbul ili Sarıyer ilçesine bağlı Zekeriyaköy bölgesi çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan veri seti 'Hava LiDAR Teknolojisiyle Sayısal Yüzey Modeli ve Üç Boyutlu Kent Modeli Projesi' kapsamında Eylül-2013'te 'Eurocopter AS350' helikoptere yerleştirilmiş 'Riegl LMSQ680i lazer tarayıcı ile toplanan LiDAR verileri (16 nokta/m^2) olup İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nden temin edilmiştir. LiDAR verisinin toplanması esnasında çoklu yansımalar ve yoğunluk (intensity) verisi de kaydedilmiştir. Çalışmada ek veri olmaksızın sadece ham LiDAR verisi kullanılmış ve bu nokta bulutu verisi kullanılarak ek ürünler üretilmiştir. Komşuluk tanımlaması, özellik çıkarımı ve morfolojik operatörlerle bina tespiti işlemleri Matlab programlama dilinde bu çalışma kapsamında geliştirilen uygulamalar ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı 1'in içerdiği nokta sayısı 933.859 (Şekil 2a) ve çalışma alanı 2'nin içerdiği nokta sayısı 853.247'dir (Şekil 2b).



a) Çalışma alanı 1 b) Çalışma alanı 2

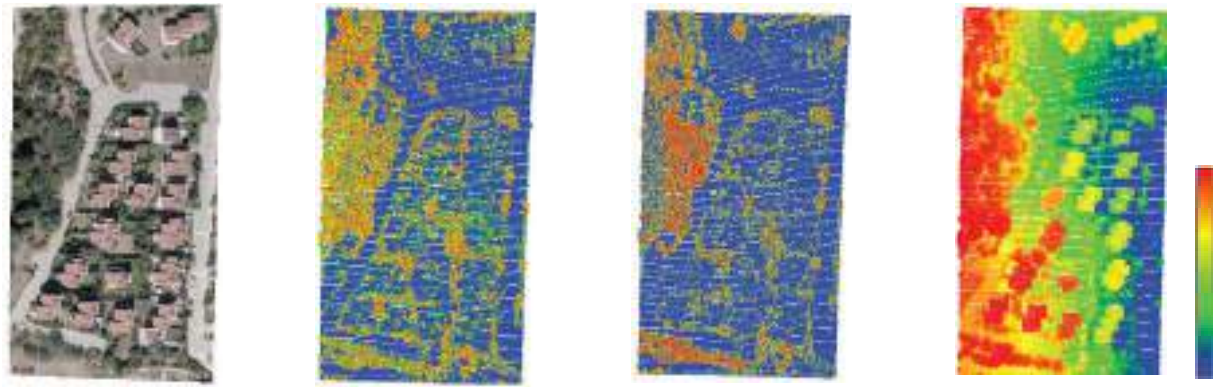
Şekil 2. Çalışma alanlarına ait ortofoto görüntüler.

4. YEREL KOMŞULUK ÖZNİTELİK VERİLERİ KULLANILARAK BİNA ÇIKARIMI

Bu çalışmada üç boyutlu noktaların komşuluk seçimi aşamasında, sabit bir ölçek parametresine bağlı kalmamak için optimum k en yakın komşuluk değerleri hesaplanmıştır. Bu işlemler Matlab programlama dili kullanılarak geliştirilen uygulamalarla gerçekleştirilmiş ve geliştirilen uygulamalardaki matematiksel işlem adımları Weinmann vd. (2014) çalışmasındaki gibidir. Her bir nokta için hesaplanan optimum k en yakın komşu nokta sayısına bağlı olarak yine her bir noktanın öznitelik verileri çıkarımı yapılmıştır. Komşuluk seçiminde olduğu gibi işlemler Matlab programlama dili kullanılarak geliştirilen uygulamalarla gerçekleştirilmiş ve matematiksel işlem adımları Weinmann vd. (2015b) çalışmasındaki gibidir. Bölüm 2.2'de değinilen tüm öznitelik değerlerinin belirlenmesinin ardından bu öznitelik değerleri 0-1 aralığında normalize edilmiş, böylelikle tüm öznitelikler aynı değer aralığında değerlendirilmiştir. Çalışma alanına ait bu öznitelik değerlerin değerlendirilmesi ve analizleri sonucunda 'saçılım', 'yansıma' ve 'yükseklik değerleri' öznitelik değerleri bina ve ağaç nesneleri sınıflandırılmasında daha etkin öznitelikler olarak belirlenmiştir. Bu öznitelik verilerinin her iki çalışma alanına ait noktasal görünümleri Şekil 3 ve

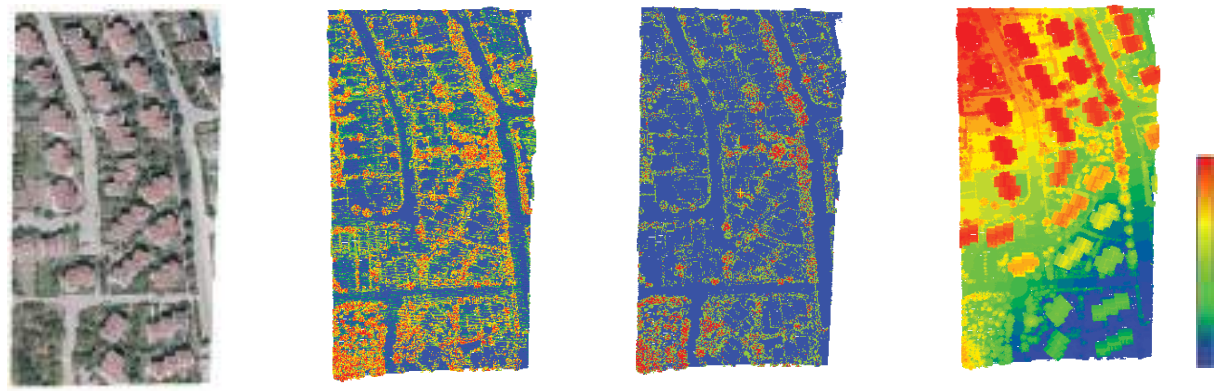
Şekil 4'te gösterilmektedir. Şekil 3 ve Şekil 4 incelendiğinde, saçılım ve yansıma öznitelik verilerinin bitki örtüsü sınıflandırılmasında etkin öznitelik verileri olduğu görülmektedir.

Nokta bulutunun grid biçime dönüştürülmesi aşamasında yükseklik değerleri (Z) kullanılabildiği gibi yoğunluk verisi veya diğer hesaplanan öznitelik bilgileri de kullanılarak görüntü düzlemi oluşturulabilmektedir. 2 boyutlu sayısal model oluşturulurken her grid merkezi bir yükseklik değerini ifade ederken, görüntü düzlemi oluştururken de her grid merkezi ilgili öznitelik bilgisinin değerini yansıtmaktadır. Bu işlem aşamasında noktalar arasında enterpolasyon işlemi uygulanmıştır. Ayrıca nokta bulutu verisinden normalize sayısal yükseklik modeli de (nSYM) üretilmiştir.



a) Hava fotoğrafı b) Saçılım c) Yansıma d) Yükseklik değeri

Şekil 3. Nokta bulutu öznitelik bilgisi görüntüleri (Çalışma alanı 1).



a) Hava fotoğrafı b) Saçılım c) Yansıma d) Yükseklik değeri

Şekil 4. Nokta bulutu öznitelik bilgisi görüntüleri (Çalışma alanı 2).

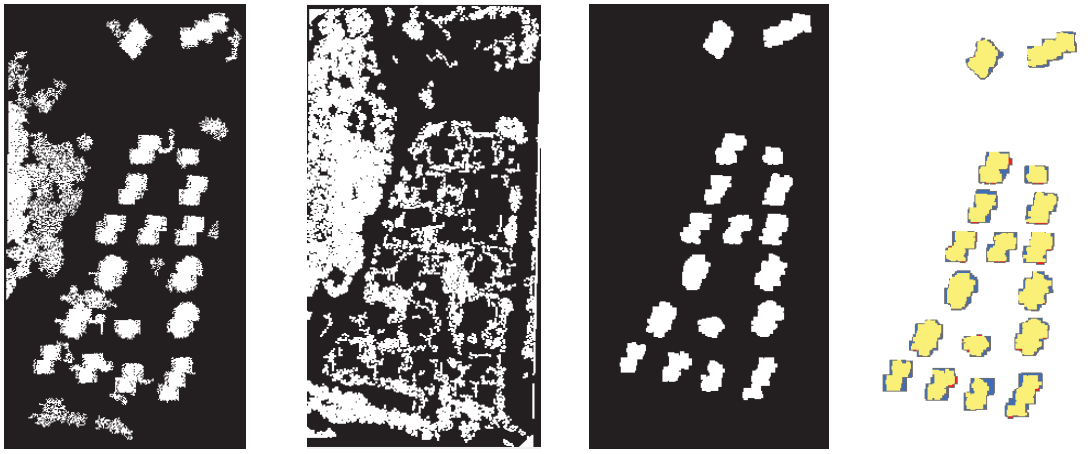
Önerilen yaklaşımla bina nesnelerinin belirlenmesi amacıyla görüntü düzlemine dönüştürülen öznitelik verileri üzerinde matematiksel morfoloji işlemleri uygulanmıştır. Morfolojik işlemler Matlab programlama dili kullanılarak geliştirilen uygulamalarla gerçekleştirilmiştir. İlk olarak yansıma, saçılım, yükseklik değerleri öznitelik görüntüleri ile nSYM ikili görüntüye dönüştürülmüştür. Yansıma ve saçılım öznitelik görüntüsü sadece bitki örtüsüne duyarlı olduğundan, yükseklik farkı ve nSYM gibi arazideki yüksekliğe ilişkin tüm detayları içeren görüntülerle birlikte analiz yapılmasının daha etkin sonuçlar ortaya koyacağı düşünülmüştür. Bu varsayımla, bina çıkarımı için yükseklik değeri / yansıma öznitelik görüntüsü ile nSYM / saçılım öznitelik görüntüsünün birlikte değerlendirilmesiyle iki ayrı sonuç üzerinden değerlendirme yapılmıştır. İkili görüntülere dönüştürülen her bir öznitelik görüntüsü için farklı eşik değerleri kullanılmış ve meydana gelen gürültüler morfolojik operatörlerle arındırılmış ve bina çıkarımı gerçekleştirilmiştir.

Çalışma alanı 1 ve çalışma alanı 2 için binalar elle operatör tarafından sayısallaştırılmış ve doğruluk analizi için referans veri olarak kullanılmıştır. Doğruluk analizi, tespit edilen ve referans veri setindeki binaların toplam alanları baz alınmış olup, binaların doğru pozitif (TP), yanlış negatif (FN) ve yanlış pozitif (FP) durumları kullanılarak doğruluk ve tamlık değerleri Eşitlik 8 ve Eşitlik 9 yardımıyla hesaplanmıştır. Doğruluk analizi görsellerinde sarı alanlar doğru pozitifleri, mavi alanlar yanlış negatifleri ve kırmızı alanlar da yanlış pozitifleri ifade etmektedir.

$$\text{Doğruluk} = TP / (TP+FP) \quad (8)$$

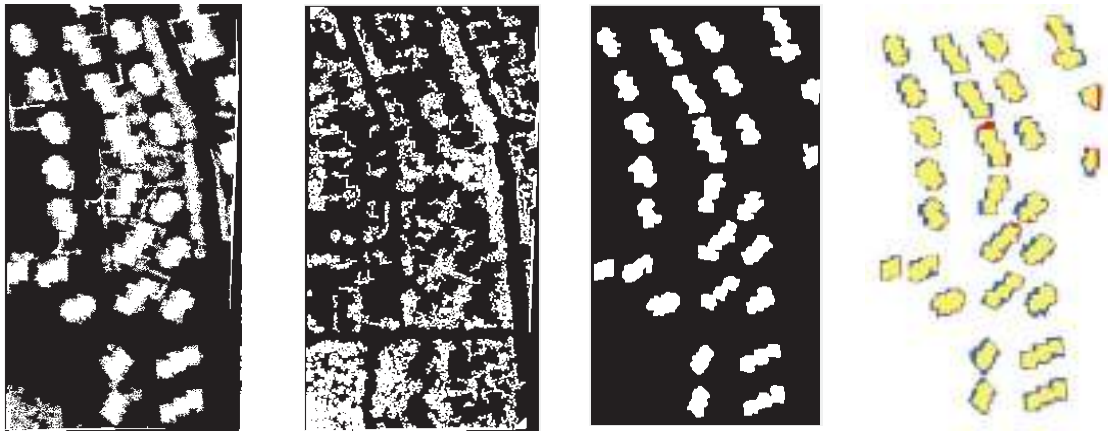
Tamlık = TP / (TP+FN) (9)

İlk değerlendirme adımında, yükseklik değerleri öznitelik görüntüsünden yansıma öznitelik görüntüsünün farkı alınmış ve ilgili morfolojik operatörler ile bina nesnelerinin çıkarımı yapılmıştır (Şekil 5 ve Şekil 6). Bina nesneleri çalışma alanı 1 için %78.78 tamlık ve %97.96 doğruluk değeri, çalışma alanı 2 için ise %72.89 tamlık ve %94.88 doğruluk değeri ile tespit edilmiştir. Bu değerlendirme adımında, binalara çok yakın şekilde bulunan bitki örtüsü nesneleri hem tamlık değeri için hataya sebep olmuş hem de bina kenarlarının düzgün olarak tespit edilememesi sonucunu doğurmuştur.



Yükseklik değeri Yansıma Sonuç görüntü Doğruluk analizi

Şekil 5. Bina çıkarım sonuçları, yükseklik değeri – yansıma (Çalışma alanı 1).

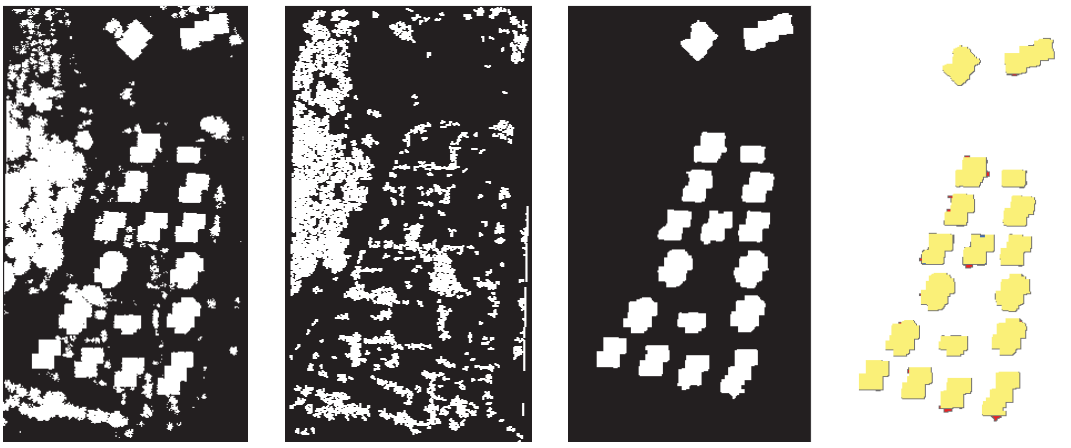


Yükseklik değeri Yansıma Sonuç görüntü Doğruluk analizi

Şekil 6. Bina çıkarım sonuçları, yükseklik değeri – yansıma (Çalışma alanı 2).

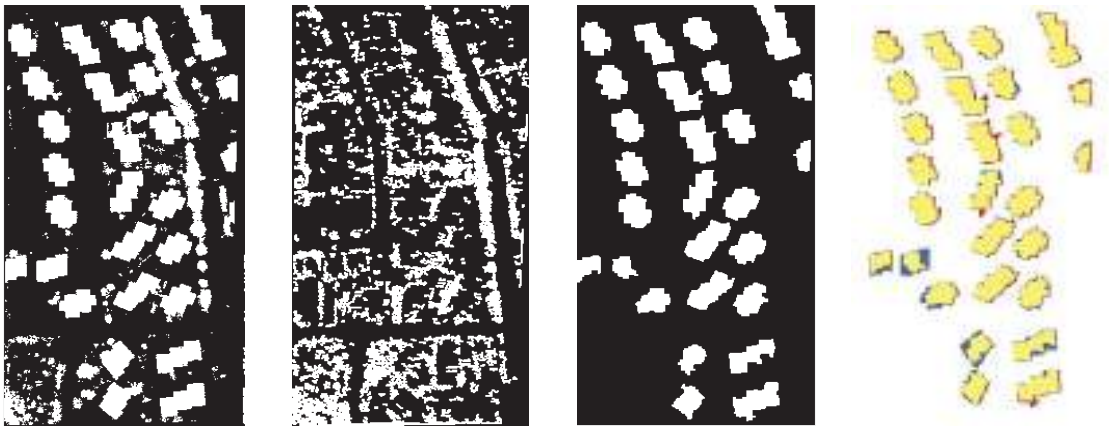
İkinci değerlendirme adımında, nSYM görüntüsünden saçılım öznitelik görüntüsünün farkı alınmış ve ilgili morfolojik operatörler ile bina nesnelerinin çıkarımı yapılmıştır (Şekil 7 ve Şekil 8). Bina nesneleri çalışma alanı 1 için %99.84 tamlık ve %97.93 doğruluk değeri, çalışma alanı 2 için de %92.01 tamlık ve %90.25 doğruluk değeri ile tespit edilmiştir. Bu değerlendirme aşamasında, nSYM'nin öznitelik görüntüsüyle birlikte kullanımının tamlık değerinin arttırdığı tespit edilmiştir.

Her iki değerlendirme aşamasında da çalışma alanı 1 için 18 ve çalışma alanı 2 için 27 adet bina yüksek doğruluk oranlarıyla tespit edilmiştir. Binalara çok yakın konumlanan ağaç veya bahçe süs bitkileri gibi bitki örtüsü nesneleri bina kenarlarının düzgün bir şekilde belirlenmesine engel olmaktadır. Fark görüntülerinin belirlenmesinin ardından morfolojik operatörlerin kullanımıyla da bu probleme neden olan bitki örtüsü nesneleri elimine edilmiş ve bina kenarlarındaki düzensizlik en aza indirilmeye çalışılmıştır.



nSYM Saçılım Sonuç görüntü Doğruluk analizi

Şekil 7. Bina çıkarım sonuçları, nSYM – saçılım (Çalışma alanı 1).



nSYM Saçılım Sonuç görüntü Doğruluk analizi

Şekil 8. Bina çıkarım sonuçları, nSYM – saçılım (Çalışma alanı 2).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, ham LiDAR verisinden yerel komşuluk öznitelik verileri kullanılarak bina çıkarımı gerçekleştirilmiştir. Yerel komşuluk öznitelik verileri kullanılarak bina çıkarımı; (I) her bir 3B noktanın yerel bir komşuluğunun belirlenmesi, (II) yerel komşuluk içerisinde bütün 3B noktalara bağlı olarak öznitelik bilgilerin çıkarımı, (III) 3B noktalarına ait öznitelik verilerinin görüntü düzlemine dönüştürülmesi ve (IV) morfolojik operatörlerin uygulanması ile bina çıkarımı adımlarını içermektedir.

Çalışma alanı olarak İstanbul ili Sarıyer ilçesine bağlı Zekeriyaköy bölgesinde farklı türde bina çatıları ve ormanlık alanları da içeren iki farklı bölge (çalışma alanı 1 ve 2) seçilmiştir. Çalışma alanı 1 ve çalışma alanı 2'ye ait LiDAR verileri kullanılarak komşuluk tanımlaması, özellik çıkarımı ve morfolojik operatörlerle bina tespiti işlemleri Matlab programlama dilinde bu çalışma kapsamında geliştirilen uygulamalar ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanlarına ait öznitelik değerlerin değerlendirilmesi ve analizleri sonucunda 'saçılım', 'yansıma' ve 'yükseklik değerleri' öznitelik verilerinin bina ve bitki örtüsü sınıflandırılmasında daha etkin etkin olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan değerlendirme ve analizler sonucunda yerel komşuluk öznitelik verileri kullanılarak iki farklı bina çıkarımı yaklaşımı test edilmiştir. İlk yaklaşımda yükseklik değeri öznitelik verilerinden üretilen görüntüden yansıma öznitelik görüntüsü farkı alınarak ilgili morfolojik operatörler ile bina nesnelerinin çıkarımı yapılmıştır. İkinci yaklaşımda ise nSYM görüntüsünden saçılım öznitelik görüntüsünün farkı alınmış ve ilgili morfolojik operatörler ile bina nesnelerinin çıkarımı yapılmıştır. Bina çıkarımı için gerçekleştirilen doğruluk analizinde; çalışma alanı 1 için ilk yaklaşımla %78.78 tamlık ve %97.96 doğruluk değeri ve ikinci yaklaşımla %99.84 tamlık ve %97.93 doğruluk değeri elde edilmiştir. Çalışma alanı 2 için gerçekleştirilen doğruluk analizinde ilk yaklaşımla %72.89 tamlık ve

%94.88 doğruluk değeri ve ikinci yaklaşımla %92.01 tamlık ve %90.25 doğruluk değeri elde edilmiştir. Önerilen yaklaşımda yerel komşuluk öznitelik verileri ile bina çıkarımında elde edilen sonuçlar; ikinci yaklaşımdaki nSYM'nin kullanımının doğruluğu artırdığını göstermiştir. Binalara çok yakın konumdaki ağaç veya bahçe süs bitkilerinin bulunduğu alanlarda bina kenarlarının düzgün bir şekilde belirlenemediğini ve bu durumun ortadan kaldırılması için fark görüntülerinin oluşturulması sonrasında morfolojik operatörlerin kullanımının sonuçları iyileştirdiğini göstermiştir. Bu çalışma kapsamında, çalışma alanında önerilen yaklaşımla yerel komşuluk öznitelik verileri kullanılarak bina çıkarımı başarı ile gerçekleştirilmiştir.

TEŞEKKÜR

Çalışma alanına ait LiDAR verilerini sağladığı için İstanbul Büyükşehir Belediyesine teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

Chehata, N., Guo, L. ve Mallet, C., 2009. Airborne Lidar Feature Selection for Urban Classification Using Random Forests. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences,* Vol. XXXVIII, Part 3/W8, Paris, France, syf: 207-212.

Demantké, J., Mallet, C., David, N. ve Vallet, B., 2011. Dimensionality based scale selection in 3D lidar point clouds. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences,* Vol. XXXVIII-5/W12, syf: 97-102.

Demir, N., 2016. LiDAR Verisinden Çatı Düzlemlerinin Otomatik Çıkarılması, *VI. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2016)*, 5-7 Ekim, Adana, syf: 133-138.

Filin S. ve Pfeifer N., 2005. Neighborhood systems for airborne laser data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 71(6): 743-755.

Jutzi, B. ve Gross, H., 2009. Nearest neighbour classification on laser point clouds to gain object structures from buildings. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38(Part 1): 4-7.

Karhan, M., Oktay, M. O., Karhan, Z. ve Demir, H., 2011. Morfolojik Görüntü İşleme Yöntemleri ile Kayısılarda Yaprak Delen (Çil) Hastalığı Sonucu Oluşan Lekelerin Tespiti. *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*, Mayıs, syf: 16-18.

Khoshelham, K. ve Oude Elberink, S. J., 2012. Role of dimensionality reduction in segment-based classification of damaged building roofs in airborne laser scanning data. *Proceedings of the International Conference on Geographic Object Based Image Analysis*, syf: 372-377.

Kim, H. B. ve Sohn, G., 2013. Point-based Classification of Power Line Corridor Scene Using Random Forests. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing,* 79(9): 821-833.

Lee, I. ve Schenk, T., 2002. Perceptual organization of 3D surface points. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences,* 34(3A): 193-198.

Linsen L. ve Prautzsch H., 2001. Local versus global triangulations. *In: Proceedings of Euro-graphics*, syf: 257-263.

Lodha, S. K., Fitzpatrick, D. M. ve Helmbold, D. P., 2007. Aerial Lidar Data Classification using AdaBoost. *Proceedings of the International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling*, syf: 435-442.

Mallet, C., Bretar, F., Roux, M., Soergel, U. ve Heipke, C., 2011. Relevance assessment of full-waveform lidar data for urban area classification. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 66(6): 71-84.

Meng, X., Wang, L. ve Currit, N., 2008. Morphology-based Building Detection from Airborne Lidar Data. *Photogrammetric Engineering Remote Sensing*, 75(4): 437-442.

Niemeyer, J.; Rottensteiner, F. ve Soergel, U., 2014. Contextual classification of lidar data and building object detection in urban areas. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing,* 87: 152-165.

Pauly M., Keiser R. ve Gross M., 2003. Multi-scale feature extraction on point-sampled surfaces. *Computer Graphics Forum,* 22(3): 281-289.

Ramiya, A. M., Nidamanuri, R. R. ve Krishnan, R., 2017. Segmentation based building detection approach from LiDAR point cloud. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 20(1): 71-77.

Rottensteiner, F., Sohn, G., Gerke, M. ve Wegner, J.D., 2013. *ISPRS Test Project on Urban Classification and 3D Building Reconstruction*, ISPRS-Commission III - Photogrammetric Computer Vision and Image Analysis Working Group III / 4 - 3D Scene Analysis, Germany, 16 sayfa.

Rusu, R. B., 2009. Semantic 3D object maps for everyday manipulation in human living environments. *PhD thesis*, Computer Science department, Technische Universitat Munchen, Germany, 260 sayfa.

Sampath, A. ve Shan, J., 2010. Segmentation and reconstruction of polyhedral building roofs from aerial LiDAR point clouds. *IEEE Transaction Geoscience Remote Sensing*, 48: 1554-1567.

Schmidt, A., Niemeyer, J., Rottensteiner, F., ve Soergel, U., 2014. Contextual Classification of Full Waveform Lidar Data in the Wadden Sea. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 11(9): 1614-1618.

Shannon, C. E., 1948. A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal,* 27(3): 379-423.

Sun, Y., Wang, C., Li, J., Zhang, Z., Zai, D., Huang, P. ve Wen, C., 2016. Automated segmentation of LiDAR point clouds for building rooftop extraction. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS),* 2016-November, syf: 1472-1475.

Wang, R., Lai, X. ve Hou, W., 2011. Study on Edge Detection of LIDAR Point Cloud. *International Conference on Intelligent Computation and BioMedical Instrumentation*, syf: 71-73.

Weinmann, M., Jutzi, B. ve Mallet, C., 2014. Semantic 3D scene interpretation: A framework combining optimal neighborhood size selection with relevant features. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, II-3(September): 181-188.

Weinmann, M., Schmidt, A., Mallet, C., Hinz, S., Rottensteiner, F. ve Jutzi, B., 2015a. Contextual Classification of Point Cloud Data By Exploiting Individual 3D Neigbourhoods. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, II-3/W4: 271-278.

Weinmann, M., Urban, S., Hinz, S., Jutzi, B. ve Mallet, C., 2015b. Distinctive 2D and 3D features for automated large-scale scene analysis in urban areas. *Computers & Graphics,* 49: 47-57.

Weinmann, M., 2016. *Reconstruction and Analysis of 3D Scenes: from Irregularly Distributed 3D Points to Object Classes*. Springer, Germany, 233 sayfa.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7017

LiDAR VERİSİNDEN OTOMATİK BİNA ÇATI DÜZLEMİ ÇIKARMADA RANSAC ALGORİTMASININ İYİLEŞTİRİLMESİ

Sibel CANAZ SEVGEN[1], Fevzi KARSLI[2], Norbert PFEIFER[3]

[1]Ankara Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi Bölümü, Beşevler, Ankara, ssevgen@ankara.edu.tr
[2] Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Trabzon, fkarsli@ktu.edu.tr
[3] Prof. Dr., Technische Universität Wien, Jeodezi ve Jeoinformasyon Bölümü, Vienna, Norbert.Pfeifer@geo.tuwien.ac.at

ÖZET

Kent haritalarında olması gereken en önemli bilgilerden biri binaların konumu ve sınırlarıdır. Binaların çatılarının konumu ve güncel durumu hava fotoğraflarından otomatik olarak çıkarılacağı gibi, 3B'de yükseklik doğruluğu daha iyi olan, hava lazer tarama (Light Detection And Ranging (LiDAR)) verisinden de sıkça bina çatılarının çıkarım işlemleri son yıllarda birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır. Bina çatılarının düzlemsel olduğu varsayımı ile birçok algoritma geliştirilmiş olup bunların en popülerinden biri ise RANSAC algoritmasıdır. RANSAC algoritması 3B düzlemsel özellik çıkarmada çok fazla kullanılan bir algoritma olmakla birlikte, aykırı değere sahip gürültülü verilerde düzlemi çıkarırken düzlemin devam ettiği planimetrideki noktaları da düzlem noktası gibi algılayıp çıkarmaktadır. Bu çalışmada, RANSAC algoritmasıyla çıkarılan bina düzlemlerine ait olmayan noktaları ayırmak için bir algoritma geliştirilmiştir. Improved RANSAC (I-RANSAC) olarak adlandırılan bu algoritma ile RANSAC algoritmasının geliştirilmesi ve sonuçlarının iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Sonuç olarak, 3 farklı bina çatısı ile bir alana ait 5 bina çatısı I-RANSAC algoritması ile çıkarılmış ve Google uydu haritaları üzerine yansıtılarak hem nicel hem nitel kalite kontrolü ile analiz edilmiştir. Nitel kalite kontrol sonucuna göre ortalama doğruluk 0.97 olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, önerilen algoritma (I-RANSAC), RANSAC algoritmasının bina çatı düzlemleri çıkarımı için iyileştirilmesini sağlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: *bina çatı düzlemi çıkarımı, LiDAR, RANSAC*

ABSTRACT

ENHANCEMENT OF RANSAC ALGORITHM FOR EXTRACTION OF BUILDING ROOF PLANE FROM LIDAR DATA

One of the most important information that must be on city maps is the location and boundaries of buildings. In recent years, many researchers have been working on the extraction of building roof planes from air laser scanning (Light Detection And Ranging (LiDAR)) data, in which height accuracy is better in 3D comparing with 2D photographs. Many algorithms have been developed with the assumption that building's roof are generally in planar feature, and one of the most popular is the RANSAC algorithm. Although the RANSAC algorithm is an algorithm that is used mainly in the 3D plane feature extraction, the extraction results mainly have points that are not belong to the extracted planes but in extracted plane planimetric space. In this study, an algorithm is proposed and developed to eliminate and separate points, which are not belong to building planes extracted by the RANSAC algorithm. Thus, it is aimed to improve the RANSAC algorithm and improve its results. To test the proposed algorithm, 3 different building roofs and 5 buildings roof in an area were extracted with the proposed RANSAC enhancement algorithm (Improved RANSAC, I-RANSAC) and the results were reflected on the Google satellite maps and analyzed for the quality control qualitatively and quantitatively. Overall accuracy was found as 0.97. According to the results, the proposed algorithm (I-RANSAC) improved the RANSAC algorithm for the extraction of building roof planes.

Keywords: *building roof plane extrction, LiDAR, RANSAC*

1. GİRİŞ

Bina çatı düzlem çıkarımı birçok araştırmacı tarafından son yıllarda yoğun olarak çalışılmıştır (Awrangjeb ve Fraser, 2014; Cao vd., 2017; Zhang vd, 2018). Farklı özellikte düzlem çıkarma algoritmaları literatürde mevcuttur. Bunlardan biri olan segmentasyon (Kümeleme) yöntemidir. Geometrik özellikleri kümelemenin amacı, verileri ortak özelliklere sahip olan alt verilere gruplamaktır. Çatı düzlemi çıkarımı oluştururken, her noktanın özellikleri bir alanda tanımlanıp hesaplanır ve daha sonra bir kümeleme tekniği ile düzlemsel bina çatılarını çıkarmak için bu özellikler kullanılır. Örneğin Lari vd. (2011), her bir noktanın silindirik bir alanda komşularını kullanarak bölgesel niteliklerini tanımlamıştır. Bir diğer sıkça kullanılan düzlem çıkarma algoritması ise Random Sample and Concencus (RANSAC) algoritmasıdır. RANSAC algoritması ilk olarak 1982 yılında Fischler and Bowl tarafından verilerden geometrik özellik modelleme amaçlı çıkmıştır. Günümüze ise fotogrametride genel olarak basit geometrik şekillerin (düzlem silindir küre vb.) çeşitli veri (genellikle 3B) türlerinden çıkarılmasında kullanılmaktadır. Son yılların en popüler uzaktan algılama tekniklerinden birisi olan LiDAR yoğun ve doğruluğu yüksek (Flood, 2001; Lefsky, 2002) 3B veriyi, bir lazer ışını yollayıp yansıyan ışını geri toplayarak aradaki mesafeyi zamanla ilişki kurarak belirlemektedir. LiDAR 3B veriyi nokta bulutu hâlinde hızlı ve düşey doğrultuda yüksek hassasiyetle toplamaktadır. Ayrıca, aktif bir sensör olduğu için gece veya gündüz veri toplama özelliğine sahiptir. Bu çalışmada 3B LiDAR verisi seti ana veri kaynağı olarak seçilmiştir.

Çalışmanın ana konusu bina çatılarının veriden çıkarılmasıdır ve bina çatıları genellikle düzlem geometrisine sahip olduğu için RANSAC yöntemi ile çıkarılacak özellik ise düzlemdir. RANSAC algoritması düzlem çıkarmada genellikle başarılı bir algoritma olmasına karşın, eğer düzlem sonsuzluğunda düzleme ait olmayan noktalar mevcut ise algoritma bu noktaları da sanki düzleme aitmiş gibi çıkarmaktadır. RANSAC algoritmasında oluşan bu sorunu gidermek amacıyla *I-RANSAC* adı ile anılan bir algoritma geliştirilmiş ve farklı bina verileri üzerinde test edilmiştir.

2. YÖNTEM

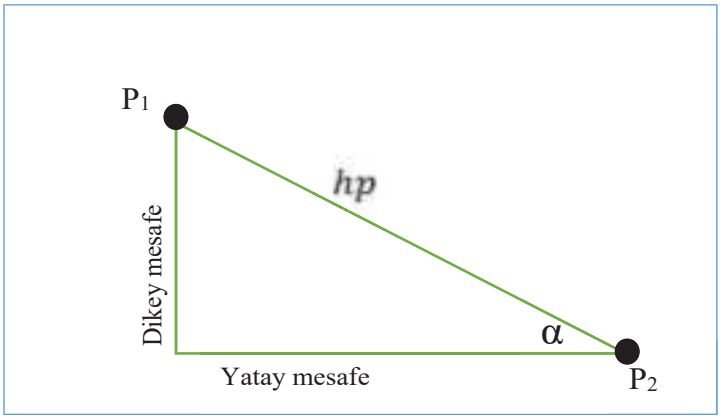
Bu çalışmada, RANSAC algoritmasında düzlemsel özelikler düzlem modeli ve parametrelerin tanımlanmasıyla akış başlamakta ve iteratif olarak diğer noktaları de bu matematik modele sokarak düzleme girip girmediğini kontrol etmektedir. RANSAC algoritmasından önce ise yer yüzeyi düzlemsel özellik gösterdiği için yer yüzeyini veriden ayırmak gerekmektedir. Bu amaçla, noktaların yükseklik farkları kullanılarak yer ve yer üstü noktaları veride sınıflandırılmış ve yalnız yer üstü noktaları kullanılarak RANSC algoritması koşturulmuştur. RANSAC genel olarak geometrik modeli tanımlayacak kadar nokta seçimi ile çalışmaya başlar ve iteratif olarak noktaları bu modele girip girmeyeceğini o geometrik özelliğin geometrik tanımından matematiksel olarak yararlanarak yapmaktadır. Bu iteratif olarak tekrar eden model sonunda en çok noktaya sahip en iyi model genel veriden çıkartılarak tanımlanır. Bu tek RANSAC algoritması için bir modeldir, çoklu RANSAC algoritmasında ise bulunan geometrik özellik tüm veriden çıkarılır ve RANSAC tekrar koşturulup bu işlem kullanıcı tarafından belirlenen en az nokta sayısı kalana kadar devam etmektedir.

RANSAC algoritmasını kullanarak geometrik özellik çıkarmada, RANSAC baz girdi parametrelerine ihtiyaç duymaktadır (Tarsha-Kurdi vd., 2007). Bunlar; 1) veri: genelde 3B nokta verisi, spesifik olarak bu çalışmada ise LiDAR verisi, 2) model: model parametreleri tahmin etmek için gereklidir (örneğin düzlem, küre vb.), 3) n: modeli tanımlamak için gerekli olan nokta sayısı, 4) t: modele uyacak noktalara ulaşmak için gerekli eşik değer (threshold), ve 5) d: asgari konsensüs eşiği, bir başka deyişle en az kaç noktaya ulaşınca düzlem çıkarılsın değeridir.

RANSAC algoritmasına ek olarak, algoritma tarafından çıkarılmış düzleme ait olmayan noktaları gidermek amacıyla *I-RANSAC* algoritmasında aşağıdaki koşul RANSAC algoritması tarafından çıkarılan her bir düzleme uygulanır. Bu koşul ile düzlemlerin doğru olarak çıkarılması amaçlanmıştır. Bu koşulda *d* ortalama tüm noktalar arasındaki mesafeyi (örneğin d-50 cm), *vd* dikey mesafede iki nokta arası uzaklık eşik değerini, $\propto$ ise iki nokta arsındaki eğimi göstermektedir.

$$\left((\overline{P_1P_2})_{planimetrik} \leq (1+vd)d\right) ve \left((\overline{P_1P_2})_{düşey} \leq (1+vd)d.\tan\alpha\right) \quad (1)$$

RANSAC algoritması tarafından çıkarılan düzlemde rastgele bir noktadan başlayarak I-RANSAC algoritması çalışmaya başlar. Eğer noktalar arası komşuluk (1) eşitliğindeki şarta uygunsa o noktalar bir küme oluşturur. I-RANSAC ile sonunda en çok noktaya sahip kümeyi bina çatı düzlemi olarak çıkarılır.



Şekil 1. İki nokta arasında planimetrik ve düşey uzaklık.

Nitel kalite kontrol yöntemi için sonuçlar görsel olarak Google haritaları üzerinde gösterilerek değerlendirilirken, nicel kalite kontrol yöntemi için ise Google uydu fotoğrafları üzerinden bina çatıları manuel olarak sayısallaştırılmış ve I-RANSAC algoritması ile elde edilen sonuçlar bu sınırların içinde kalıp kalmadığına göre genel doğruluk (F-puanı) hesaplanmıştır (2, 3 ve 4).

$$P = \frac{TP}{TP+FP} \quad (2)$$

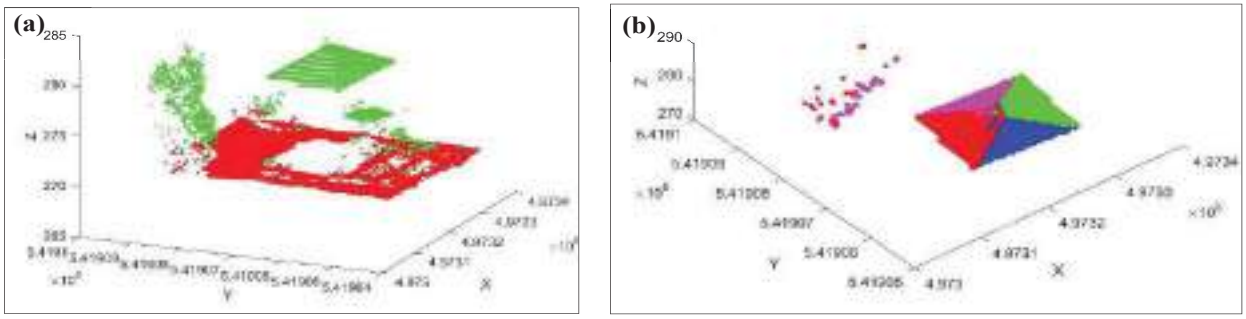
$$R = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3)$$

$$F\ puanı = 2 \times \frac{P \times R}{P+R} \quad (4)$$

Bu eşitliklerde;
P; Precision (Doğruluk),
R; Recall (Hassasiyet),
F-measure; F-puanı,
TP; Bina sınırları içinde I-RANSAC sonucu çakışan nokta sayısını,
FN; Bina sınırları içerisinde olması gereken ama I-RANSAC algoritması ile çıkarılamayan nokta sayısını,
FP; I-RANSAC algoritması ile çıkarılan ama bina sınırları içinde olmayan hatalı nokta sayısını ifade etmektedir.

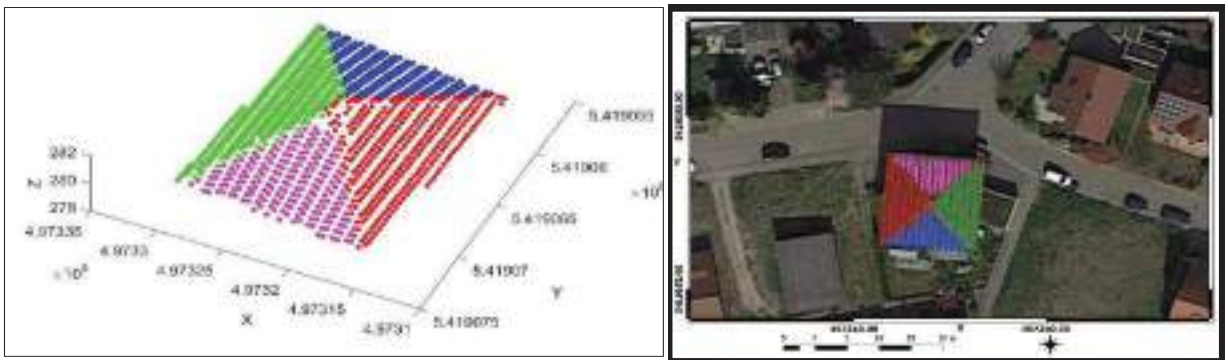
3. DEĞERLENDİRME

I-RANSAC algoritmasının değerlendirilmesi için 3 adet LiDAR bina verisi (Bina-1, Bina-2 ve Bina-3 ve Alan-1) üzerinde bu algoritma test edilmiş ve sonuçlar ayrıntılı olarak gösterilmiştir. İlk olarak Bina-1 için LiDAR verisi yer ve yer üstü noktaları olarak ayrılmış ve yer üstü noktaları kullanılarak RANSAC algoritması ile bina çatı düzlemleri çıkarılmıştır (Şekil 2b).



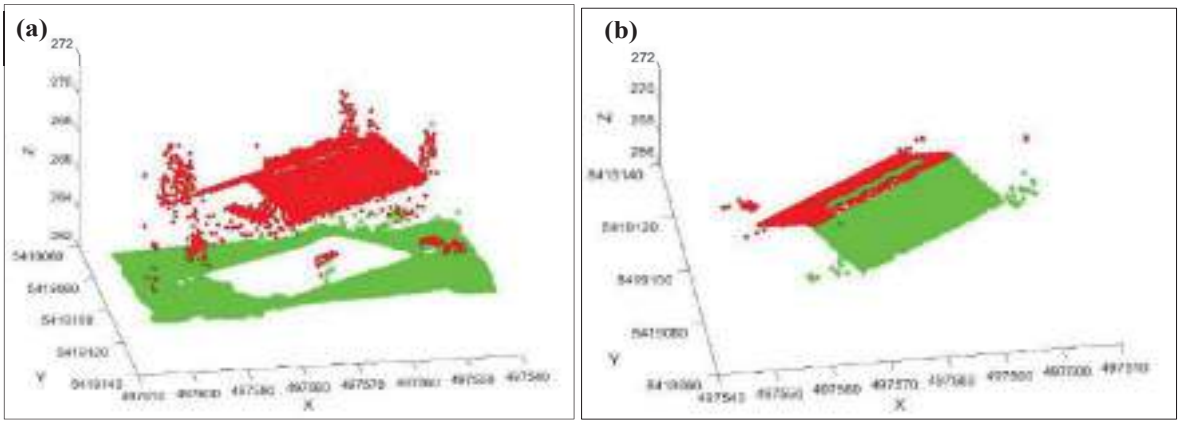
Şekil 2. Bina-1 verisine ait alanın yer ve yer üstü olarak ayrılması (a) ve bina çatı düzlemlerinin RANSAC algoritması ile çıkarılması (b).

Şekil 3'te I-RANSAC algoritması ile çıkarılan bina çatı düzlemi gösterilmiş ve Google uydu fotoğrafı üzerine aktarılarak elde edilen düzlemin düzgün çıktığı görülmüştür. Bina çatısına ait olmayan tek bir noktanın dahi bulunmadığı gözlemlenmiştir. Bu durum, geliştirilen bina çatı düzlemi çıkarım algoritmasının (I-RANSAC) güvenirliğini göstermektedir.



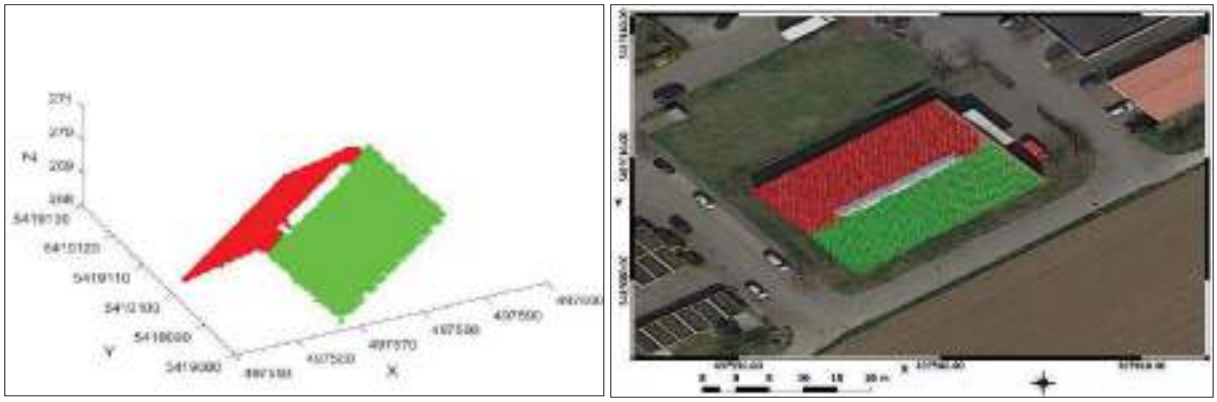
Şekil 3. Bina-1 I-RANSAC algoritması ile çıkarılan çatı düzelmeleri ve Google uydu görüntüleri üzerine yansıtılması.

Bina-2 adlı veri içinde öncelikle veri yer ve yer üstü noktaları olarak ayrılmış ve Şekil 4a'da gösterilmiştir. Yalnızca yer üstü noktaları kullanılarak RANSAC algoritması ile Şekil 4B'deki bina çatı düzlemleri çıkarılmıştır. Şekilden de görüleceği üzere bina çatı düzlemleri binaya ait olmayan noktalarla birlikte RANSC algoritması tarafından çıkarılmıştır.



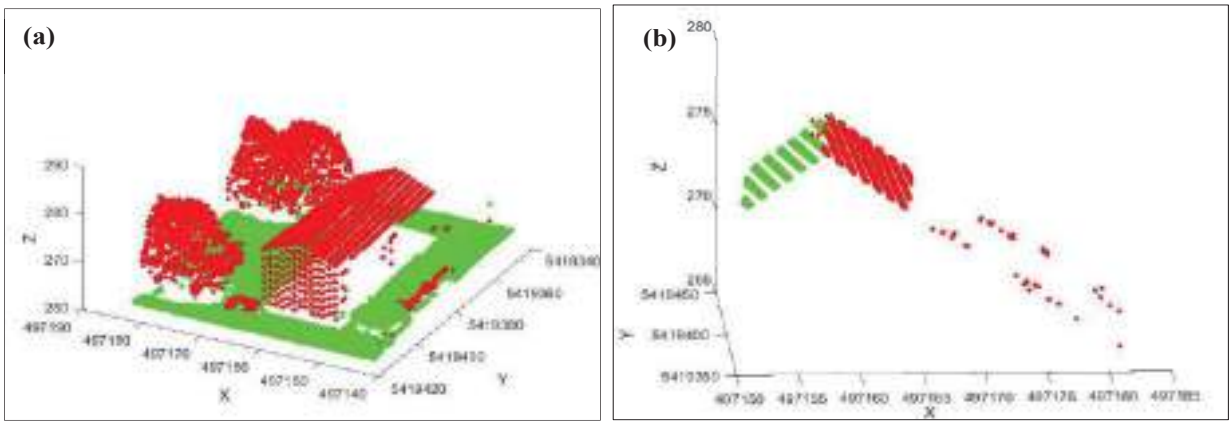
Şekil 4. Bina-2 verisine ait alanın yer ve yer üstü olarak ayrılması (a) ve bina çatı düzlemlerinin RANSAC algoritması ile çıkarılması (b).

Bina çatı düzlemlerine ait olmayan ve yukarıda bahsedilen noktalar I-RANSAC algoritması ile tek tek her düzlem için elimine edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 5'te gösterilmiştir. Bu sonuçlar, Şekil 4 ile karşılaştırıldığında söz konusu düzlemlere ait olmayan noktaların I-RANSAC algoritması ile elimine edildiği görülmektedir.



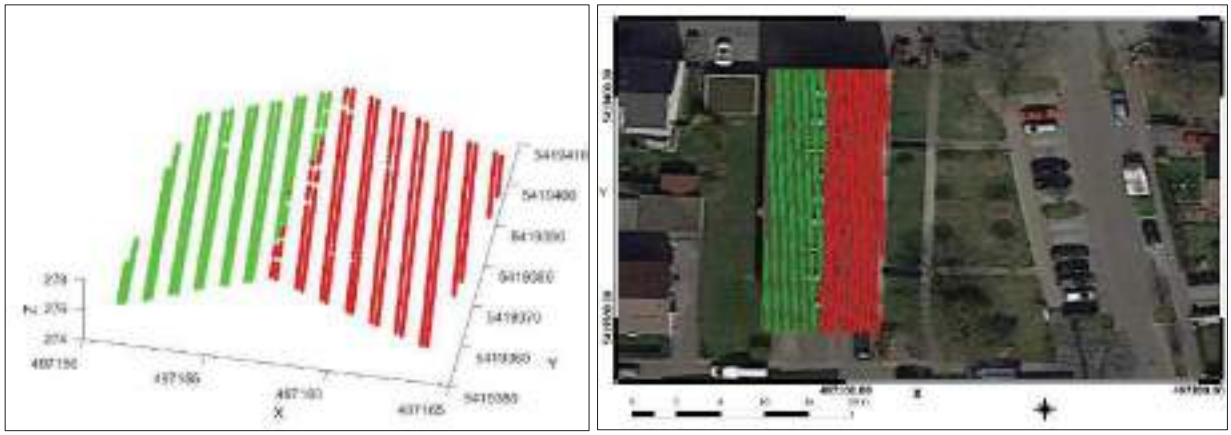
Şekil 5. Bina-2 I-RANSAC algoritması ile çıkarılan çatı düzelmeleri ve Google uydu görüntüleri üzerine yansıtılması.

Bina-3 adlı veri için de yalnızca yer üstü noktalarını kullanarak bina çatı düzlemi çıkarımı işlemi RANSAC tarafından yapılmış ve Şekil 6'da sunulmuştur. Bu sonuca göre binaya çok yakın olan ağaçlardan bazı noktalar sanki bina çatı düzlemi olarak çıkmış fakat onların şekilden de görüleceği üzere binaya ait olmadığı çok açıktır.



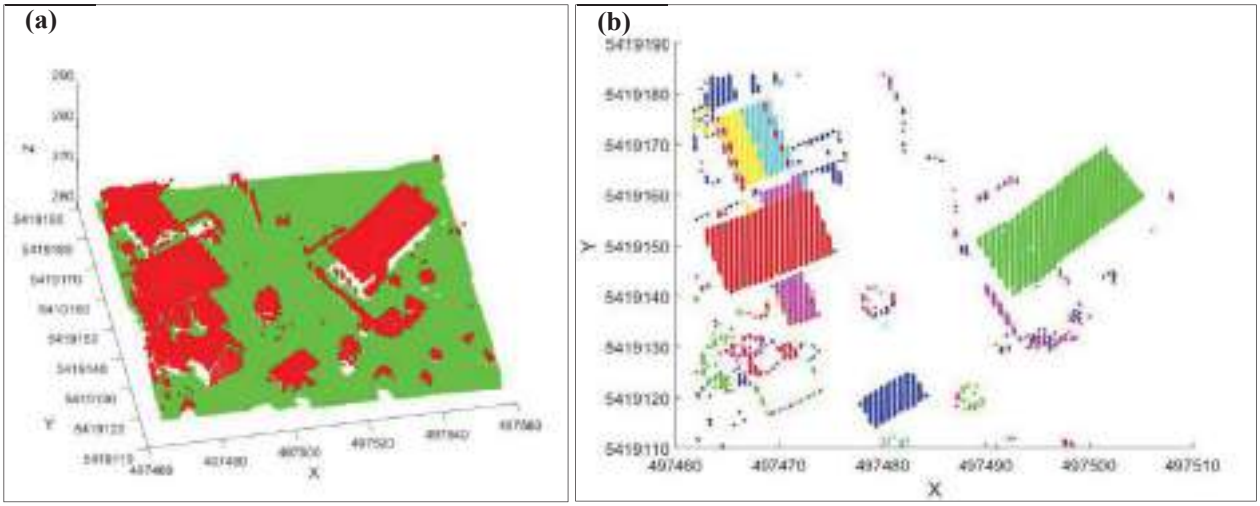
Şekil 6. Bina-3 verisine ait alanın yer ve yer üstü olarak ayrılması (a) ve bina çatı düzlemlerinin RANSAC algoritması ile çıkarılması (b).

Şekil 7'de bina çatı düzlemine ait olmayan noktaları elimine etmek için I-RANSAC algoritması işleme sokulmuş ve işlem sonucu aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 7). Şekil 7'den de görüldüğü üzere bina çatı düzlemi sadece binaya ait olan noktalardan oluşmakta olup yukarıda şekilde gösterilen aykırı değerlerden temizlenmiştir. Son olarak Şekil 7'de I-RANSAC algoritması ile elde edilen bina çatı düzlem sonuçları Google uydu fotoğraf servisi üzerine yansıtılmış ve incelenmiştir. Görüldüğü üzere, iyileştirilen RANSAC algoritması ile çıkarılan düzlemlere ait bütün noktalar bina çatı sınırlarında kalmış ve bina çatı sınırı dışında herhangi bir nokta düzlem olarak çıkarılmamıştır.



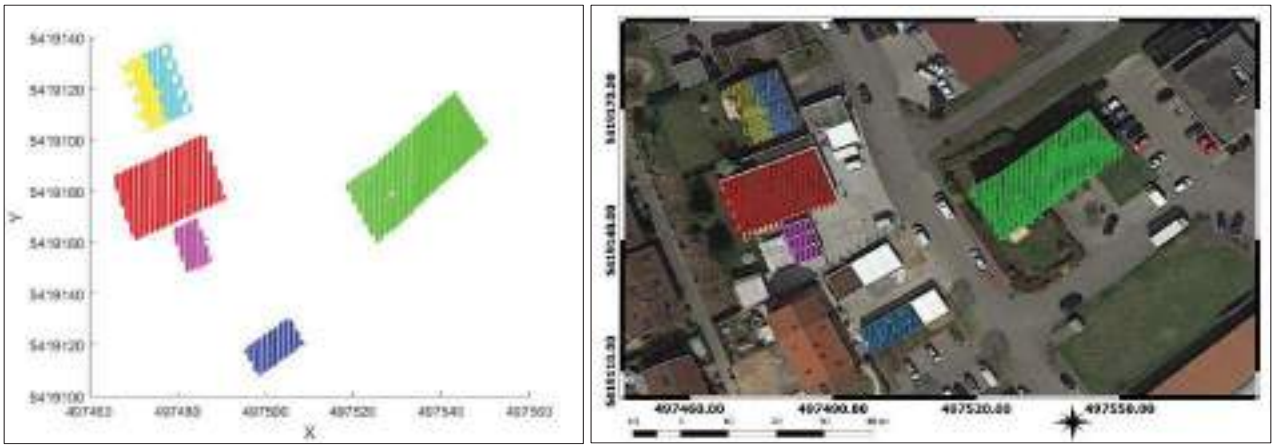
Şekil 7. Bina-3 I-RANSAC algoritması ile çıkarılan çatı düzelmeleri ve Google uydu görüntüleri üzerine yansıtılması.

Son olarak I-RANSAC algoritmasını test etmek amacıyla tekli bina içeren veri yerine bir çok bina içeren bir alan seçilmiş ve sonuçlar irdelenmiştir. Şekil 8b'de bir alana ait 5 adet farklı bina ve bu bina çatı düzlemlerinin RANSAC algoritması ile çıkarılması gösterilmiştir. Görüleceği üzere RANSAC algoritması bina çatılarına ait olmayan birçok noktayı da bina çatısı olarak çıkarmıştır.



Şekil 8. Alan-1 verisine ait alanın yer ve yer üstü olarak ayrılması (a) ve bina çatı düzlemlerinin RANSAC algoritması ile çıkarılması (b).

I-RANSAC algoritması ile Şekil 8b'de görülen hatalı düzleme ait olmayan noktalar temizlenmiş ve Google uydu fotoğrafları üzerine yansıtılarak gösterilmiştir. Şekil 9'da da görüleceği üzere I-RANSAC algoritması bina çatılarını doğru bir şekilde çıkarabilmiştir.



Şekil 9. Alan-1 I-RANSAC algoritması ile çıkarılan çatı düzelmeleri ve Google uydu görüntüleri üzerine yansıtılması.

I-RANSAC algoritması ile elde edilen sonuçlar, Google uydu haritaları üzerinden bina çatılarının düzlemlerinin sınırlarının manuel olarak sayısallaştırılması ve elde edilen bina çatı düzlem çıkarım noktaların bu sınır ile çakıştırılması ile gerçekleştirilmiştir. Manuel olarak bina çatı düzlem sınırını çıkarma ve sonuçların çakıştırılma işlemi QGIS Desktop 2.18.18 versiyonu olan program kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Doğruluk (P), Hassasiyet (R) ve F-puanı mümkün olan veriler için hesaplanmış ve Çizelge 1'de sunulmuştur. Çizelgeden de görüleceği I-RANSAC düzlemleri yüksek doğrulukla LiDAR verisinden çıkarmaktadır.

Çizelge 1. Tekli bina içeren veri için sayısal kalite kontrol sonuçları.

Veri Adı	Düzlem no	Doğruluk (P)	Hassasiyet (R)	F-Puanı
Bina-1	Düzlem 1	0.971	0.991	0.981
	Düzlem 2	0.963	0.987	0.975
	Düzlem 3	0.990	0.992	0.996
	Düzlem 4	0.991	0.982	0.986
	Genel Ortalama	**0.979**	**0.988**	**0.984**
Bina-2	Düzlem 1	0.990	0.994	0.995
	Düzlem 2	0.990	1.000	0.999
	Genel Ortalama	**0.990**	**0.997**	**0.997**
Bina-3	Düzlem 1	0.920	0.990	0.958
	Düzlem 2	0.990	0.990	0.994
	Genel Ortalama	**0.955**	**0.990**	**0.976**
Alan 1	Düzlem 1	0.999	0.998	0.999
	Düzlem 2	0.941	0.996	0.967
	Düzlem 3	0.996	0.992	0.994
	Düzlem 4	0.972	0.811	0.885
	Düzlem 5	0.998	0.965	0.981
	Genel Ortalama	0.981	0.952	0.965

4. SONUÇ

Bina çatı düzlemi yakalama veya bir başka deyişle veriden çıkarmada en çok bilinen yöntemlerden biri olan RANSAC algoritması, algoritmanın doğası gereği düzlem eşitliğine uyan verideki her noktayı düzlem noktası olarak çıkarmaktadır. Fakat RANSAC düzlemlerin sonsuz uzayda olduğunu varsayarak düzlem planimetrisinde devam eden her bir noktayı düzleme ait nokta gibi çıkarmaktadır. Bu çalışmada RANSAC algoritmasını iyileştiren bir model olan ve I-RANSAC adı verilen bir algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritma 3 adet bina içeren ve bir adet çoklu bina içeren alan veri setlerinde test edilmiş ve sonuçlar doğrultusunda RANSAC algoritmasının çevresinde farklı objelerin noktaları bulunan binaların hepsinde hatalı sonuçlar verdiği, bina çatı düzlemine ait olmayan noktaları da bina çatı düzlemine ait nokta olarak çıkardığı gözlemlenmiştir. RANSAC algoritması ile çıkarılan hatalı düzlem sonuçları, I-

RANSAC algoritması ile doğru bir şekilde çıkarılmış ve bina çatı düzlemleri sadece bina çatı düzlemini içeren noktalar kalacak şekilde bulunmuştur.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Sibel CANAZ SEVGEN 'in Karadeniz Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümündeki Doktora Tezinden üretilmiştir.

KAYNAKLAR

Awrangjeb, M., Fraser C., S., 2014, Automatic Segmentation Of Raw LIDAR Data For Extraction of Building Roofs, *Remote Sensing*, 6,5, 3716-3751.

Cao, R., Zhang, Y., Liu, X., Zhao, Z., 2017, Roof Plane Extraction from Airborne Lidar Point Clouds. *International Journal of Remote Sensing*, 38, 12, 3684–3703.

Chen, D., L. Zhang, J. Li, R. Liu. 2012, Urban Building Roof Segmentation from Airborne LiDAR Point Clouds. *International Journal of Remote Sensing* 33 (20): 6497–6515. doi:10.1080/01431161.2012.690083.

Fischler, M. A. ve Bolles, R., 1981. "Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography". *Communications of the ACM*, 24(6), pp. 381-395.

Flood, M., 2001, Laser Altimetry - From Science to Commercial Lidar Mapping. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 67, 1209-11.

Google Maps. 2018. Erişim tarihi 16 Nisan 2018

Lari, Z., Habib, A., Kwak, E., 2011, An Adaptive Approach for Segmentation Of 3D Laser Point Cloud. *ISPRS – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Calgary, Canada, 103–108.

Lefsky, M., A., Cohen, W., B., Parker, G., G., Harding, D., J., 2002, Lidar Remote Sensing For Ecosystem Studies. *BioScience*, 52, 19–30.

Tarsha-Kurdi F, Landes T., Grussenmeyer P., 2007, Hough-Transform and Extended RANSAC Algorithms for Automatic Detection of 3D Building Roof Planes from Lidar Data. *ISPRS Workshop on Laser Scanning 2007 and SilviLaser 2*007, Sep 2007, Espoo, Finland. XXXVI, pp.407-412, 2007.

Zhang, C., He, Y., Fraser, C., S., 2018, Spectral Clustering of Straight-Line Segments for Roof Plane Extraction from Airborne LiDAR Point Clouds. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 15, 2, 267-271.



18 Eylül 2018

15:30 - 17:10

SALON M1

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7026

MUĞLA İLİ KIYI SULARININ UZAKTAN ALGILAMA TEKNİĞİ İLE SU KALİTESİNİN BELİRLENMESİ VE HARİTALANMASI

Oktay TOKSÖZ[1], Murat UYSAL [2]

[1]Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 48000, Menteşe, MUĞLA oktaytoksoz@outlook.com.tr
[2]Doç. Dr. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, A.N.S. Kampüsü Gazlı göl Yolu 7.Km. 03200-AFYONKARAHİSAR muysal@aku.edu.tr

ÖZET

Kıyısal ve açık deniz ekosistemleri için su kalitesi önemli bir kriterdir. Özellikle kıyısal sularda su kalitesinin belirlenmesi ve bu alanların sürekli izlenmesi; kıyısal ekosistem, ticari ve ekonomik kullanımı yönünden büyük önem taşımaktadır. Çalışmanın amacı su kalitesi belirlenmesi çalışmalarında örnek toplama ve analiz aşamasında birçok zorluğu içeren klasik yersel yöntemler sonucunda belirlenen laboratuvar sonuçlarına karşılık, uzaktan algılama yöntemiyle elde edilen uydu verileri ile Uzaktan Algılama teknolojilerinin bu konuda uygulanabilirliğini incelemek, klasik yöntemlerde karşılaşılan sorunlara nasıl çözümler sergileyebileceğini test ederek su kalitesini belirleme problemine yeni, destekleyici bir çözüm sağlamaktır. Bu çalışmada; Ülkemiz sınırları içerisinde yer alan ve her yıl milyonlarca turistin ziyaret noktası hâline gelen, en önemli deniz ekosistemlerine ev sahipliği yapan Muğla ilinin kıyısal sularına yönelik olarak Uzaktan Algılama teknolojisinin sağladığı imkânlar doğrultusunda su kalitesini belirleyen ana parametrelerden olan Askıda Katı Madde, Çözünmüş Oksijen, Klorofil-a konsantrasyonları ve Sıcaklık değerleri belirlenerek klasik yersel yöntemler sonucunda belirlenen laboratuvar sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak yersel yöntemler ile elde edilen laboratuvar verileri ile Uzaktan Algılama teknolojisi kullanılarak elde edilen veriler arasında yüksek ilişki sağlanmıştır.

Anahtar Sözcükler : AKM, çözünmüş oksijen, klorofil-a, sıcaklık, su kalitesi

ABSTRACT

DETERMİNATİON AND MAPPİNG OF WATER QUALİTY BY USING SATELLİTE DATA IN MUGLA PROVİNCE

Keywords: dissolved oxygen, chlorophyl-a, temperature, TSM, water quality

Water quality is an important criteria for coastal and open sea ecosystems. Especially in the coastal waters, quantitative determination of the water quality and observation of these areas have a great impotance in terms of the coastal ecosystem and coastal areas used for economic and commercial activities. Water quality is an important criteria for coastal and open sea ecosystems. Especially in the coastal waters, quantitative determination of the water quality and observation of these areas have a great impotance in terms of the coastal ecosystem and coastal areas used for economic and commercial activities. The purpose of this study is; comparison of classical terrestrial methods with remote sensing method in water quality analysis, cheaper and faster solutions for water quality analysis. Thus, control schemes built on areas with high natural values will be less labor intensive and healthier. As a result, a high correlation was obtained between laboratory data obtained by terrestrial methods and data obtained by using Remote Sensing technology in Muğla province sea waters.

1. GİRİŞ

Bilindiği üzere "Su" canlıların yaşaması için hayati öneme sahiptir. En küçük canlı organizmadan, en büyük canlı varlığa kadar, bütün biyolojik hayatı ve bütün insan faaliyetlerini ayakta tutan sudur. Son yıllarda çevresel etkilerden dolayı su kirliliği insanlığı ve doğayı tehdit etmektedir. Bu tehdidin kontrol altına alınması için öncelikle kirlenme riski yüksek bölgeler tespit edilmeli ve tespit edilen alanlar belli aralıklar ile kontrol edilerek gözetim altında tutulmalıdır. Aksi takdirde insanlık doğa üzerinde geri dönüşü mümkün olmayan sonuçlara sebep olacaktır.

Bu durumdan en çok etkilenebilecek alanlardan olan Muğla İli; genel konumu ve eşsiz coğrafyası ile Ülkemizin en zengin ekosistemlerine, birçok canlı türü için göç yolları üzerinde yer alan üreme merkezlerine sahip olmasıyla birlikte en önemli Turizm Merkezlerinden biri konumundadır. Muğla İlinin Coğrafi konumu ve eşsiz doğası; bölgeye dünyanın dört bir yanından turist çekmekte, ülkemizin tanıtımına, milli gelirine büyük katkı sağlamaktadır. Ancak milyonlarca turistin bölgeye olan bu yoğun ilgisi sonucunda bölgede, önemli marina alanları, uluslararası ölçekte su sporları faaliyetleri gösteren tesisler, yüksek standartlara sahip birçok otel konumlandırılmıştır. Bu tesisler ve faaliyetler sonucu oluşan su kirliliği; canlı sayısının kritik düzeyde bulunduğu alanlarda birçok canlı türünü, insan hayatını ve ekolojik dengeyi olumsuz etkilemektedir.

Bu sebeple Su kalitesinin etkileyen başlıca faktörlerden olan su sıcaklığı, çözünmüş oksijen, Kkorofil-a, Askıda Katı Madde analizi hayati önem taşımaktadır.

Ayrıca Ülkemiz Avrupa Doğal Hayatı ve Doğal Ortamların Korunmasına ilişkin "Bern Sözleşmesi", Avrupa Ekonomik Topluluğu ve 19 ülke tarafından 1982'de imzalanmış ve bu sözleşme Türkiye'de 1984 yılında yürürlüğe girmiştir. Sözleşmeyi imzalayan taraflar, doğal flora ve aralarında deniz kaplumbağalarının da bulunduğu fauna popülasyonlarını korumak ve göçmen olarak gelen tehlike altındaki türler de dahil olmak üzere tüm hayvanların korunmasına ilişkin özel bir çaba sarf etmekle yükümlüdür.

“Barcelona Sözleşmesi ve eki Protokoller ile Bern Sözleşmesi” Türk Hükûmeti tarafından da imzalanmıştır. T.C. Anayasası'nın antlaşmalarla ilgili 90. maddesi uyarınca "usulüne göre yürürlüğe konulmuş milletler arası antlaşmalar kanun hükmündedir". Dolayısıyla taraf olduğumuz diğer antlaşma ve protokoller gibi bu sözleşmeler de ulusal mevzuatımızın bir parçasıdır.

1.1 Su Kalitesini Etkileyen Etmenler

1.1.1 Su Sıcaklığı

Suda yaşamın yönünü şeklini belirleyen başlıca etmenlerden biridir. Deniz, Göl ve Okyanus faunasındaki farlılıkların en başta gelen nedeni su sıcaklığındaki farklardır. Küresel ısınma gerçeği nedeni ile su sıcaklıklarının artması sonucunda bazı balık türleri gittikçe daha kuzey denizlerinde yaşam sınırlarını genişletmiş bazılarının ise daralmıştır. Su sıcaklığının yaşam üzerindeki etkisine küçük bir örnek vermek gerekirse eğer**;** su sıcaklığının miktarı, balıkların solunum hızı, yem değerlendirme oranı, büyüme, davranış ve üreme gibi fizyolojik işlemlerini büyük ölçüde etkiler. Su sıcaklığındaki 10 C’lik bir artış, kimyasal ve biyolojik reaksiyonlarda iki veya üç katlık artışa sebep olur. Örneğin; balıkların 30 C’de tükettikleri oksijen 20 C’de tükettikleri oksijenden iki-üç kat fazladır, bu nedenle balıkların çözünmüş oksijen gereksinimleri ılık sularda soğuk sulara göre daha fazla kritik önem taşır. Örnekte de görüldüğü üzere ufak bir değişken zincirleme bir reaksiyona yol açarak sudaki çözünmüş oksijen miktarını değiştirmekte ve buda suda yaşayan bitki türlerinden deniz ürünleriyle beslenen balıkçıl kuşları hatta insanoğluna kadar etkilemektedir.

1.1.2 Çözünmüş Oksijen

Denizlerde de çözünmüş gazların en önemlisini oksijen oluşturur. Su Sıcaklığının Uzaktan Algılama teknolojisinin verdiği imkânlar sayesinde belirlenebilmesi su kalitesini doğrudan etkileyen etkenlerden biri olan Sudaki Çözünmüş Oksijen miktarının da yorumlana bilmesine olanak sağlamaktadır. Çünkü yapılan çalışmalarla sonraki sayfalarda yer alan sonuçlarda da görüleceği üzere su sıcaklığının artısı ile beraber sudaki çözünmüş oksijen miktarının düştüğü görülmüştür.

Sudaki çözünmüş oksijen miktarının düştüğünün tespit edilmesiyle birlikte suyun kirlenme eğiliminin arttığı, oksidasyon olaylarını içeren çeşitli kimyasal ve biyolojik olayların (organik maddelerin çürümesi v.b.) başladığı yorumu yapılabilir. Denizel ortamda oksijenin korunması, geriye dönüsü zor şartların oluşumunu engellemek açısından çok önemlidir (Hacı, 2003).

1.1.3 Klorofil-a

Klorofil-a, denizde gerçeklesen kimyasal ve biyokimyasal proseslerin açıklanabilmesi amacıyla uzaktan algılama teknolojisi ile belirlenebilen ve yorumlanabilen bir parametredir. Chl-a parametresinin bölgelere göre değişen bir büyüklükte olması, ortamdaki temel yaşamsal fonksiyonların doğru işlediğine ait bir belirti olmasının yanında su kalitesi hakkında olumlu bir ifadedir. Uzaktan algılama ile yapılan Chl-a tespitlerinde, dar bant ya da bant oranlarındaki ısınım ya da yansıma miktarları ve Chl-a konsantrasyonları arasındaki deneysel bağıntılar kullanılarak yapılır (Ambarwulan, 2002).

1.1.4 Askıda Katı Madde

Askıda Katı Madde, Topraklardan kopan parçacıklar su ile uzun mesafelere taşınabildiği gibi su içerisinde uzun süre asılı kalabilir. Askıdaki bu zerrecikler suyun bulanıklığını artırdığından, güneş ısınlarının su bitkilerine ulaşmasını engeller. Bu olay, sudaki çözünmüş oksijenin azalmasına neden olur. Suya kahverengimsi bulanık bir renk verirler (Karpuzcu, 1984). Askıda katı maddeler, suyun yüzeyinden spektrumun görünür ve yakın kızılötesi kısmında yansıyan ısınım miktarını artırır (Ritchie vd., 1976).

2. UYGULAMA

2.1 Çalışma Alanı

Çalışmamızda uygulama alanı olarak Ege Bölgesinin güneyinde bulunan Muğla İli (Şekil 1a) seçilmiştir. Bunun sebebi;
-Kıyı şeridi uzunluğunun 1400' km den fazla olması, (Karadeniz bölgesinin tüm kıyı uzunluğu 1700 km),
-1982 yılında imzalamış olduğumuz Bern Sözleşmesi sonucunda korumakla yükümlü olduğumuz birçok doğal flora alanlarına ve aralarında deniz kaplumbağalarının da (Şekil 1b) bulunduğu üreme noktalarına sahip olması,
-Kıyı şeridi boyunca bir çok balık üreme çiftliğinin yer alması, bünyesinde barındırdığı yat bağlama, tekne çekek alanları ile ülkemizin deniz turizminde başı çeken merkezlerinden biri niteliği taşıması,
-Bütün bu özellikler ile birlikte kıyı alanlarının büyük bir çoğunluğunun Özel Çevre Koruma ve Doğal Sit alanı sınırları içerisinde yer almasıdır (Şekil 1c).



Şekil 1a: Çalışma alanı.



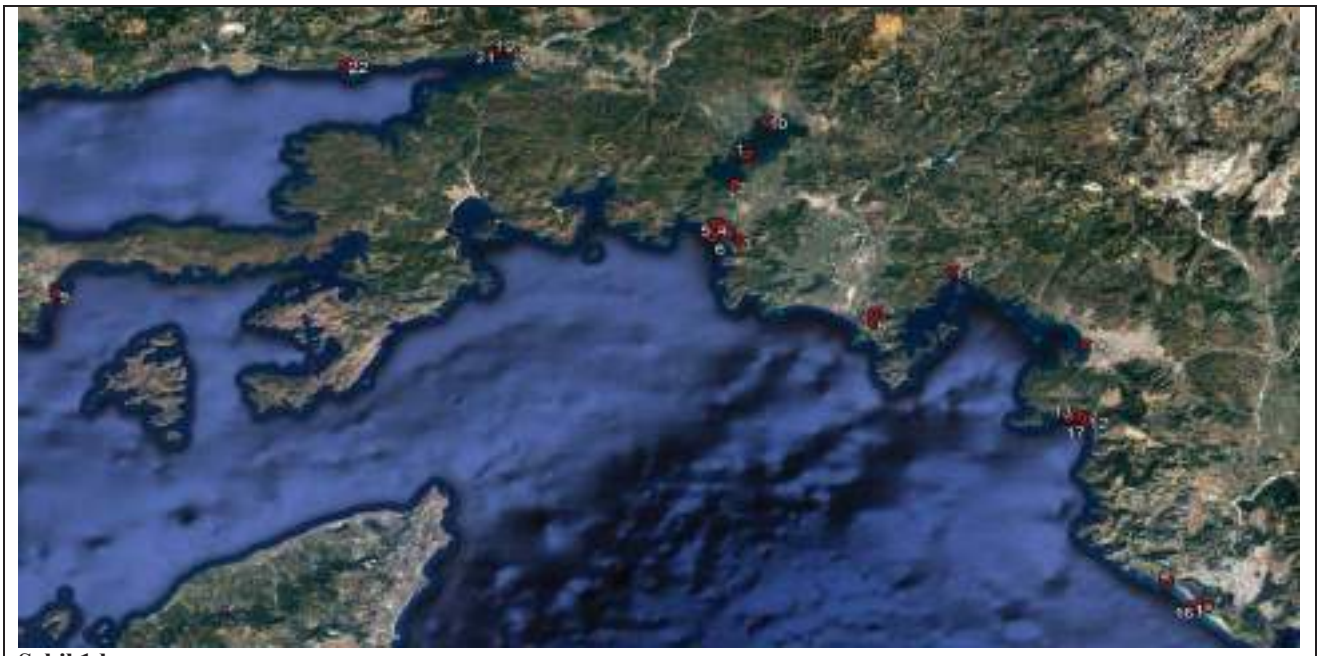
Şekil 1b

Avrupa Doğal Hayatı ve Doğal Ortamların Korunmasına ilişkin "Bern Sözleşmesi", Avrupa Ekonomik Topluluğu ve 19 ülke tarafından 1982'de imzalanmış ve bu sözleşme Türkiye'de 1984 yılında yürürlüğe girmiştir. Sözleşmeyi imzalayan taraflar, doğal flora ve aralarında deniz kaplumbağalarının da bulunduğu fauna popülasyonlarını korumak ve göçmen olarak gelen tehlike altındaki türler de dahil olmak üzere tüm hayvanların korunmasına ilişkin özel bir çaba sarf etmekle yükümlüdür.



Şekil 1c: Muğla İli sınırları içerisinde bulunan koruma alanları.

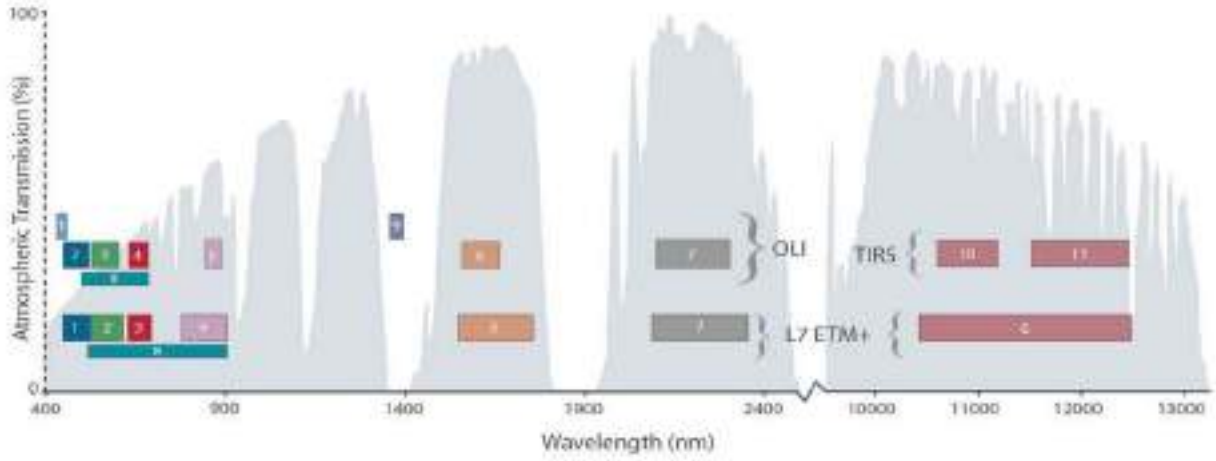
Belli tarih aralıklarıyla daha önceden belirlenen konumlarda (23 adet) (Şekil 1d.) farklı mevsimlerde klasik yersel yöntemler ile toplanan su numunelerinin laboratuvar ortamında analizi yapılmış olup su kalitesinin belirleyen parametrelerin analizi gerçekleştirilmiştir. (Su sıcaklığı, Askıda Katı Madde, Klorofil-a, Çözünmüş Oksijen)



Şekil 1d.

2.2 Uydu Sistemi Hakkında Bilgi ve Uydu Görüntülerinin İşlenmesi ile Değişkenler Arasında İlişki Analizi

Çalışmamızda kullandığımız uydu görüntüleri Landsat 8 uydu teknolojisinin sağladığı imkanlar dahilinde edinilmiştir. Landsat 8 (Önceden Landsat Veri Devam Görevi veya LDCM) NASA' nın bu serideki sekizinci uydusu olup, yiyecek, su ve ormanlar gibi insan geçim kaynakları için gerekli kaynakların düzenlenmesi, izlenmesi ve anlaşılmasında Landsat programının en önemli rolünün devam etmesi sağlanmıştır.



Şekil 2: Landsat 8 uydusununu spektral özellikleri.

Çalışmanın bu bölümünde veri kaynağı olarak tercih edilen Landsat 8 uydusuna ait uydu görüntüleri görüntü işleme algoritmaları kullanılarak işlenmiş ve istatistik analizler gerçekleştirilmiştir. Öncelikle çalışmada kullanılacak tüm görüntülerdeki kalibre edilmiş DN değerleri alıcı tarafından kaydedilen spektral radyans değerlerine (1) dönüştürülmüştür. Bu işlemin yapılmasındaki temel amaç görüntü verisinin farklı platformlarda ve çalışmalarda kullanılan literatürle uyumlu olması ve genel manada bir fiziksel ölçüm birimi olan radyans değerlerinin kullanılmak istenilmesidir. (Şener, 2016).

$L_\lambda = M_L Q_{cal} + A_L$ (1)

Lλ=Algılayıcıya ulaşan spektral parlaklık değeri
ML=Uydu veri dosyasında yer alan Radiance Mult değeri
Qcal=Kuantize ve kalibre standart ürün piksel değerlerini göstermektedir.
AL= bant için kalibrasyon ötelemesi

Landsat 8 uydusuna ait termal bandın yansıma değerleri radyansa, radyans değerleri ise parlaklık sıcaklıklarına (brightness temperature) dönüştürülmüştür (2). Böylelikle Uydu görüntülerinden elde etmiş olduğumuz değerler, yersel yöntemler aracılığıyla ölçülen sıcaklık değerleriyle karşılaştırılabilir hâle gelmiştir.

2.2.1 Su Sıcaklığı Analizi ve Çözünmüş Oksijen ile Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

Landsat 8 uydu görüntüleri kullanılarak Datça Yarımadası Kıyıları, Köyceğiz Gölü, Dalyan kanalları, Ala Göl, Sülüngür Gölü yüzey suyu sıcaklıkları belirlenmiş ve uydu görüntüleri ile aynı tarihte yersel yöntemler aracılığıyla elde edilen veriler karşılaştırılmıştır.

Söz konusu uydu görüntüleri https://earthexplorer.usgs.gov arşivlerinden taranarak temin edilmiştir.

T= ((K2**) / (ln(**K1 / Lλ**) + 1)) –** 273,15 (2)

T = Parlaklık Sıcaklığı (Kelvin)
K1 = Landsat 8 uydusunun birinci termal dönüşüm sabiti
K2 = Landsat 8 uydusunun ikinci termal dönüşüm sabiti
Lλ =Algılayıcıya ulaşan spektral parlaklık değeri

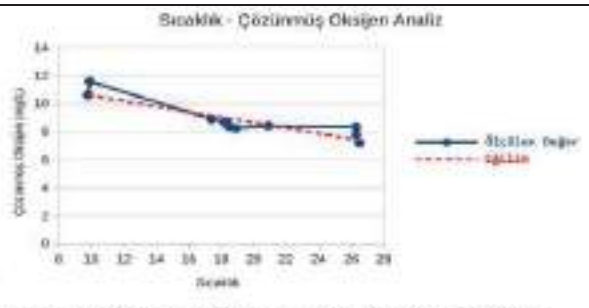


Şekil 2a: 19/05/2016 yılına ait uydu görüntüsü.

Bir sonraki sayfada yer alan analiz eğrilerinde görüldüğü üzere daha önceden de bahsettiğimiz gibi Sıcaklık ile Çözünmüş Oksijen arasında doğrudan bir ilişki vardır. Sıcaklık değerleri Landsat uydusunun 2 adet termal bandı sayesinde kolaylıkla ölçülebilmekte (Şekil 3) olup bu olanak sayesinde su içerisinde yer alan Çözünmüş Oksijen yoğunluğunun az olduğu bölgeler Şekil 4 de görüldüğü üzere yüksek doğrulukta tespit edilebilmektedir.



Şekil 3. Sıcaklık ile Uydu Görüntülerinin işlenmesi sonucu ortaya çıkan Yansıma Değerleri arasındaki ilişki r = 0.99 Yüksek pozitif ilişki

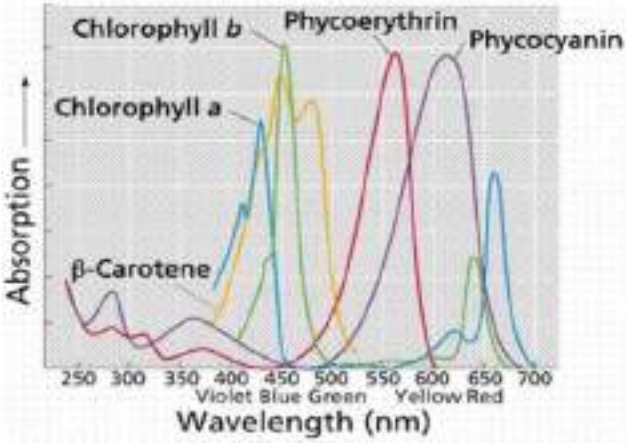


Şekil 4. Sıcaklık ile Sudaki Çözünmüş Oksijen arasındaki ilişki r = -0.90 Yüksek negatif ilişki

2.2.2 Klorofil-a Analizi

Chl-a konsantrasyon değişikliğinin suyun spektral yansıma eğrisi üzerinde yaptığı değişiklikler görülmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda Chl-a konstrasyonundaki artışlar, suyun mavi dalga boyu aralığındaki yansımayı azalttığı, yeşil ve kırmızı dalga boyu aralığındaki yansımayı arttırdığı görülmüştür (Bukata vd, 1995). (Şekil 5)

Sağlıklı bitki örtüsünü ölçülebilir hâle getirebilmek amacıyla bitki örtüsü ölçekleri oluşturulmuştur, bunlardan en basit ve en yaygın olanı NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) indeksidir.



Şekil 5:Klorofil-a yansıma eğrisi.

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) = (NIR – Kızıl) / (NIR + Kızıl)

Bitkiler, yapraklarında bulunan klorofil maddesini ve gün ışığını inorganik maddeden organik madde üretmek için kullanırlar. Fotosentez diye anılan bu işlem esnasında Güneş'ten gelen elektromanyetik enerjinin 0,63 µm – 0,69 µm dalga boyunda olan ve kırmızı ışığa karşılık gelen kısmı kullanılır. Bu yüzden, kırmızı ışığın yansımasını ölçen bir uydu görüntüsü, canlı bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlarda düşük sayısal değerlere sahip olacaktır. Öte yandan bitkiler 0,7 µm ve daha yüksek dalga boyuna sahip elektromanyetik enerjiyi bünyelerine almaz, geri yansıtırlar. Dolayısıyla canlı bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlar, yakın kızılötesi elektromanyetik enerjinin yansımasını ölçen bir uydu görüntüsünde yüksek sayısal değerlere sahip olacaktır. (E.Kandemir 2010)

NDVI indeksi kırmızı ve yakın kızılötesi bant görüntüleri kullanılarak üretilir. Her piksel için o piksele ait yakın kızılötesi bant sayısal değerinden aynı piksele ait kırmızı bant sayısal değeri çıkartılır. Farkları alınan bu iki sayının toplanması ve farkın toplama bölünmesi ile [-1,+1] aralığında bir değer elde edilir Yeşil bitki örtüsünün fazla olduğu yerlerde NDVI değeri +1'e doğru yaklaşırken zayıf bitki örtüsünün olduğu durumlarda bu değer sıfıra yaklaşmaktadır Klorofil-a değişkeninin analizi için Yansıma (Reflectance) değerlerinin hesaplanmasından (3a), (3b) sonra kırmızı ve yakın kızılötesi bant görüntüleri kullanılarak NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) (4) oluşturulmuştur.

NDVI indexinin uygulanabilmesi için uydu görüntüsü üzerinde yapılacak düzeltmeler.

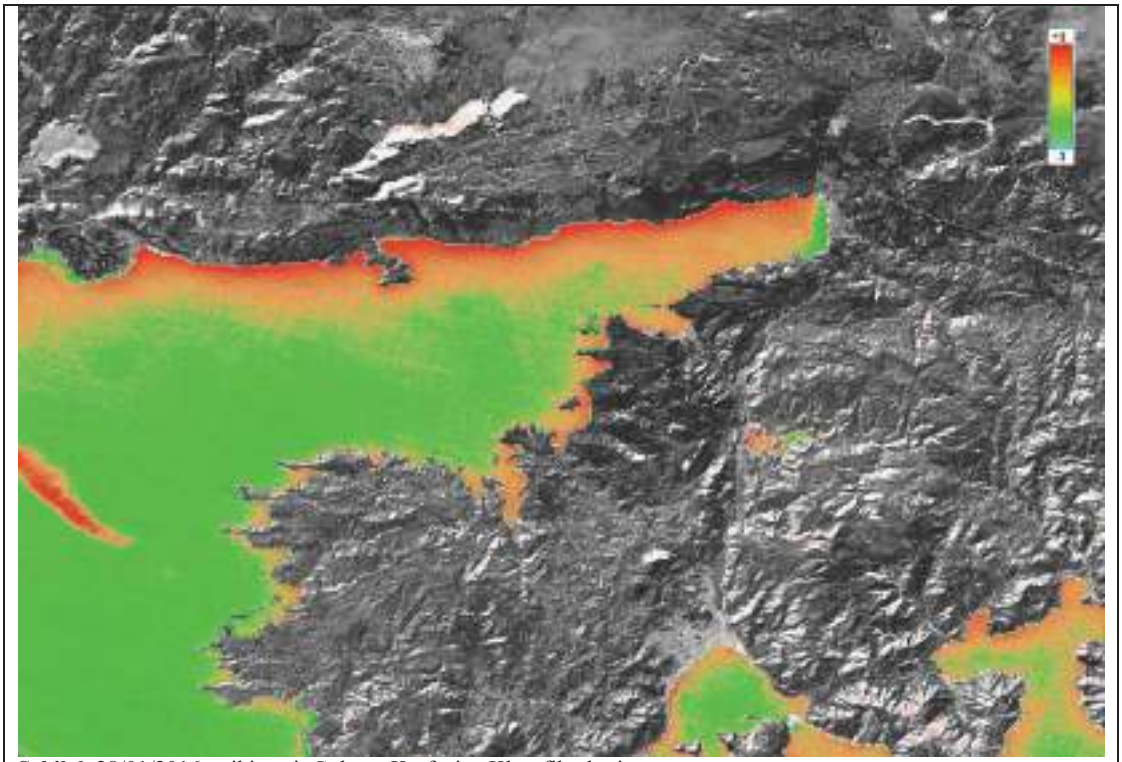
Uydu görüntüleri üzerinden Yansıma (Reflectance) değerleri hesaplanır.

$$\rho\lambda' = M\ \rho Qcal + A\ \rho \quad (3a)$$

Yansıma Değerleri Güneş açısı düzeltim işlemi.

$$\rho\lambda = \rho\lambda'/\cos\theta SZ = \rho\lambda'/\sin\theta SE \quad (3b)$$

NDVI = (NIR – Kızıl) / (NIR + Kızıl) (4)
Σx=115.4, Σy=-2.04, $(\Sigma x)^2$=13317.16, $(\Sigma y)^2$=4.1616, $\Sigma(xy)$=-29.452, Σx^2=2190.34, Σy^2=0.6828 r = 0.828896097360976
Yüksek pozitif ilişki.

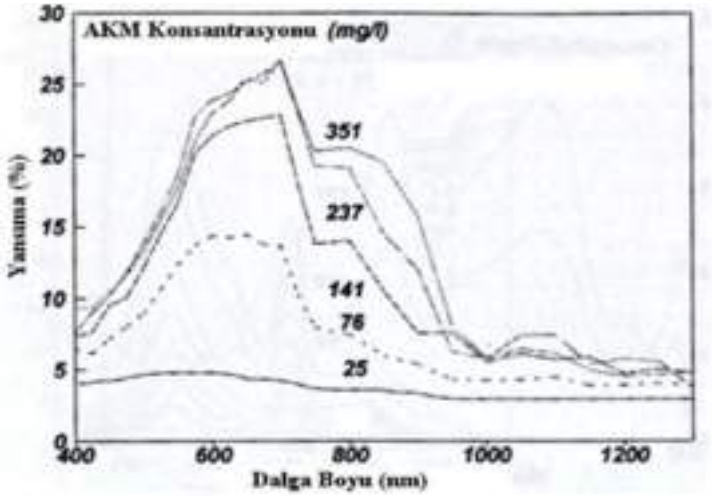


Şekil 6. 28/01/2016 tarihine ait Gökova Körfezine Klorofil-a haritası.

2.2.3 Askıda Katı Madde

Ritchie ve arkadaşlarının yaptığı yersel çalışmalar sonucunda, su yüzeyindeki AKM miktarını belirlemek için 700 ila 800 nm aralığındaki dalga boylarının en uygun olduğu görülmüştür (Ritchie ve dig., 1976), (Şekil 7). Fakat Curron ve Novo' nun yaptığı çalışmalar sonucunda en uygun dalga boyunun, AKM konsantrasyonuna göre değiştiği belirlenmiştir. (Curron ve Novo, 1988).

En yüksek korelasyon düzeyine ulaşabilmek amacıyla uzaktan algılama çalışmalarında kullanılan bant kombinasyonu işlemlerinden faydalanılmıştır.

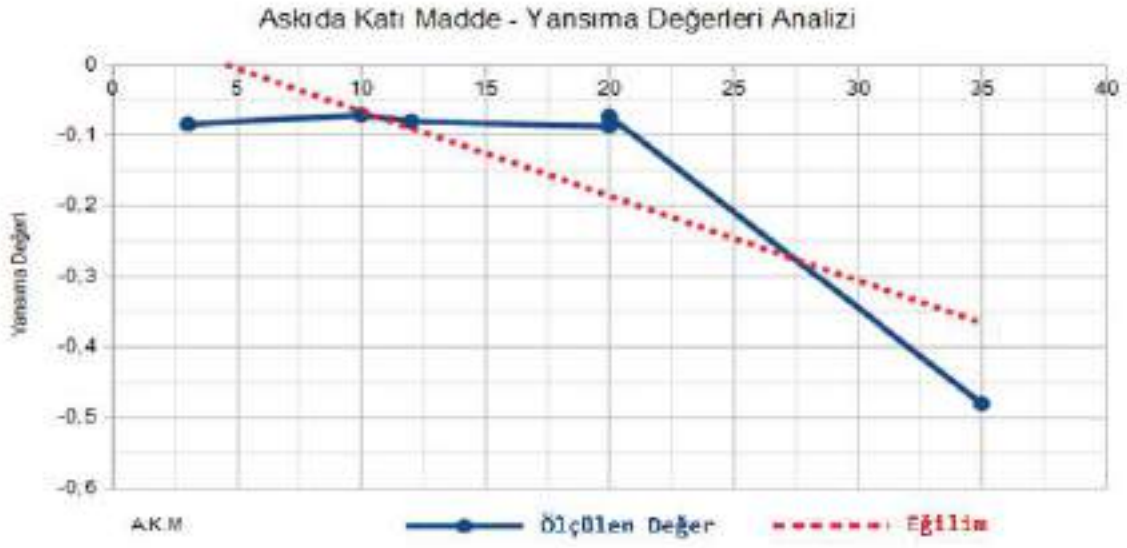


Şekil 7. Askıda Katı Madde miktarı ile Dalga Boyu arasındaki ilişki.

Farklı kombinasyonlar arasında doğrusal regresyon analizleri yapılmış ve en yüksek korelasyonlu eşitlik;
Band 5 -Yakın Infrared (0.845 – 0.885 µm) ile Band 2 – Mavi (0.450 – 0.515 µm) kombinasyonu ile elde edilmiştir.

$\Sigma x=100$, $\Sigma y=-0.875$, $(\Sigma x)^2=10000$, $(\Sigma y)^2=0.765625$, $\Sigma(xy)=-21.922$, $\Sigma x^2=2278$, $\Sigma y^2=0.261795$r =0.810245632248448
Yüksek negatif ilişki (Şekil 8)

Askıda Katı Madde Analizi için elde edilen uydu görüntülerinin, numune toplanan tarihler ile uyuşma sorunu ve hava durumundan kaynaklanan görüntü kirliliği sebebiyle işlem yapılabilecek görüntü sayısı altı adette kalmıştır. Gelecek ölçümler için faydalı sonuçlar elde edilmiştir ancak Daha doğru sonuçlar için, ölçümler istasyon sayısı arttırılarak tekrarlanmalıdır.



Şekil 8. Askıda Katı Madde miktarı ile Yansıma Değerleri arasındaki ilişki.

3. SONUÇ

Çalışmada su kalitesini etkileyen başlıca faktörlerden olan Su Sıcaklığı, Çözünmüş Oksijen, Klorofil-a ve Askıda Katı Madde parametrelerinin analizine ilişkin geleneksel yöntemler yoluyla elde edilen veriler ile Uzaktan Algılama Teknolojisinin verdiği olanaklar dahilinde uydu görüntülerinin işlenmesi sonucunda elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde Su kalitesini doğrudan etkileyen parametrelerden biri olan Çözünmüş oksijen ile Su Sıcaklığı arasında yüksek ilişkinin bulunduğu, Klorofil-a dağılım haritalarının NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) indeksi ile rahatlıkla oluşturulabileceği, birçok bant kombinasyonunun geliştirilerek işlenmesi sonucunda Güneş ışınlarının su bitkilerine ulaşmasını engelleyen Askıda Katı Madde yoğunluğunun bulunduğu alanların tespitinin kolayca yapılabileceği görülmüştür.

Klasik Yersel Yöntemler ile Su Kalitesinin belirlenmesi çalışmalarında yaşanılan en büyük zorluk çalışma yapılacak hedef sahanın ve örnek alınacak istasyon noktalarının belirlenmesidir. Bunun sebebi su kalitesini belirleyen etmenlerin birbirinden çok farklı bölgelerde yoğunlaşabilmesidir. Birçok nokta arıtma tesislerinin derin deniz boşaltım noktalarından ve akarsuların denizlere, göllere döküldüğü alanlardan seçilmektedir. Çalışmada elde edilen veriler ışığında; Uzaktan Algılama Teknolojisinin sağladığı imkânlarının, su kalitesinin belirlenmesinde yoğun olarak kullanılan klasik yersel yöntemlerin karşılaştığı bir çok soruna çözüm olabileceği, dolayısıyla her iki yöntemin uyum içinde çalışmasının sağlanmasıyla birlikte su kalitesi analizi belirleme projeleri için daha ekonomik, hızlı ve iş gücü tasarrufu sağlanan bir sistemin oluşturulabileceği görülmüştür. Bu gelişmeler Uzaktan Algılama Teknolojisinin su kalitesinin belirlenmesi çalışmalarında gelecekte kuvvetli bir alternatif seviyesine geleceğini kanıtlamaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma AKÜ BAP tarafından 16.FEN.BİL.19 nolu proje ile desteklenmektedir.

KAYNAKLAR

Ritchie, J.C. and Cooper, C.M., 1991. An Algorithm for Estimation Surface Suspended Sediment Concentration with Landsat MSS Digital Data, Water Resources Bulletin, 27, 373–379.

Güneroğlu, A., 2007. Karadeniz Oşinografisinin Yerinde Ölçüm ve Uzaktan Algılama Teknikleri ile Araştırılması, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 103p.

Karpuzcu, M., 1975. Haliç'teki Kirlenme Probleminin Etüdü İçin Uygun Bir Matematik Modelin Araştırılması, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Wang, J., XiXi L. and Zhou Y., 2007. Retrieval of Suspended Sediment Concentrations in the Turbid Water of theUpper Yangtze River Using Landsat ETM+ , Chinese Science Bulletin, 52, 273 – 280.

Sarıkaya, Ö.V., 2006. Ikonos Uydu Görüntüsüyle Haliçte Su Kalitesi Anaizi Yüksek Linsans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Şener, E.,2016 BURDUR GÖLÜ YÜZEY SUYU SICAKLIĞI MEVSİMSEL DEĞİŞİMİNİN LANDSAT 8 UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ, Araştırma Makalesi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, Isparta

Shen, L., Li, C., 2010. Water Body Extraction from Landsat ETM+ Imagery Using Adaboost Algorithm. In Proceedings of 18th International Conference on Geoinformatics, 18–20 June 2010, Beijing, China,

Dihkan, M., Karslı, F., 2011. Karadeniz Kıyı Sularında Askıda Katı Madde Dağlımının Haritalanması, 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 8p.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6157

İSTANBUL PARLAKLIK SICAKLIĞININ MEKAN-ZAMANSAL DEĞİŞİMLERE BAĞLI OLARAK İZLENMESİ

Baturalp ARISOY[1], Filiz BEKTAŞ BALÇIK[2]

[1]Lisans, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34467, İstanbul, arisoyb@itu.edu.tr
[2]Doç. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34467, İstanbul, bektasfi@itu.edu.tr

ÖZET

Yoğun yerleşim bölgeleri ve endüstriyel bölgeler, çok katlı yapılaşma, günlük insan aktiviteleri, asfalt ve beton yüzeyleri, yeşil alanların tahrip edilmesi, Kent Isı Adası olgusu ile ilişkilendirilmektedir. Termal uzaktan algılama özellikle kentsel iklim çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Termal bant kullanılarak hesaplanan parlaklık sıcaklığı (BT), arazi örtüsü ve arazi kullanım özelliklerini ve kentsel ısı adalarını belirlemek için kullanılan önemli bir parametredir. Bu çalışmanın amacı, 2009 tarihli Landsat 5 TM ve 2017 tarihli Landsat 8 OLI & TIRS uzaktan algılama görüntüleri ile İstanbul için parlaklık sıcaklık değerlerinin mekansal ve zamana bağlı olarak değişimlerini tespit etmektir. Seçilen çalışma alanı, nüfusun her yıl hızla arttığı bir metropol kent olan İstanbul'dur. Nüfusun hızlı artışı sonucunda, seçilen çalışma alanı İstanbul sürekli ve farklı yönlere sahip arazi örtüsü ve arazi kullanımı değişimlerine maruz kalmaktadır. Çalışma kapsamında, parlaklık sıcaklıkları, yer yüzeyinden yayılan enerjiyi tespit eden ve kaydeden 30 metre mekansal çözünürlüğe sahip olan Landsat 5 TM görüntüleri için 6. Bant, Landsat 8 OLI & TIRS görüntüleri için ise 10. Bant kullanılmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında, ön işleme adımları uygulanan termal görüntülere ait DN değerleri öncelikle ışıma değerlerine daha sonra ışıma değerleri yansıtım değerlerine ve meta dosya verileri kullanılarak uydu parlaklık sıcaklık değerlerine dönüştürülmüştür. Çalışmanın ikinci aşamasında, şehrin özellikle yeşil alanlarını ve yapay yüzeylerini tespit edebilmek için Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) ve İndeks Bazlı Yerleşim İndeksi (IBI) hesaplanmıştır. Her iki yıl için de parlaklık sıcaklığı ve uzaktan algılama indeksi görüntüleri işlendikten sonra, BT&NDVI ve BT&IBI arasında regresyon analizi yapılmıştır. Özellikle son olarak 2009 ve 2017 yılları arasındaki parlaklık sıcaklığı değerleri arasında değişim analiz edilmiştir. Elde edilen sonuç, artan yapay yüzey alanlarının İstanbul'da parlaklık sıcaklık değerlerinin artışını hızlandıracağını ortaya koymuştur.

Anahtar Sözcükler: parlaklık sıcaklığı, şehirleşme, Landsat, İstanbul, arazi örtüsü ve kullanımı

ABSTRACT

MONITORING SPATIO-TEMPORAL CHANGES OF BRIGHTNESS TEMPERATURE IN ISTANBUL

Dense construction zones, industrial centers, high-rise buildings, anthropogenic activities, asphalt and concrete surfaces have been associated with Urban Heat Island phenomena. This phoneme is related with air quality, heat stress, environmental problems, heat related mortality and morbidity.

Thermal Infrared is the passive remote sensing technique that have been widely used in urban climate studies by recording the thermal radiation of the objects or futures on Earth. Brightness temperature calculated from radiance, is a key parameter and used to determine land cover and land use (LCLU) properties and urban heat island (UHI). The aim of this study is to determine the spatial and temporal differences of brightness temperature profiles of Istanbul using freely available 2009 dated Landsat 5 Thematic Mapper (TM) and 2017 dated Landsat 8 Operational Land Imagery (OLI) & Thermal Infrared Sensor (TIRS) data. Selected study area, Istanbul is huge metropolitan city where the population increases rapidly every year. In consequence of this increase, land cover and land use is changing constantly. One of the biggest changing is about mass urbanization. Brightness temperatures (BT) were acquired using thermal bands of the images that detect and record the emitted energy from earth surface at 10.40-12.50 μm wavelengths. Band 6 used for Landsat 5 TM images and Band 10 used for Landsat 8 OLI&TIRS with 30 m resampled spatial resolution.

Radiometric corrections were applied for two images and geometric correction was controlled since downloaded images were already ortho-rectified. Calibrations were applied based on United States Geological Survey (USGS) website. Digital numbers were converted radiance values and then radiance values were transformed at satellite brightness temperature values using Top of Atmosphere (TAO) spectral radiance, band specific thermal conversion constants from metadata. In the second step, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was calculated to display healthy vegetation areas. Band 4 and band 5 were used for Landsat 8 OLI&TIR images, band 3 and band 4 were used for Landsat 5 TM images. Thereafter, Index Based Built-up Index (IBI) were calculated to determine artificial surfaces of the city. Band 6, band 5, band 4 and band 3 were used for Landsat 8 OLI&TIRS, band 5, band 4, band 3 and band 2 were used for Landsat 5 TM as Shortwave Infrared 1 (SWIR 1), Near Infrared (NIR), Red and Green respectively.

After brightness temperature and remote sensing indices images were produced, two test areas from the city were selected to perform regression analysis. Test area 1 is the third airport construction site of northern Istanbul covered by forest, artificial

and water surfaces areas, test area 2 is access roads of the third bridge of Istanbul which connects airport, bridge and the center of the city together. Correlation coefficients and regression analysis were done between BT&NDVI and BT&IBI by specify spatial profile and finally BT change detection was analyzed between BT images of 2009 and 2017.
As a result, analysis show that increase in the artificial surfaces accelerate the increase in brightness temperature and brightness temperature of the test areas were increased by at least 5 C˚ and more between 2009 and 2017.

Keywords: brightness temperature, urbanization, Landsat, Istanbul, land cover and use

1. GİRİŞ

Kentsel gelişim sürecinde doğal alanların, tarım alanlarının ve boş alanların beton ve asfalt gibi yapay yüzeylere dönüşümü şehirlerin yeryüzü sıcaklığına, doğal alanlara, hava kalitesine ve insan sağlığına ciddi olumsuz etkilerde bulunmaktır. Ücretsiz olarak elde edilen orta ve düşük mekansal çözünürlüğe sahip termal uzaktan algılama görüntüleri özellikle yoğun şehirleşmiş alanlarda şehir ısı adalarının belirlenmesi, arazi örtüsü ve kullanımı değişimlerinin bölgesel iklim üzerine etkilerinin belirlenmesi, küresel ısınma etkilerinin analizinde, ekolojik çalışmalarda, etkin enerji kullanımı çalışmalarında ve daha birçok alanda kullanılmaktadır (Şekertekin ve diğ, 2015).

Parlaklık sıcaklığı uydu görüntülerinin dijital numaralarından elde edilen bir sıcaklık bilgisidir. Şehirlerin, piksellerin çözünürlüklerine bağlı olarak her bir noktasının sıcaklık değerini vermesi, termal çalışmalar açısından büyük bir avantajdır.

Bu çalışmada İstanbul'un parlaklık sıcaklığı değerleri, bitki ve yerleşim indeksleri hesaplanarak ve bu üç temel veri arasında regresyon analizi yaparak, arazi örtüsünün değişiminin şehir sıcaklığına olan etkisini kanıtlamak amaçlanmıştır.

2. ÇALIŞMA BÖLGESİ

Türkiye'nin kuzeybatısında, Marmara Bölgesi'nde yer alan dünyanın en önemli metropollerinden biri olan İstanbul çalışma bölgesi olarak seçilmiştir. İstanbul tarihsel gelişimi, iki kıtayı birleştirmesi, ekonomik olanakları, sosyo-kültürel ve doğal özelliklerinden dolayı her zaman çekim merkezi olmuştur (Ergene, 2016). Avrupa ve Asya kıtalarını birbirine bağlayan özelliği ile konum olarak 40˚ 58' K enlemi VE 28˚ 50' D boylamı arasında bulunmaktadır. İstanbul'un nüfus yoğunluğu 1970 yıllarında 3 milyon, 1990 yıllarında 7.4 milyon ve günümüzde yaklaşık 14 milyondur. İstanbul barındırdığı hassas ekosistemler ile çok çeşitli flora ve faunaya ev sahipliği yapmaktadır. Terkos Kasatura kıyı kumulları, Kilyos kumulları, Ömerli Havzası flora ve faunası, Terkos Havzası sulak alanları ve İstanbul ormanları İstanbul sınırları içinde yer alan farklı koruma statülerine sahip hassas alanlardan sadece birkaçıdır. Özellikle son 65 yılda nüfusun hızla artması ve buna bağlı olarak sanayi alanlarının çoğalması ve çarpık kentleşmenin bir sonucu olarak arazi örtüsünün dramatik bir şekilde değişikliğe uğraması, hava kirliliğine ve mevsim normallerine göre yüzey sıcaklığında artışlara neden olmuştur. Bu değişikliklerin sebep olduğu negatif yönlü etkileri analiz edebilmek için, arazi örtüsü ve kullanımının yüzey sıcaklığı ile olan istatiksel ilişkisini belirlemek önemlidir. Böylece belirlenen bu ilişki İstanbul'un ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirliğine ve şehrin doğru planlanabilmesine önemli bir şekilde yardımcı olur (Ergene, 2016).

Nüfus artışının getirdiği birçok ihtiyaçtan dolayı şehrin arazi örtüsü yapay yüzeylere dönüşmektedir ve bu dönüşümün de şehir ısı adalarının oluşumuna etkisi olmaktadır. Bu değişimleri test etmek amacıyla şehrin dönüşümünü önemli bir biçimde temsil eden Avrupa Kıtası'nın yeşil alan açısından zengin olarak kabul edilen Karadeniz Bölgesi'ne bakan üçüncü havalimanı şantiyesi ve bağlantı yolları ile inşaatı tamamlanmış olan üçüncü köprü test alanları olarak seçilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. a) Test Alanı 1 b) Test Alanı 2.

Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri, NASA'nın 1972'den bu yana aktif olarak kullanılmakta olduğu Landsat görüntü uydu programından sağlanmıştır. Bu veriler açık kaynak olarak kullanılabilen Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırma Kurumundan (USGS) elde edilmiştir. Şehrin sıcaklığının değişimini tespit edebilmek amacıyla 05 Eylül 2009 ve 11 Eylül 2017 tarihlerinden iki farklı uydu görüntüsü kullanılmıştır. 11 Şubat 2013 yılında fırlatılan Landsat 8 uydu algılayıcısı Operasyonel Yer Görüntüleyicisi (OLI) ve thermal bantları içeren (TIRs) algılayıcılarına sahiptir. OLI bandları daha önceki geleneksel bandların yanında kıyı/aerosol çalışmaları için derin mavi bant (Bant 1), sirrus bulutlarının tespiti için kısa dalga kızılötesi bant (Bant 9) ve bir de kalite değerlendirme bandı (Quality Assessment/ QA) olarak adlandırılan 3 yeni bant içermektedir (Ergene, 2016). OLI bantları mekansal çözünürlüğü 30 m ancak spektral olarak daha dar ve farklı spektral aralıkları kapsar (Tablo 1).

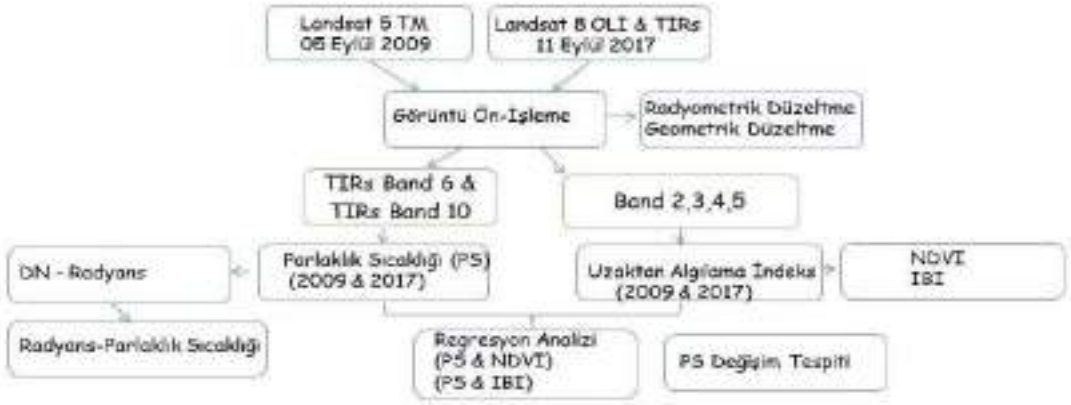
Isıl Kızılötesi Algılayıcılar (TIRs) ise bant 10 ve bant 11 olmak üzere iki adet ısıl banda sahiptir. Landsat 8 OLI & TIRS , Landsat 7 ETM+ ve Landsat 5 TM'e kıyasla daha dar spektral bandlara, gelişmiş kalibrasyonu ve sinyal gürültü karakteristiği ile 8 bit radyometrik çözünürlükten daha yüksek çözünürlüğe sahiptir (Dube ve Mutanga, 2015). Ürünler 16 bit radyometrik çözünürlük ile teslim edilir.

Çizelge 1. Landsat 4-5 ve Landsat 8 Bant Atamaları.

	Bands	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
Landsat 4-5 Thematic Mapper (TM)	Band 1 – Blue	0.45-0.52	30
	Band 2 – Green	0.52-0.60	30
	Band 3 – Red	0.63-0.69	30
	Band 4 – Near Infrared (NIR)	0.76-0.90	30
	Band 5 – Shortwave Infrared (SWIR 1)	1.55-1.75	30
	Band 6 – Thermal	10.40-12.50	120* (30)
	Band 7 – Shortwave Infrared (SWIR 2)	2.08-2.35	30
Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)	Band 1 – Ultra Blue (coastal/aerosol)	0.435 - 0.451	30
	Band 2 – Blue	0.452 - 0.512	30
	Band 3 – Green	0.533 - 0.590	30
	Band 4 – Red	0.636 - 0.673	30
	Band 5 – Near Infrared (NIR)	0.851 - 0.879	30
	Band 6 – Shortwave Infrared (SWIR) 1	1.566 - 1.651	30
	Band 7 – Shortwave Infrared (SWIR) 2	2.107 - 2.294	30
	Band 8 – Panchromatic	0.503 - 0.676	15
	Band 9 – Cirrus	1.363 - 1.384	30
	Band 10 – Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100 * (30)
	Band 11 – Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100 * (30)

3. YÖNTEM

Çalışmada kullanılan yöntemler ile daha sonra analiz edilmek üzere 3 temel veri elde edilmiştir. Gerçekleştirilen tüm yöntemler akış şemasında belirtilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışmanın Akış Şeması.

3.1 Parlaklık Sıcaklığı Tahmini

Raster veri olarak kullanılan Landsat görüntülerinden parlaklık sıcaklığı (BT) verileri 2 aşamada elde edilmiştir. 2017 yılı için kullanılan Landsat 8 uydu görüntüsünün termal bandı olan 10. bant, 2009 yılının uydu görüntüsü için Landsat 5 programının termal bandı 6. bant kullanılmıştır.

İlk aşamada uydu görüntülerinin en küçük yapı birimi olarak kabul edilen piksellerin dijital numara değerleri Landsat 8 ve Landsat 4-5 Veri Kullanıcı El Kitabı'nda belirtilen formüller aracılığıyla radyans değerlerine dönüştürülmüştür. Formüllerde belirtilen sabitler ise indirilen görüntülerin metadatasındaki veriler ile elde edilmiştir. İkinci aşamada ise hesaplanmış radyans değerleri gene belirtilen formüller ve sabitler aracılığıyla Kelvin parlaklık sıcaklık değerlerine dönüştürülmüştür.

Parlaklık sıcaklığının hesaplanması için yapılması gereken işlem adımları:

1) Parlaklık değerlerinin spektral radyans değerlerine dönüştürülmesi

2) Spektral radyans değerlerinin parlaklık sıcaklığı değerlerine dönüştürülmesi

Landsat 8 TIRs algılayıcısı iki adet ısıl banta sahiptir. Bu çalışmada TIRs10 parlaklık sıcaklığı değerlerini elde etmek için kullanılmıştır. TIRs10 piksel değerleri Eşitlik 1.1 ile önce parlaklık değerleri spektral radyans değerlerine daha sonra Eşitlik 1.2 yardımıyla parlaklık sıcaklığına dönüştürülür. Eşitlikler Landsat 8 Kullanıcı El Kitabı'ndan alınmıştır.

$$L\lambda = MLQcal + AL \quad (1.1)$$

Lλ = Spektral Işınım (watts/mm2*srad*μm), ML = Hesaplanan bant için ışınım çarpımsal ölçeklendirme faktörü, AL = Hesaplanan bant için ışınım ilave ölçeklendirme faktörü, Qcal = Nicelendirilmiş ve kalibre edilmiş standart ürün piksel değeri (DN)

$$T = K2/\ln((K1/L\lambda)+1) \quad (1.2)$$

T = Parlaklık sıcaklığı (K) (B10 ve B11 için), Lλ=TOA spektral ışınım (watts/mm2*srad*μm),

K1= K1_katsayısı (TIRs10veTIRs11) K2 = K2_katsayısı (TIRs10veTIRsB11)

Parlaklık Sıcaklığı formülünde kullanılan K1 ve K2 katsayıları ve ML, AL ölçeklendirme faktörü görüntüye ait metaveri dosyasından alınmıştır.

3.2 UZAKTAN ALGILAMA İNDEKSLERİNİN HESAPLANMASI

Uzaktan algılama görüntülerinde benzer yansıtımlardan dolayı meydana gelen "karışık piksel" problemini çözmek için kullanılan yöntemlerden biri de uzaktan algılama indeksleridir. Bu indeksler görüntünün farklı bantlarının

oranlanması ya da bu bantlar ile aritmetik işlemlerin gerçekleştirilmesi ile ortaya çıkmıştır. Çalışmada kullanılacak olan uzaktan algılama indeksleri Eşitlikler 2'de gösterilmiştir. Yerleşim alanı özelliklerinin hızlı bir şekilde tanımlanması için kullanılan IBI indeksi ile yer yüzey sıcaklığı arasındaki istatistiksel ilişki ortaya konmuştur.

Bu çalışmada, bitki örtüsüne ait bilgi çıkarımını zenginleştirmek için SAVI indeksi kullanılmıştır. 2.2 numaralı eşitlikte kullanılan l düzeltme faktörü bitki yoğunluğuna göre 0 (çok yoğun) ile 1 (az yoğun) arasında değer almaktadır. Bu çalışmada 0,5 değeri kullanılmıştır. Yerleşim alanlarının zenginleştirilerek daha doğru ve güvenilir çıkarımı için NDBI indeksinden yararlanılmıştır (Eşitlik 2.3). Yapılaşmanın yoğun olduğu İstanbul'da su içeriğinin doğru olarak sınıflandırılması için MNDWI indeksi kullanılmıştır (Eşitlik 2.4). Bu indeks ile üretilen sonuç yerleşim alanlarının diğer bazı sınıflar ile karıştığını göstermiştir. Bu sebepten bitki örtüsü ve su kütlelerinin yarattığı negatif etkinin azaltılması ve daha doğru yapay yüzey sınıflandırma işleminin gerçekleştirilmesi için üç indeks birleştirilmiştir (Eşitlik 2.5).

Üç temel arazi örtüsü sınıfını (su, bitki örtüsü ve yapay yüzeyler) ayırt edebilmek için oran tabanlı IBI indeksi üretilmiştir. -1 ile +1 arasında değerlere sahip IBI görüntüsünde zenginleştirilmiş bilgiler pozitif ve bastırılmış gürültü bilgileri (bitki örtüsü ve su) genellikle negatif değerlere sahiptirler. Eşitliğin 2' ye bölünmesinin sebebi çok küçük IBI değerlerinden kaçınılmasıdır. IBI indeksi hesaplanmadan önce SAVI, MNDWI ve NDBI indekslerine 1 eklenmesi veya 0-255 aralığına tekrar ölçeklendirilmesi gerekmektedir (Eşitlik 2.6). Bunun sebebi negatif değerlerin pozitif değerlere dönüştürülmesidir.

3.2.1 Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI)

Çalışmanın ikinci aşamasında, daha sonra şehrin parlaklık sıcaklığı değerleri ile analiz edilebilmesi adına, her iki görüntünün de Kırmızı ve Yakın Kızılötesi bantları kullanılarak Bitki Örtüsü İndeksleri hesaplanmıştır.

$$NDVI = (\boldsymbol{NIR}-\boldsymbol{RED}) / (\boldsymbol{NIR}+\boldsymbol{RED}) \quad (2.1)$$

3.2.2 İndeks Tabanlı Yerleşim Alanı İndeksi (IBI)

Yapay yüzeylerin şehrin parlaklık sıcaklığına olan etkisini analiz edebilme amacı ile öncelikle 3 farklı indeks olan Toprağa Göre Ayarlanmış Bitki Örtüsü İndeksi (SAVI), Normalize Edilmiş Yerleşim Alanı İndeksi (NDBI) ve Modifiye Normalize Edilmiş Su İndeksi (MNDWI), Yeşil, Kırmızı, Yakın Kızıl Ötesi ve Kısa Dalgaboylu Yakın Kızılötesi bantlarını kullanarak hesaplanmıştır. Daha sonra bu indeksleri normalize ederek gerekli formül aracılığıyla İndeks Tabanlı Yerleşim Alanı İndeksi (IBI) elde edilmiştir.

$$SAVI = (NIR-RED)*(1+l) / (NIR+RED+l) \quad (2.2)$$

$$NDBI = (MIR-NIR) / (MIR+NIR) \quad (2.3)$$

$$MNDWI = (GREEN-MIR) / (GREEN+MIR) \quad (2.4)$$

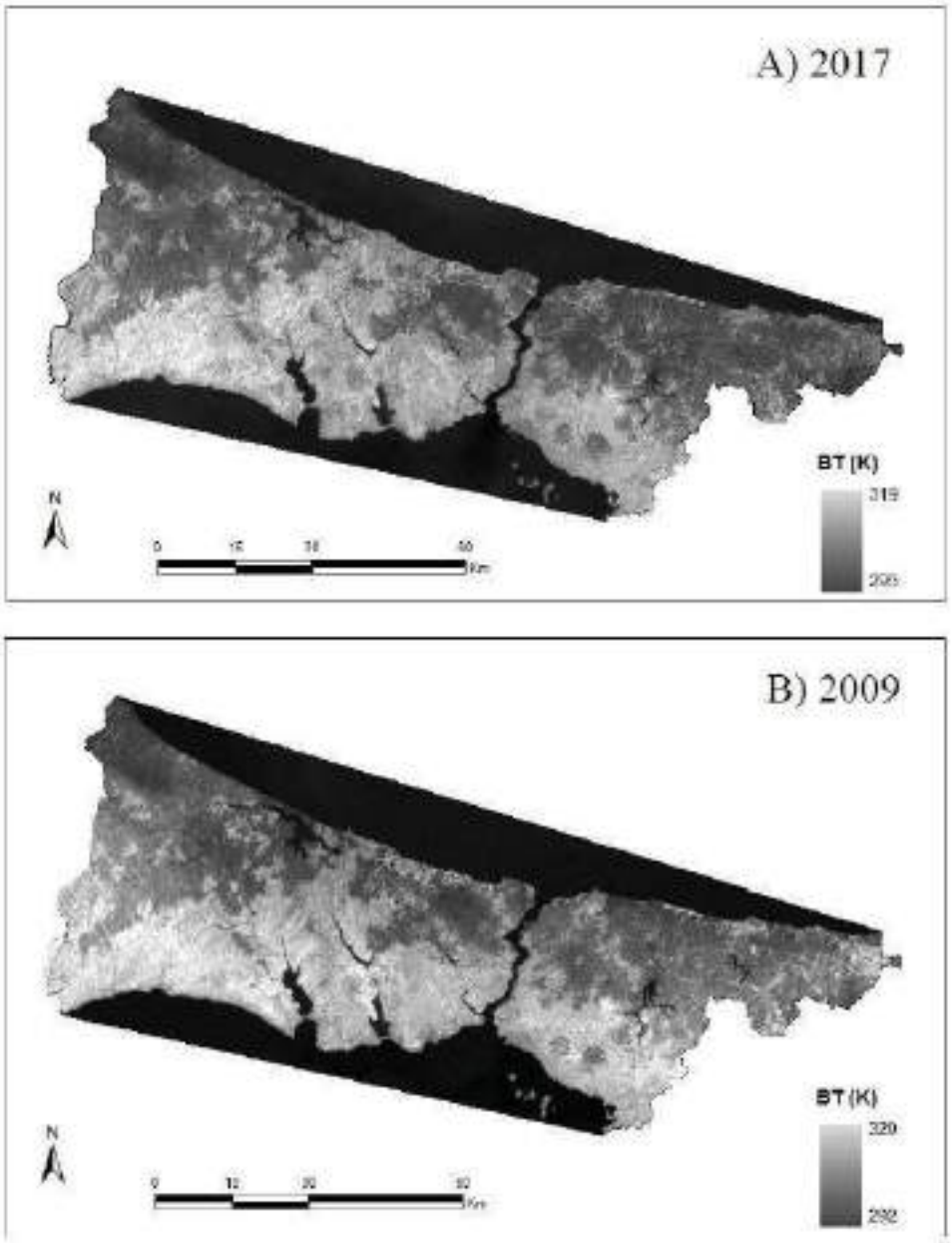
$$IBI = [NDBI - (SAVI+MNDWI)/2] / [NDBI + (SAVI+MNDWI)/2] \quad (2.5)$$

$$(DN - MinDN) / (MaxDN - MinDN) \quad (2.6)$$

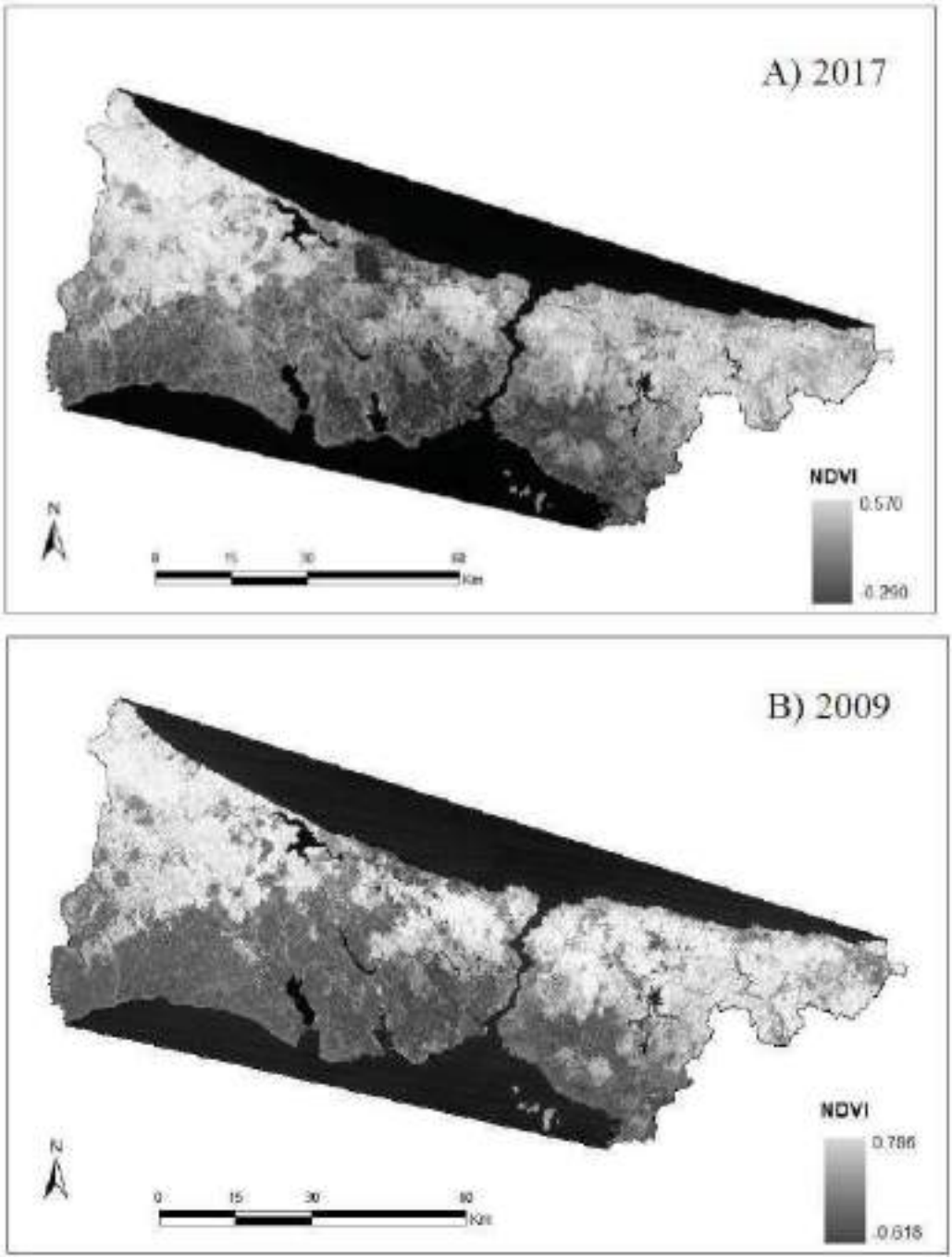
4. SONUÇLAR

4.1. BT, NDVI, IBI Haritaları

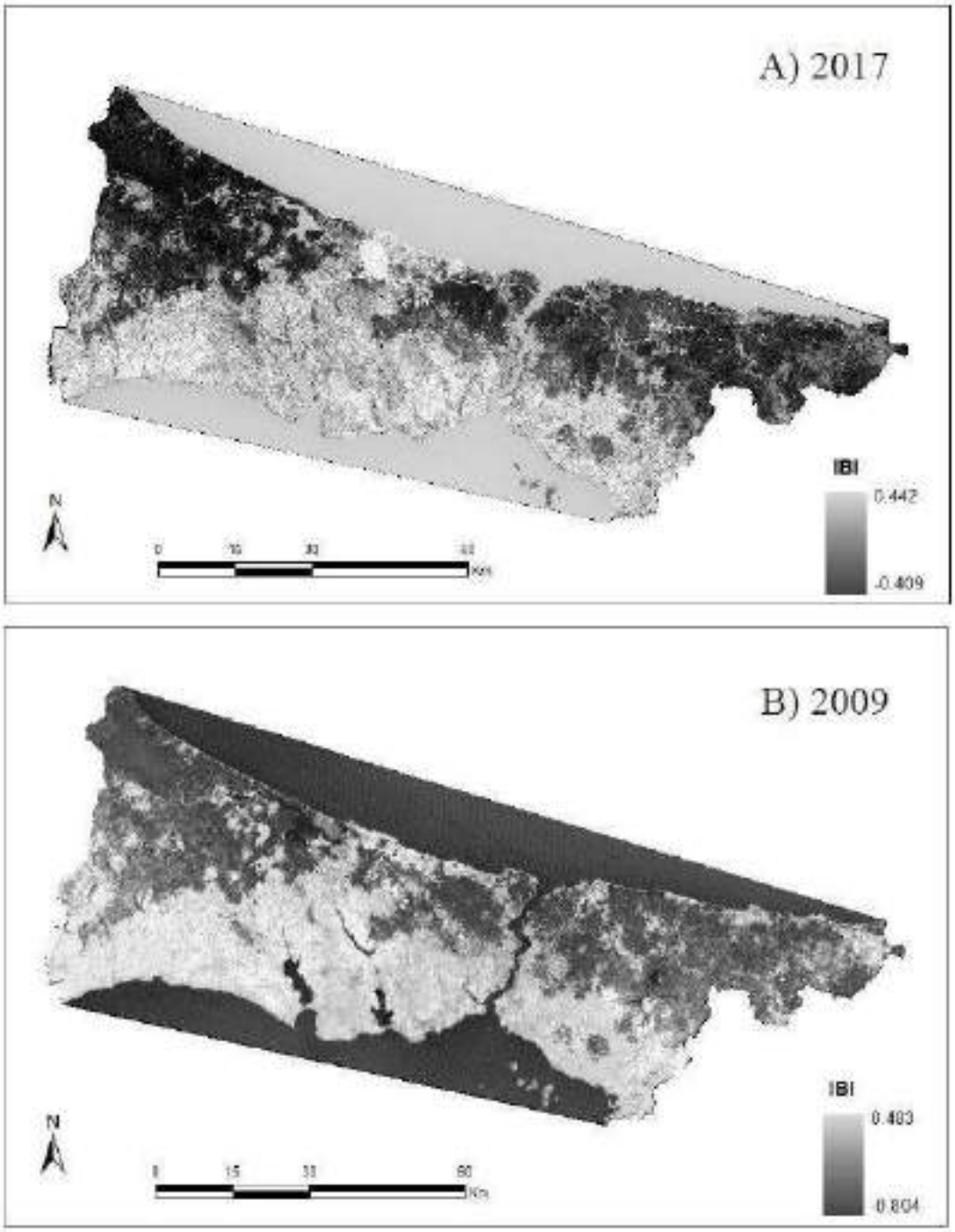
Görsellerdeki haritalarlarda belirtildiği üzere parlaklık sıcaklığı değerleri gri skalada temsil edilmektedir. Siyah rengi (0) çalışma alanının en düşük sıcaklığını göstermekteyken beyaz (255) ise en yüksek sıcaklığı ifade etmektedir, dolayısıyla gri tonunun siyahtan beyaza doğru yönelimi sıcaklığın artışını belirtmektedir. NDVI haritasında ise beyaz en yüksek klorofil yoğunluğunu, siyah ise en düşük yoğunluğunu göstermektedir. Son olarak IBI haritasında beyaz, yapay yüzeylerin en kuvvetli, siyah ise bu yüzeylerin en düşük seviyede olduğunu ortaya koymaktadır. İki yılın da haritaları incelendiği zaman 2009 yılından 2017 yılına geçildiğinde seçilmiş test alanlarındaki sıcaklık artışı, bitki örtüsündeki azalma ve yapay yüzeylerin artışı gözlemlenebilmektedir.



Şekil 3. Parlaklık Sıcaklığı Haritaları **A)** 2017 **B)** 2009.



Şekil 4. NDVI Haritaları **A)** 2017 **B)** 2009.

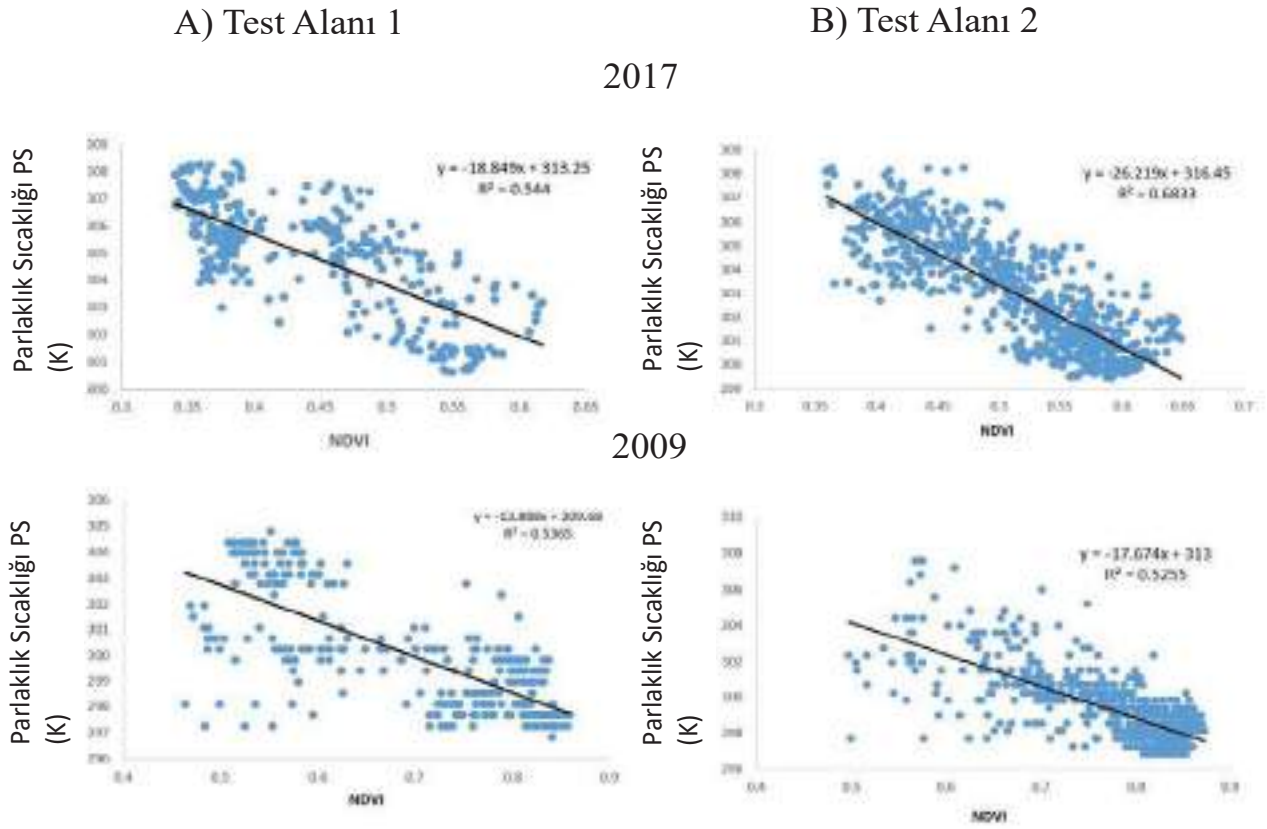


Şekil 5. IBI Haritaları **A)** 2017 **B)** 2009.

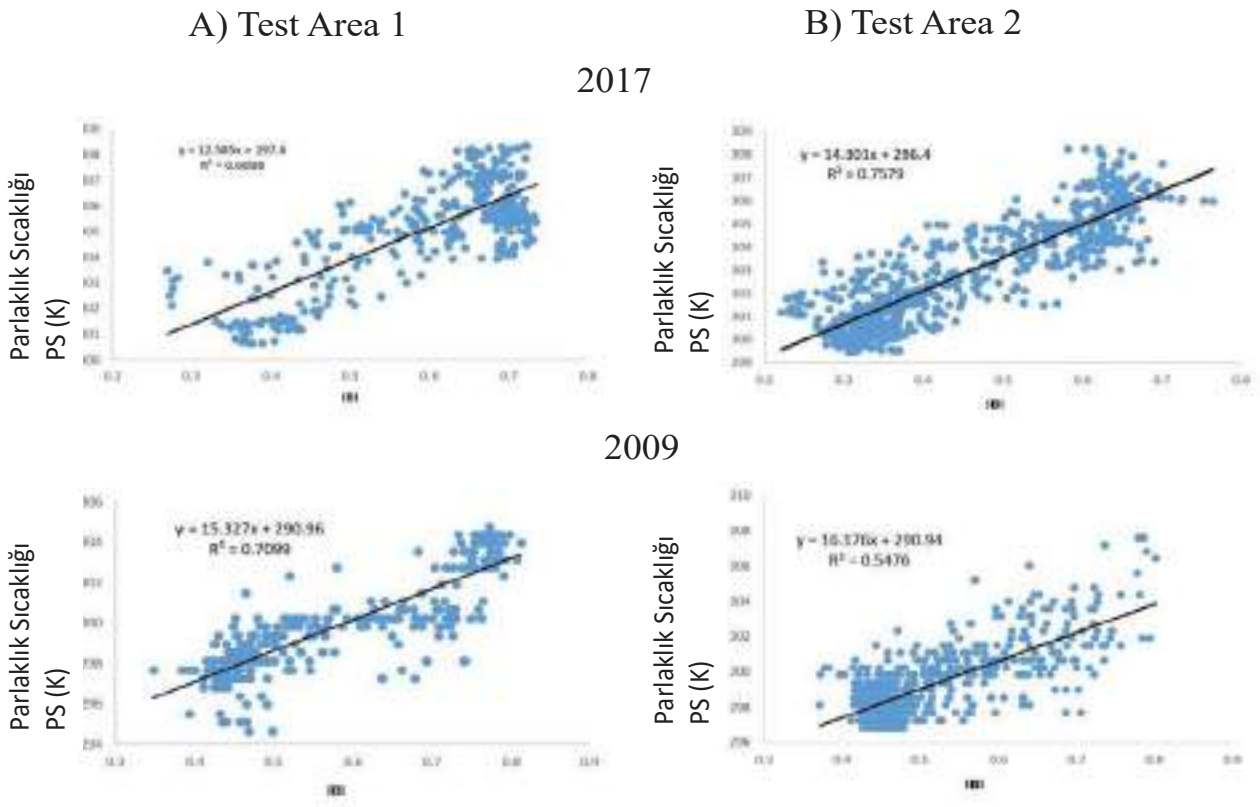
4.2. Regresyon Analizi

Elde edilen 3 temel veri olan BT, NDVI ve IBI arasındaki ilişkiyi istatiksel olarak ortaya koyabilmek adına regresyon analizleri yapılmıştır. Analizden önce korelasyon değerleri hesaplanmıştır. BT ile NDVI arasında negatif bir korelasyon varken BT ile IBI arasında kuvvetli bir pozitif korelasyon ortaya çıkmıştır.

İlk regresyon analizi, 2017 yılı için birinci test alanı üzerinden lineer olarak alınan piksel değerleri ile hesaplanmıştır (samples). Hem BT ile NDVI arasında hem de BT ile IBI arasında bu analizler gerçekleştirilmiştir. Aynı işlemler ikinci test alanı için de uygulanmıştır. Daha sonrasında tüm bu işlemler 2009 yılı için de tamamlanmıştır. Böylece toplamda 8 regresyon analizi ortaya konmuştur. Analizler incelendiği zaman, BT ile NDVI arasında ters orantılı bir ilişki, BT ile IBI arasında ise çok kuvvetli bir doğru orantılı ilişki fark edilmektedir.



Şekil 6. Parlaklık Sıcaklığı ve Bitki İndeksi (NDVI) arasındaki Regresyon Analizi.



Şekil 7. Parlaklık Sıcaklığı ve Yerleşim İndeksi (IBI) arasındaki Regresyon Analizi.

Sonuç olarak elde edilen verilerin istatiksel ilişkileri incelendiğinde, test alanlarındaki bitki örtüsünden yapay yüzeylere olan dönüşüm, şehrin bu bölgelerindeki parlaklık sıcaklığını arttırdığını kanıtlamaktadır.

KAYNAKLAR

Akkemik, Ü., 2014. *İnsan doğa etkileşiminde orman ve ormancılık,* (p.73,77).

Ayazli, I. E., 2011. *Simulation model of urban sprawl driven by transportation networks: 3rd Bosphorus Bridge example*

Axelle, K. & Menekse, K., 2013. *İSTANBUL'DAKİ İÇME VE KULLANMA SUYU HAVZALARINDA ARAZI KULLANIMI,* (p.9).

Baboo, D. & Devi, M., 2011. *Geometric Correction in Recent High Resolution Satellite Imagery: A Case Study in Coimbatore, Tamil Nadu,* (p.33) International Journal of Computer Applications, 14(1), 32-37. doi:10.5120/1808-2324

Bektas Balcik, F. B., 2013. *Determining the impact of urban components on land surface temperature of Istanbul by using remote sensing indices,* (p. 859, 864). Environmental Monitoring and Assessment, 186(2), 859-872. doi:10.1007/s10661-013-3427-5

Bloom, D. E. & Canning, D. & Fink, G., 2008. *Population Aging and Economic Growth*, (p. 3). Washington: International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank on behalf of the Commission on Growth and Development. *Earth Observatory.*

Campbell, J. B. & Wynne, R. H., 2011. *Introduction to Remote Sensing*, (p. xv). New York: Guilford Press.

Dogan, M., 2013. *GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE İSTANBUL'DA SANAYİLEŞME SÜRECİ VE SON 10 YILLIK GELİŞİMİ,* (Abstract).

Gurel, A. & Balta, Y., 2011. *İstanbul'un göç olayı ve etnik hayat üzerine,* (p. 3,4,5).

Huete, A., 1988. *A soil-adjusted vegetation index (SAVI)*, (p. 300) Remote Sensing of Environment, 25(3), 295-309. doi:10.1016/0034-4257(88)90106-x

Lui J. G. & Mason, P. J., 2009. *Essential Image Processing and GIS for Remote Sensing. Techniques and Applications*, (p. 296). London.

Luvall, J. C. & Quattrochi, D. A., 1998. *THERMAL CHARACTERISTICS OF URBAN LANDSCAPES.*

Mining General Management (n.d.). *İSTANBUL İLİ MADEN VE ENERJİ KAYNAKLARI.*

Raschke, K., 2009. *Heat Transfer Between the Plant and the Environment*, (p.111). Berlin.

USGS, 2016. *Landsat 8 (L8) Data Users Handbook,* (p.60,61)

Weier, J. & Herring, D., 2000. *Measuring Vegetation (NDVI & EVI). NASA*

Weng, Q., 2009. *Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends*, (p.335). ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 64(4), 335-344. doi:10.1016/j.isprsjprs.2009.03.007

Xu, H., 2008. *A new index for delineating built-up land features in satellite imagery.* International Journal of Remote Sensing, 29(14), 4269-4276. doi:10.1080/01431160802039957

Xu, H., 2006. *Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery*. International Journal of Remote Sensing, 27(14), 3025-3033. doi:10.1080/01431160600589179

Zha, Y. & Gao, J. & Ni, S., 2003. *Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery*. International Journal of Remote Sensing, 24(3), 583-594. doi:10.1080/01431160304987

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6983

FARKLI İNDEKSLER KULLANILARAK OTOMATİK KIYI ÇİZGİSİ ÇIKARIMI

Eyüp Kutluhan KULA[1], Nusret DEMİR[2]

[1]Akdeniz Üniversitesi Uzay Bilimleri ve Teknolojileri bölümü lisans, Antalya,kutluhankula@hotmail.com
[2] Dr. Öğr. Üyesi, Akdeniz Üniversitesi Uzay Bilimleri ve Teknolojileri bölümü, Antalya,nusretdemir@akdeniz.edu.tr

ÖZET

Kıyı çizgisinin otomatik olarak tespit edilmesi kıyılar boyunca fiziksel, kimyasal, biyolojik ve sosyal süreçlerin verimli bir şekilde izlenmesi için önemlidir. Test alanı uluslararası projelerin yoğun olarak faydalandığı Moore adasıdır. Bu çalışmada farklı indeksler için test edilmiş ve daha sonra Python dilinde arayüz hâline getirilerek tüm işlemlerin otomatik olarak parametre girmeden kısa bir sürede kıyı çizgisi çıkarımı yapılması amaçlanmıştır. Kullanılan görüntü Sentinel 2A MS uydusuna aittir. Yöntemler ise; NDWI (Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi), MNDWI (Modifiye Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi), NDVI (Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü indeksi), MSAVI (Düzenlenmiş Toprak Etkisi Azaltılmış Bitki Örtüsü indeksi) indekslerinden oluşmaktadır. İndeks eşik değerleri, histogramlardaki kodlar kullanılarak elde edilip araştırmanın sonuçlarına göre MNDWI indeksi, Moorea Adası'nın kıyı şeridini ve kara-deniz modelini ortaya çıkarmak için büyük bir başarı ile kullanılabilir sonucuna varılmıştır.

Anahtar Sözcükler: kıyı çizgisi, histogram, Sentinel 2, otomasyon

ABSTRACT

AUTOMATED COASTLINE EXTRACTION WITH USE OF DIFFERENT INDICES

Automated detection of the shoreline is important for efficient monitoring of physical, chemical, biological and social processes along the shorelines. The test area is Moore's island, where international projects are heavily utilized. In this study, it was tested different indices to detect the shorelines. An interface in Python language is also developped so that all the operations are performed automatically without any parameters . The image used is Sentinel 2A MS images and the indices are; NDWI (Normalized Difference Water Index), MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index), NDVI (Normalized Difference Plant Density Index), MSAVI (Regulated Soil Effect Reduced Vegetation Index) indices. The index thresholds were obtained using the histograms . the MNDWI index was the most efficient on efor the detection of shoreline in our study.

Keywords: coastline, histogram, Sentinel 2, automation, avatar

1.GİRİŞ

Kıyılar sürekli değişim hâlindedirler ve tespit edilmeleri daha iyi bir kıyı yönetimi için önemlidir. Bunun için uzaktan algılama etkin çözümler sunar (Demir vd. 2017). Bu çalışmada çok partnerli Idea Avatar projesinin (Web1) de test alanı olan, Moorea adasının kıyı çizgisinin herhangi bir parametre kullanılmadan, geliştirilen bir arayüz yardımı ile tespit edilmesi ele alınmıştır. NDWI (Normalize Fark Su İndeksi), MNDWI (Modifiye Normalize Fark Su İndeksi), NDVI (Normalize Fark Bitki Örtüsü indeksi), MSAVI (Düzenlenmiş Toprak Etkisi Azaltılmış Bitki Örtüsü indeksi) kullanımı ile histogram analizi ile eşik değerleri ile kıyı çizgileri belirlenip görüntü üzerinde elle sayısallaştırma ile üretilen kıyı çizgisi ile karşılaştırılarak kalitesi ölçülmüştür.

IDEA projesi, UC Berkeley, CNRS-EPHE, ETH Zürich, Oxford Üniversitesi, Hacettepe Üniversitesi, UC Santa Barbara ve MCR' deki araştırmacılar tarafından insan faaliyetlerinin ve küresel ısınmanın dünya üzerine etkisini fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri de barındıran 3D model üzerinde incelemek adına başlatılmıştır. Bu modele 3D Avatar ismi verilmektedir. Projede, insan-doğa etkileşiminin ve biyoçeşitliliğin en fazla olduğu tampon bir bölge seçilerek bölgenin avatarını oluşturmak hedeflenmiştir. Bu kapsamda Moorea adası çalışmaya en uygun bölge olarak seçilmiştir. Araştırmacılar, insan da dahil tek hücreli canlılardan, çok hücreli karmaşık organizmalara kadar tüm biyolojik organizasyonların sosyo-ekolojik etkileşimle gelişim hızlarını, evrim aşamalarını ve bunun ileriye dönük modellenebilirliğini bu ada üzerinden inceleyip 3D Avatar üzerine aktaracaklardır.



Şekil 1. Moorea Avatarı Önkesiti (Web 1).

1.1 Test Alanı

Pasifik Okyanusu'ndaki Fransız Polinezyası'nda bulunan Moorea adası, volkanik okyanus adası olup ebatları yaklaşık olarak San Francisco büyüklüğündedir. Moorea, deniz ve karasal çevreleri kapsayan doğal bir laboratuardır ancak oldukça büyük bir insan nüfusuna sahiptir (134 km^2'de 17000 insan) ve karmaşık bir sosyo-ekosistemi açıklamaya yetecek tüm unsurları barındırmaktadır [Web 1].



Şekil 2. Moorea Adası.

1.2 Kullanılan Veriler ve Araçlar

Görüntü verisi olarak Sentinel 2A uydusunun multispektral bant verileri kullanılmıştır. Bu kapsamda kullanılan bantlar; BAND 2 (Mavi,0.490 µm), BAND 3 (Yeşil,0.560 µm), BAND 4 (Kırmızı, 0.665 µm), BAND6 (Kırmızı boyut bitki örtüsü,0.740 µm), BAND 7 (Bitki Örtüsü Kırmızı Kenar, 0.783 µm),BAND 8 (NIR, 0.842 µm) bantlarından oluşmuştur.
Kullanılan araçlar ise;

- QGIS 2.14.9: Her türlü veri ve sonucu görselleştirmek için kullanılmıştır.

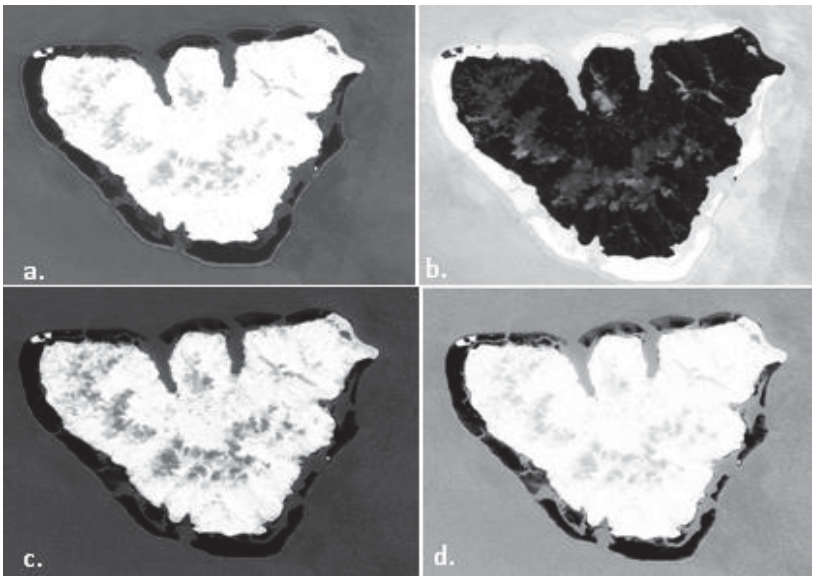
- Python 3.5.1: İndeks olutşturma histogram analizi, eşik değer belirleme ve su-kara yüzeylerini belirlemede kullanılmıştır.

2. YÖNTEM

Otomasyon, görüntülere indekslerin uygulanması, indeks sonuçlarından histogramların eşiklenmesi, ikili (binary) sonuçların elde edilmesi, daha sonraki aşamada vektöre çevirilip alan ve kıyı şeridi sonuçlarının elde edilmesi işlemlerini kapsamaktadır.

2.1.Görüntü indeksleri

İndeks metotları, Sentinel 2A MS uydu görüntülerinin ilgili bantlarıyla, Python dilinde oluşturulmuş arayüz sayesinde otomatik olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3. a. NDWI uygulanmış görüntü (sol üst) , b. MNDWI uygulanmış görüntü (sağ üst) c. NDVI uygulanmış görüntü (sol alt) alt d. MSAVI uygulanmış görüntü (sağ) .

İndeks formülleri aşağıda gösterilmiştir;

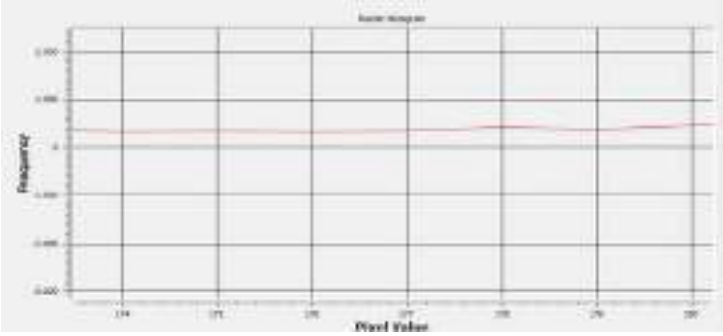
$$MNDWI = \frac{\text{GREEN}-\text{SWIR}}{\text{GREEN}+\text{SWIR}} \quad (1)$$

$$NDVI = \frac{\text{NIR}-\text{RED}}{\text{NIR}+\text{RED}} \quad (2)$$

$$NDWI = \frac{\text{NIR}-\text{SWIR}}{\text{NIR}+\text{SWIR}} \quad (3)$$

$$MSAVI = \frac{2*\text{NIR2}+1-\sqrt{(2*\text{NIR2}+1)^2-8*(\text{NIR2}-\text{RED})}}{2} \quad (4)$$

İndeks sonucu görüntüleri, Python kod dizininde bulunan eşik değerleri kullanılarak python programında eşiklendi. Bu işlem Python kod dilinde yazılmış aynı arayüz sayesinde otomatik olarak eşik belirlenerek ve uygulanarak yapılmıştır. Eşikler histogramların maksimum değerlerinden belirlenmiştir ve eşik değerlerinin üstünde kalan pikseller su olarak değerlendirilerek 1 değeri, , diğer nesneler için ise 0 değeri atanmıştır.

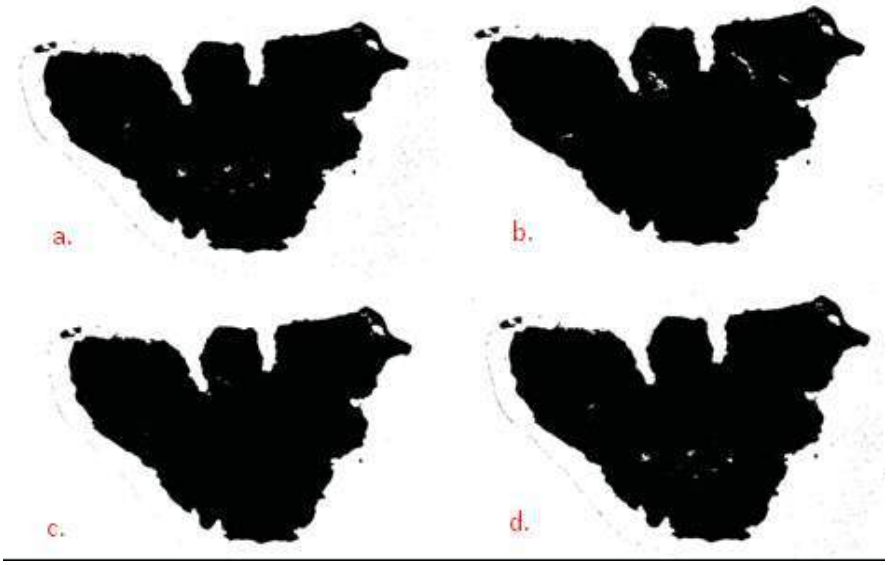


Şekil 4. Histogram maksimum değeri.

Çizelge 1.İndeks eşik değerleri tablosu.

İNDEKS	EŞİK DEĞERİ
MNDWI	>= 178
NDVI	=< 127
NDWI	>= 127
MSAVI	=< 229

Eşik sonuçları aşağıda gösterilmiştir;



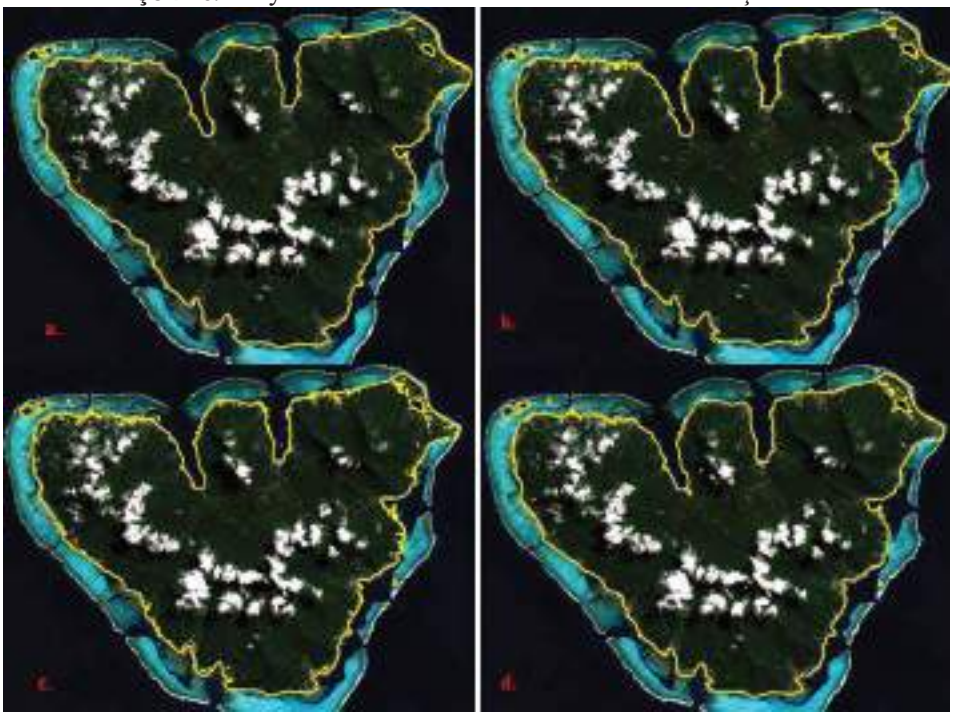
Şekil 5. a.Eşiklenmiş MSAVI görüntüsü (sol üst),b. Eşiklenmiş MNDWI görüntüsü (sağ üst) c. Eşiklenmiş NDWI görüntüsü (sol alt) d. Eşiklenmiş NDVI görüntüsü (sağ alt).

2.3.Sonuçların Vektöre Çevirilmesi ve Doğruluk Analizi

Sonuç görüntü vektör biçimine dönüştürülmüştür. Her bir indeks için sonuçlar Şekil 7'de görülmektedir.

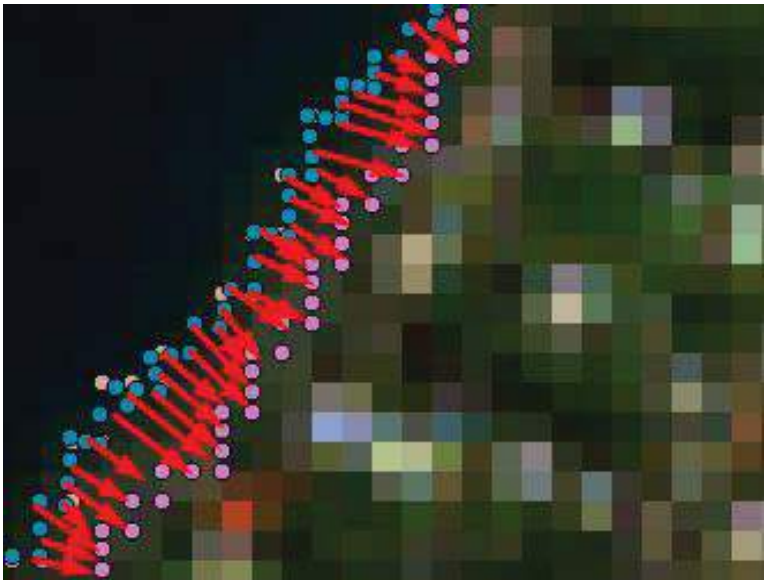


Şekil 6. Arayüz "SHP SONUC GÖRÜNTÜSÜ" buton çıktısı.



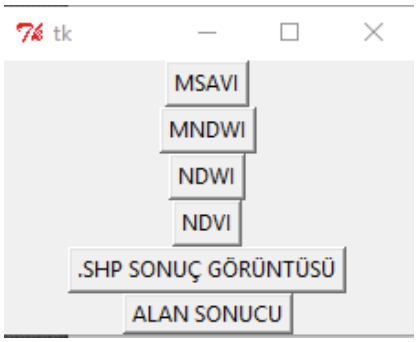
Şekil 7. a.MNDWI kıyı şeridi sonucu (sol üst),b. MSAVI kıyı şeridi sonucu (sağ üst) c. NDVI kıyı şeridi sonucu (sol alt) d. NDWI kıyı şeridi sonucu (sağ alt).

Sonuçların doğruluğunu belirlemek için yakınlık analizi QGİS yazılımında yapılmıştır. Buna göre vektör formatına çevirilen her sonuç görüntüsünde kıyı şeritlerine 10'ar metre aralıklarla nokta atılmıştır. Bu noktaların referans görüntüsündeki noktalarla mesafeleri ve istatistik bilgileri hesaplanmıştır. İşlem dizinlerini arayüz altında çalıştırmak amacıyla tüm kod blokları Python programının Tkinter modülünde birleştirilmiştir. Bu sayede oluşan arayüz sayesinde; indeks sonuç görüntüleri, vektörleri ve alan hesapları parametresiz bir şekilde otomatik olarak yapılıp elde edilmektedir. Bu işlem için uydu görüntüsünü indirmek ve gerekli bantları arayüzde seçmek yeterlidir.



Şekil 7. Yakınlık analizi(Euclidian mesafesi).

Python dilinde yazılmış arayüz aşağıda gösterilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Otomasyon arayüzü.

Arayüz kullanımı aşağıdaki işlem dizisi ile mümkündür:

1. Önce indeks yöntemleri uygulanmalıdır.
2. İndeks sonucundan sonra görüntüde odaklanılan alan kırpılarak clip.tif olarak kaydedilmelidir. Bunun sebebi bu işlem atlanıldığında arayüzün tüm görüntünün kara alanını hesaplayacak olmasıdır.(NOT: Tüm .jp2 alanını inceler.)
3. Bu işlemden sonra ikincil olarak. "shp sonuç görüntüsü butonu" seçilmelidir.
4. Tüm adımların sonunda son olarak "alan sonucu" butonu seçilmelidir."

2.5.Doğruluk analizleri:

Referans veri olarak kıyı şeridi el ile Sentinel görüntüsü üzerinden elde edilmiştir. Toplam kıyı şeridi, ada alanı ve referans veri ile karşılaştırılarak bulunan doğruluk değeri Çizelge 2'de görülmektedir. Çizelge 3'de yakınlık analizi ile elde edilen analiz sonu görülmektedir.

Çizelge 2.Kıyı şeridi analizinin hassasiyet tablosu.

Yöntem	Kıyı şeridi(km)	Ada Alanı(km²)	Doğruluk(Alansal, %)
NDWI	74,84	133,4249	99,442
MSAVI	74,74	133,2549	99,315
NDVI	74,95	133,6185	99,586
MNDWI	75,12	133,9279	99,816
REFERANS (RGB)	75,26	134,1742	REFERANS

Sonuç tablosu

Çizelge 3. Yakınlık analizi sonucu elde edilen doğruluk ölçütleri.

	ST SAPMA (m)	ORTALAMA (m)	ORTALAMA (Pixel)	MEDYAN
NDWI	17,17187	11,56174	1,1562	6,20906
MSAVI	17,71125	11,80364	1,1804	6,39157
NDVI	18,77275	13,04023	1,3040	6,84262
MNDWI	13,77462	13,55568	1,3556	14,11562

Sonuç tablosu

3. SONUÇ

Proje kapsamında Sentinel 2A MS uydusundan Moorea adasına ait güncel olarak indirilen uydu görüntüleri yardımıyla MNDWI, MSAVI, NDWI, NDVI indekslerini otomatik olarak gerçekleştiren ve sonuç histogramlarından otomatik eşik değeri belirleyen bir arayüz yapılmıştır. Arayüz, eşik değeri yardımıyla sonuç ürünü olarak adanın yüzölçümünü vermektedir. Yani kıyı şeridini otomatik tespit edip canlılar için önemli olan bu sınır sayesinde kara ve denizi otomatik olarak ayırmıştır. Aynı işlem QGİS, SAGA GİS vb. uzaktan algılama temelli programlarda kullanıcıya ve arayüzlere bağlı olarak gerçekleştirilmek istendiğinde daha uzun sürelerde gerçekleştirilmektedir.

Geliştirilen bu arayüz sayesinde ise bu işlem parametresiz olarak sadece ilgili verinin seçilmesi ve gerekli fonksiyonların çalıştırılmasıyla 2 GB görüntü verisi 8 GB ram,4 GB ekran kartı ve 2.6 GHZ işlemci gücü olan bir bilgisayar ile yaklaşık 5 dk. da çözülebilmektedir. Bu süre işlemciden işlemciye değişiklik gösterip 2 dakikalara kadar kısalmaktadır. Projenin ilerleyen zamanlarında QGİS programıyla entegre bir modül oluşturup QGİS kaynak deposuna eklenti olarak eklenecektir. MDNWI indeksinin, incelenen tüm indeksler arasında en başarılı olduğu söylenebilir. MNDWI indeksi, Moorea Adası'nın kıyı şeridini ve kara-deniz modelini ortaya çıkarmak için büyük başarıyla kullanılabilir. İleride yapılacak çalışma olarak ise Landsat 8 MS uydu görüntülerinin de aynı işlemlere tabii tutulup güncel olarak iki uydu sonuçlarının karşılaştırılması yapılacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada Moorea Avatar projesine katkı vermemizi sağlayan Hacettepe Üniversitesinden Doç.Dr. Sultan KOCAMAN'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Demir N., Oy S., Erdem F., Bayram B., Şeker D.Z., 2017, INTEGRATED SHORELINE EXTRACTION APPROACH WITH USE OF RASAT MS AND SENTINEL-1A SAR IMAGES, *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*.IV-2(W4), pp.445-449.

Web 1: Moorea IDEA.2017. https://mooreaidea.ethz.ch/project[Erişim Tarihi: 21.11.2017]



19 Eylül 2018

13:30- 15:10

SALON 2009

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6962

TÜRKİYE'DE AKILLI KENT STRATEJİSİ VE EYLEM PLANININ OLUŞTURULMASI

Yrd. Doç. Dr. Hüseyin BAYRAKTAR[1], Dursun Yıldırım BAYAR[2], Hakan GÜVEN[3], Eda Soylu SENGÖR[4], Bestami KARA[5], Harun BADEM[6]

[1]Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, 06530, Çankaya, Ankara, huseyin.bayraktar@csb.gov.tr
[2] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, 06530, Çankaya, Ankara, dyildirim.bayar@csb.gov.tr
[3]Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, 06530, Çankaya, Ankara, hakan.guven@csb.gov.tr
[4]Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, 06530, Çankaya, Ankara, eda.soylu@csb.gov.tr
[5]Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, 06530, Çankaya, Ankara, bestami.kara@csb.gov.tr
[6]Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, 06530, Çankaya, Ankara, harun.badem@csb.gov.tr

ÖZET

Coğrafi bilgi sistemlerinin (CBS) kent yönetişim mekanizmalarında yeri oldukça önemlidir. Bu kapsamda CBS'nin gelişen teknoloji ile birlikte akıllı kent çözümlerinde bütünleşik bir şekilde kullanılması yaygınlaşmaktadır. Akıllı kent olgusunda CBS teknolojileri dinamik veri ve arşiv yönetiminden öte şehirlerde karar destek sistemlerinin oluşturulmasında da kullanılmaktadır. Bu yönüyle akıllı kent teknolojileri; nüfus artışı, çarpık kentleşme, ulaşım gibi temel sorunlarla boğuşan şehirler için çözüm teşkil etmekte ve yeni fırsatları da beraberinde getirmektedir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018-2023 Stratejik Planında akıllı kentler ve ulusal coğrafi bilgi hizmetleri kapsamındaki hedefini "Akıllı şehirlerin oluşturulması için altyapı çalışmalarını yapmak, teknoloji yardımıyla şehirlerdeki mekân yönetimini iyileştirmek, kamu hizmetlerini geliştirmek üzere veri paylaşımını sağlamak ve ulusal coğrafi bilginin odak noktası olmak" şeklinde ifade etmektedir. Bu hedef doğrultusunda Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, Akıllı Kent Stratejisi ve Eylem Planı Projesi'ni başlatmıştır. 6306 Sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun uygulamaları çerçevesinde 6,5 milyon konutun dönüştürülmesi hedefi ile bir arada düşünüldüğünde, akıllı kent uygulamalarının kullanılması bir zorunluluk olarak görülebilmektedir.

Anahtar Sözcükler: coğrafi bilgi sistemleri, akıllı kentler, strateji eylem planı

ABSTRACT

THE ESTABLISHMENT OF SMART CITY STRATEGY AND ACTION PLAN IN TURKEY

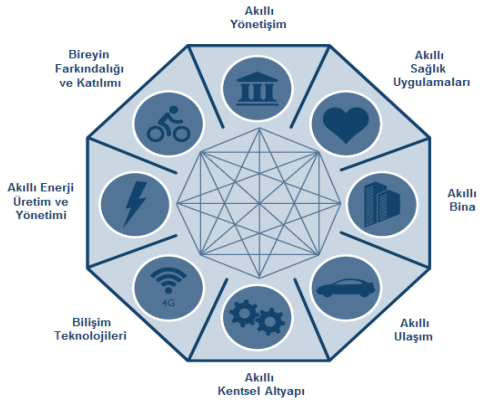
The significance of geographical information systems (GIS) are vital in urban governance mechanisms. In this context, it is becoming widespread to use GIS in an integrated way with the evolving technology in smart urban solutions. In the case of smart city, GIS technologies are used for the establishment of decision support systems in cities beyond dynamic data and archive management. In this respect, smart city technologies are solution for the cities that are struggling with basic problems like population growth, conurbation, transportation and brings also new opportunities. In the 2018-2023 Strategic Plan, the Ministry of Environment and Urbanism declares the goal within the scope of smart cities and national geographic information services as "Making infrastructure studies for the establishment of smart cities, improving spatial management in cities with technology, providing data sharing to improve public services, and being the focal point of national geographical information". In line with this objective, the Ministry of Environment and Urbanization, Directorate General of Geographical Information Systems has launched the Smart City Strategy and Action Plan Project. The use of smart city applications can be evaluated as a urgency when considered together with the goal of transforming 6,5 million housing in the framework of the 6306 numbered law which regards converting the areas under the risk of disaster.

Keywords: geographical ınformation system, smart cities, strategy action plan

1. GİRİŞ

Son dönemde coğrafi bilgi sistemleri (CBS) gerek kamu alanında ve gerekse özel sektörde yaygınlaşmakta ve kullanım alanı genişlemektedir. Hızla gelişen bilişim sektörü de dikkate alındığında coğrafi bilgi sistemlerinin idari karar verme mekanizmalarında kullanımı kaçınılmaz hâle gelmektedir. Bu yönüyle CBS, özellikle yerel yönetimlerin sıkça başvurduğu bir araç hâline gelirken, günümüzde yoğunlukla kullanılan akıllı kent kavramı ele alındığında kentsel hizmetlerin bireylere sunulmasında önem arz etmektedir.

Genel itibarıyla şehirlere yönelik sürdürülebilir mekanizmalar oluşturmayı hedefleyerek hayat şartlarını iyileştirmeyi amaçlayan akıllı kent yaklaşımı Şekil 1'de gösterildiği gibi sekiz anahtar alanda ayrışmaktadır.



Şekil 1. Akıllı Kenti Oluşturan Temel Bileşenler (Frost&Sullivan, 2015).

Frost ve Sullivan'a göre belirlenmiş sekiz adet akıllı kent bileşenleri kapsamında dünyada yaygın biçimde kullanılan akıllı kent uygulamaları aşağıdaki gibi sıralanmaktadır;

- Trafik yönetim ve denetleme bilgi sistemi oluşturulması,
- Entegre sensörlere sahip akıllı kara yolu ve otoparklar ile gerçek zamanlı veri toplanması,
- Akıllı trafik ışıkları ile kavşak yoğunluğunun otomatik olarak ayarlanması,
- Mobil cihazlardan interaktif kent haritasına vatandaşlarca anlık veri girişi yapılması (kaza, fotoğraf, yol çalışmaları vb.),
- Elektrikli bisiklet ve otomobil paylaşım sistemi kurulması (şarj istasyonu ağı oluşturulması),
- Mikro şebekeler oluşturularak bireysel enerji üretiminin yaygınlaştırılması,
- Akıllı sokak aydınlatması sistemi (sokak lambalarının Ay'ın konumuna göre parlaklığının otomatik ayarlanması),
- Entegre sensör ağına sahip akıllı bina çözümlerinin desteklenmesi (teknolojik ve yeşil binalar),
- Çöp toplama alanlarındaki doluluğun sensörler aracılığıyla gözlenmesi ve servis aralıklarının optimize edilmesi,
- Acil durum müdahale sistemleri (sağlık, emniyet, itfaiye),
- Kimlik doğrulama sistemleri (RFID, smart kartlar) vb. (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2016).

2. ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞININ AKILLI KENT YAKLAŞIMI

10. Kalkınma Planı (2014-2018), Ulusal E-Devlet Stratejisi ve Eylem Planı (2016-2019), Bilgi Toplumu Stratejisi ve Eylem Planı (2015-2018) ve Ulusal Genişbant Stratejisi ve Eylem Planı (2017-2020) gibi ulusal ölçekte hazırlanan strateji ve eylem planlarında Çevre ve Şehircilik Bakanlığına, akıllı kent stratejisinin ve akıllı kent programının hazırlanması hususunda sorumluluk verilmiştir.

Diğer yandan, Bakanlığın 2018-2022 Stratejik Planı "Eksen 2. Şehircilik" başlığı altında; "Akıllı şehirlerin oluşturulması için altyapı çalışmalarını yapmak, teknoloji yardımıyla şehirlerdeki mekân yönetimini iyileştirmek, kamu hizmetlerini geliştirmek üzere veri paylaşımını sağlamak ve ulusal coğrafi bilginin odak noktası olmak" stratejik amacı belirlenmiş ve bu sorumluluk Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğüne verilmiştir.

Ayrıca Cumhurbaşkanlığı 100 Günlük İcraat Programı'nda, Çevre ve Şehircilik Bakanlığına uhdesinde hayata geçirilecek projeler içinde akıllı şehir uygulamalarına yönelik eylem planının hazırlanması yer almaktadır.

Ulusal ölçekte akıllı kent çalışmalarının planlanması ve bu çalışmalara yön verilmesi amacıyla tüm kamu kurumlarının, yerel yönetimlerin, üniversitelerin, özel sektör kuruluşları ve sivil toplum kuruluşlarının ortak bir eylemler bütünü içerisinde hareket etmesi önem arz etmektedir. Bu sebeple Bakanlık tarafından Akıllı Kent Stratejisi ve Eylem Planı Projesi çalışmaları başlatılmıştır.

2.1. Akıllı Kent Stratejisi Ve Eylem Planı Projesi

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü tarafından sürdürülen Akıllı Kent Stratejisi ve Eylem Planı Projesi'nin 2018 yılı sonunda tamamlanması planlanmaktadır. TÜBİTAK Bilgem yükleniciliğinde yürütülmekte olan Projenin kapsamında;

- Mevcut durumun analizi,
- Uluslararası ölçekte örnek akıllı kent uygulamalarının analiz edilmesi,
- Ulusal Akıllı Kent İzleme Değerlendirme Modelinin Oluşturulması,
- Ulusal Akıllı Kent Olgunluk Değerlendirme Modelinin Oluşturulması,
- Akıllı Kent Bilgi Paylaşım Portali kurulması çalışmalarının yürütülmesi yer almaktadır.

Akıllı Kent Stratejisi ve Eylem Planı ile;

- Ülkemizde yerel yönetimlerin ve kamu kurum/kuruluşlarının gerçekleştirdiği akıllı kent uygulamalarının koordinasyon ve iş birliği içerisinde, paylaşımcı bir yapıda sürdürülmesi,
- Hazırlanacak akıllı kent endeksi doğrultusunda yerel yönetimlerin akıllı kent olgunluk seviyesi ölçümlenmesi ve izlenmesi,
- Geliştirilecek teşvik mekanizması ile yerel yönetimlerin sürdürülebilir akıllı kent dönüşümünü sağlamaları doğrultusunda rekabetçi bir yapıya kavuşmalarının sağlanması,
- Kamu ve özel sektörde kapasite geliştirilerek yeni istihdam alanlarına olanak sağlanması hedeflenmektedir.

Proje kapsamında, ilgili paydaş kurumların katılımıyla ekonomi, altyapı, çevre, enerji, insan, sağlık, teknoloji, ulaşım, yaşam, afet ve acil durum yönetimi, coğrafi bilgi sistemleri, kentsel dönüşüm ve yönetişim konulu 15 ayrı odak grup çalışması yapılmıştır. Ayrıca, ülkemizin akıllı kentler alanında vizyonu ile bu vizyonu hayata geçirecek strateji, hedef ve eylem bazında yol haritasının belirlenmesi, bu konudaki sorunların tespit edilmesi ve geleceğin tasarlanmasına yönelik olarak Merkezi Yönetim Kurum ve Kuruluşları, Yerel Yönetimler ve Sivil Toplum Kuruluşları ile 7-8-9 Mayıs 2018 tarihlerinde Akıllı Kent Ekosistemi Kapasite Kazandırma Çalıştayları düzenlenmiştir. Bu Çalıştaylarda Türkiye'de akıllı kentlere dönüşüm sürecinde güçlü ve zayıf yönler ile politik, ekonomik, sosyolojik, teknolojik, yasal ve çevresel eğilimler göz önüne alınarak fırsat ve tehditler değerlendirilmiştir.

Diğer yandan, Proje'ye ilişkin mevcut durum analizi faaliyetleri kapsamında;

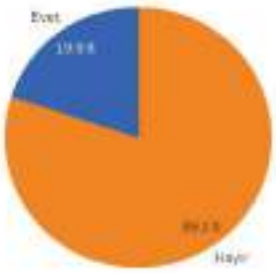
- 65 Ulusal Strateji Belgesi,
- 6 Uluslararası Strateji Belgesi,
- 4 Ülke Yaklaşımı ve 3 Ülke Stratejisi,
- 131 Ulusal Mevzuat Belgesi incelenmiştir.

Yerel Yönetim Görüşmeleri doğrultusunda üç büyükşehir belediyesi ve üç il / ilçe belediyesi ile yüz yüze görüşme yapılmıştır. Mevcut durum analizi ve ihtiyaçların tanımlanmasına yönelik yürütülen çalışmalar sonucunda "Tespit Edilen İhtiyaçlar Dokümanı" oluşturulmuştur.

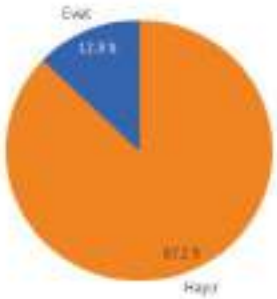
Proje kapsamında detayları Çizelge 1'de gösterildiği gibi 327 adet yerel yönetimin katılımı ile anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Anket sonuçlarının detaylı analizi ise Şekil 2, 3, 4 ve 5'te gösterilmektedir.

Çizelge 1. Yerel Yönetim Türü ve Katılımcı Sayısı (Yerel Yönetim Anket Raporu, 2018).

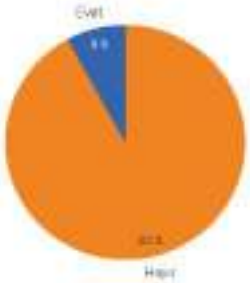
Yerel Yönetim	Katılımcı Sayısı
Büyükşehir	22
İl	34
İlçe	271
Toplam	327



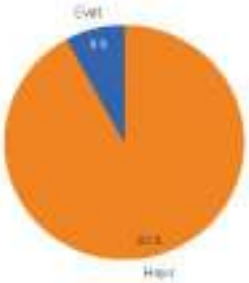
Şekil 2. Akıllı Kentlere İlişkin Strateji Mevcut Olma Durumu (Yerel Yönetim Anket Raporu, 2018).



Şekil 3. Akıllı Kentlere İlişkin İzleme Değerlendirme Mekanizması Mevcut Olma Durumu (Yerel Yönetim Anket Raporu, 2018).



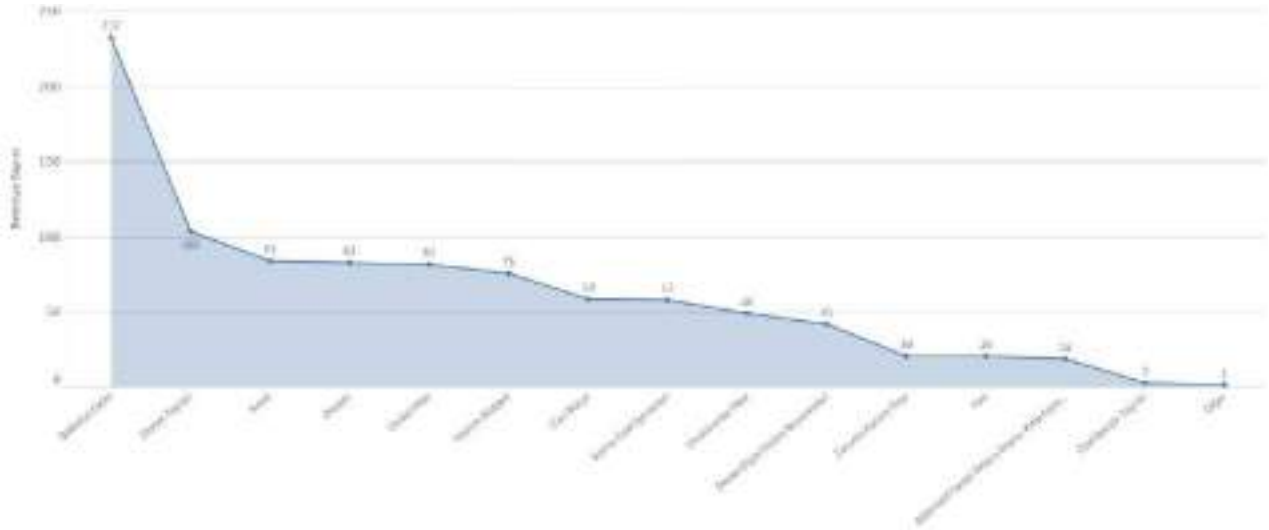
Şekil 4. Akıllı Kentlere İlişkin Olgunluk Değerlendirme Mekanizması Mevcut Olma Durumu (Yerel Yönetim Anket Raporu, 2018).



Şekil 5. Akıllı Kentlere İlişkin Vatandaş Memnuniyet Anketi Çalışması Mevcut Olma Durumu (Yerel Yönetim Anket Raporu 2018).

Yerel Yönetim Anketi analiz edildiğinde; Şekil 6'da da ifade edildiği üzere yatırım ve finansal kaynaklar alanında geçmiş 3 yıllık periyotta akıllı kent çalışmalarına 232 yerel yönetim tarafından bütçe ayrılmadığı, bütçe ayıran yerel yönetimlerin ortalama 594.301 TL bütçe ayırdığı ve maksimum ayrılan bütçenin ise 16.629.000 TL olduğu tespit edilmiştir.

Ayrıca, 2019 yılı akıllı kent çalışmaları için 237 yerel yönetimin bütçe ayırmadığı, bütçe ayıran yerel yönetimlerin ortalama 363.435 TL bütçe ayırdığı ve maksimum ayrılan bütçenin 25.000.000 TL olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6. Yatırım ve Finansal Kaynaklar (Yerel Yönetim Anket Raporu, 2018).

Diğer yandan Proje'nin ilerleme durumunun ve faaliyetlere ilişkin bilgilerin yer aldığı, akıllı kent bileşenleri kapsamında bilgilerin verildiği "Akıllı Kent Bilgi Paylaşım Portali" yayına açılmıştır.



Şekil 7. Akıllı Kent Bilgi Paylaşım Portalı (https://www.akillikent.gov.tr, 2018).

3. SONUÇ

Bu bildiride, kentlere ilişkin sürdürülebilir mekanizmaların oluşturulmasında akıllı kent yaklaşımına ilişkin genel değerlendirme yapılarak Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yürütülmekte olan Akıllı Kent Stratejisi ve Eylem Planı Projesi'nden bahsedilmektedir. Proje kazanımlarının ülkemizdeki uygulama boyutları ve tanımlanan eylemlerin oluşturacağı etkileşime ilişkin örneklere yer verilmiştir.

TÜİK'in 2023 Türkiye tahminlerine göre, Ülke nüfusunun yaklaşık 5'te birinin yaşadığı İstanbul'da, nüfusun 2023'te 15 milyonu aşacağı, başkent Ankara'nın nüfusunun 5,5 milyona, İzmir'in 4,5 milyona, Bursa'nın 3,4 milyona ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu da kentlerimizde yaşayan toplam nüfusun % 75 oranına ulaşması demektir. Ülkemizde kentleşme oranı artmaya devam ederken, vatandaşlarımızın yüksek yaşam kalitesine sahip, akıllı ve sürdürülebilir çevre talepleri de artmaktadır. Kentsel altyapıların ve kaynakların yönetiminde ve vatandaşların bugünkü ve gelecekteki ihtiyaçlarının etkin ve verimli bir şekilde karşılanmasında, kentlerin akıllı kentler hâline dönüşümü kaçınılmazdır.

KAYNAKLAR

Frost & Sullivan, 2015. *Key Trends and Outlook for Building Management Solutions in Southeast Asia*

İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2016. *İstanbul Akıllı Şehir Projesi Literatür Tarama Raporu*, İstanbul

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018. https://www.akillikent.gov.tr, [Erişim tarihi: 04.08.2018]

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6201

BAĞLANTILI VERİLERİN YAYIMLANMASI VE GÖRSELLEŞTİRİLMESİ

Gülten KARA[1], Cemre YILMAZ[2], Deniztan ULUTAŞ KARAKOL[3], İsra AKYAZI[4], Çetin CÖMERT[5]

[1]Dr. Öğr. Üyesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon, gispir@ktu.edu.tr
[2]Dr. Arş. Gör., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon, cemre.yilmaz@gmail.com
[3]Dr. Öğr. Üyesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon, dulutas.21@gmail.com
[4]Müh., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon, israakyazi@hotmail.com
[5]Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon, ccomert@ktu.edu.tr

ÖZET

Konumsal veri gerçek dünya varlıklarının gösterimi ve onlar arasındaki topolojik ve konumsal ilişkilerin açıkça tanımlanması yönüyle konumsal olmayan verilerden farklılaşır. Son yıllarda "Açık Veri Yaklaşımı" ile birlikte web üzerindeki konumsal verilerin boyutu artmıştır. "Bağlantılı Açık Veri Yaklaşımı" ile daha da büyük artış göstereceği öngörülmektedir. Semantik web uygulamaları, konumsal veri tabanlarındaki verilerin bağlantılı veri olarak yayımlanmasını gerektirir. Özellikle LinkedGeoData, GeoLinkedData, Ordnance Survey Open Data vb. proje ve girişimler semantik web uygulamalarında konumsal verilerin bağlantılı veri olarak yayınlanmasına öncülük etmiştir. Bu noktadan hareketle konumsal verilerin bağlantılı veri olarak yayınlanması ve görselleştirilmesi için gereksinimlerin belirlenmesi gerekir. Bu çalışmada, konumsal verilerin bağlantılı veri olarak yayınlanması ve harita üzerinde gösterilmesi için mevcut durum değerlendirilmiştir ve yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntem esas alınarak konumsal veriler bağlantılı veri olarak web üzerinde yayınlanmış ve harita üzerinde gösterilmiştir.

Anahtar Sözcükler: bağlantılı konumsal veri, bağlantılı veri, görselleştirme, ontoloji, semantik web

ABSTRACT

LINKED DATA PUBLICATION AND VISUALISATION

Spatial data differs from non-spatial data in that the representation of objects in the real world and the explicit definition of topological and spatial relations between them. The volume of spatial data on the web has increased with "Open Data Approach" in recent years. It is predicated that it will increase even more with "Linked Open Data Approach". Semantic web applications require that data in spatial databases are published as linked data. Specifically, in the semantic web applications, projects and initiatives such as LinkedGeoData, GeoLinkedData, OS Open Data are starting point for publishing spatial linked data. From this point, it is necessary to determine the requirements for visualization and publishing of spatial data as linked data. In this study, the current state is evaluated and the method is proposed for publishing spatial linked data. Based on proposed method, spatial data is published as linked data on the web and displayed on the web.

Keywords: linked spatial data, linked data, visualisation, ontology, semantic web

1. GİRİŞ

Bağlantılı Veri, URI ve RDF kullanarak Semantik Web'te verileri paylaşmak, ilgili veri kaynakları ile ilişkilendirmek için kullanılır. Bizer ve diğerleri (2009) bağlantılı veriyi, web üzerinde veri kaynaklarını birbirine bağlamanın bir yolu olarak tanımlamaktadır. Bağlantılı veri ile veri sağlayıcıları verilerini belirli bir formattan bağımsız olarak yayımlamaktadır. Web'te veri kaynakları; tek bir RDF dosyası, RDF Dump ve SPARQL Endpoint olarak üç şekilde yayımlanabilir. Bu yöntemlerden birini kullanan veri sağlayıcıları verilerini webde yayımlayabilir ve diğer veri kaynaklarını kullanarak veri tanımları zenginleştirilebilir.

Açık Veri Yaklaşımının giderek yaygınlaşması "Verinin Webi" nin boyutunun artmasında önemli ölçüde etkili olmuştur. Bu artışla birlikte iş dünyası, müzik, coğrafya, yer isimleri, şirketler gibi belirli alanlarda çok sayıda veri farklı veri kaynaklarından web ortamında sunulmaya başlamıştır. Son zamanlarda bağlantılı konumsal verinin yayımlanması, entegre edilmesi ve görselleştirilmesi ile ilgili çalışmalar giderek daha da yaygınlaşmaktadır. Özellikle Bağlantılı Açık Veri Bulutu[1] (Linked Open Data Cloud) farklı veri kaynaklarındaki

[1] https://lod-cloud.net

verileri tanımlamak için çok sayıda veri seti içerir. Bu girişimin amacı farklı veri kaynaklarını web üzerinde RDF olarak sunmak ve onlar arasında link oluşturmaktır (W3C SWEO, 2017). 2018 Nisan ayı itibariyla 1184 veri setine ulaşmıştır. Bu girişim ile birlikte birçok alanda veri kaynakları yayımlanmıştır. Bunun yanı sıra GeoNames[2], LinkedGeoData[3], GeoLinkedData[4], Ordnance Survey Linked Data[5] vb. gibi proje ve girişimlere her geçen gün birisi daha eklenmektedir. Ordnance Survey, konumsal alanda İngiltere'de farklı konumsal verileri açık bağlantılı veri olarak sunan ilk haritalama kuruluşudur. Diğer çarpıcı bir girişim ise OpenStreetMap verisinin RDF olarak sunulduğu ve SPARQL ile sorgulanabilen LinkedGeoData dır. Benzer bir proje ise İspanya'daki konumsal verilerin RDF olarak yayımlandığı GeoLinkedData projesidir. Bu kapsamda son zamanlarda Yunanistan'da çok sayıda açık veri seti bağlantılı veri olarak yayımlandığı Yunanistan Bağlantılı Açık Veri Portal[6] ı kullanıcılara sunulmuştur. Konumsal alandaki benzer uygulamalar giderek artmaya devam etmiştir. Avrupa FP7 projesi olarak desteklenen TELEIOS projesinde Semantik Web ve Bağlantılı Veri Teknolojileri kullanılarak gerçek zamanlı yangın izlemeyi sağlayan servis geliştirilmiştir (Koubarakis vd., 2013). Servisin ana bileşeni, daha önceden bahsedilen Yunan Bağlantılı Açık Veri Portalı ile sunulan konumsal bağlantılı veri ve uydu görüntülerinden elde edilen sınak noktaları depolayan bir konumsal RDF deposu olan Strabon (Kyzirakos vd., 2012) dur. Strabon, SPARQL 1.1 in genişletmesi olan stSPARQL sorgulama dili ile konumsal veriler için bir OGC standardı olan GeoSPARQL sorgulama dilini desteklemektedir. Ayrıca LinkedGeoData browser, Map4RDF, LODVisualization, Sextant gibi araçlar bağlantılı konumsal verileri kullanarak tematik haritaların üretilmesi için geliştirilen araçlardır.

2. BAĞLANTILI KONUMSAL VERİLERİN YAYIMLANMASI

Bağlantılı veriler farklı veri kaynaklarındaki verilerin web üzerindeki veri setlerine bağlanmasıyla birlikte veri kaynağı dışında bilgilere de ulaşılmış olacaktır. URI ve RDF nin sağladığı olanaklar sayesinde veri ve diğer veriler arasında ilişkiler esas alınarak yazılımlarca yönlü gezintiler sağlanabilecektir ve aranan veri hakkında daha fazla veriye ulaşılabilecektir. Çalışma kapsamında konumsal veri tabanlarında yer alan verilerin bağlantılı veri olarak yayımlanması ve görselleştirilmesi için gerekli olan işlem adımları sunulacaktır. Bu işlem adımları; konumsal veri kaynağının belirlenmesi, Bağlantılı verilerin yayınlanması ve harita üzerinde görselleştirilmesi için GeoTriples[7], Strabon, Sextant gibi Semantik Web ve Bağlantılı Veri Teknolojileri kullanılmıştır. Konumsal veri tabanında yer alan veriler öncelikle GeoTriples ile RDF verisi olarak yayımlanmıştır. SPARQL Endpoint olarak Strabon kullanılmıştır. Bağlantılı verilerin oluşturulması ve yayımlanması için önerilen yöntemin işlem adımları aşağıda verilmiştir.

2.1. Konumsal Veri Kaynağının Belirlenmesi

Konumsal verilerin büyük bir çoğunluğu ilişkisel veri tabanlarında yer almaktadır. İlişkisel veri tabanlarında tutulan konumsal veriler, varlıklara ait konumsal ve konumsal olmayan öznitelikleri içerir. Bunun yanında varlıklar arasında topolojik ilişkiler mevcuttur. Konumsal bağlantılı verilerin elde edilmesi için konumsal veri kaynaklarına ihtiyaç vardır. Konumsal veri kaynağı olarak ilişkisel veri tabanı kullanılmıştır. Veri tabanında yer alan katmanlar Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Katmanlar ve geometri tipleri.

Katman adı	Geometri tipi
Kara yolu	Çizgi
Akarsu	Çizgi
Göl	Alan
Sınırlar	Çizgi

2.2. Ontoloji Geliştirme

Ontoloji, belirli bir alanda sınıflar, özellikler, sınıflar arasındaki ilişkileri içeren bir modeldir. Gruber (1993), ontolojiyi "kavramsallaştırmanın açıkça belirtimi" olarak tanımlar. Amacı, ortak kavramsallaştırmaya dayanan programlar arasında bilgi paylaşımı ve birlikte işlerliği sağlamak olan ontolojiler için tasarım kriterleri ise yine Gruber (1995) tarafından önerilmiştir. Ontolojiler üst düzey ontoloji, alan ontolojisi, uygulama ontolojisi, görev

[2] http://www.geonames.org
[3] http://linkedgeodata.org/About
[4] http://geo.linkeddata.es/
[5] http://data.ordnancesurvey.co.uk
[6] http://linkedopendata.gr/
[7] http://geotriples.di.uoa.gr

ontolojisi ve veri ontolojisi olarak isimlendirilmektedir. Ontolojilerin isimlendirilmesinde farklı ontoloji mimarileri önerilmiştir (Guarino, 1997; Klien ve Probst, 2005).

Seçilen veri tabanı şemasında yer alan kavramların semantik tanımları için ontolojilere ihtiyaç vardır. Veri ontolojisi ve alan ontolojisi kullanılarak veri tabanındaki kavramların semantik tanımları oluşturulur. Veri ontolojisi ve alan ontolojisi arasında ontoloji mimarisi dikkate alınarak ilişkiler belirlenir. Çalışma kapsamında veri ontolojisi oluşturulmuştur. Her bir veri sağlayıcısı verilerini tanımlamak için çoğunlukla kendi ontolojisini oluşturmaktadır. Bu oldukça gereksiz bir işlemdir. Mevcut ontolojiler veri tanımlarını içeriyor olabilir. Bu aşamada en büyük engel ontolojileri arama kriterleridir. Ontoloji arama motorları anahtar kavrama göre arama yapmaktadır. Bu durumda anahtar kavram veya kavramların nasıl belirleneceği, en uygun ontolojilerin hangi kriterlere göre bulunacağı çözüm bekleyen problemlerden sadece birkaçıdır.

Bağlantılı veri kullanıcılarına kendi verilerini Bağlantılı Açık Veri Bulutundaki veri kaynakları ile ilişkilendirerek verilerini zenginleştirmek amacıyla oluşturulmasına rağmen konumsal verilerin Bağlantılı Açık Veri Bulutu ile referanslandırılması için veri kaynakları çok sınırlıdır. Bu nedenle konumsal verilerin referanslandırılması için gerekli ontoloji uygulama kapsamında geliştirilmiştir.

2.3. Verilerin RDF'ye Dönüştürülmesi

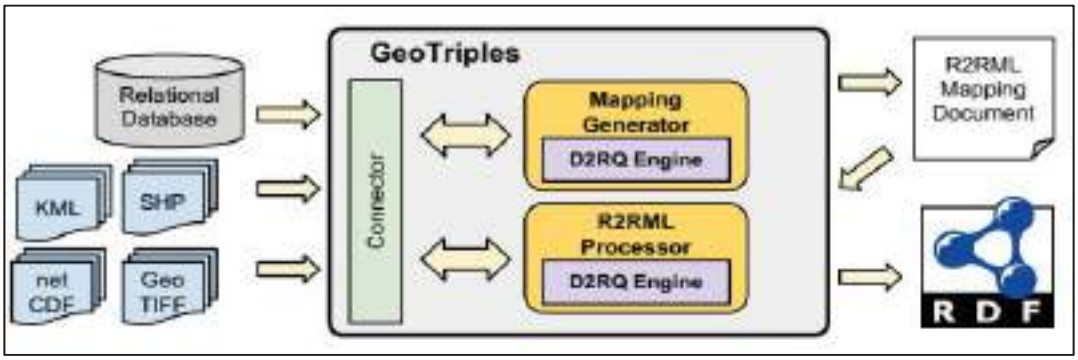
Bağlantılı veri kapsamında URI ler gerçek dünya varlıklarını veya soyut kavramları tanımlar Semantik Web Teknolojileri tarafından kullanılmak amacıyla varlık ve kavram tanımlarının RDF verisi olarak ifade edilmesi gerekir. RDF bir veri formatı değil, subject (özne), predicate (yüklem) ve object (nesne) şeklinde bir RDF üçlüsü olarak veri kaynaklarını tanımlayan bir veri modelidir. Web üzerinde verileri yayımlamak için öncelikle bir RDF söz diziminde (RDF/XML, Turtle, N-Triples, vb.) dizi hâlinde yayımlanmalıdır. Konumsal veri, açık veri alanında önemli bir yere sahiptir. Konumsal veriyi bağlantılı veri yapan şüphesiz ontolojiler, konumsal veri tanımlamada kullanılan referans URI'lerdir.

Road hasGeometry Line
Subject-Predicate-Object

RDF üçlüsünün öznesi tanımlanan veri kaynağını belirleyen URI'dir. Nesne ya basit bir literal değer (karakter, sayı, tarih vb.) alır ya da nesne ile ilgili başka bir veri kaynağının URI'si olur. Yüklem ise genellikle özne ve nesne arasında yer alır, özne ve nesne arasındaki ilişkinin türünün ne olduğunu gösterir. RDF linkleri; iç RDF linkleri ve dış RDF linkleri olmak üzere ikiye ayrılır. İç RDF linkleri bir bağlantılı veri kaynağı içindeki kavramları ilişkilendirir. Böylece özne ve nesneye ait URI'ler aynı ad alanını (namespace) gösterir. Dış RDF linkleri ise farklı bağlantılı veri kaynakları tarafından gösterilen kavramları bağlar. Dış RDF linklerinin özne ve nesne URI'leri farklı ad alanlarına sahiptir. Dış RDF linkleri Webin Verisi için çok önemlidir ve bu çalışmanın odak noktasıdır.

Bölüm 2.1 Çizelge 1'de verilen katmanlardaki bütün verilerin RDF'ye dönüştürülmesi gerekir. İlişkisel veri tabanlarında bulunan verilerin RDF'ye dönüştürülmesi için gerekli veri kaynakları için kullanılan yazılım araçları Kara ve Cömert (2016) tarafından karşılaştırılmıştır. Bu çalışmadaki sonuçlara dayanarak ilişkisel veri tabanlarındaki verilerin RDF'ye dönüşümü için GeoTriples yazılımı kullanılmıştır.

Webin verisi heterojenlikle baş etmek için bir yandan farklı veri kaynaklarına referans vermeyi gerektirirken bir yandan da mümkün olduğunca kendi kendini tanımlayan verileri yayımlamayı gerektirir. Böylece RDF verisi olarak yayımlanan verilerin kendi tanımları (veri ontolojisi) oluşturulur ve bu tanımlara referans verilir.



Şekil 1. GeoTriples sistem mimarisi (Kyzirakos vd., 2014).

2.4. Verilerin Referanslandırılması

Tim Berners Lee (2006) tarafından tanıtılan Bağlantılı Veri İlkeleri web üzerinde yapılı verinin farklı veri kaynakları ile ilişkilendirilmesi ve yayımlanması için kuralları tanımlar. Bağlantı Veri İlkeleri'nden dördüncüsünde "Web üzerinde diğer veri kaynaklarına işaret eden RDF linkleri oluşturulmalıdır" ifadesi yer almaktadır. RDF linkleri genel olarak ilişki linkleri (relationship links), kimlik linkleri (identify links) ve kelime hazinesi linkleri (vocabulary links) olmak üzere üçe ayrılır. Bu bölümde sözü geçen RDF linkleri kelime hazinesi linkleri olarak değerlendirilmelidir. Veri setindeki varlıkları tanımlamak için web üzerindeki veri kaynakları ile kurulan bu linkler harici RDF linkleri (external RDF links) olarak adlandırılır. Teknik olarak web üzerindeki veri kaynağına işaret eden URI referansı RDF üçlüsünün nesnesi (object) veya yüklemi (predicate) durumunda olurken veri setindeki URI referansı RDF üçlüsünün öznesi (subject) olur. Böylece veri seti küresel veri uzayına bağlanmış olur ve veri seti kavramları hakkında ek bilgilerin bulunmasını sağlar. Bu URI'leri geri referanslandırma (dereferencing) bağlantılı kaynağın tanımını verir. Bu tanım daima diğer URI'lere işaret eden farklı RDF linklerini içerir. Bu aslında verinin webinde verilerin birbirleriyle nasıl ilişkilendirildiğini açıklar. Keza, Bağlantılı Veri tarayıcıları bu linkleri takip eder ve anahtar kelime veya kapsama göre ilerler.

Uygulama senaryosu kapsamında GeoTriples ile elde edilen RDF verisi henüz semantik olarak tanımlı değildir. Bu verilerin semantik tanımlarının oluşturulması için üst düzey ontoloji ve alan ontolojisi ile referanslandırılması gerekir. Bağlantılı veri yayımlamak için öncelikle veri tanımları için yeniden kullanılabilir tanımların bulunması gerekir. Aynı kavramı tanımlayan iki veri kaynağı URI'leri arasında RDF linki kurulur. Aşağıda verilen veri kaynakları bu eşleştirmeleri göstermek için kullanılan RDF linklerini tanımlar.

Web Ontology Language (OWL) (McGuinness ve van Harmelan, 2004)
RDF Schema (RDFS) (Brickley ve Guha, 2004)
Simple Knowledge Organization System (SKOS) (Miles ve Bechhofer, 2009)

OWL, RDFS, SKOS gibi veri kaynakları, herhangi bir veri kaynağını bağlantılı veri olarak yayımlarken, kavramlar arasındaki ilişkileri tanımlar. Bu veri kaynaklarındaki RDF linklerine örnek verilirse; owl:equivalentClass ve owl:equivalentProperty ifadeleri farklı veri kaynaklarında eşit olan terimleri ifade etmek için kullanılır. Benzer şekilde farklı veri kaynakları arasında RDF linkleri oluşturmak için rdfs:subClassOf, rdfs:subPropertyOf, skos:broadMatch, ve skos:narrowMatch, owl:sameAs vb. ifadeleri kullanılabilir. Konumsal veri kaynaklarındaki kavram tanımlarını oluşturmak amacıyla Bağlantılı Açık Veri Bulutu ve çok sayıda kelime hazineleri geliştirilmiştir. Konumsal veriler için bu veri kaynaklarından bazıları Dbpedia, Geonames vb. dir. Konumsal verilerin geometri tanımları için ise bir OGC standardı olan GeoSPARQL ontolojisi veya NeoGeo kelime hazinesi vb. kelime hazineleri kullanılabilir.

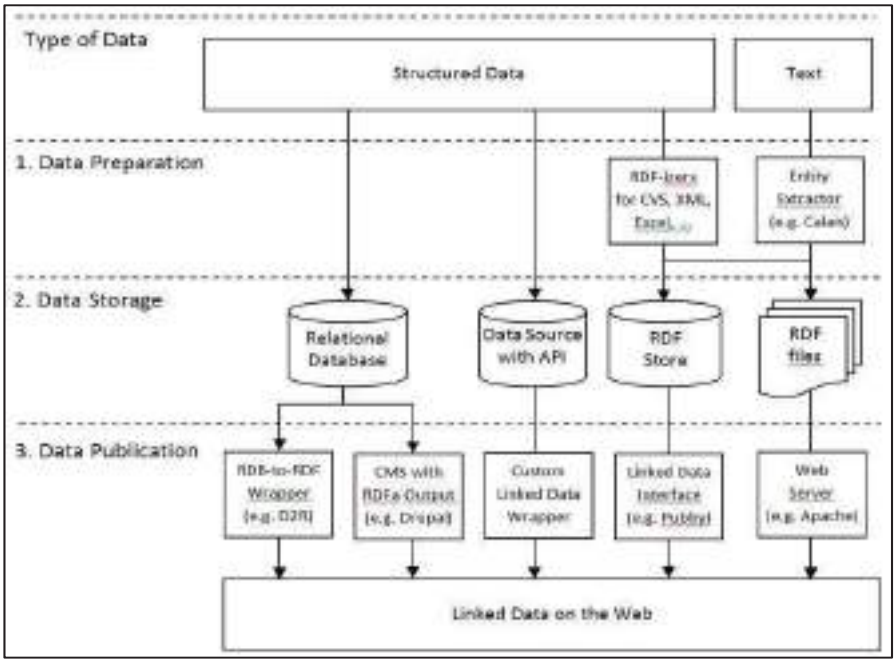
Bağlantılı veri kaynağındaki her bir URI farklı veri kaynaklarında aynı kavrama işaret eden URI ile ilişkilendirilir ve böylece veri kaynağında yer alan kavram veya varlık hakkında çok daha fazla bilgi RDF linkleri sayesinde elde edilir. Bağlantılı açık Veri Bulutunda mevcut ilişkiler için owl:sameas ilişkisi kurulur.

2.5. Veri Yayımlama ve Görselleştirme

Bu bölümde bağlantılı veri görselleştirme için mevcut yazılım araçları değerlendirilerek, en uygun yazılım aracı seçilerek örnek uygulama gerçekleştirilecektir. Bağlantılı Veri veya Bağlantılı Açık Verinin yayımlanması için henüz bir standart geliştirilmemiştir. Ancak bağlantılı verilerin yayımlanması için farklı yaklaşımlar vardır. Bu yöntemleri bir arada sunan iş akışı Şekil 2'de verilmiştir. Konumsal alanda konumsal verilerin bağlantılı veri olarak yayımlanmasında standart bir yöntem henüz mevcut değildir. Ancak W3C 11 Ağustos 2018 tarihli Bağlantılı Veri Yayımlamak için En İyi Uygulamalar" konulu bir W3C Editörler taslağı yayımlamıştır. Yayımlanan bu taslağın amacı, hükûmet yetkililerinin yüksek kalitede Bağlantılı Açık Veri yayımlamasına yardım etmektir. Taslak bağlantılı açık verilerin yayımlanması için bir iş akışı sunar ve işlem adımlarını açıklar. Bu çalışmalar konumsal alanda da benzer çalışmaların yapılacağının işaretçisidir. Bağlantılı verileri yayımlamak için farklı yöntemler önerilmiştir. Büch (2014) mevcut yaklaşımları ve araçları yaptığı çalışmada bir arada sunmuştur.

İlişkisel veri tabanlarında depolanan veriler RDF wrapperlarının ilişkisel veri tabanlarında kullanılmasıyla veriler kolay bir şekilde bağlantılı veri olarak yayımlanabilir. Basit olarak ifade etmek gerekirse sorgulanabilir yapılı veriden bağlantılı veriye geçilir. RDF wrapperları veri sağlayıcılarına ilişkisel veri tabanı yapılarından Bağlantılı Veri İlkelerine göre web üzerinde kullanılabilen RDF çizgelerine olan eşleştirmeleri tanımlamalarına izin verir. Bu ve benzeri şekilde veri kaynağı, RDF Deposu, RDF dosyası gibi farklı veri formatlarından bağlantılı verilerin

web üzerinde yayımlanması sağlanır. Bağlantılı veri yayınlama seçeneklerine ait iş akışı Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Bağlantılı veri yayımlama seçenekleri ve iş akışı (Heath and Bizer, 2011).

Bağlantılı konumsal verileri aramak ve bulmak için bazı sistemler geliştirilmiştir:

Map4RDF: Map4RDF, geometrik bilgi ile zenginleştirilmiş RDF veri setleri aramak ve görselleştirmek için haritalama ve yönlü tarama aracıdır. Herhangi bir SPARQL Endpointi ile sunulan bağlantılı konumsal verilerin alınıp görselleştirilmesine izin verir. Açık kaynak kodludur ve bağlantılı konumsal verilerin sunulduğu SPARQL Endpointleri kolayca tanımlayarak yapılandırılabilir (De León, Wisniewki, Villazón-Terrazas, Corcho, 2012).

LinkedGeoDataBrowser: OSM bağlantılı verileri için web tabanlı bir görselleştirme aracıdır. Bağlantılı konumsal veri kaynaklarının yapısını görüntülemek amacıyla geliştirilmiştir. Sınıf ve örnekleri haritada seçilen bölge için görüntülenebilir. Kullanıcıya belirli sınıf ve örneklerini görüntülemek gibi filtreleme imkânı sunar (Stadler vd., 2012).

Spacetime: Özellikle DBpedia veri setleri için geliştirilen web tabanlı bir uygulamadır. DBpedia veri setlerinden konum ve zaman bilgisini kolayca çıkarabilir. Tasarlanan kullanıcı dostu arayüzüyle SPARQL sorgularının karmaşıklığını çözmeye çalışır (Valsecchi ve Ronchetti, 2014).

Facete: Server taraflı bir SPARQL Endpointine bağlanabilen kullanıcı taraflı bir javascript uygulamasıdır. RDF verilerinin konumsal içeriği için yönlü arama sunar. Fakat boyutu büyük RDF verilerinin konumsal içeriğini aramak mümkün olmaz. Çünkü çoğu durumda konumsal içerik bütün kaynaklarda ve örneklerde yönetilemez (Stadler, Martin, Auer, 2014).

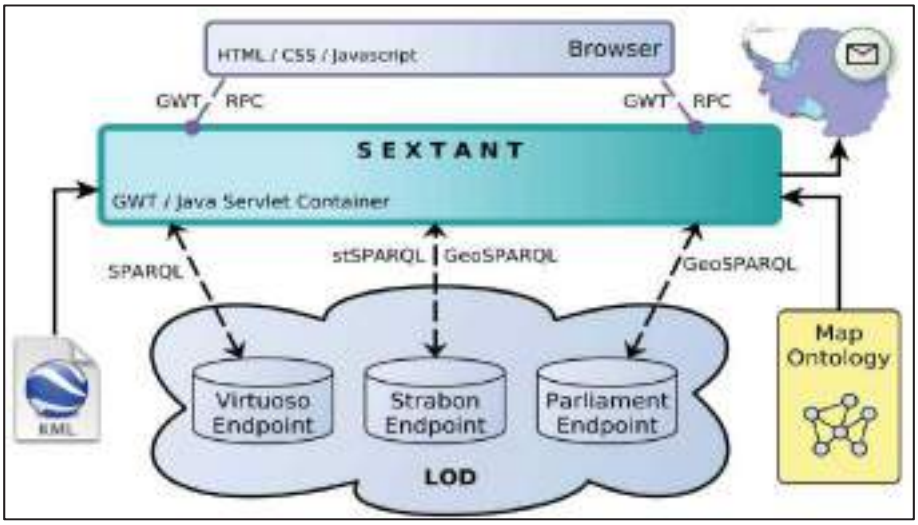
SexTant: Zamansal verileri görüntüleme yeteneklerine sahip olan bağlantılı konumsal veriler için kapsamlı bir görselleştirme sistemidir. Web teknolojilerine dayanan bir araçtır ve birden fazla işletim sisteminde çalışır. Konumsal ve zamansal bilgiyi görüntülemek için Sextantı tam kapasiteyle kullanmak için mimari zamansal ve konumsal veriler için depolama ve sorgulama imkanı sunan Strabon ile entegre edilmelidir (Nikolaou et al., 2015).

DBpedia Atlas: Bağlantılı veri setlerinin ön izleme problemini ele alan görselleştirme sistemlerinden biridir. Bir veri setinin yapısını ve veri seti içerisindeki kaynaklar arasındaki ilişkileri anlamak için kullanıcılar büyük resme ihtiyaç duyar. Yani detaylı aramadan önce bir öngörüş sağlamak için veri setindeki örnekleri yorumlayarak harita benzeri bir gösterim sağlar (Valsecchi, Abrate, Bacciu, Tesconi, & Marchetti, 2015).

Cesium: 3 boyutlu yeryüzü modeline dayanan bir javascript kütüphanesidir. RDF verisini görselleştirmek için ontoloji ve örneklerini çözümleyebilen jOWL ile entegre edilmiştir. JOWL, semantik web dokümanlarını yönlendirmek ve görselleştirmek için kullanılan bir semantik javascript kütüphanesidir. Konumsal ontolojilerle tanımlanan geometri ve konumsal içerik Cesium tarafından çıkarılır çözümlenir ve yorumlanır. Enlem, boylam, kapsam, sınırlayan dörtgen gibi konumsal içerik 3 boyutlu yeryüzü modeli üzerinde harita ile gösterilir (Potnis & Durbha, 2016).

GeoYASGUI (GeoSPARQL Query Editor and Result Set Visualizer): Rietveld ve Hoekstra (2013, 2014, ve 2017) tarafından tanıtılan YASGUI (Yet Another SPARQL Graphical User Interface) bir geliştirme aracı olan web tabanlı bir SPARQL istemcisidir. Başlangıçta Hollanda kadastro kurumunun bağlantılı konumsal verisini görüntülemek amacıyla geliştirilmiştir. Veri görselleştirmenin farklı tiplerini SPARQL sorgu yazma özelliği ile entegre eder (Beek vd., *2017).*

Geliştirilen bu sistemlerden Sextant'ın seçilmesinin nedeni diğerlerinin sınırlı özelliklerinin olmasıdır. Sextant iki ana fonksiyona sahiptir. İlk fonksiyonu çoklu SPARQL Endpointlerde yayımlanan bağlantılı konumsal verinin aranmasıdır. İkinci fonksiyonu ise KML, GeoJSON ve GeoTIFF gibi vektör ve raster formatlarda mevcut olan bağlantılı konumsal veri ve diğer konumsal bilgileri birleştirerek tematik haritaların oluşturulması, paylaşılması ve editlenmesidir. Şekil 3'te Sextant mimarisi verilmiştir.



Şekil 3. Sextant mimarisi (Nikolaou vd., 2015).

Bağlantılı konumsal verilerin yayımlanması ve seçilen katmanların tematik harita üzerinde gösterilmesi için Strabon Endpoint ve Sextant yazılımı kullanılmıştır. Öncelikle Çizelge 1'de belirtilen katmanlar GeoTriples yazılımı kullanılarak RDF'ye dönüştürülmüş ve bağlantılı konumsal veri olarak yayımlanmıştır. Sonrasında Sextant yazılımı Apache Tomcat ile çalıştırılmıştır ve bağlantılı konumsal veriler URI'leri ile birlikte Sextant ile tematik harita olarak gösterilmiştir. Yani ilişkisel veri tabanındaki veriler bağlantılı veri olarak yayımlanmıştır. Ve bağlantılı konumsal veri çizgi ve alan geometri tipinde harita üzerinde gösterilmiştir.



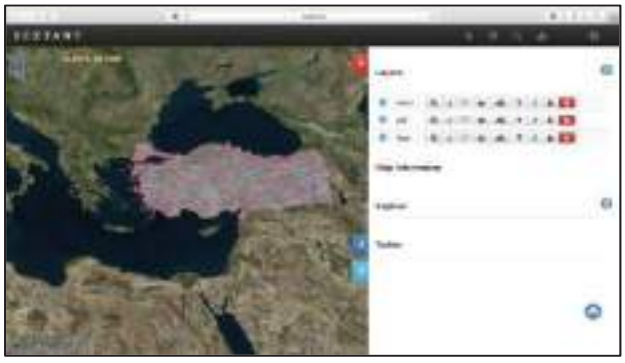
Şekil 4. Nehir katmanı.



Şekil 5. Göl katmanı.



Şekil 4. İl sınır katmanı.



Şekil 5. Nehir, göl, il sınır katmanları.

3. SONUÇ

Bağlantılı veri ilkeleri verilerin yapılı olması, URI'lerle ifade edilmesi, yayımlanması ve görselleştirilmesi için bazı standartları beraberinde getirir. Bu standartlar veriler arasında bağlantı kurulmasına izin verir ve anlamlı veriler Semantik Web ve Bağlantılı Veri Teknolojileri ile bulunabilir hâle gelir. Bu çalışmada seçilen katmanlar bağlantılı konumsal verilere dönüştürülerek Strabon Endpoint ile yayımlanmıştır ve Sextant ile tematik haritaları oluşturulmuştur. İzleyen çalışmalarımızda SPARQL sorgusu gerçekleştirilecek ve sorgu sonucu harita üzerinde gösterilecektir.

Günümüzde konumsal verilerin bağlantılı veri olarak yayımlanması son yılların popüler çalışma alanlarından biridir. Bu çalışmanın amacı konumsal verilerin bağlantılı veri olarak nasıl yayımlanacağını ve konumsal bağlantılı verilerin harita üzerinde gösterilmesi için gereksinimleri belirlemek ve bir yol haritası çizmektir. Ayrıca, son yıllarda önemi Semantik Web'te gittikçe artan konumsal verilerin bağlantılı veri olarak yayımlanmasına ait işlem adımları ve sonuçlar sunulmuştur. Semantik Web'te konumsal uygulamaların gerçekleştirilmesi için konumsal verilerin bağlantılı veri olarak yayımlanması en acil gereksinimdir.

KAYNAKLAR

Büch, H., 2014. Publishing Linked Data-different approaches and tools, Term Paper Course of studies: Library & Information Management Stuttgart Media University Faculty for Information and Communication, https://hdms.bsz-bw.de/files/1721/BuechHolger_PublishingLinkedOpenData_Kopie.pdf

Beek, W., Folmer, E., Rietveld, L., ve Walker, J., 2017. GeoYASGUI: The GeoSPARQL Query Editor and Result Set Visualizer. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLI, 39–42. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W2-39-2017

Berners-Lee, T., 2006. Linked Data-Design Issues, http://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html. 7, 26, 82.

Bizer, C., Heath, T. ve Berners-Lee, T., 2009, Linked data-the story so far, *International Journal on Semantic Web and Information Systems,* 5 (3), 1-22.

Brickley, D., ve Guha, R. V., 2004. RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema - W3C Recommendation. http://www.w3.org/TR/rdf-schema/, 2004. 17, 24, 56.

De León, A., Wisniewki, F., Villazón-Terrazas, B., ve Corcho, O., 2012. Map4rdf -Faceted Browser for Geospatial Datasets. In Using Open Data: Policy Modeling, Citizen Empowerment, *Data Journalism*. Retrieved from https://www.w3.org/2012/06/pmod/pmod2012_submission_33.pdf

Gruber, T. R., 1993. A Translation Approach to Portable Ontologies. *Knowledge Acquisition*, 5(2):199–220.

Gruber, T. R., 1995. Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. International Journal of Human Computer Studies, 43(5–6): 907–928.

Guarino, N., 1997. Semantic Matching: Formal Ontological Distinctions for Information Organization, Extraction, and Integration. In M. T. Pazienza (ed.) *Information Extraction: A Multidisciplinary Approach to an Emerging Information Technology,* Springer Verlag: 139-170.

Heath, T. ve Bizer, C., 2011. Linked data: Evolving the web into a global data space. *Synthesis lectures on the semantic web: theory and technology*, *1*(1), pp.1-136.

Klien, E., ve Probst, F., 2005. Requirements for geospatial ontology engineering. In *8th conference on geographic information science (AGILE 2005)* (pp. 251-260).

Koubarakis, M., Kontoes, C., ve Manegold, S. (2013, March). Real-time wildfire monitoring using scientific database and linked data technologies. In *Proceedings of the 16th International Conference on Extending Database Technology* (pp. 649-660). ACM.

Kyzirakos, K., Karpathiotakis, M., ve Koubarakis, M., 2012. Strabon: a semantic geospatial DBMS. In *International Semantic Web Conference* (pp. 295-311). Springer, Berlin, Heidelberg.

Kyzirakos, K., Vlachopoulos, I., Savva, D., Manegold, S., ve Koubarakis, M., 2014. GeoTriples: a Tool for Publishing Geospatial Data as RDF Graphs Using R2RML Mappings. In *TC/SSN@ ISWC* (pp. 33-44).

McGuinness, D. L., ve van Harmelen, F., 2004. OWL Web Ontology Language Overview - W3C Recommendation. http://www.w3.org/TR/2004/REC-owlfeatures-20040210/, 2004. 17, 24, 56.

Miles, A., ve Bechhofer, S., 2009. Skos simple knowledge organization system - reference. http://www.w3.org/TR/skos-reference/, 2009. 24, 56.

Nikolaou, C., Dogani, K., Bereta, K., Garbis, G., Karpathiotakis, M., Kyzirakos, K., ve Koubarakis, M., 2015. Sextant: Visualizing time-evolving linked geospatial data. Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web, 35, 35–52.

Stadler, C., Lehmann, J., Höffner, K., ve Auer, S., 2012. LinkedGeoData: A core for a web of spatial open data, *Semantic Web*, 3, 333–354. https://doi.org/10.3233/SW-2011-0052.

Potnis, A. V, ve Durbha, S. S., 2016. Exploring Visualization of Geospatial Ontologies Using Cesium. Retrieved from http://ceur-ws.org/Vol-1704/paper14.pdf

Rietveld, L., ve Hoekstra, R., 2013. YASGUI: Not Just Another SPARQL Client. Extended Semantic Web Conference, 78–86. Retrieved from http://laurensrietveld.nl/pdf/Yasgui.pdf

Rietveld, L., ve Hoekstra, R., 2014. YASGUI: Feeling the Pulse of Linked Data. EKAW 2014: Knowledge Engineering and Knowledge Management, 441–452. Retrieved from https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-13704-9_34.pdf

Rietveld, L., ve Hoekstra, R., 2017. The YASGUI Family of SPARQL Clients. Semantic Web, SWJ 8(3), 373–383. Retrieved from http://www.semantic-webjournal.net/system/files/swj1001.pdf

Stadler, C., Martin, M., ve Auer, S., 2014. Exploring the Web of Spatial Data with Facete. https://doi.org/10.1145/2567948.2577022.

Valsecchi, F., ve Ronchetti, M., 2014. Spacetime: a Two Dimensions Search and Visualisation Engine Based on Linked Data. In SEMAPRO 2014 : The Eighth International Conference on Advances in Semantic Processing (pp.8–12). IARIA, http://www.iit.cnr.it/sites/default/files/semapro2014.pdf

Valsecchi, F., Abrate, M., Bacciu, C., Tesconi, M., ve Marchetti, A., 2015. DBpedia Atlas: Mapping the Uncharted Lands of Linked Data. In Proceedings of the Workshop on Linked Data on the Web colocated with the 24th International World Wide Web Conference (WWW 2015). CEUR-WS.org.

W3C SWEO, 2017. Linking Open Data Community Project. Retrieved April 9, 2017, from https://www.w3.org/wiki/SweoIG/TaskForces/CommunityProjects/LinkingOpenData.

KÜLTÜREL MİRAS BELGELEMESİNDE ÇOK DİSİPLİNLİ EĞİTİM TASARIMI VE SİVİL BİLİM YAKLAŞIMI

Nusret DEMİR[1],Havva İŞKAN IŞIK[2], Mustafa KOÇAK[3], Namık Kemal SÖNMEZ[4], Bülent BAYRAM [5],Esin KULELİ[6], Berk ANBAROĞLU[7], Ercüment AKSOY[8], Hasan Bora YAVUZ[5], Mustafa ERTÜRK[9],Mesut ÇOŞLU[10],Murat UYSAL[11], Gökhan KILIÇ[12], Alper AŞINMAZ[13], Aysel OVALIOĞLU[14], Aysun TUNA[15], Birce KÖKSAL[16], Berrin DİKERLER[17], Canan KARATAŞ YÜKSEL[19], Cansu DEVRİM[19], Cavit Onur DOĞAN[20], Duygugül AKSU[21], Ebubekir KARAKOCA[22], Fatma GÖK[23], Mehmet Can DENİZ[19], Mertcan ÖNTÜRK[24], Nazime Tilbe ŞAŞMAZ[25], Nevra ARSLAN[26], Nisa YILMAZ ERKOVAN[27], Özge BOZKURTOĞLU ÖZCAN[28], Özgür GEMİCİ[29], Pelin ALTINTAŞ[17], Ramazan Alper KUÇAK[30], Sefa AK[31], Selen OY[21], Semih ORHAN[31], Semih ÜNAL[32], Serhat KARAKAYA[29], Yeliz PAMUK[19], Yiğit Emre Kaan YILMAZ[33],Dursun Zafer ŞEKER[34],Sultan KOCAMAN[35]

[1] Dr. Öğr. Üyesi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, 07058, nusretdemir@akdeniz.edu.tr
[2]Prof. Dr., Akdeniz Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Arkeoloji Bölümü, 07058, Antalya, havva@akdeniz.edu.tr
[3]Doç.Dr., Antalya Bilim Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 07190, Antalya, mustafakocak@antalya.edu.tr
[4] Prof. Dr., Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, 07058, nksonmez@akdeniz.edu.tr
[5]Prof. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34210, İstanbul, bayram@yildiz.edu.tr
[5]Mühendis,Litech Engineering Ltd., Istanbul, hborayavuz@gmail.com
[6]Dr. Öğr. Üyesi, Antalya Bilim Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 07190, Antalya, esin.kuleli@antalya.edu.tr
[7]Dr. Öğr. Üyesi, Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 06800, Ankara, banbar@hacettepe.edu.tr
[8]Öğr. Gör, Akdeniz Üniversitesi Teknik Bilimler MYO, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, CBS Pr., 07058, Antalya, ercumentaksoy@akdeniz.edu.tr
[9]Prof. Dr., Akdeniz Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, 07058, Antalya, mustafaerturk@akdeniz.edu.tr
[10]Mühendis, Akdeniz Üniversitesi, AKUZAL, 07058, Antalya, mesutcoslu@akdeniz.edu.tr
[11]Doç. Dr., Afyon Kocatepe Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 03001, Afyon, muysal@aku.edu.tr
[12]Dr. Öğr. Üyesi, İzmir Yaşar Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 35100, İzmir, gokhan.kilic@yasar.edu.tr
[13]Doktora Öğrencisi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Arkeoloji Anabilim Dalı, 35390, İzmir, alperasinmaz@gmail.com
[14] Yüksek Lisans Öğrencisi, Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Müzecilik Anabilim Dalı, 07058, Antalya, ayselovalioglu@gmail.com
[15]Dr. Öğr. Üyesi, İnönü Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 44210, Malatya, aysuntuna17@gmail.com
[16]Yüksek Lisans Öğrencisi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, 34349, İstanbul, koksalbirce@gmail.com
[17]Yüksek Lisans Öğrencisi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, berrindikerler@gmail.com, pelinaltintas92@gmail.com
[18]Arş. Gör, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Arkeoloji Bölümü, 31060, Hatay, canankaratas@gmail.com
[19]Lisans Öğrencisi, Akdeniz Üniversitesi, Arkeoloji Bölümü, 07058, Antalya, cansudevrim1@gmail.com, candeniz815@icloud.com, yelizpamuk9@gmail.com
[20]Harita Mühendisi, Karayolları 13. Bölge Müdürlüğü, 07108, Antalya, cavitonur07@gmail.com
[21] Yüksek Lisans Öğrencisi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bil.Enst., 07058, Antalya, duygugulaksu@gmail.com , selenoy171@gmail.com
[22]Arş. Gör, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, 11230, Bilecik, ebubekir.karakoca@bilecik.edu.tr
[23]Lisans Öğrencisi, Antalya Bilim Üniversitesi, Güzel Sanatlar Ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 07190, Antalya, fatmagokarch07@gmail.com
[24]Lisans Öğrencisi, Akdeniz Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Eski Yunan Dili ve Edebiyatı Bölümü, 07058, Antalya, onturkmertcan@gmail.com
[25]Lisans Öğrencisi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 55139, Samsun, tilbe.sasmaz@gmail.com
[26]Yüksek Lisans Öğrencisi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sanat Tarihi Bölümü, 17100, Çanakkale, nooraharslan@gmail.com
[27]Dr. Mimar, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı, 07425, Antalya, nisa.erkovan@alanya.edu.tr
[28]Arş. Gör, Akdeniz Üniversitesi, Akdeniz Uygarlıkları Araştırma Enstitüsü, 07058, Antalya, ozgebozkurtogluozcan@gmail.com
[29]Restoratör, Antalya Restorasyon ve Konservasyon Bölge Müdürlüğü Laboratuvarı Müdürlüğü, 07050, Antalya, ozgurgemici@yandex.com, serhatkarakaya@gmail.com
[30]Arş. Gör, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği, 34469, İstanbul, kucak15@itu.edu.tr
[31]Yüksek Lisans Öğrencisi, Bilecik Şey Edebali Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, 11230, Bilecik, sefaak53@gmail.com
[32]Doktora Öğrencisi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama CBS Anabilim Dalı, 07058, Antalya, 20175181002@ogr.akdeniz.edu.tr
[32]Doktora Öğrencisi, Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Arkeoloji Anabilim Dalı, 07058, Antalya, semihorhan1881@gmail.com
[33]Lisans Öğrencisi, Akdeniz Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Eskiçağ Dilleri ve Kültürleri Bölümü, 07058, Antalya, yigitemrekaan@gmail.com
[34] Prof. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği, 34469, İstanbul, dzseker@itu.edu.tr
[35] Doç. Dr., Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 06800, Ankara, sultankocaman@hacettepe.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada Patara kazılarının 30.yılı anısına, Akdeniz Üniversitesi ve Antalya Bilim Üniversitesinin birlikte organizasyonu ile Patara Antik Kenti'nde 9-12 Nisan 2018 tarihleri arasında düzenlenen "Arkeolojide Mekânsal Bilgi Teknolojileri" kursunun ne amaçla ve nasıl planladığı ile birlikte elde edilen çıktılarla ilgili bilgilerin dış paydaşlarla paylaşılması hedeflenmiştir. Kurs, kültürel miras veya arkeoloji alanında çalışan ya da öğrenim gören insanların, mekânsal bilgi teknolojileri konusunda bilgi edinmelerini, diğer yandan mekânsal bilgi teknoloji konusunda eğitim gören insanların da bu teknolojilerin kültürel miras belgelemesinde kullanım alanlarının farkındalığını amaçlamıştır. Özellikle, ihtiyaç duyulacak mekânsal bilginin doğruluk derecesinin saptanması ve ihtiyaç duyulan ürünlerin farkındalığı ve de kullanılacak güncel teknolojinin sınırlarının bilinmesi, birlikte çalışılacak konu üzerinde daha etkin ve kaliteli sonuçlar alınmasını sağlayabilecektir. Ayrıca farklı disiplinler arasında ortak bir dil oluşturulmasını sağlamak amacıyla ilgili alanlarda öğrenim gören öğrencilerin bu amaçla, daha öğrencilik hayatları boyunca yönlendirilmeleri önemlidir. Sivil bilim kapsamında yapılan kültür gezisinde turistik olarak elde edilmiş görüntülerden Ksanthos Antik Tiyatrosunun da 3 boyutlu modeli fotogrametrik yöntemle elde edilmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde planlanan eğitiminin hedeflerine ulaştığı ve beklentileri fazlasıyla sağladığı görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: arkeoloji, sivil bilim, eğitim, kültürel miras

ABSTRACT

DESIGNING MULTIDISCIPLINARY COURSE FOR CULTURAL HERITAGE DOCUMENTATION WITH CITIZEN SCIENCE CONCEPT

In this paper, we aim to share the experiences, lessons learned from the summer school entitled 'Spatial Information Technologies in Archeology'. The course was jointly organized by Akdeniz University and Antalya Bilim University between April 9-12th 2018 at the Patara Ancient Site, which celebrates its 30th year anniversary of excavations. The course aimed to train people who are studying or working in the field of cultural heritage or archeology to gain new knowledge on spatial information technologies. At the same time, those who were trained in spatial information technologies would be aware about cultural heritage documentation. In particular, determination of degree of spatial accuracy, awareness of the needed information, and knowledge regarding the limits of the used technology would provide much value in multidisciplinary projects. It is also important to build a common language amongst the different disciplines throughout young researchers. The 3D model of Xanthos theater was created by photogrammetric method from the touristic images obtained during the cultural tour made within the scope of citizen science. The course reached its goals more than expected.

Keywords: archeology, citizen science, training, cultural heritage

1. GİRİŞ

Mekânsal bilgi teknolojileri, harita/geomatik disiplininden ayrı olarak, pek çok farklı disiplin için de önemlidir. Kültürel miras belgelemesi de arkeoloji, tarih, mimarlık gibi alanların yoğun olarak katkı sunduğu ancak bu alanların mekânsal bilgi teknolojilerine ihtiyaç duyduğu bir konudur. Kültürel mirasın doğru bir şekilde ortaya çıkarılması için gerçekleştirilen araştırmalar, son teknolojik gelişmelerin bu alanda yer bulmasına, geleneksel yöntemlerin modern belgeleme tekniklerine dönüşümünü sağlamıştır (Korumaz-Güleç vd. 2011 Kültürel miras belgeleme çalışmalarında da gerek uzaktan algılama (Parcak, 2009), gerek fotogrametri ve lazer tarama (Ionnidis vd., 2005), gerekse de Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) (Tok ve Demir, 2017, Kocaman vd. 2017) oldukça faydalı sonuçlar alınmasını sağlamaktadır. Ancak mesleki formasyonlarından dolayı, kültürel miras belgeleme alanında çalışan araştırmacıların mekânsal bilgi teknolojilerinin ileri düzeyde kullanmaları beklenemeyeceğinden, konunun uzmanlarına ihtiyaç duyacaklardır. Bu yüzden, mekânsal bilgi teknolojileri uzmanları ile kültürel miras konusunda çalışan uzmanların gerçekleştirilecek projelerde ihtiyaç duyacakları ortak bir dil gereklidir. Bunun bir kültür olarak eğitim yıllarında ele alınması gerekmektedir (Pirrie vd., 1999).

Kültürel miras belgelemesi ile ilgili uluslararası düzeyde kurs ve yaz okulları farklı organizasyonlar tarafından düzenlenmiştir. Örneğin 2006 yılında Girit adasında ISPRS tarafından, Aristoteles Üniversitesi ve ETH (Eidgenössische Technische Hochschule) Zürih organizasyonu ile Kültürel Miras dijital belgelemesi ve 3B modellemesi konulu bir haftalık bir yaz okulu düzenlenmiş, konusunda uzman uluslararası çalışmaları olan araştırmacılar eğitmen olarak destek vermişlerdir (URL-1). Bilgisayar mühendisliği disiplini de kültürel miras belgelemesinde otomasyon konusunda 2007 yılında Viyana'da, Viyana Teknik Üniversitesi tarafından yaz okulu düzenlenmiştir(URL-2). 2008 yılında da UNESCO tarafından Kültürel Mirasın korunması konusunda Polonya Zamosc kentinde bir yaz okulu düzenlenmiştir (URL-3). 2018 yılı içerisinde Yunanistan'ın Napflio kentinde kültürel miras belgelemesinde fotogrametri konulu Arkansas Üniversitesi organizatörlüğünde kurs düzenlenmiştir (URL-4).

Kültürel miras çalışmalarında sadece bilim insanlarının değil, gönüllülerin de katkısı önemlidir. Bu tür katkılar çeşitli sivil bilim projeleri kapsamında pek çok bilimsel alanda giderek artmaktadır. Sivil bilim çoğunlukla profesyonel bilim insanları ve enstitülerin denetimi altında yada işbirliği içinde halkın gerçekleştirdiği bilimsel çalışma olarak tanımlanmaktadır (Anbaroğlu vd., 2017). Bu amaçla, profesyonel araştırmacı olmayan kişilerin araştırma süreçlerine katılımı sağlanabilir ve bunun için gerekli altyapı oluşturulabilir (Anbaroğlu vd., 2017). Sivil bilimin arkeolojide uygulayan araştırmacılardan Sarah Parcak geliştirdiği çevrimiçi bir sistem ile kullanıcılara rastgele getirilen, konumlarının belirtilmediği uydu görüntüleri üzerinden potansiyel buluntu alanlarını işaretlemelerini sağlamıştır. Böylece henüz keşfedilmemiş kültürel mirasın bulunmasının amaçlandığı bu çalışması ile de TEDx ödülüne layık görülmüştür.

Bu kursa da hem dünyadaki örneklere paralel olarak, mekânsal bilgi teknolojilerinin kültürel mirasta uygulanmasını hem de sivil bilim bilincinin oluşturulması amaçlanmasıyla, Antalya'nın Kaş ilçesinde, Patara Antik Kenti kazılarının da 30.yılına denk gelen bu yılda, 30 öğrenci katılımlı, mekânsal bilgi teknolojilerinin arkeolojide kullanma potansiyellerinin ortaya konmasını hedefleyen ulusal ölçekli bir kurs düzenlenmiştir. Kursun duyurulması Akdeniz Üniversitesi ve Bilim Üniversitesi ana sayfaları, Uzaktan Algılama Uygulama ve Araştırma Merkezi ana sayfası üzerinden ayrıca haberita.com internet sayfasında tanıtıcı bir röportaj yayımlanmış, sosyal medya ile arkeoloji ile ilgili popüler sayfalar (URL-5) yine kursun duyurusunu geniş kitlelere ulaştırmıştır.

2. KURS TASARIMI

Kurs, arkeoloji vb. alanlardan gelen katılımcıların mekânsal bilgi teknolojileri konusunda bilgi sahibi olmasını hedeflerken, diğer yandan da mekânsal bilgi teknolojileri konusunda bilgi sahibi katılımcıların, arkeoloji ve diğer eğitimleri boyunca ele almadıkları kültürel mirası korumaya ve belgelemeye yönelik bilgi almaları amaçlanmıştır. Kursta verilecek dersler arkeolojik alanlarda kullanılan mekânsal bilgi teknolojilerinin belirlenip bu konularda çalışmaları ve araştırmaları olan bilim insanları belirlenerek sağlanmıştır.

Buna göre kursta verilen teorik dersler aşağıda listelenmiştir.

- Arkeolojide Temel Kavramlar
- Arkeoloji ve Coğrafya İlişkisi
- Arkeolojik Kazılarda Belgeleme ve Yapı Analizi
- Arkeolojide Rölöve
- Arkeolojide Harita Bilgisi ve Arazi Ölçmeleri
- Arkeolojiye Gönüllü Katkısı
- Fotogrametri
- Uzaktan Algılama
- Laser Tarama/ LIDAR
- İHA Temel Kavramlar

Ders planlarının oluşturulmasında bilim kurulunun görüşlerinden faydalanılmıştır. Arkeolojide temel kavramlar dersinde arkeolojinin diğer bilim dalları ile olan ilişkisi, gelişen teknolojik gelişmelerin arkeolojiye etkisi arkeoloji disiplini açısından değerlendirilmiştir. Arkeoloji ve coğrafya ilişkisi dersinde antik kentlerin bulunduğu coğrafyalarla etkileşimleri örneklerle paylaşılmıştır. Arkeolojik kazılarda belgeleme ve yapı analizinde farklı dönemlere ait yapıların nasıl analiz edileceği ve belgelemede dikkat edilmesi gereken hususlar değerlendirilmiştir. Arkeolojide rölöve üretirken kullanılan teknikler, önemli noktalar rölöve dersinde katılımcılarla paylaşılmıştır. Harita bilgisi ve arazi ölçmeleri dersinde temel datum, projeksiyon kavramları, ölçme yöntemleri ele alınmış ve ölçme aletleri ile kapsamlı uygulama gerçekleştirilmiştir. Arkeolojiye gönüllü katkısı dersinde internet üzerinden açık bir şekilde erişilebilen kaynaklardan mobil uygulamalara kadar arkeoloji ile ilgili kişilerin hizmetine sunulmuş olan imkânların, nasıl kültür turizmi alanında değerlendirilebileceği ele alındı. Fotogrametri dersinde fotogrametrik işlem adımları ve ürünler, bunların kalitesini etkileyen faktörler üzerinde durulmuştur. Uzaktan algılama dersinde temel olarak aktif ve pasif uzaktan algılama sistemleri ele alındı ve ayrıca arkeoloji konusunda literatürdeki çalışmalardan örnekler paylaşılmıştır. Laser tarama /LIDAR dersinde fotogrametri dersinde olduğu gibi, temel teorik bilgilerin yanında, ürün kalitesinin üzerinde durulmuştur. Arkeolojik alanlarda sıklıkla kullanılmaya başlayan İHA'ların teknik özellikleri, yasal mevzuatlar İHA temel kavramlar dersinde paylaşılmıştır. Teorik derslerden sonra, antik kent alanında uygulama dersleri gerçekleştirilmiştir. Son olarak da çevredeki Letoon, Xanthos, Tlos antik kentlerine kültür gezisi düzenlenmiştir.

Kursun katılımcıları, kariyerine yeni başlamış öğretim üyesi, doktora öğrencileri, yüksek lisans öğrencileri ve lisans öğrencilerinden oluşmuştur. Katılımcılardan mekânsal bilgi teknolojileri konusunda önceden bilgisi olanlar, uygulama saatlerinde ilgili proje aşamalarının gerçekleştirilmesinde, diğer katılımcıların dersi sağlıklı bir şekilde takip etmelerinde yardımcı olmuşlardır. Katılımcıların, kursun yürütülmesinde bir diğer katkısı da kurs boyunca yardımcı hizmetlerde de gönüllü olarak destek sağlamışlardır. Böylece kurs sosyal anlamda da dayanışma içinde gerçekleştirilmiştir.

3. UYGULAMA

Patara Antik Kenti girişinde bulunan Patara Kent Kapısı, aynı zamanda bir su yapısı ve onurlandırma anıtıdır. Yaklaşık 19 metre genişliğinde ve 10 metre yüksekliğindeki yapının üzerinde Roma İmparatoru Traian döneminin valisi Modestus ve ailesini onurlandıran Konsol Yazıtları bulunmaktadır. Bu yapı kurs kapsamında Leica C10 yersel laser tarayıcı ile iki istasyondan taranmış olup elde edilen nokta bulutu Şekil 1'de görülmektedir. Veri yaklaşık 6 milyon nokta içermektedir.



Şekil 1. Patara Tak yapısı nokta bulutu ve ölçüm işlemi.

Kurs kapsamında, temel harita bilgisinin yanında, total station, GNSS sistemleri ile koordinat ölçümü, nivo ile nivelman konuları da işlenmiştir. Buradaki amaç, arkeoloji alanından gelen katılımcılara bu teknolojilerin tanıtılması ve elde edilecek verinin neler olabileceği konusunda bilgi sağlamak olmuştur (Şekil 2).



Şekil 2. Alanları sanat tarihi ve arkeoloji olan öğrencilerin total station uygulamaları.

Kurs kapsamında, Sensefly multicopter yardımı ile görüntü alımı yapılarak Pix4D yazılımı ile değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak 4 cm çözünürlüğünde yükseklik modeli ve ortofoto üretilmiştir (Şekil 3).




Şekil 3. İHA ile veri elde etme ve üretilen ortogörüntü.

Kültür gezisi kapsamında Ksanthos Antik Kenti tiyatrosundan, tüm kurs katılımcılarından elde edilen fotoğraflar kurs sonrası toplanmış ve Agisoft Photoscan yazılımı kullanılarak Google Maps üzerinden elde edilen kontrol noktaları ile değerlendirilip, 3 boyutlu model elde edilmiştir (**Şekil 4**).



Şekil 4. Ksanthos Antik Tiyatrosu 3D Modeli.

4.SONUÇ

Sonuç olarak, kültürel miras belgelemesi üzerinde katkı sağlayan farklı sosyal ve teknik bilimlerden öğrenciler veya kariyerlerinin ilk yıllarında olan araştırmacılar, bu kurs kapsamında bir araya gelmiş, birlikte ortak proje potansiyelinin geliştirilmesinin yanında, sosyal ve teknik bilim alanlarındaki insanların birbirlerini daha iyi anlamaları konusunda bir etki ve farkındalık oluşturulmaya çalışılmıştır. Kurs konularına sivil bilim de dahil edilmiş, turistik amaçla elde edilmiş fotoğraflar toplanıp değerlendirilmiş, kültürel miras konusunda kariyer yapacak öğrencilere sivil bilim bilincinin yerleştirilmesine çalışılmıştır. Bu kursun düzenlenmesinde gereksinim duyulan ekonomik destek, katılımcılardan sağlanan katılım ücretleri ve destekleyici firmalar tarafından sağlanan gıda yardımları ile sağlanmıştır.

Benzer kurslar; ormancılık, şehir planlama, ziraat gibi konularda da düzenlenip bu konulardaki disiplinler-arası iş birliği potansiyelleri geliştirilebilir. Uluslararası çatı kuruluşlarla (ISPRS, FIG, IGARS gibi) iş birliği yapılarak uluslararası öğrenci ve hoca katılımıyla gerçekleştirilip hem bilgi paylaşımının uluslararası düzeyde olması sağlanabilir hem de ülkemizin kültürel mirasının tanıtılması sağlanabilir.

Ayrıca, bu kursun önümüzdeki dönemde uluslararası katılımlı olarak düzenlenmesi planlanmaktadır.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, kursun gerçekleştirilmesinde desteklerini esirgemeyen Harita Mühendisleri Odası Antalya Şubesine, Paksoy Teknik Ltd. Şirketine, Denge Mühendislik, Litech Mühendislik ve Prohit Mühendislik Ltd. Şirketine teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

Anbaroğlu, B., Kocaman, S., Uğurlu, A., Demir, N., 2017.Sivil Bilim: Mobil Çağda Bilimsel Süreçlerin Gelişimine Yeni Bir Yaklaşım, Akademik Bilişim 2017.Bildiri Kitabı, 5 sayfa, http://ab.org.tr/ab17/bildiri/241.pdf.

Ioannidis, C., Demir, N., , Soile, S., Tsakiri, M., 2005, Combination of laser scanner data and simple photogrammetric procedures for surface reconstruction of monuments, CIPA 2005 20th International Symposium, Torino, Italy.

Kocaman, S., Anbaroğlu, B., Uğurlu, A., Demir, N., 2017, Coğrafi Bilgi Teknolojilerinin Sivil Bilimdeki Yeri, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17: 112- 117.

Korumaz-Güleç, A., Dülgerler, O.N., Yakar, M., 2011. Kültürel Mirasin Belgelenmesinde Dijital Yaklaşimlar, Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim Ve Teknoloji Dergisi, 26(3):67-83.

Parcak, S., 2009 , Satellite Remote Sensing for Archaeology, Routledge, London, England, 286 p.

Pirrie, A., Hamilton, S., Wilson, V., 1999, Multidisciplinary education: some issues and concerns, *Educational Research* 41(3), 301-314.

Tok, M., Demir, N., 2017, QGIS ile Web Tabanlı Arkeolojik Alanlar Bilgi Sistemi, TMMOB HKMO CBS Sempozyumu, Adana, Türkiye.

URL-1. Report on the International Summer School "Digital Recording and 3D Modeling", http://www.isprs.org/publications/highlights/highlights0606/summerschool1.html, Erişim Tarihi: 27.07.2018

URL-2.International Summer School Computer Vision for Cultural Heritage 2007 Sayfası, https://www.prip.tuwien.ac.at/cvch07/ , Erişim Tarihi: 27.07.2018.

URL-3 10th UNESCO International Summer School on the Preservation of Cultural Heritage Sayfası, https://www.mzv.sk/documents/10182/132445/10thZamoscgeneralinformation.pdf , Erişim Tarihi: 27.07.2018.

URL-4 Digital Tools for Heritage Management: 3D Laser Scanning and Photogrammetry Field School Sayfası, https://heritagemanagement.org/training/summer-schools/digital-tools-for-heritage-management/ , Erişim Tarihi: 27.07.2018.

URL-5 Arkeolojik Haber İnternet Sayfası, https://www.arkeolojikhaber.com/haber-arkeolojide-mekansal-bilgi-teknolojileri-kursu-9614/, Erişim Tarihi: 27.07.2018.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6731

KADASTRO 2034 VİZYONU AÇISINDAN TÜRKİYE KADASTROSUNUN MEVCUT DURUM ANALİZİ

Zeynel Abidin POLAT[1]

[1]Dr. Öğrt. Üyesi, İstanbul Arel Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Gayrimenkul ve Varlık Değerleme Bölümü, 34100, İstanbul, zapolat@arel.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmanın amacı Türkiye'deki mevcut arazi idaresi ve kadastro sisteminin durum tespitini yaparak mevcut yapının Kadastro 2034 vizyonu prensipleriyle entegrasyonunun sağlanması için en uygun stratejiyi belirlemeye yardımcı olmaktır. Çalışmada Türkiye'deki mevcut arazi idaresi ve kadastro sisteminin hukuksal, kurumsal ve teknik durumu SWOT analiz yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir. Bu kapsamda öncelikle Türkiye'deki mevcut arazi idaresi ve kadastro sisteminin hukuksal, kurumsal ve teknik açıdan üstün veya zayıf yönleri ile dış çevreden kaynaklanan fırsat ve tehditler SWOT matrisi ile belirlenmiştir. Analiz neticesinde tehditleri ortadan kaldıracak ve zayıf yönleri güçlendirecek önerilerde bulunmuştur.

Anahtar Sözcükler: kadastro 2034 vizyonu, SWOT analizi, TKGM

ABSRACT

CURRENT SITUATION ANALYSIS OF TURKISH CADASTRE IN TERMS OF CADASTRE 2034 VISION

The aim of this study is to help determine the most appropriate strategy to ensure integration of cadastral and land administration system in Turkey with Cadastre 2034 vision principles. In the study, legal, institutional and technical status of existing cadastral land administration system in Turkey was determined using SWOT analysis method. In this context, primarily superior or weaknesses of the existing land administration and cadastre system in Turkey in terms of legal, institutional and technical and opportunities and threats arising from the external environment were identified by the SWOT matrix. As a result of the analysis, the proposals were to remove the threats and strengthen the weaknesses. As a result of the analysis, ıt has made recommendations to eliminate threats and strengthen weaknesses.

Keywords: cadastre 2034 vision, SWOT analysis, GDLRC

1. GİRİŞ

Toplumun yapısının ve gereksinimlerinin değişmesiyle kadastronun kapsamının ve özelliklerinin de değişmesi, bu özelliklere bağlı olarak da kadastronun hedeflerinde ve temel ilkelerinde değişmelerin olması doğal bir ilişkidir. Bu kapsam "çok amaçlı kadastro" olarak nitelenmektedir. Bu bağlamda kadastro uluslararası düzeyde yoğun çalışmaların yürütüldüğü alanlardan biridir (Çete, 2015). Özellikle Uluslararası Haritacılar Federasyonu (FIG), Birleşmiş Milletler (UN) ve Dünya Bankası (WB) gibi kuruluşların, kadastronun geliştirilmesine katkı sağlamak amacıyla önemli çalışmaları ve yayımları bulunmaktadır. Bunlardan, FIG'in 1998 yılında yayımlamış olduğu, geleceğin kadastro vizyonu ile ilgili öngörüleri içeren ve bugüne kadar 28 farklı dile çevrilen Kadastro 2014 raporu, bu alanda üzerinde en çok konuşulan ve uygulamaya katkısı olan rapor niteliğindedir. Kadastro 2014 vizyonu dünya ölçeğinde geleneksel kadastral sistemlerin sosyal, hukuksal, ekonomik ve teknik açıdan ortak yönlerini ortaya koyarak (Manzoor vd., 2009) geleceğin kadastrosu ile ilgili öngörüleri içeren önemli bir vizyon çalışmasıdır (Çete, 2015). Kadastro 2014'te, geleceğin kadastro vizyonuna ek olarak, dünyadaki geçerli kadastral sistemlerin mevcut durumu, kadastroyla ilgili hâlihazırdaki reform projeleri ve eğilimler, haritacıların Kadastro 2014'teki rolü ve bu rolün daha etkin hâle getirilebilmesi için yapılması gerekenler hakkında bilgi ve öneriler de yer almaktadır (Çete, 2008; Çete ve İnan, 2013). Kadastro 2014 modern bir kadastro için hâlen daha geçerli bir perspektif sunmaktadır. Ancak bu vizyona ek olarak gelecek yirmi yıllık zaman diliminde arazi yönetimini etkileyecek toplumsal ve teknolojik dinamiklerin de dikkate alınmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Özçelik, 2013). Bu bağlamda Kadastro 2034 vizyonu ön plana çıkmıştır.

2. KADASTRO 2014 VİZYONU

Kadastro 2014 vizyonu dünya genelinde mevcut ve geleneksel kadastral sistemlerin sosyal, hukuksal, ekonomik ve teknik yönden ortak yönlerini ortaya koyarak (Manzoor et al., 2009) geleceğin kadastrosuna yön veren önemli bir vizyon çalışmasıdır (Cete 2015). Raporda mevcut kadastral sitemlerin güçlü yönleri; mülkiyet hakkının yasal güvenceye sahip olması, kullanıcıların veriye internet üzerinden erişebilmeleri ve kadastronun tüm ülke yüzeyini kapsaması olarak ifade edilmektedir. Kadastral sistemlerin en zayıf yönleri ise; otomasyonun sınırlı seviyede olması, tapu ve kadastro entegrasyonun yetersizliği ve ekonomik, idari ve kurumsal konulardaki sorunlar olarak sıralanmaktadır (Kaufmann ve Steudler, 1998; Cete and Inan, 2013).
Kadastro 2014'ün asıl dikkat çekici kısmı olan vizyon bölümünde ise 2014 yılında kadastronun geleceği nokta şu şekilde özetlenmiştir (Kaufmann ve Steudler, 1998):

- Kadastro 2014 Vizyonunun 1. ifadesine göre ***''Kadastro, kamusal hak ve kısıtlamalar da dahil olmak üzere arazinin bütün yasal durumunu gösterecektir''***. Arazi kullanımı üzerindeki yoğun taleplere bağlı olarak arazi üzerindeki tüzel ve gerçek kişilerin mülkiyet hakları kamu yararı gibi durumlarla kısıtlanmaktadır. Bu bağlamda düşünüldüğünde araziye ilişkin mülkiyet hakkının güvence altına alınabilmesi için 2014 kadastrosuna araziyle ilgili tüm hak, kısıtlama ve sorumlulukları temsil etme görevi düşmektedir.
- Kadastro 2014 Vizyonunun 2. ifadesine göre ***''Tapu ve kadastro verileri bütünleşik hâle gelecektir''***. Bu ifadeyle tapu ve kadastro verileri arasındaki ayrımın ortadan kaldırılarak bu verilerin bütüncül bir şekilde sorgulanabilir ve yönetilebilir olması vurgulanmaktadır.
- Kadastro 2014 Vizyonunun 3. ifadesine göre ***''Kadastral harita yapımının yerini kadastral modelleme alacaktır''***. Bu ifadeyle aynı veri modelinden farklı ölçeklerdeki kadastro haritalarının ve farklı formlardaki tapu kayıtlarının kolaylıkla üretilebilmesi ve modellenmesi gerektiği vurgulanmaktadır.
- Kadastro 2014 Vizyonunun 4. ifadesine göre ***''Kâğıt-kalem kadastrosu yerini temel veri modeline bırakacaktır''***. Bu ifadeyle klasik yöntemlerin yerine modern teknolojinin kullanıldığı temel veri modellerinin dikkate alınması belirtilmiştir.
- Kadastro 2014 Vizyonunun 5. ifadesine göre ***''Kadastro önemli ölçüde özelleşecek, kamu sektörü ile özel sektör yakın işbirliği içinde çalışacaktır.''*** Bu ifadeyle kamu güvencesiyle özel sektörün gücünün birleştirilmesi ve kamunun daha çok denetim ve kontrole odaklanması amaçlanmıştır.
- Kadastro 2014 Vizyonunun 6. ifadesine göre ***''Kadastro, maliyet geri kazanımlı olacaktır''***. Bu ifadeyle kadastro hizmetlerinden doğan maliyetlerinin arazi sahiplerinden karşılanması ve elde edilen diğer maddi kaynakların tekrar kadastro hizmeti için harcanması öngörülmektedir.

3. TÜRKİYE'NİN KADASTRO 2014 PERFORMANSI

Kadastro 2014 Vizyonunun birinci prensibi arazi üzerindeki tüm hakların ve kısıtlamaların yasal olarak tanımlanması ve bu hakların yasal güvenliğinin sağlanması amaçlanmaktadır (Kaufmann, 2004; Kaufmann ve Steudler, 1998). Ülkemizde yasal taşınmaz nesnesi üzerindeki mülkiyet hakları devlet güvencesi altında olmasına rağmen taşınmazla ilgili bütün yasal durumlar tam anlamıyla gösterilememektedir. Bu durumun temel sebebi ülkemiz taşınmaz kadastrosunun iki boyutlu yapılması ve ilgili mülkiyet haklarının bu durum üzerinden tescil edilmesidir. Gelinen noktada iki boyutlu kadastronun % 98'i tamamlanmıştır (TKGM, 2014). İki boyutlu kadastronun tamamlanamamasından dolayı üç boyutlu kadastro ve tescile geçiş süreci başlayamamıştır. Bu sebeple ülkemizde taşınmazların yasal güvencesi sağlanırken yasal boyutunun tam olarak gösterilmesi ve tescili noktasında 2018 yılı itibari ile %100 başarı sağlanamamıştır.
Kadastro 2014'ün ikinci ifadesi, haritalar ve kayıtlar arasındaki ayrılığı ortadan kaldırmaya yöneliktir. (Kaufmann ve Steudler, 1998; Çağatay, 2012). Günümüzde birçok ülkede (örn. İngiltere, İrlanda, Kanada, Avusturulya) kadastro haritaları teknik elemanlar tarafından hazırlanmakta, kadastronun sözel kısmını ifade eden mülkiyet bilgileri ise farklı birimler (örn. Avukatlar, noterler) tarafından değerlendirilmektedir (Çağatay, 2012). Dünyadaki birçok ülkenin aksine ülkemizde kadastro ölçümleri ve tescil işlemleri Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından yapılmaktadır. Tek kurum çatısı altında yapılan çalışmalar ile haritalar ve kayıtlar arasındaki ayrılık ortadan kaldırılmıştır. Bu yapı sayesinde Kadastro 2014 vizyonunda vurgulanan çağdaş kadastronun ihtiyaç duyduğu verimlilik sağlanmıştır.
Kadastro 2014'ün üçüncü ifadesi kadastral haritalamanın sonlandırılarak yerine daha uzun süre kullanılabilecek bir model geliştirilmesini hedeflemektedir. TAKBİS ve MEGSİS projesi ile birlikte kadastro ve tapu bilgileri eşleştirilerek tek bir portaldan kullanıcılara sunulmuştur. Pek çok kurum TAKBİS projesi kapsamında üretilen olan tapu ve kadastro verilerini e-devlet üzerinden temin edebilmektedir. Bu ilke ülkemizde %60 ile %80 oranında gerçekleşme oranına sahiptir.
Kadastro 2014'ün dördüncü ifadesi olan ''Kâğıt ve kalem – kadastro'' ortadan kaldırılması ve yerine Modern kadastro temel veri modelini sağlanmasını amaçlamaktadır. Bu ifade doğrultusunda TAKBİS projesi tapu ve kadastro bilgisini bir araya getirerek bilgisayar ortamına aktarmayı sağlamış ve böylece sorgulama, analiz ve görüntülemeyi destekleyen veri isleme fonksiyonlarına, arayüz desteğine ve bir veri tabanı yönetim sistemine

dönüşmüştür. TARBİS projesi ile Osmanlı Döneminden kalma tarihi ve stratejik öneme haiz, arşivlerimizde mevcut olup, fiziken özelliğini kaybetme durumunda bulunan değişik nitelikteki kayıtların en son teknoloji kullanılarak dijital arşivinin ve sağlıklı bir fihrist yapısı sağlanmış Osmanlı İmparatorluğu sınırları içinde olan, bugün bağımsızlığını kazanmış birçok ülkeye ait belge ve bilgiler bu arşivlerde mevcut olup, Makedonya, Filistin, Bosna-Hersek gibi ülkelere belge ve bilgi desteği verilmiştir. HBB projesi ile haritalara ait bilgi ve belgelere ilişkin meta verilerin ilgili kurumlarca girişine, güncellenmesine ve internet üzerinden sunumuna ve bu sayede mükerrer harita üretimi ile kaynak israfının önlenmesi sağlanmıştır. iki boyutlu kadastronun tamamlanmamasından dolayı kâğıt ve kalem kadastrosundan tamamen kurtulamamış olunmasına rağmen geliştirilen projeler ile teknolojiye dayalı dijital kadastroya geçişte önemli ölçüde başarı sağlanmıştır.
Kadastro 2014'ün beşinci ifadesi göre ''Kadastro faaliyetleri önemli ölçüde özelleşmiş olacak, kamu ve özel sektör birlikte çalışacaktır.'' Ülkemiz Uluslararası İmar ve Kalkınma Bankası'ndan, Tapu ve Kadastro Modernizasyon (TKMP) Projesi'nin finansmanı için bir kredi (Yaklaşık 203 Milyon USD) almış olup bu kredinin bir bölümünün Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nün gerçekleştireceği Kadastro Harita ve Bilgilerinin Güncellenmesi (3402 S.K./22-a Uygulaması) İşi için özel sektör ile ihale usulü ile anlaşarak hizmet alımı yapmaktadır. Verilen hizmetin kontrolü Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından sağlanmaktadır. 2014 yılı itibarıyla yaklaşık 4.4 milyon parselin yenileme ihalesi yapılmıştır. Böylelikle özel sektöründe kadastro faaliyetlerinde doğrudan katılması sağlanarak kamu ve özel sektörün birlikte çalışması sağlanmıştır. Ayrıca 5368 Sayılı Lisanslı Harita Kadastro Mühendisleri ve Büroları Hakkında Kanun ile TKGM özel bürolara sınav sonucu lisans belgesi vermektedir. Yasa gereği kadastro teknik hizmetlerinden tescile tabi olmayan işlemlerin (Aplikasyon, Parsel Yer Gösterme, Bağımsız Bölüm Yer Gösterme yapımı ve kontrolü) yapım ve kontrolü, tescile tabi olan işlemlerin (Cins değişikliği, İrtifak hakkı tesisi, Tevhid işlemlerine yönelik talebe bağlı hizmetlerin yapımı, kontrolü, izlenmesi) de yapım sorumluluğu lisanslı harita kadastro bürolarınca yerine getirilmektedir. Gerçekleştirilen lisans sınavı sonucunda 551 adet lisanslı harita kadastro bürosu açmaya hak kazanmış lisanslı harita mühendisi vardır. Bu büroların tamamı aktif olmasa da Haziran 2011 tarihi itibarıyla 330 adet lisanslı harita ve kadastro bürosu faaliyet göstermektedir (URL-1). Hem lisanslı bürolar hem de yenileme işlemlerinde görev alan diğer harita şirketlerinin kamu kontrolünde kadastro işlemlerinin tamamlanması ile birlikte kadastro 2014'ün beşinci prensibi ülkemizde başarı ile uygulanmaktadır.
Kadastro 2014'ün altıncı prensibine göre ''Kadastro 2014 maliyet geri kazanımlı olacaktır''. Sürdürülebilir bir kadastral sistem için gerekli olan yatırımların finansal boyutu oldukça maliyetlidir. Kadastral yatırımlar ve işlemler için gerekli maliyetlerin, en azından bir kısmı bu hizmetlerden kazanç sağlayanlardan, geri alınmak zorundadır. TKGM vatandaşa verdiği hizmet karşısında harç adı altında para almaktadır. TKGM yılda ortalama 20 milyon vatandaşa hizmet vermektedir. TKGM, Hazine'ye 2017 yılında yaklaşık 11.6 milyar TL harç geliri aktarmıştır. TKGM'ün harç gelirleri ile kadastro 2014'ün altıncı prensibi ülkemizde başarı ile uygulanmaktadır.

4. KADASTRO 2034 VİZYONU

Teknolojik gelişmelere bağlı olarak değişen toplumsal ihtiyaçlarla birlikte doğru ve güncel bilgiye erişim daha da önem kazanmıştır. Ekonomik, mülkiyet, vergilendirme, mekânsal planlama, arsa-arazi düzenlemeleri gibi birçok toplumsal ihtiyaçların karşılanmasında (Köktürk, 2009) kilit rol oynayan kadastral verinin gelecekteki beklentileri karşılayabilmesi için hukuken geçerli; hızlı, doğru ve yetkiler çerçevesinde sunulması gerekmektedir (Mataraci vd., 2009). Dolayısıyla farklı kaynaklardan gelen kadastral veriyi bütünleştirmek, birçok kullanıcı ve uygulama arasında paylaştırmak mümkün olmalıdır (Mataracı vd., 2009). Bu amaçla Bannet ve arkadaşları 2010 yılında Sydney'de düzenlenen FIG kongresinde, Avustralya'nın bakış açısıyla 2034 yılında kadastronun gelmesi gerektiği noktayı vurgulamak için bazı temel bileşenlerden bahsetmiştir. Bu bağlamda,

- Arazi-pafta uyumuna yönelik arazi sınırlarının tespitinde yüksek doğrulukta ölçümü öngören **Ölçü Doğruluğu Tabanlı Kadastro**;
- Arazi kullanımına ilişkin bütün hakların, sınırlandırmaların ve sorumlulukların günümüz ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde yeniden ve yasal olarak tanımlanması adına parsel tabanlı kadastro yerine **Nesne Tabanlı Kadastro**;
- Arazinin modellenmesi, yönetimi, mülkiyet verilerinin entegrasyonu ve sürdürülebilirlik analizleri için 3B ve **4B (3B+Zaman) Kadastro**;
- Kadastral verilerin sürekli güncellenmesi ve kadastral bilgilere anlık erişime yönelik **Anlık ve Güncel Kadastro**;
- Bölgesel ve küresel anlamda birbirleriyle ilişkilendirilebilen ve birlikte çalışabilirliğine olanak sunan **Bölgesel ve Küresel Kadastro**;
- Doğal çevrenin daha iyi modellenmesine yönelik **Doğal Kadastro**;

kavramları ifade edilmiştir. Kadastro 2034 vizyonu kapsamında, bu bileşenlerle taşınmazlarla ilgili her türlü hak, kısıtlama ve sorumlulukların bilinmesi, mülkiyet ve konumsal içerikli verilere erişim gibi kadastrodan beklenen temel hizmetlerin karşılanması ve de geliştirilen politikalar, modeller ve standartlar ile geleceğin kadastrosuna yön verilmesi amaçlanmıştır (Bennett, vd., 2010; 2010b;2011; Lemmens, 2010;2010a; GIM, 2011; Ozcelik, 2013).

5. SWOT ANALİZİ

Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğünün (TKGM) görevi; Ülkenin kadastrosunu yapmak, arazi idaresi alanında gelişen teknolojilileri ve gerçekleşen değişiklikleri takip etmek, tapu planlarının yenilenmesini ve güncellenmesini sağlamak, bunlara ilişkin kontrol ve denetim faaliyetleri yürütmektir (Atak ve Durduran, 2015). Söz konusu faaliyetlerin yürütülmesinde "stratejik planlama" önemli bir yöntem olarak gündeme gelmektedir (Toksoy vd., 2009). Stratejik planlamanın temelini ise; stratejisi saptanacak olan kurumun, işletmenin ya da şirketin mevcut durumunun belirlenmesi oluşturmaktadır. Mevcut durumun belirlenmesi için SWOT analizi kullanılmaktadır. SWOT analizi, kurumların misyon tanımlamasında ve hedeflerin belirlenmesinde gerçekçi bir yaklaşıma ulaşmasını sağlar. S (Strengths), W (Weakness), O (Opportunities) ve T (Threads) kavramlarıyla ifade edilebilir. SWOT analizi, arazi idaresinde rol alan kurumların güçlü ve zayıf yönlerini belirlemekte, dış çevreden kaynaklanan fırsat ve tehditleri saptamakta kullanılması için uygun bir tekniktir (Aydınoğlu, 2011).
TKGM kurumsal düzeyde sunduğu hizmetleri uluslararası düzeyde gerçekleşen modern arazi idaresi anlayışına uygun olarak sürdürmeyi misyon olarak amaçlamıştır. Bu amaçla uluslararası gelişmeleri yakından takip ederek arazi idaresi alanında standartlaşma çalışmalarını ülkedeki tapu ve kadastro sistemine entegre etmek için politikalar geliştirmektedir. Kadastro 2034 ilkelerinin uygulanabilmesi için ülkemizdeki arazi idaresi yapısının ve kadastral sistemin hukuksal, kurumsal ve teknik açıdan mevcut durumun analiz edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla kadastro 2034'teki her bir ilkeye ilişkin Türkiye'deki mevcut arazi idaresi ve kadastral sistemin hukuksal, kurumsal ve teknik boyutunun iç ve dış çevre analizi sonucunda güçlü-zayıf yönler ve fırsat-tehditler belirlenmiş, öne çıkan güçlü yön-fırsat, tehdit ve zayıf yönlere dair stratejik eylem planları oluşturulmuştur. SWOT analizi için oluşturulan matris Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Kadastro 2034 vizyonu açısından Türkiye'deki mevcut kadastro sisteminin SWOT analizi.

Değerlendirme türü	Kadastro 2034 ilkeleri	İçsel Faktörler		Dışsal Faktörler	
		Güçlü Yönler	**Zayıf Yönler**	**Fırsatlar**	**Tehditler**
Hukuksal Açıdan	Ölçü Doğruluğu Tabanlı	-Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği	-Uzun süren kadastro davaları -Geniş ve karmaşık yasa, genelge ve yönetmelikrin varlığı	-Kadastro 2014 vizyonunun benimsenmesi	-Çok sayıda mevzuat ve karmaşık hukuk yapısı
	Nesne Tabanlı Kadastro	-4721 sayılı Türk Medeni Kanunu'nun -3402 Sayılı Kadastro Kanunu	-Nesne tabanlı kadastronun tam olarak tanımlanmaması	Kadastro 2014 vizyonun -INSPIRE direktiflerinin benimsenmesi -Mevzuatın uluslararası standartlarla uyumlaştırılmasına yönelik çalışmaların olması	-Önceki mevzuatlardan kaynaklanan sorunlar -Uzayan dava süreçleri -Siyasi iradeye bağlı olarak sürekli değişen mevzuatlar
	3B ve 4B (3B+Zaman) Kadastro	-4721 sayılı Türk Medeni Kanunu -3402 Sayılı Kadastro Kanunu	-Mevzuatın çok geniş ve karmaşık olması -3. Ve 4. Boyuta ilişkin mevzuatta net tanımlamaların olmaması	-Kadastro 2014 vizyonu -INSPIRE Direktifleri -Arazi İdaresi Temel Modeli	-Yasal altyapı eksiklikleri -Yargının iş yükünün fazlalığı
	Anlık ve Güncel Kadastro	-Tapu ve Kadastro Verilerinin Paylaşımı Hakkında Yönetmelik	-2. Kadastronun yasaklanması	-Kadastro 2014 vizyonu -INSPIRE Direktifleri -Arazi İdaresi Temel Modeli	-Arazi idaresi alanında gerekli hukuksal reformların yapılmaması
	Bölgesel ve Küresel Kadastro	-2644 sayılı Tapu Kanunu Madde 35 (Değişik 6302 sayılı Kanun R.G. 28296/ 03.05.2012)	-Küresel düzeyde kadastro faaliyetleri için belirgin hukuki çerçevenin olmaması	-Dünya üzerindeki ulusal kaynakların, uluslararası kamusal mal olduğu Varsayımı -Uluslararası bildirge ve deklarasyonlar	-Ülkelerin kendine özgü hukuk kurallarının olması -Ülkelerdeki farklı yönetim anlayışı - Ülkeler arasındaki farklı gelişmişlik düzeyi

	Doğal Kadastro	-Maden Kanunu -Orman Kanunu -Yeraltı Suları Hakkında Kanun -Petrol Kanunu	-Orman Kanunu'nun 2/b maddesi -Kamulaştırma kanunu	-Uluslararası arazi idaresi standartlarının gelişmesi ve ülkelerin mevzuatlarını buna göre yeniden düzenlemesi	Uzayan kadastro davaları -Arazi idaresi ve kadastro alanında uzman hukukçu ve bilirkişi eksikliği
Kurumsal Açıdan	**Ölçü Doğruluğu Tabanlı**	-Tapu ve kadastro faaliyetlerin tek kurumun sorumluluğunda olması -Güçlü kurumsal bütçe -Köklü kurumsal yapıya sahip olması	-Kontrol ve denetiminde yaşanan yetersizlikler, -Nitelikli ve uzman personel eksikliği	- Özel sektör ile işbirliği -Eğitilmiş insan kaynağı	-TKGM dışında farklı kurumların kadastro faaliyetinde bulunması
	Nesne Tabanlı Kadastro	-Tapu ve kadastro faaliyetlerin tek kurumun sorumluluğunda olması -Güçlü kurumsal bütçe -E-Devlet ile entegrasyon sağlanması	-Mesleki eğitimdeki yetersizlikler	-AB uyum sürecindeki yönlendirmeler -Özel sektör ile ortaklaşa çalışma	-Kurumlar arası veri akışının yaşanan sıkıntılar
	3B ve 4B (3B+Zaman) Kadastro	-Tapu ve kadastro faaliyetlerin tek kurumun sorumluluğunda olması -Güçlü kurumsal bütçe -Yaygın bir teşkilat yapısı	-Artan işlem hacmi ve çeşitliliğine bağlı olarak aynı oranda artmayan personel sayısı -Etkin bir insan kaynakları politikasının olmaması -Teşkilat yasasının ve yapısının kurum ihtiyaçlarını karşılamaması,	-Sivil toplum kuruluşları, kamu ve özel sektör işbirliği uygulamalarının geliştirilmesi	-Etkili bir ulusal arazi yönetimi politikasının olmaması -AB uyum sürecinin yavaşlaması -Bölgemizdeki siyasi ve dünyadaki küresel ekonomik istikrarsızlıklar
	Anlık ve Güncel Kadastro	-Kurumsal tecrübe -Güçlü teşkilat yapısı -Tapu ve kadastro çalışmalarından sorumlu tek kurum olması -Merkez ve taşra teşkilatında TSE ISO EN 9001-2008 Kalite Belgesine sahip olması	-Teşkilat yasasının ve yapısının kurum ihtiyaçlarını karşılamaması -Mesleki eğitimin yetersiz olması	-Dış finansman kaynaklı kredileri daha fazla kullanma imkânı -Özel sektörle işbirliği	-Kurumun genel bütçeden yeterli pay alamaması -Sürdürülebilir ulusal arazi yönetimi politikasının olmaması
	Bölgesel ve Küresel Kadastro	- Yurt dışında da tapu ve kadastro işlemlerini yapabiliyor olması - Mesleki ve teknik bilgi birikimimizle yabancı ülkelere danışmanlık yapılması -Bölgeler düzeyinde güçlü teşkilat yapısı	-Uluslararası arazi idaresi hukuku açısından eğitilmiş personel eksikliği	-Uluslararası düzeyde standartlaşma çalışmaları - ISO ve OGC standartları -INSPIRE	-Uluslararası düzeyde kurumlar arası işbirliğinin zayıf olması, -Ülkeler arası siyasi çıkar çatışması -Dünya ekonomisinde yaşanan kriz
	Doğal Kadastro	-Tapu ve Kadastro faaliyetlerinin birlikte yürütülmesi -Güçlü teşkilat yapısı -Geniş bütçe	-Nitelikli eleman eksikliği -Sürdürülebilir kurumsal politika eksikliği	-Kamu kurumlarının tümünde veri tabanına dayalı yönetim bilgi sisteminin yaygınlaşması ve e-devlet projesine dönüşüm -Nüfus artışı nedeniyle toprağın değer ve öneminin artması, -Dış finansman kaynaklı kredileri daha fazla kullanma imkânı	-Dünyadaki ekolojik dengenin bozulması ile meydana gelen tarım politikalarındaki değişim -Çevresel kirlilik (Hava, su, toprak)
Teknik Açıdan	**Ölçü Doğruluğu Tabanlı**	-TAKBİS Projesi -MEGSİS Projesi -Harita Bilgi Bankası Projesi	-7 Farklı ölçüm yönteminin kullanılması -12 farklı ölçekte üretim -13 farklı altlıkta üretim, -Farklı koordinat sistemlerinin kullanımı	-Teknik ve teknolojik donanıma erişim kolaylığı -TUTGA	-Farklı kurumlardan veri temininindeki zorluklar
	Nesne Tabanlı Kadastro	-Ülke genelinde TAKBİS'e geçişin tamamlanması -İhtiyaca bağlı olarak sürekli proje geliştirilmesi -TUCBS Projesi -MEGSİS Projesi	-Hâlen parsel bazlı kadastronun devam etmesi -Nesne yönelimli veri tabanına tam olarak geçilememesi -Tapu-kadastro bilgilerinin tamamen sayısal ortama aktarılmaması	-Konumsal Bilgi Yönetim Sistemine duyulan ihtiyacın artması -Gelişen ölçüm teknikleri -Uydu ve mobil teknolojilerin gelişmesi ve mesafeye bağlı kalınmaksızın konumsal veri toplanabilmesi	-Deprem vb. doğal afetler -İkinci kez kadastro yapılmasının yasaklanması -Kentsel alanlardaki düşey yöndeki genişleme
	3B ve 4B (3B+Zaman) Kadastro	-Tüm teşkilatın TAKBİS'e geçmesi -MEGSİS projesinin	-2 Boyutlu kadastronun % 100 tamamlanması -Farklı ölçme yöntemlerinin kullanılması	-3 Boyutlu veri toplama ve gösterimdeki teknolojik gelişmeler -Özel sektörün gücü	- Nüfus yoğunluğu ve artış oranı -Üç boyutlu veri toplamanın yüksek maliyeti

	Anlık ve Güncel Kadastro	-TAKBİS, TARBİS, Tusaga-AKTİF, Ortofoto Web Servisleri, MEGSİS gibi önemli projelerin olması -E-Devlet üzerinden online parsel sorgulama	-Ölçü, sınırlandırma, tersimat ve hesaplamalardan doğan hatalar -Farklı ölçme, altlık ve koordinat sistemlerinin kullanılması -Ülke kadastrosunun % 100 tamamlanmaması	-İlişkisel veri tabanı ile veri yönetimi ve güvenliği	-Yazılım ve sistem yönetimi açısından firmalara ve dış kaynaklı yazılımlara sürekli bağımlılık duyulması
	Bölgesel ve Küresel Kadastro	-Parsellerle ilgili bilgilere e-devlet üzerinden ulaşım -Güçlü bir arşiv yapısına sahip olunması -Online randevu sistemi	-Veri iletişiminde altyapı yetersizliği	-Deniz kadastrosu kavramının yaygınlaşması -Bilgi ve iletişim teknolojisi ile sektörler arası ilişkilerin yaygın hale gelmesi - Uydu teknolojisinin gelişmesi ve yeryüzündeki her noktanın, her yerden takip edilebilmesi	-Dış kaynaklı yazılımlara sürekli bağımlılık duyulması -Dijital ortamda veri paylaşımındaki riskler
	Doğal Kadastro	-Online ve offline olarak veri paylaşımı -Kurumun Ar-Ge ve inovasyon için teşvik vermesi ve kaynak ayırması	-Mera, yaylak ve kışlakların tespit, tahdit, ve tahsisi sırasındaki sorunlar -Orman vasfını yitirmiş yerlerin tespitindeki sorunlar -Grafik bilgiden sayısal bilgiye geçişteki eksikler	-Hassas konum belirleme teknikleri -Uydu ve mobil teknolojilerin gelişmesi ve mesafeye bağlı kalınmaksızın konumsal veri toplanabilmesi	-Afetler sonucu doğal sınırların kaybolması

6. SONUÇ

Bu çalışmada, arazi yönetimi ve kadatro açısından iç ve dış faktörlere bağlı olumlu ve sıkıntılı durumları öneminin değerlendirilmesi ve karar vericiler için geniş kapsamlı stratejiler oluşturulması için SWOT metodundan faydalanılmıştır. Bu amaçla, Türkiye'deki mevcut arazi idaresi ve kadastro sisteminin sahip olduğu güçlü ve zayıf yanlar ile dış çevreye bağlı olarak karşılaştığı fırsat ve tehditler değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda Kadastro 2034 vizyonunun ön gördüğü prensipler ışığında karar vericiler için yeni bir yaklaşım önermektedir. Hukuki açıdan Türkiye'deki mevcut arazi idaresi ve kadastro sisteminin en güçlü yanı, mülkiyet hakkının yasal güvence altına alınmasıdır. Türkiye'deki mevcut arazi idaresi ve kadastro sisteminin en zayıf yönünde ise 2. Kadastronun yasaklanması olarak ön plana çıkmaktadır. Arazi İdaresi Temel Modeli'nin varlığı Türkiye'deki mevcut arazi idaresi ve kadastro sistemi için dış kaynaklı en önemli fırsat olarak ortaya çıkmaktadır. Türkiye'deki mevcut sistemini tehdit eden en önemli unsur ise arazi idaresi ve kadastro faaliyetlerini sınırlandıran farklı yasaların varlığı riskidir.

Kurumsal açıdan mevcut arazi idaresi ve kadastro sisteminin en güçlü yanı, tapu ve kadastro faaliyetlerin tek kurumun sorumluluğunda olmasıdır. Mevcut sisteminin en zayıf yönü ise kontrol ve denetiminde yaşanan yetersizliklerdir. Sivil toplum kuruluşları, kamu ve özel sektör ile işbirliğinin geliştirilmesi Türkiye'deki mevcut arazi idaresi ve kadastro sistemi için dış kaynaklı en önemli fırsat olarak belirlenmiştir. Mevcut arazi idaresi ve kadastro sistemini tehdit eden en önemli unsur TKGM dışında farklı kurumların kısmen kadastro faaliyetinde bulunması riskidir.

Teknik açıdan Türkiye'deki mevcut arazi idaresi ve kadastro sisteminin en güçlü yanı, TAKBİS, MEGSİS, TUCBS, HBB, Tusaga-AKTİF projelerinin tamamlanması şeklinde hesaplanmıştır. Mevcut sisteminin en zayıf yönü ise farklı ölçme, altlık ve koordinat sistemlerinin kullanılmasıdır. 3 boyutlu veri toplama ve gösterimdeki teknolojik gelişmeler Türkiye'deki mevcut arazi idaresi ve kadastro sistemi için dış kaynaklı en önemli fırsat olarak ortaya çıkmaktadır. Mevcut sistemini tehdit eden en önemli unsur ise afetler sonucu doğal sınırların kaybolması riskidir. Mevcut kadastral sistemimiz düşünüldüğünde öncelikli olarak yapılması gereken, kadastral yenileme çalışmalarına hız verilmesi ve bu çalışmalar sırasında ortaya çıkan kadastro kayıtlarındaki eksikliklerin giderilmesidir. Bunlarla birlikte, kadastro veri modelimizin, uluslararası bir ISO standardı olan Arazi İdaresi Temel Modeli (AİTM) ile entegrasyonunun sağlanması da ihmal edilmemesi gereken bir çalışma olmalıdır. Bu çalışmada ele alınan SWOT yöntemini karar verme aşamasında kullanılması durumunda, stratejik planlama çalışmalarında daha kapsamlı ve etkin karar verme süreci gerçekleşecektir.

KAYNAKLAR

Atak, B., Durduran, S., 2015, Ülkemizdeki Geçmiş Kadastro Ölçme Yöntemlerinden Günümüze Yansıyan Sorunlar ve Oluşan Kayıplar, *WCS-CE - The World Cadastre Summit, Congress & Exhibition Istanbul*, Turkey, 20 –25 April 2015

Aydinoglu, A., Ç., 2011, Sosyoteknolojik Yaklaşımlarla Konumsal Veri Altyapısı Kurulması Sürecinde Mevcut Durum Değerlendirmesi, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 18-22 Nisan 2011, Ankara

Bennett R., Rajabifard A., Kalantari M., Wallace J. and Williamson I., 2010. Cadastral Futures: Building A New Vision For The Nature and Role Cadastres, *Facing the Challenges – Building the Capacity*, Sydney, Australia

Bennett R., Kalantari M., and Rajabifard A., 2010b. Beyond Cadastre 2014, *GIM International*, 24, 7.

Bennett, R., Rajabifard, A., Kalantari, M., Wallace, J. and Williamson, I., 2011. Cadastral futures: building a new vision for the nature and role cadastres, *International Federation of Surveyors, Article of the Month(June)*.

Çağatay, U., (2012), Kadastroda Yeni Yaklaşimlar Ve Kentsel Yapiya Etkileri, *Cbü Sosyal Bilimler Dergisi* Yıl : 2012 Cilt :10 Sayı :2

Çete M., 2008, Türkiye için bir arazi idare sistemi yaklaşımı, *Doktora Tezi*, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Çete, M., 2015, Kadastro 2014'ün ve Türkiye Kadastrosunun Geleceği, *15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*.

Çete M., Inan, H., I., 2013, Kadastroda Modern Eğilimler ve Türkiye Kadastrosu, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 14-17 Mayıs 2013, Ankara.

GIM, 2011. GIM International FIG Special, *The Global Magazine for Geomatics*, 25, May.

Kaufmann J., Steudler, D., (1998), Cadastre 2014 – A Vision for a Future Cadastral System, FIG Publication, 44 s.

Kaufmann J., (2004), ArcGIS Cadastre 2014 Data Model Vision, ESRI, United States

Kokturk, E., 2009, Türkiye Kadastrosunun Gerçekleri, İstanbul Bülteni, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Yayın Organı*, Mayıs 2009, s: 30-33.

Manzoor, S., Qureshi, T., A., Liaqat, M., D., Farooq, M., K., Shamail, S., 2009, A Comparison between Cadastre 2014 and Cadastral Systems of Different Countries, ICEGOV 2009, *Proceedings of the 3rd International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance*, Bogota, Columbia.

Mataraci, O., Yomralioglu, T., Cete, M., 2009, AB'de Kadastro Parselinin INSPIRE Direktifleri Kapsamında Değerlendirilmesi ve Türkiye'nin Yeri, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı* 11-15 Mayıs 2009, Ankara.

Özcelik, A.E., 2013, Özel Tarım Ürünü Arazilerine Yönelik Konumsal Veri Modeli Geliştirilmesi: Çay Tarımı Örneği, *Doktora Tezi*, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

URL -1 http://www.haritaonline.com/2014/04/lihkab-nedir.html

TKGM (2014), www.tkgm.gov.tr

Toksoy, D., Yenigun, M., Sen, G., 2009, Evaluation of Agricultural Development Cooperatives in the Forest Villages by SWOT Analyses (The Case Study in Maçka), Kastamonu University, *Journal of Forestry Faculty*, 9 (1): 12-18.



19 Eylül 2018

13:30-15:10

SALON 2016

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.5959

JEOLOJİDE FOTOGRAMETRİNİN KULLANIMI VE YAKIN RESİM FOTOGRAMETRİ YÖNTEMİ İLE KAYAÇLARIN MODELLENMESİ

Fatih TUZLU[1], Mehmet ÖZÇELİK[2]

[1] Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 32260-Isparta, fatihtuzlu@gmail.com

[2] Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 32260-Isparta, ozcelikmehmet@sdu.edu.tr

ÖZET

Üç boyutlu modellemede fotogrametri yöntemi veri ihtiyacının karşılanması ve 3 boyutlu modelin oluşturulması için günümüzde çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Bu yöntem sayesinde çok farklı amaçlara hitap edebilecek farklı ölçek ve boyutlarda haritalar ve modeller çok kısa sürede oluşturulabilmektedir. Bir somut obje veya mekânın modellenmesi ve bu modellenen somut objenin veya mekânın modele benzerliğini sağlayabilmek oldukça zaman almaktadır. Modelin gerçeği yansıtabilmesi için verilerin doğru olması gerekmektedir. Verinin doğruluğunu etkileyen faktör ise ölçüm cihazları ve ölçülen yüzeylerle alakalıdır. Bu parametrelerin hepsi göz önüne alındığında fotogrametrik modelleme zamansal ve modelin doğruluğu açısından önemli sonuçlar elde edebilmemize imkân sağlamaktadır.

Anahtar Sözcükler: fotogrametri, jeoloji, kayaç, modelleme, photoscan

ABSTRACT

USES OF PHOTOGRAMMETRY IN GEOLOGY, AND MODELING OF ROCKS WITH CLOSE-UP PHOTOGRAMMETRY METHOD

The photogrammetry method in three-dimensional modeling is now used in various fields to meet the needs of data and to create a 3D model. With this method, maps and models can be created in a very short time in different scale and sizes that can address many different purposes. It takes quite some time to model a tangible object or terrain and to provide the model similarity of the tangible object or terrain modeled. The data must be correct in order for the model to reflect the truth. The factor that affects the accuracy of the data is related to the measuring devices and the measured surfaces. Taking all these parameters into consideration, photogrammetric modeling allows us to obtain important results in terms of temporal and model accuracy.

Keywords: photogrammetry, geology, rock, modelling, photoscan

1. GİRİŞ

Fotogrametri çok çeşitli alan gruplarında ölçme, belirleme ve modelleme amacıyla fotoğrafların analizi sonucu veri oluşturmayı sağlayan bir bilim dalıdır.

20. yüzyılın başlarında geliştirilen fotogrametrik ölçme tekniği ile bir kentteki objelerin veya bir binanın konumu ve şekli, çekilen fotoğraflarından; bilgisayar ortamında çizgi, nokta vb. geometrik formlar ile sayısallaştırılarak objeleri veya şekli temsil eden vektör veriler üretilebilmektedir (hâlihazır haritalar, rölöveler). Benzer durum görüntüler içinde söz konusundur. Fotoğraflara çeşitli düzeltmeler getirilerek objelerin konumunun yanı sıra, şekilleri de orjinal görüntüleri ile pikseller ile kaplanabilmektedir (ortofotolar, ortogörüntüler, fotoplanlar). Bilgisayar ortamında üçgen yüzeyler veya piksel değerleri olarak temsil edilen arazinin, objelerin yüzeyini temsil eden sayısal yükseklik veya yüzey modelleri ile üç boyutlu modelleme yapılabilmektedir (Kısa, Batuk 2011).

Mühendislik alanında teknolojik gelişmelerin takibinin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Bunun başlıca sebebi ise hem gelecekte güncel teknolojik cihazlarla etkileşimli bireylerin var olmasına olan ihtiyaç hem de verilerin kolay elde edilebilmesi için önem taşımaktadır.

2. MÜHENDİSLİK ÇALIŞMALARINDA MODELLEMENİN ÖNEMİ

Günümüzde jeoloji mühendisliği alanında jeolojik ve topoğrafik veri temini için hem zamana hem de paraya ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca ham verinin temini modellemenin en titiz şekilde çalışılması gereken aşamasıdır. Çünkü elde edilecek veriler çeşitli veritabanlarında kullanılarak modelin oluşumuna imkân sağlayacaktır. Yani veri modelin en önemli değişkenidir. Yanlış ölçüm sonucu elde edilen verilerin kullanılmasıyla oluşturulacak modelin, gerçeği yansıtmaması sonucunda hem iş gücü bakımından hem de maddi açıdan yapılan çalışmaya yük olacaktır.

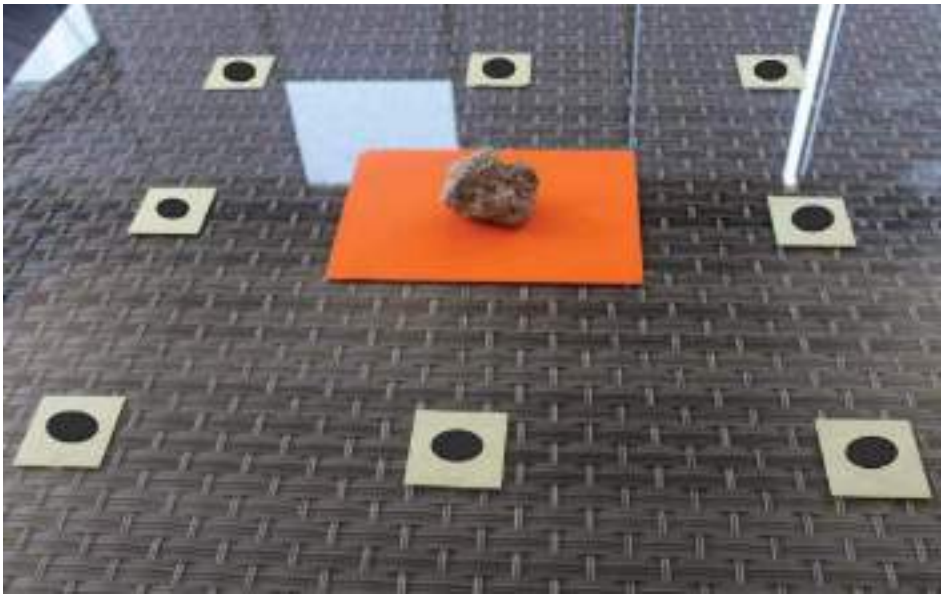
Güncel teknoloji ile elde edilen model ve verilerin analizleri sonucunda çok sayıda olasılık meydana çıkarılmaktadır. Örneğin baraj yeri için belirlenen birkaç alanın morfolojik kıyaslamasının yapılması gerektiğinde alanın büyüklüğüne göre değişken olmasıyla birlikte fotoğraflama işleminin saatler içinde yapılabilmesi mümkündür. Daha sonra arazinin modellemesi ve bu modelin analiz için Gis ortamına aktarılmasıyla birkaç modelin kıyaslaması yapılabilir ve bu modeller vasıtasıyla kısa zamanda daha güvenilir sonuçlara ulaşmak mümkündür. Fotoğraf makineleriyle yapılan fotogrametrik bir modelin, Lidar algılayıcılarıyla elde edilecek modele kıyaslaması yapıldığında ise verinin detay potansiyeli daha düşük olduğu gözlemlenecektir.

Eski sisteme bakıldığında ise bu işlemler bütününü sağlayabilmek için çok zaman ve çalışana ihtiyaç duyulmaktadır. Yani zamanın verimsiz kullanımıyla birlikte elde edilecek verilerin tekrar hesaplanması söz konusu olabilir. Bu tür çalışmalarda günün şartlarına göre zaman ve para, bugüne göre ekonomik olmadığından eski yöntemlerden gün geçtikçe uzaklaşılmaktadır. Komplike çalışmanın sağlanması ile birlikte elde edilen veriler tek bir dijital ortama aktarılarak çeşitli analizlerin ve görsellerin elde edilmesi günümüzde mümkündür. Elde edilen veriler günümüzde tek amaca hizmet edilmesi için istenilebilmektedir. Fakat coğrafi bilgi sistemleri ile birlikte bu veri öbeği çeşitlendirilebilir ayrıca daha detaylı sonuçlar alınabilir. Diğer bir deyişle arazinin sayısallaştırılması işlemi üç boyutlu modeller ile daha kapsamlı analizlere ve daha hassas ölçümlere imkân sağlamaktadır. Ayrıca verinin saklanabilmesi ve ulaşılması gerektiğinde kullanılması ve yenilenebilmesi daha olası bir hâl almıştır. Bu mekanizmanın kurulumu ile birlikte zaman ve iş gücünden tasarruf edilmiş olunacak ve güvenilir çoklu sonuçlara ulaşılacaktır.

Uzaktan algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri diğer mühendislik dalları gibi jeoloji mühendisliğinde de kendisine özel bir kullanım alanı oluşturmuştur. Geçmiş teknolojik dönemlerdeki el ile harita çizimleri 2 boyutlu modellerin oluşturulması için harcanan iş gücü bugün yerini model ve modelleme teknolojilerine bırakmıştır. Çeşitli veri parametreleri ile elde edilen sonuçlar sayesinde oluşturulan modeller ortam hakkında yorumlamayı ve üç boyutlu görüntülemeyi kolaylaştırmıştır.

3. FOTOGRAMETRİ İLE MODELİN OLUŞTURULMASI VE MODELİN KULLANIM ALANLARI

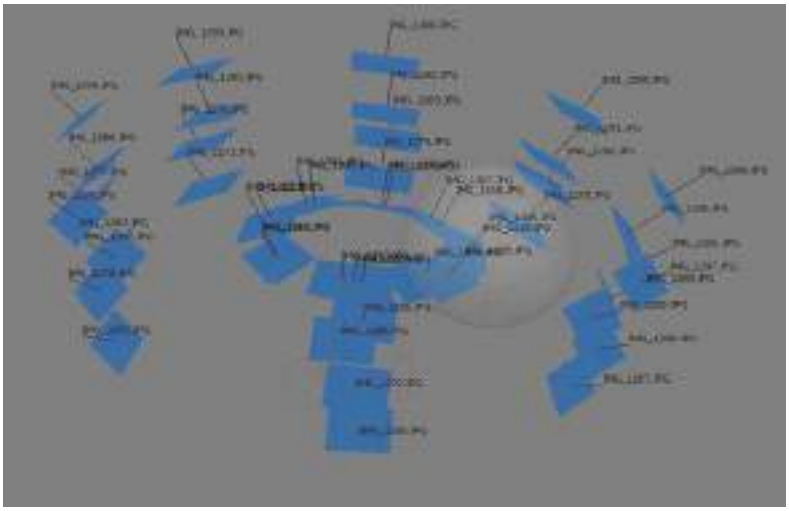
Modelin oluşturulabilmesi için öncelikle modellenecek objenin fotoğraflanması gerekmektedir. Bu işlemi yapmak için fotoğraf makineleri, lazer tarayıcılar, drone ile kuş bakışı, açılı fotoğraflama ve en detaylı yüksek çözünürlüklü modelleri oluşturabilmek için ise lidar ile veri alımı gerçekleştirilebilir. Yakın resim fotogrametri yönteminde modelin görsellerini almak için yüksek çözünürlüklü ve odaklama özellikli fotoğraf makinesi kullanılmaktadır. Fotoğraf makinesi tripod üzerine yerleştirilerek sabitlenen objenin sabit açı ve yükseklikte, farklı noktalardan fotoğraflama işlemi gerçekleştirilir. Bu aşamada en önemli husus kameranın açısının ve yüksekliğinin sabit olmasıdır.



Şekil 1. Resim Çekim İstasyonları ve Modellenecek Obje.

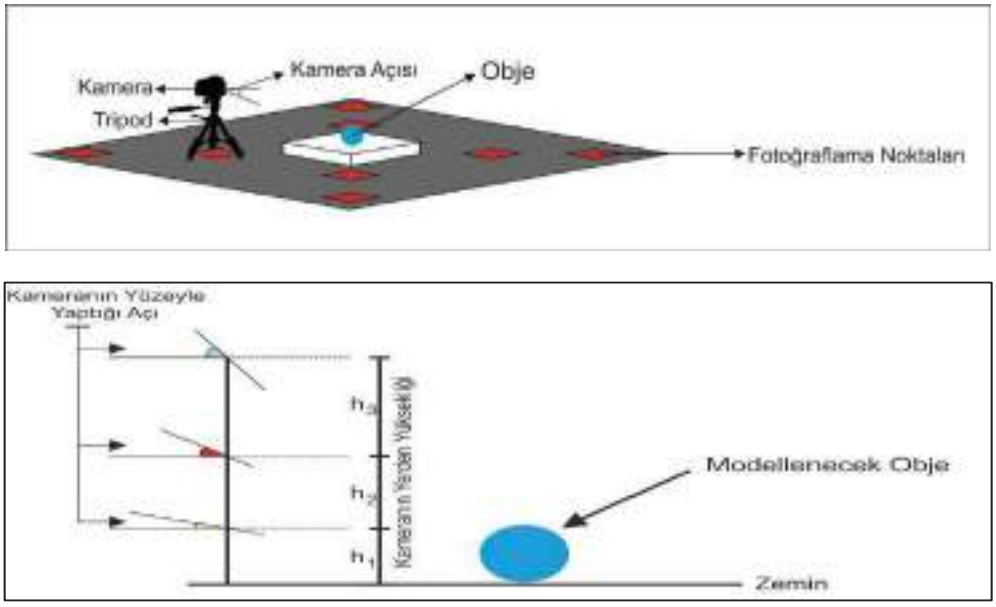
Objenin farklı açılarda ve yüksekliklerde de fotoğraflama işlemi yapıldıktan sonra verilerin dijital ortamda işlenmesi için görseller bilgisayara aktarılır. Çalışmada modelin oluşturulması için Agisoft PhotoScan programı kullanılmıştır.

Bu programa aktarılan görsellerin hizalama işlemi yapılır ve kontrol edildikten sonra nokta bulutlarının oluşturulma işlemine başlanılır.



Şekil 2. Agisoft PhotoScan Programında Hizalama İşlemi Sonrası Görsellerin Konumu.

Bu işlemin ardından her bir noktada 3 farklı kamera yüksekliği ve kamera açısı değiştirilerek obje üzerinde farklı yüzeylerin de pozlaması yapılmıştır. Oluşturulacak modelin gerçeği yansıtabilmesi için alınacak görüntülerin açısının değiştirilmeden farklı noktalar üzerinde alınabilmesi gerekmektedir. Yani açının aynı konumun değiştirilmesi gerekmektedir. Daha sonra bu açı değiştirilerek daha önce çekim yapılmış noktalardan tekrar görsel alınması gerekmektedir.



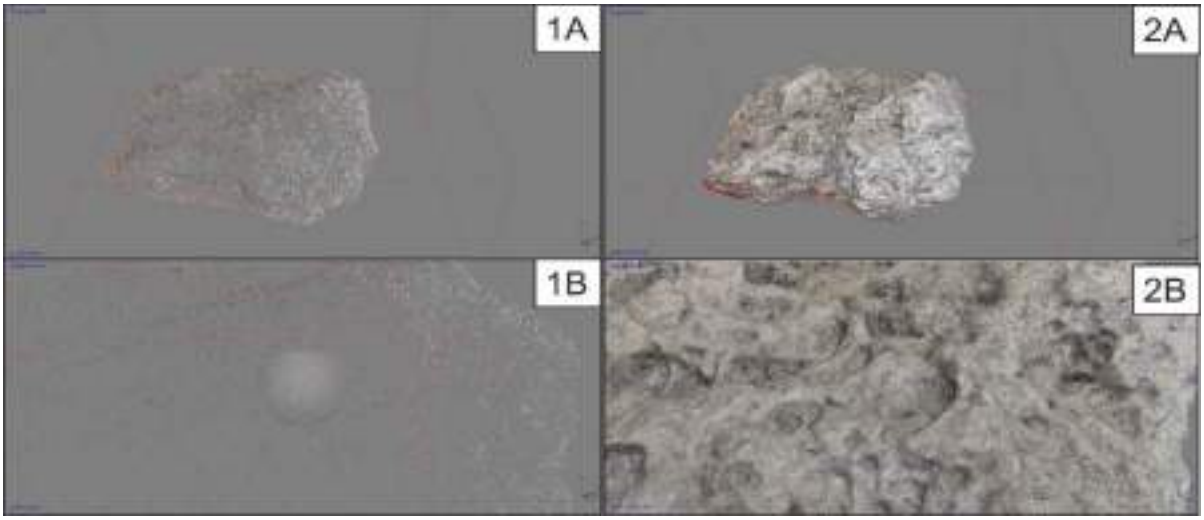
Şekil 3. Resim Çekim İstasyonlarının ve Modellenecek Objenin Şeması.

Fotoğraflama sayısının ve çekim açısının çeşitliliği modelin detayıyla doğru orantılıdır. Bu yüzden görsel sayısının fazla olması görselin detayını doğrudan pozitif şekilde etkileyecektir. Çalışmada 49 farklı görsel kullanılmıştır. Bu görsellerin konumlandırılması yapıldıktan sonra nokta bulutlarının oluşturulması işlemine geçilmektedir.

Guo et al. (2015),Gerçek nesnelerinin 3B modellerinin oluşturulmasında, bu nesnelere ait özellik çıkarımlarında, nesne tanıma ve nesne bulma gibi birçok uygulamada, Reconstruction (Yeniden Yapılandırma) yöntemleri içerisinde yaygın olarak kullanılmaya başlanan Point Cloud (Nokta Bulutu), iki boyutlu resim veya görüntü üzerinde yaptığımız işlemleri üç boyutlu sayısal ortamda yapmamızı sağlamaktadır (Özbay ve Çınar'dan 2016).

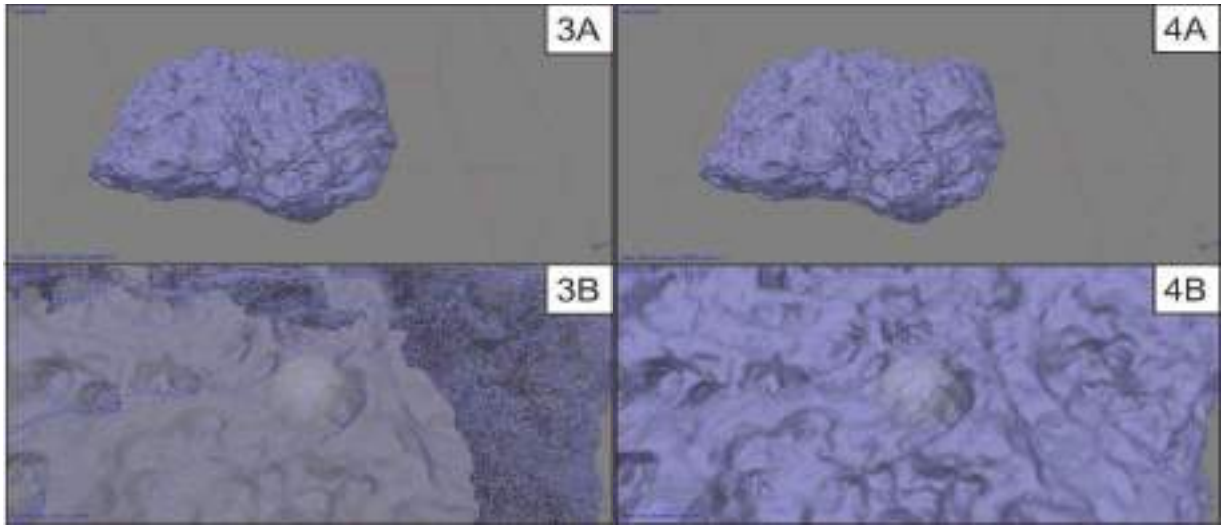
Bischoff et al. (2002), Nokta bulutları, fiziksel nesnelerin, uzaysal düzlemdeki kapladıkları alanlara ait kütlesel koordinat bilgilerinin bilgisayar ortamındaki sayısal karşılıklarıdır. Bir bütün şeklinde oluşturulan bu nokta bulutu yapısı birbiri ile ilişkilendirilmiş olan noktaların birleştirilmesi şeklindeki Mesh (Örgü) yapısını oluşturmaktadır (Özbay ve Çınar'dan 2016).

Programa girilen komut sonucunda 49 farklı resimden 41293 nokta elde edilmiştir. Bu aşamada oluşan görsel anlamlandırılamayan uzaydaki noktaları temsil etmektedir. Nokta bulutlarına program içeriğindeki yapay zekâ modülü yardımıyla, anlamlı bir yoğunlaştırma işlem uygulanmasıyla birlikte nokta sayısı 41293'ten 3619751 noktaya yükselmiştir. Bunun sonucunda modelin detayları belirgin bir hâlde ortaya çıkmıştır. Yoğunlaştırma işleminde nokta sayısının yükselmesi de modelin detayını arttırmaktadır. Bu artışın yüksek olabilmesi için açısı ve yüksekliği farklı olan görsellere ihtiyaç duyulmaktadır.



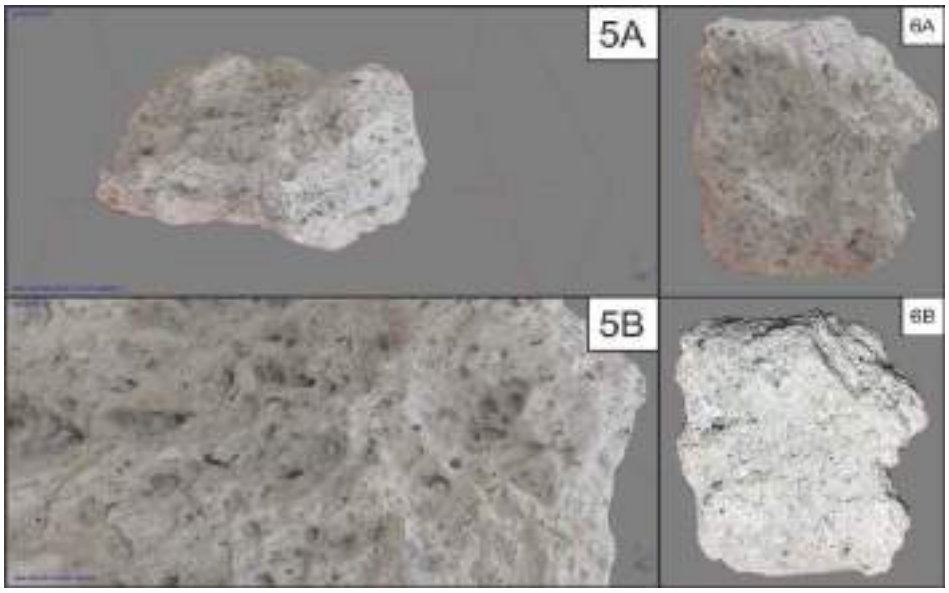
Şekil 4. 1A:Nokta bulutunun uzaktan görünümü,1B:Nokta bulutunun yakın görünümü, 2A: Yoğunlaştırma işlemi sonrası modelin görünümü, 2B: Yoğunlaştırma işlemi sonrası modelin yakın görünümü.

Görsellerden elde edilen nokta bulutlarının anlamlı bir hâl alabilmesi için birbirleri arasında ilişki kurulması gerekmektedir. Konumsal olarak birbirine yakın olan üç noktanın birleşmesiyle birlikte mesh (örgü) yapısı meydana gelmektedir. Yani noktaların arasında anlamlı üçgenler oluşturarak yüzeyleri meydana getirmektedir ve bununla birlikte model oluşmaktadır.



Şekil 5. 3A: Modele Mesh (Örgü) Yapısının Uygulanması Sonrası Yüzeylerin Açık Görünümü, 3B: Modele Mesh (Örgü) Yapısının Uygulanması Sonrası Yüzeylerin Açık Yakın Görünümü, 4A: Modele Mesh (Örgü) Yapısının Uygulanması Sonrası Yüzeylerin Kapalı Görünüm, 4B: Modele Mesh (Örgü) Yapısının Uygulanması Sonrası Yüzeylerin Kapalı Yakın Görünümü.

Bu işlem sonucunda noktalar arasındaki boşlukları yüzeyler doldurmuş ve katı modelin oluşumu tamamlanmıştır. Bu işlemde 3619751 nokta anlamlı bir şekilde birleştirilerek 629320 yüzey ve 315879 köşe noktası oluşmuştur. Oluşturulan modele görseller bindirilerek modelleme işlemi tamamlanmıştır.



Şekil 6. 5A: Modellenmiş Kayacın Görünümü, 5B: Modellenmiş Kayacın Yakın Görünümü 6A: Oluşturulan Modelin Görünümü, 6B: Kayacın Gerçek Görünümü.

4. SONUÇLAR

Modelin oluşturulması aşamasında modelin konumunun belirlenmesi, çekim istasyonlarının belirlenmesi ve fotoğraflama işlemi sonrası yapılacak işlemler bilgisayarda yapılmış ve zaman açısından bakıldığında çok pratik bir çalışma süresinde model oluşturulmuştur. Modeli el ile modellemeye çalışıldığında ise modelin oluşturulma süresi ve modelin gerçeği yansıtmaması gibi olumsuz sonuçlar yaratmaktadır. Fotogrametri sayesinde modelin ölçüm ve modelleme işlemi bilgisayar tarafından kısa ve masrafsız bir şekilde yapılmaktadır. Model yalnızca numune boyutunda değil farklı ekipmanlar (drone, lidar, uydu görselleri vb.) yardımıyla arazilerde, yol, köprü, baraj tünel, bina, tarihî yapılar, doğal yapıların modellenmesi de bu şekilde yapılabilmektedir.

Arazi modelinin oluşturulmasını ve oluşturulan modelin kullanımını göz önüne aldığımızda arazide drone yardımıyla veri temini (fotoğraflama işlemi) yapılıp, dijital ortamda işlenip ve sonuç olarak modelin oluşturulması ekiple ya da bireysel olarak gerçekleştirilebilecek bir işlem öbeği olarak görülebilir. Bu çalışmadan elde edilecek arazi verileriyle çalışma alanının ölçüm işleri, araziye uygulanacak mühendislik yapısının modellenerek ortama yerleştirilmesi, varsayımsal senaryolar ile doğal afetler sonucu meydana gelecek hasarın tespiti veya beklenen bir afetin vereceği hasarın tespiti, çevre kütle hesapları, var olan yeşil alanın tespiti, yüzey akışında olan dere vb. akışkan kontrolünün yapılacağı taşkın koruma sisteminin modellenmesi yüzeyin eğimi ve açısının hesaplanması, kentleşmeye açılacak arazinin modellenmesi ve şehir düzeninin üç boyutlu oluşturulması gibi model çalışmaları ve analizler yapılabilmektedir.

Sonuç olarak görsel model ve modelleme günden güne kullanım alanı artan ve saygınlık kazanan bir etken artık mühendislikte olmazsa olmaz olarak görülebilmektedir. Çalışmalarımızın daha kapsamlı olabilmesi için bu tür yenilikleri yakından takip etmeli ve katma değer sağlanmasına vesile olunmalıdır.

KAYNAKLAR

Bischoff, B.S., et al. 2002. OpenMesh–a generic and efficient polygon mesh data structure. In OpenSG Symposium.

Guo, Y., et al. 2015. An Integrated Framework for 3-D Modeling, Object Detection, and Pose Estimation From Point-Clouds. Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions, 64, 683-693.

Kısa A., Batuk F., 2011. Cbs veri altyapısı ve fotogrametri ile ilgili teknolojik gelişmeler. Tmmob Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 2011.

Özbay E., Çınar A., 2016. Nokta Bulutu Verileri ile Nesne Modellerini Sınıflandırmak için Metriksel Bir Yaklaşım, 16:128-136.

Agisoft PhotoScan Kullanım Kılavuzu : http://www.agisoft.com

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6663

HİDROKARBON ARAMACILIĞINDA ÇİZGİSELLİĞİN BULUNMASI İÇİN BİR YÖNTEM

Tünay ÖZTÜRK[1], Hakan UYGUÇGİL[2]

[1]Eskişehir Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Ana Bilim Dalı, 26555, Tepebaşı, Eskişehir, tunayozturk@anadolu.edu.tr
[2]Eskişehir Teknik Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Ana Bilim Dalı, 26555, Tepebaşı, Eskişehir, uygucgil@gmail.com

ÖZET

Hidrokarbon aramacılığı jeoloji haritalarının yapılması, yeraltı ve yerüstü modelleme, planlama çalışmaları ve çizgisellik çıkarımı gibi birçok iş sürecini kapsar. Çizgisellik jeolojik fay, formasyon, kıvrım eksenleri ve olası fay zonlarının belirlenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çizgisellikler hava fotoğraflarından, uydu görüntülerinden, jeofizik verilerden, jeolojik ve topoğrafik haritalardan çıkartılabilmektedir. Çizgisellik analizi ise yüzey doğrusal özellikleri ile yüzey altı petrol ve gaz kapanları arasındaki korelasyonun değerlendirilmesine yardım etmektedir. Otomatik ve yarı otomatik çizgisellik çıkarımı için birçok metot uygulanmıştır. Bu çalışmanın amacı hidrokarbon aramacılığında kullanılan tektonik yapıların çoklu kabartma hiyerarşik modelleme metodunun kullanılarak otomatik olarak çıkarılmasıdır. Bu çalışmada, raster tabanlı bir analiz sırasında yapay yapıların oluşumuna dikkat çekilmiş ve Çoklu Kabartma Hiyerarşik Model (Multi Hillshade Hierarchic Clustering - MHHC) sunulmuştur. Çalışma alanı olarak Türkiye'nin kuzeybatısında Trakya baseninde yaklaşık 2400 km^2'lik bir alan seçilmiştir. İki farklı uydu görüntüsü kullanılmıştır. Ayrıca çıkarılan çizgisellikler sahadan çıkarılan manuel çizgisellik haritası ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Sözcükler: uzaktan algılama, jeoloji, sayısal yükseklik modeli, çizgisellik

ABSTRACT

A METHOD FOR FINDING THE LINEAMENTS IN HYDROCARBON EXPLORATION

Hydrocarbon exploration includes many business processes such as geological mapping, underground and surface modeling, planning studies and linearity inference. Lineament is frequently used in determining geological fault, formation, fold axes and possible fault zones. These lineaments can be extracted from aerial photographs, satellite images, geophysical data, geological and topographic maps. Lineament analysis helps to assess the correlation between surface linear properties and subsurface oil and gas traps. Many methods have been applied for automatic and semi-automatic line extraction. The aim of study is the extraction of tectonic structures in hydrocarbon exploration by using Multi Hillshade Hierarchic Clustering (MHHC). In this study, it is drawn attention to form artificial structures during the raster based analysis and presented MHHC. The working area is selected in Trakya Basin in the northwest of the Turkey that is approximately 2400 km^2. Two different satellite images are used. In addition, the extracted lineaments are compared with the manual lineaments acquired by field working.

Keywords: remote sensing, geology, digital elevation model, lineament

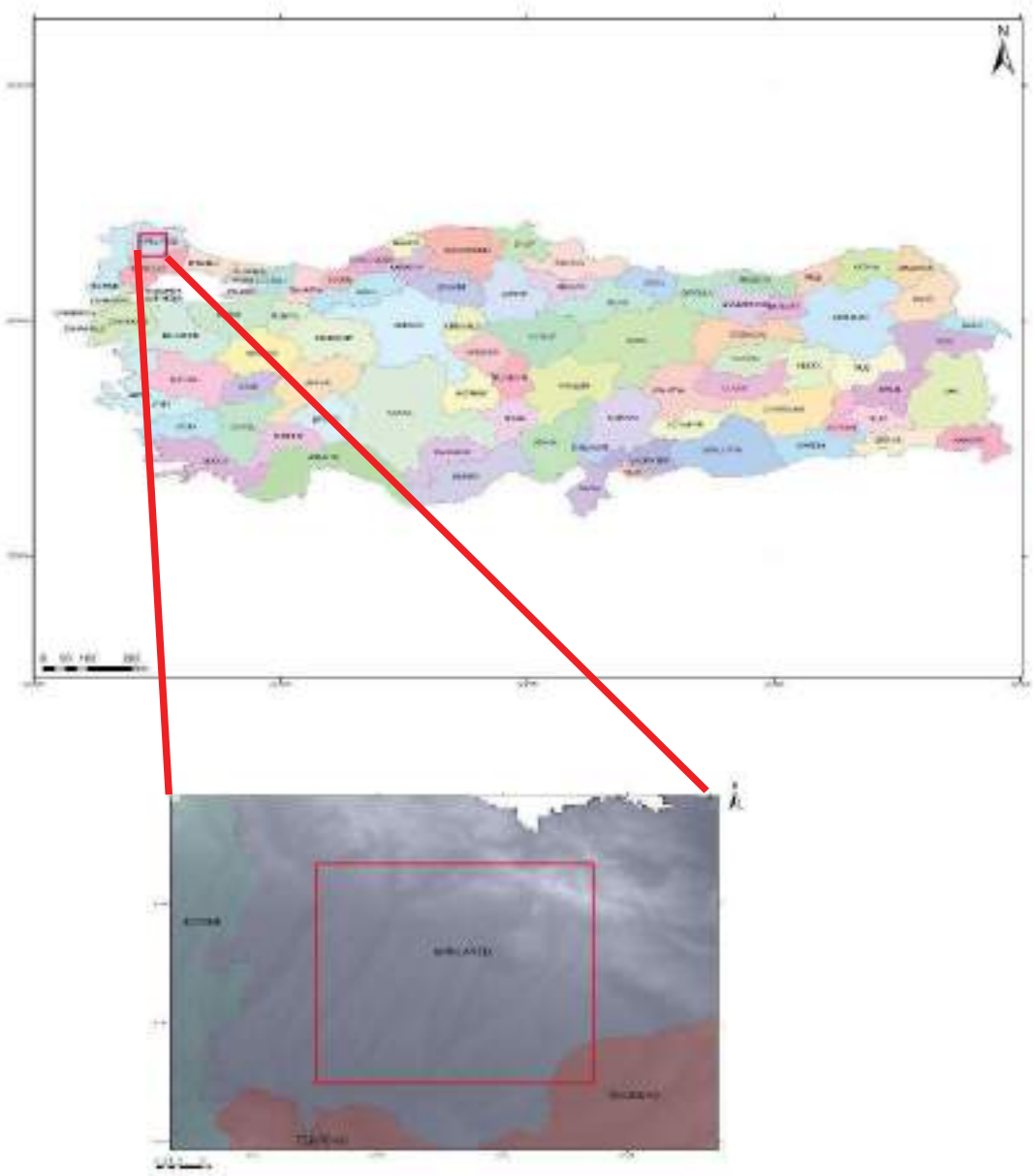
1. GİRİŞ

Hidrokarbon aramacılığı çok uzun çalışma gerektiren ve maliyetli bir iştir. Yapılan yatırımların karşılanması arama yapılan sahada petrol-gaz çıkarımı ve miktarı ile orantılı olduğundan risk çok yüksektir. Jeoloji haritalarının çıkarılması, yapısal ve tektonik araştırmalar, jeokimya çalışmaları, yeraltı haritalarının yapılması gibi jeolojik çalışmaların yanı sıra saha ve laboratuvar çalışmalarının yanında gravite, manyetik, sismik gibi jeofizik çalışmaları içerir. Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri de hidrokarbon aramacılığında jeoloji haritalarının yapılması, yeraltı ve yerüstü modelleme, planlama çalışmaları ve çizgisellik çıkarımı gibi birçok alanda kullanılır.
Hobbs çizgiselliği 1904'de kaya tabanının gizli mimarisini açığa vuran yer yüzeyinin belirgin çizgileri olarak tanımladı. Günümüzde ise; bir çizgi uydu görüntüsünde arka plandaki piksellerle karşılaştırıldığında dikkate değer şekilde açık ya da koyu bir çizgi ya da lineer bir formasyon olarak tanımlanır (Vassilas, 2002; Kocal vd., 2004). Lineer ve lineer olmayan 2 boyutlu filtrelerin kullanıldığı yöntemler kullanılarak çizgisellik çıkaran (Süzen ve Toprak, 1998), standart ve değiştirilmiş Hough dönüşümü kullanan (Fitton ve Cox, 1998), kenar izleme algoritmaları ve jeolojik yapıları Canny algoritması kullanarak çıkaran (Marghany ve Hashim, 2010) birçok çalışma mevcuttur. Sabrina Bonetto ve arkadaşları sayısal arazi modelini baz alan yarı otomatik geometrik bir yaklaşım kullanarak çizgisel objelerin çıkarımı için sayısal arazi modeli yüzeyinden çizgileri konkav ve konveks kenarları olarak algılayan yeni bir yöntem tanımlamışlardır.

Kiran Raj. S ve S.A. Ahmed (2014) çalışmalarında kenar bulma için ASTER DEM ve Landsat uydu görüntülerini kullanarak Canny algoritmasını baz alıp yeni bir grid operatör tasarlayarak tamamen otomatik bir yaklaşım sunmuşlardır.

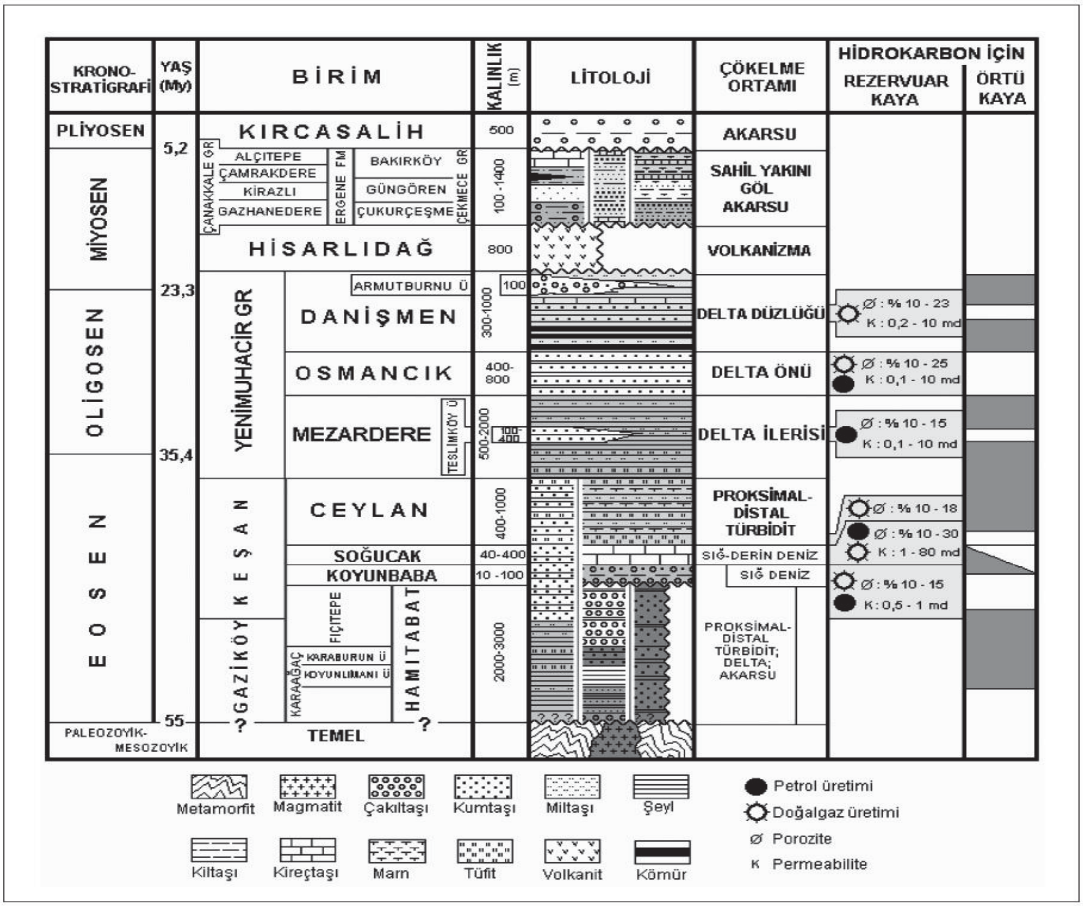
2.ÇALIŞMA ALANI

Çalışma kapsamında Trakya'nın kuzeybatısında Trakya baseninde 2377,9 km^2'lik alanı kaplayan 2 farklı uydu görüntüsü kullanılmıştır. Elde edilen çizgiselliklerin kontrolü için sahadan elle çıkarılan çizgisellik haritası ile karşılaştırılmıştır.

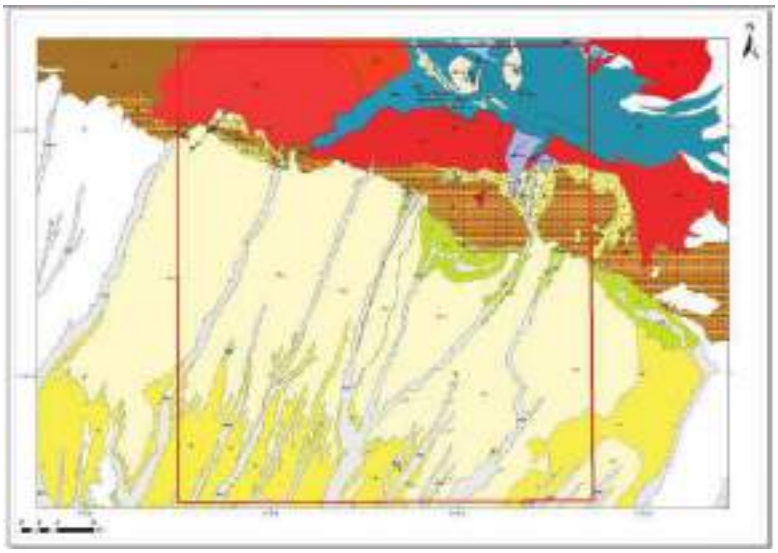


Şekil 1. Çalışma Alanı Harita.

Havzaya ilişkin jeolojik yapı Şekil 1'de özetlenmiştir (Siyako, 2006). Çalışma alanında Osmancık, Mezardere, Hamitabat ve Ceylan formasyonlarında hidrokarbona rastlanılmıştır.



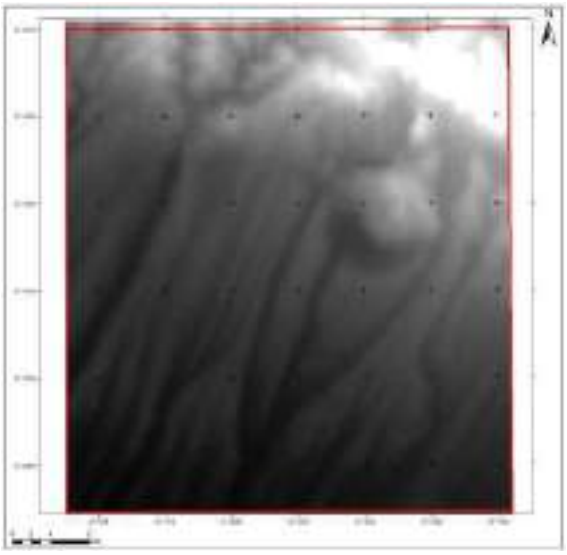
Şekil 2. Trakya Tersiyer istifinin genelleştirilmiş stratigrafi kesiti.



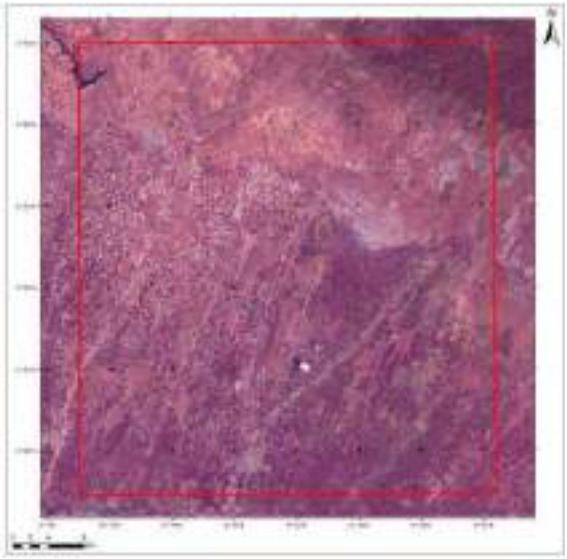
Şekil 3. Çalışma Alanı Jeoloji Haritası.

3. MATERYAL VE METHOD

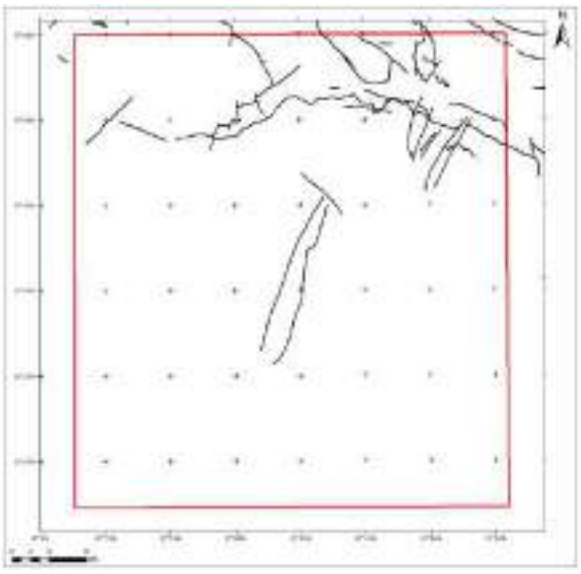
Bu çalışmada 2 farklı uydu görüntüsü (SRTM, LANDSAT) kullanılmıştır. Ayrıca analiz sonucu çıkan çizgisellikler yersel çalışmalardan elde edilen çizgisellik haritası ile karşılaştırılmıştır.



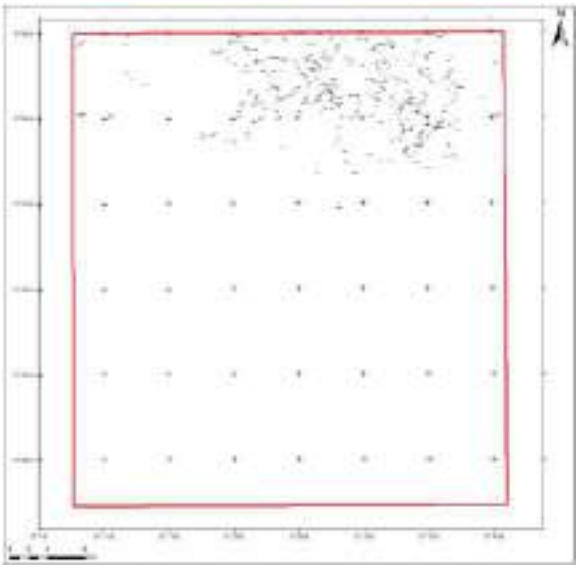
Şekil 4. SRTM Verisi.



Şekil 5. Landsat TM Verisi.



Şekil 6. Fay Haritası(Yersel Ölçme).



Şekil 7. Doğrultu/Eğim Haritası (Yersel Ölçme).

Çizelge 1. ASTER ve LANDSAT Karşılaştırma.

Bant	Landsat		Aster	
	Dalga Boyu	Çözünürlük	Dalga Boyu	Çözünürlük
Mavi	0.45-0.52	30		
Yeşil	0.53-0.61	30	0.52-0.60	15
Kırmızı	0.63-0.69	30	0.63-0.69	15
NIR	0.75-0.90	30	0.78-0.86	15
Pankromatik	0.52-0.90	15		
SWIR	1.55-1.75	30	1.60-1.70	30
	2.10-2.35	30	2.145-2.185	30
			2.185-2.225	30
			2.235-2.285	30
			2.295-2.365	30
			2.360-2.430	30

3.1 Çizgisellik Analizi

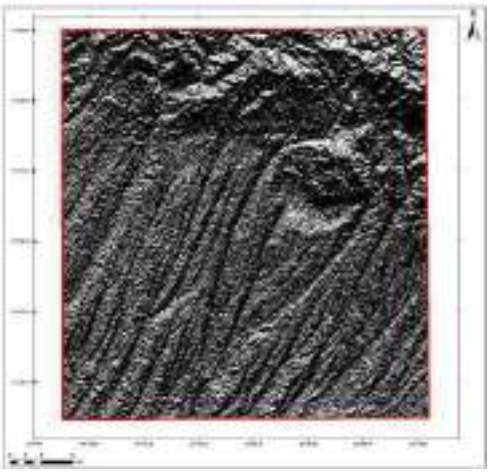
Çizgisellik genellikle jeolojik yapıların özellikle fayların süreksizliğini yansıtan arazi örtüsünde ve yeryüzünde çizgi objelerinin gösterimi olarak düşünülür. Eğer çizgisellik sadece yeryüzünün morfometriklerini temel alırsa bu çizgisellik morfoçizgiler olarak adlandırılır. Morfoçizgileri ya sayısal yükseklik modelinden direk olarak ya da sayısal yükseklik modelinden türetilen farklı yüzeylerden çıkarılabilmektedir. Çizgisellik Hough dönüşümü, Haar dönüşümü ve Segment izleme algoritmaları kullanılarak çıkarılabilir. (Sarp, 2005)

Segment izleme algoritması Kokie (1998) tarafından sayısal görüntülerde parlaklık değeri değişimini inceleyen, çizgisellikleri piksel boyutunda değerlendiren ve çıktıları vektör olarak sunan bir algoritma olarak tanımlanmıştır.

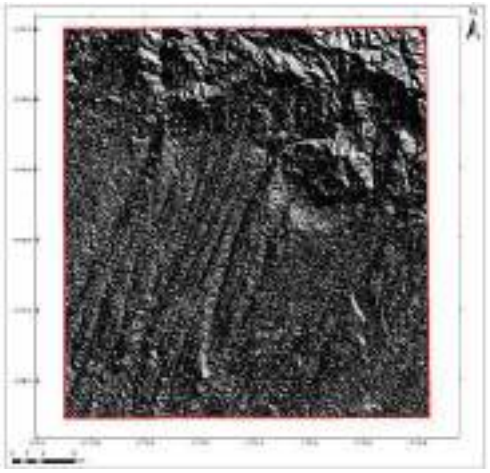
Segment izleme algoritması ile benzer özellik taşıyan PCI Geomatica yazılımının LINE modülünün kullanılmasının yanı sıra, Fitton ve Cox (1998) tarafından kullanılan Hough dönüşümü değişkeni de test edilebilir.
Önerilen çoklu kabartma hiyerarşik metodu (MHHC) bir dizi farklı aydınlatılmış ve döndürülmüş kabartma haritalarından türetilen çizgiselliklerin sınıflandırılmasını kapsar. Algoritma ayrıca pozitif ve negatif çizgiselliğin sınıflandırılmasını içerir.

3.1.1. Kabartma Oluşturma

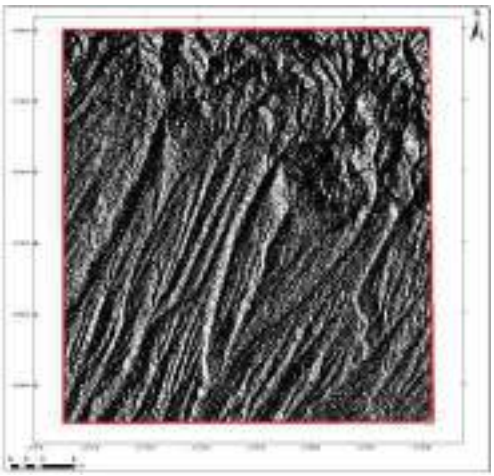
Hillshade raster çözünürlüğü, DEM girişi ile aynı olduğu için, mekânsal çözünürlük, aydınlatma yüksekliği (Işık Kaynağı Yüksekliği) ve aydınlatma azimutu (ışık kaynağı açısı) gölgeli kabartmayı etkileyen parametrelerdir.
Farklı yönlerde aydınlatılmış ve insan yapımı eserlerin belirlenmesi için farklı şekilde döndürülmüş kabartma haritaları kullanılacaktır.



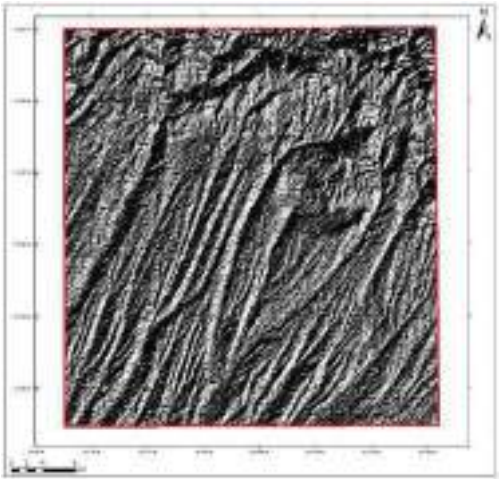
Şekil 8. Rölyef : 0.



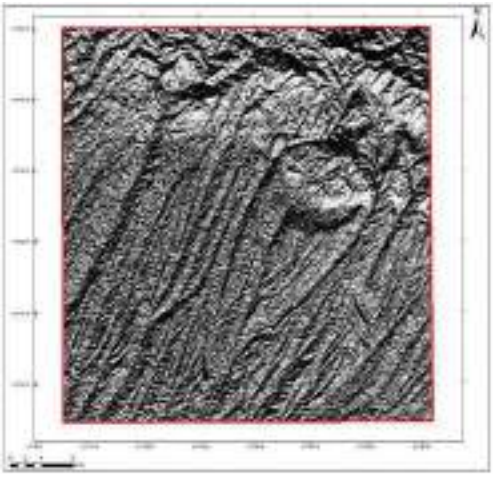
Şekil 9. Rölyef : 45.



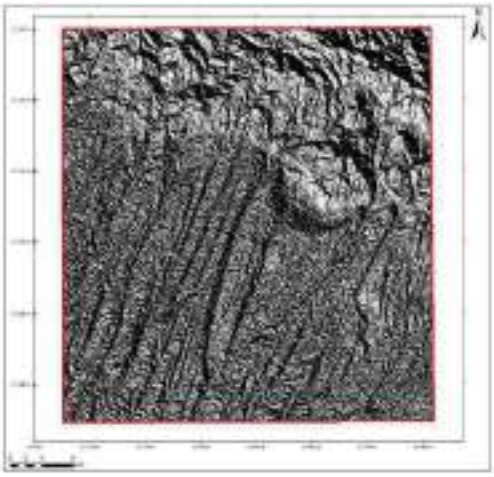
Şekil 10. Rölyef: 90.



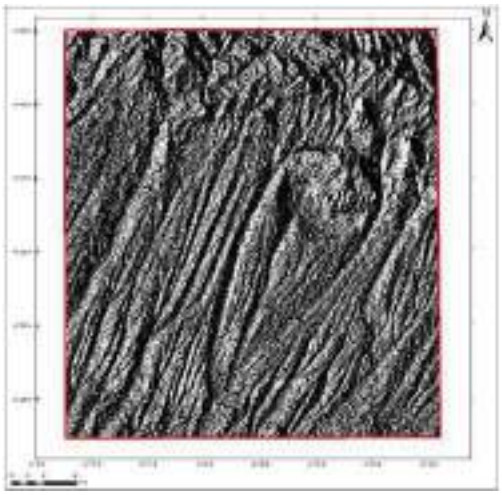
Şekil 11. Rölyef: 135.



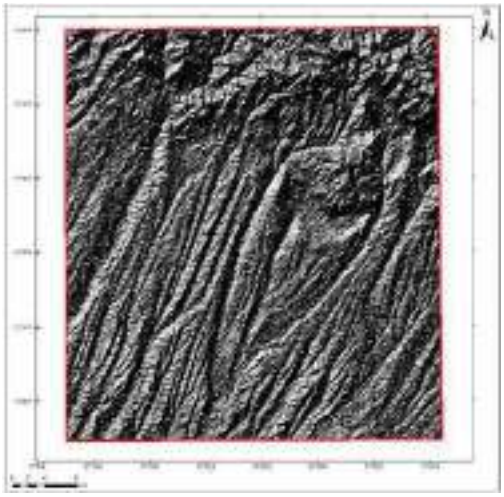
Şekil 12. Rölyef: 180.



Şekil 13. Rölyef: 225.



Şekil 14. Rölyef: 270.



Şekil 15. Rölyef: 315.

3.1.2. Çizgi Çıkarımı

Çizgisellik çıkarımı için PCI Geomatica LINE modülü kullanılmıştır. Bu modül 3 ana adımdan oluşmaktadır.

1) Kenar belirleme: Canny kenar belirleme algoritması uygulanır.

Bu algortimada 3 adımdan oluşur.
- ► Girdi görüntüsüne Gauss filtresi (yarıçapı RADI parametresiyle verilmiş olan) uygulanır.
- ► Filtrelenen görüntüde gradient operatörü kulanılarak kenar gradyent yönü ve büyüklüğü hesaplanır. (GTHR parametresi ile verilir)
- ► Kenarlar non maksima baskılama uygulanarak inceltilir.

2) Eşikleme: Eşikleme, görüntü içerisindeki objeleri görüntü arka planından ayırmak için yapılan bir işlemdir. Görüntü ikili görüntü haline çevrilir.

3) Çizgi çıkarımı: İkili görüntüden kenarların çıkarımı işlemidir. Öncelikle bir inceltme algoritması uygulanır. LTHR ile belirlenen piksellerin minimum uzunluk eşik değerinden küçük olan pikseller göz ardı edilir. (Kiran ve Ahmed 2014) (PCI Geomatica Manual 2001)

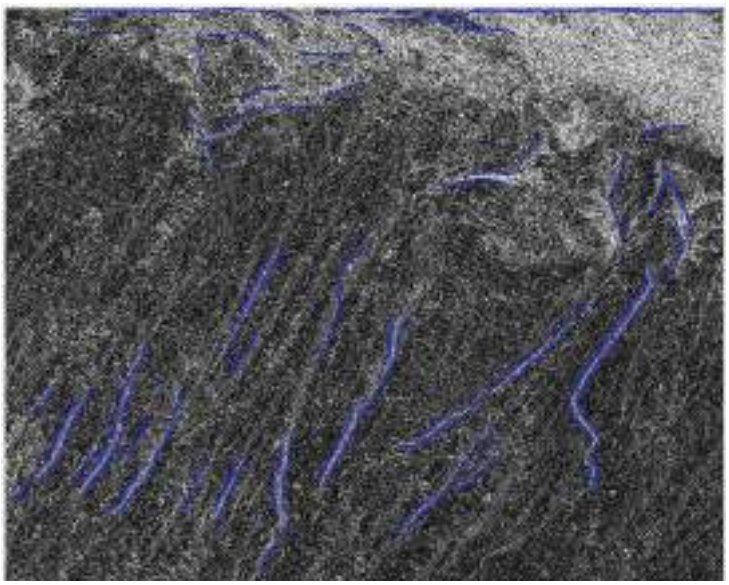
Kenar belirleme operatörü olarak Canny edge detector ve ikili kenar raster üretmek için de eşikleme kullanılacaktır. Tablo2 ve Tablo3'de kullanılan paramatreler özetlenmiştir.

Çizelge 2. Aster Verisi için Line Modül Parametreleri.

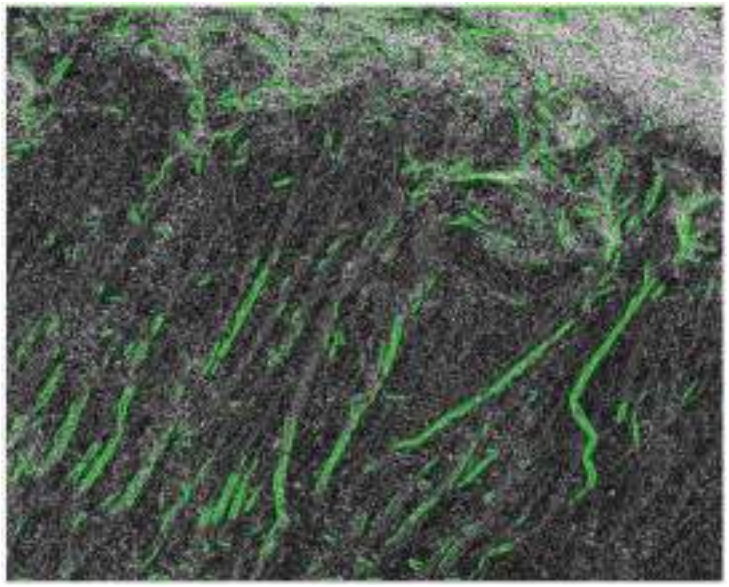
Paramatreler	Değer
Filter radius (RADI)	20
Gradient threshold (GTHR)	120
Length threshold (LTHR)	100
Line fitting error threshold (FTHR)	3
Angular difference threshold (ATHR)	30
Linking distance threshold (DTHR)	100

Çizelge 3. Landsat Verisi için Line Modül Parametreleri.

Paramatreler	**Önerilen Değer**
Filter radius (RADI)	12
Gradient threshold (GTHR)	90
Length threshold (LTHR)	30
Line fitting error threshold (FTHR)	10
Angular difference threshold (ATHR)	30
Linking distance threshold (DTHR)	20



Şekil 16. Aster verisinden elde edilen Çizgisellik Haritası.



Şekil 17. Landsat verisinden elde edilen Çizgisellik Haritası.

4. SONUÇ

Çalışmada hidrokarbon aramacılığına çizgisellik verisinin katkısı araştırılmıştır. Hidrokarbon aramacılığı jeoloji, jeofizik, jeokimya ve sondaj çalışmalarını içeren çok zahmetli bir alandır. Arama faaliyetlerinde başarı olasılığı düşüktür. Yapılan istatistiklere göre açılan 10 araştırma kuyusundan yalnızca biri petrol içermektedir. Yüzey durumunun haritalanması keşifle başlar ve eğer hidrokarbon emareleri görünürse detaylı haritalama yapılır. Bu haritalar arazi çalışmaları için gereklidir.
Görüntü işleme teknikleri çizgisellik çıkarımı için jeolojik açıdan tatmin edici sonuçlar sağlar. Çizgisellik farklı azimut açılarında topografyanın gösterimi sağlanarak geliştirilmiş ve haritalanmıştır. Landsat ETM ve SRTM verileri kullanılarak bahsedilen yöntemle Çizelge 1 ve Çizelge 2'deki parametrelere göre Trakya basenindeki çizgisellikler çıkarılmıştır.
Çıkarılan çizgisellik haritası yersel ölçmelerden elde edilen çizgisellik haritaları ile karşılaştırılmıştır. Yapılan analizler sonucunda Çoklu kabartma yönteminin çizgi detaylarını bulmakta oldukça başarılı olduğu gözlenmektedir.

5. KAYNAKLAR

Fitton, N.C. ve Cox, S.J.D., 1998. Optimising the application of the Hough transform for automatic feature extraction from geoscientific images. *Comput.Geosci*. 24 (10), 933–951.

Hobbs, W.H., 1904. Lineaments of the Atlantic Border Region. Geological Society. *American Bulletin*, 15, 483-506.

Kiran Raj. S ve S.A. Ahmed, 2014. Lineament Extraction from Southern Chitradurga Schist Belt using Landsat Tm, AsterDEM and Geomatics Techniques. *International Journal of Computer Applications*, Volume 93, No 12.

Koike, K., 1998. Construction and analysis of interpreted fracture planes through combination of satellite- image derived lineaments and digital elevation model data. *Computers and Geosciences 24*(Jul.), 573–583.

Marghany, M. ve Hashim, M., 2010. Lineament mapping using multispectral remote sensing satellite data. *International Journal of the Physical Sciences* 5 (10),1501–1507.

PCI Geomatica Manual 2001

Sarp, G., ve Toprak, V., 2007. Otomatik Olmayan Yöntemler Kullanılarak Landsat ETM Uydu Görüntüsünden Çizgisellik Belirlenmesi, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi,* 30 Ekim–02 Kasım 2007, KTÜ, Trabzon.

Siyako, M., 2006. Trakya Havzası'nın "Linyitli Kumtaşları*", MTA Dergisi*, 132, 63-73.

Süzen, M.L. ve Toprak, V., 1998. Filtering of satellite images in geological lineament analyses: an application to a fault zone in CentralTurkey. *International Journal of Remote Sensing* 19,1101–1114.

Vassilas, N., 2002. *Delineation of lineaments from satellite data based on efficient neural network and pattern recognition techniques*.pp.355–366.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7013

HAVZA ÖLÇEĞİNDE TEMSİL EDİCİ ALANSAL ORTALAMA BUHARLAŞMA-TERLEME MİKTARININ LANDSAT GÖRÜNTÜLERİNDEN ELDE EDİLMESİ

Denis Denizhan YANMAZ[1], Zuhal AKYÜREK[1,2], İsmail YÜCEL[1]

[1]Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 06800, Ankara
[2]Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Bölümü, 06800, Ankara,zakyurek@metu.edu.tr

ÖZET

*Buharlaşma-terleme; suyun topraktan atmosfere buharlaşma yolu ile bitkilerden atmosfere terleme yolu ile transfer edilmesidir. Potansiyel ve gerçek olmak üzere iki şekilde ifade edilebilen buharlaşma-terleme hidrolojik çevrimin önemli elemanıdır. Potansiyel buharlaşma-terleme ortamda yeterli suyun olması durumunda gerçekleşmesi beklenen miktardır. Genelde ihtiyacımız olan gerçek buharlaşma-terleme miktarının belirlenebilmesidir ki bu miktar gerçekte yüzeyden atmosfere transfer olan su miktarıdır. Gerçek buharlaşma-terleme (AET) hidrolojik modellerde enerji dengesi ve ısı akısı ile ilintili olan tek parametredir. Bu nedenle AET gerek hidrolojik modellerde gerekse yüzey modellerinde belirlenmesi gerekli olan fakat belirlenmesi oldukça zor olan bir parametredir. Gerçek buharlaşma-terleme, özısı akısı kullanılarak hesaplanabilmektedir. Bu amaçla uydu tabanlı enerji dengesi haritalaması ile gerçek buharlaşma-terleme miktarının haritalanması (METRIC) model*i (Allen et al. 2007b)*kullanılmaktadır. METRIC modeli ile buharlaşma-terleme miktarını net yüzey radyasyonu, atmosfere giden toprak ısı akısını ve hissedilebilen ısı akısını belirleyen sıralı işlemler ile hesaplanmaktadır. Toprak ısı akısının ve hissedilebilen ısı akısının net radyasyondan çıkartılması ile elde edilen kalıntı enerji akısı elde edilebilmektedir, bilindiği üzere bu enerji buharlaşma-terleme için kullanılmaktadır. Bu çalışmada 2017 yılına ait 7 adet Landsat-8 görüntüsü kullanılmıştır. TUBITAK 115Y041 projesi kapsamında Adana-Çakıt havzasına kurulan eddy akı kulesi değerleri kullanılarak METRIC model ile elde edilen gerçek buharlaşma-terleme değerleri karşılaştırılmıştır. 516 km^2 alana sahip olan doğal bitki örtüsü kaplı Çakıt havzası için gerçek buharlaşma-terleme değerleri elde edilmiştir. METRIC modeli ile elde edilen değerlerde yükseklik ve rüzgârın model sonuçlarına etkisi tartışılmaktadır.*

Anahtar Sözcükler: gerçek buharlaşma-terleme, enerji dengesi, METRIC, uzaktan algılama

ABSTRACT

ESTIMATING THE ACTUAL EVAPOTRANSPIRATION FROM LANDSAT IMAGES AT A BASIN SCALE

Evapotranspiration is the process by which water is transferred from the land to the atmosphere by evaporation from the soil and other surfaces and by transpiration from vegetation. There are two types of evapotranspiration which are potential and actual evapotranspiration. Potential evapotranspiration is defined as the amount of evaporation that would occur if sufficient water is available. We are mostly interested with actual evapotranspiration which is the quantity of water that is actually removed from a surface due to the processes of evaporation and transpiration. Actual evapotranspiration (ET) is the only parameter of the hydrological model which is related to the energy balance and heat fluxes. Because of that while observing climate change actual ET becomes very important for the hydrological models. The actual evapotranspiration can be easily calculated using the latent heat flux which is the flux of heat from the Earth's surface to the atmosphere that is associated with evaporation or transpiration. So the challenge is to generate the most accurate latent heat flux map. This is where the satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) model (Allen et al. 2007b) *is used. The METRIC model calculates evapotranspiration through a series of computations that estimate net surface radiation, soil heat flux and sensible heat flux to the air. By subtracting the soil heat flux and sensible heat flux from the net radiation at the surface, a residual energy flux can be estimated that represents the energy consumed by evapotranspiration. In this study 7 Landsat-8 images are used. The aim is to create ET maps for the Çakıt basin then compare the results with the Eddy-covariance system to observe how good the METRIC model works in the study area. The effect of altitude and wind on model results is discussed.*

Keywords: actual evapotranspiration, energy balance, METRIC, remote sensing

1. GİRİŞ

Son yıllarda iklim değişikliğinin artan etkisi nedeniyle suyun önemi daha da artmıştır. Su döngüsünde buharlaşma-terleme su dengesini etkileyen önemli bir parametredir. Buharlaşma-terleme miktarının doğru olarak belirlenmesi bitki su ihtiyacının belirlenmesinde de önemlidir. Hidrolojik modellerde girdi parametresi olarak kullanılan buharlaşma-terleme miktarının doğru olarak belirlenmesi model başarısında etkendir. Uzaktan algılama esaslı

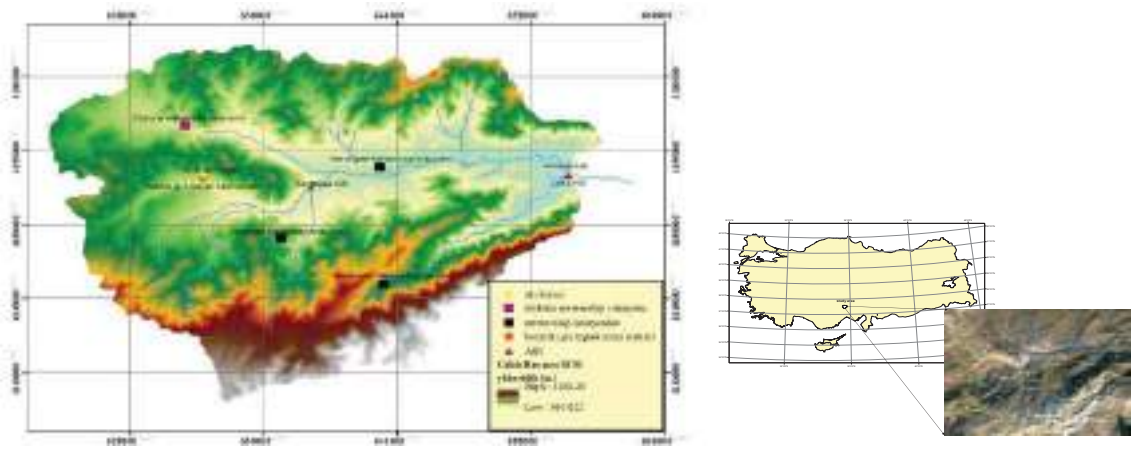
buharlaşma-terleme yöntemleri yüzey enerji dengesine dayanır ve genellikle hassas buharlaşma-terleme tahminlerinde bulunur (Allen vd., 2005). TUBITAK 115Y041 projesi kapsamında planlanan hidrolojik çalışmalarda gerçek buharlaşma-terleme miktarının belirlenmesi ve izlenmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle Adana-Çakıt havzasında kontrolsüz bir havza belirlenmiş ve hidrolojik parametrelerin belirlenmesi için farklı ölçüm aletleri araziye kurulmuştur. Havza ölçeğinde gerekli olan gerçek buharlaşma-terleme miktarının belirlenmesi için noktasal ölçüm aletlerinin yanında uydu görüntülerinden de faydalanmak gerekmektedir. Literatürde oldukça fazla uygulaması olan METRIC modeli bu kapsamda seçilmiş ve modelin doğal arazi koşullarında oluşacak buharlaşma-terleme miktarının uydu görüntülerinden elde edilmesi ve eddy akı kulesinde ölçülen hissedilen ısı akısı ile elde edilen günlük buharlaşma-terleme miktarı ile karşılaştırılarak havza bazında gerekli düzeltmelerin yapılması hedeflenmiştir.

Buharlaşma-terleme (BT) hesabında kullanılan METRIC modeli yüzey enerji dengesinin kalıntısı olarak BT'yi hesaplamak için çoklu alt modellerden oluşan uydu tabanlı görüntü işleme modelidir. METRIC modeli Idaho Üniversitesi tarafından geliştirilmiştir. Amerikadaki Montana, California, New Mexico, Utah, Wyoming, Texas, Nebraska, Colorado, Nevada, ve Oregon eyaletleri METRIC modelini kullanmışlardır (Rocchio L., 2009). METRIC modeli temelini Bastiaanssen tarafından geliştirilen enerji dengesi modeli, SEBAL modelinden alır (Allen vd., 2007b). SEBAL modelinin yenilikçi özelliği radyometrik yüzey sıcaklığına endeksli olan yakın yüzey sıcaklık gradyanı, dT'yi kullanır. Bu, mutlak yüzey sıcaklığı kalibrasyon ihtiyacını ortadan kaldırmıştır. METRIC modeli mevcut meteoroloji verileri kullanılarak uydu tabanlı enerji dengesi dahili olarak iki aşırı koşulda (kuru ve ıslak) kalibre edilir. METRIC modeli Idaho'da su kaynakları planlaması için bir araç olarak su hakkı uyumluluğunu ve akifer tüketimini izlemek için kullanılmıştır. Ayrıca METRIC modeli New Mexico'nun Rio Grande Vadisi'nde hidrolojik modellerde, ET'yi dar nehir koridorunda tarımsal ve nehir kenarında yetişen bitki örtüsünden haritalamak, sulama yeterliliği ve tuzluluk yönetimini değerlendirmek için kullanılmıştır (Allen vd., 2007b). Bir başka çalışmada METRIC modelinde MODIS uydu görüntüleri kullanılarak Büyük Menderes havzasının gerçek buharlaşma-terleme haritalarının oluşturulmasında kullanılmıştır (Aksu ve Arikan 2017). Ayrıca METRIC modeli spektral vejetasyon indekslerinin tam ve kısıtlı sulama koşullarında bitki katsayısının ve bitki su tüketiminin bir göstergesi olarak değerlendirilmesi için de kullanılmıştır (Köksal, 2008).

2. MATERYAL VE METOD

2.1 Çalışma Alanı ve Kullanılan Veri

Çalışma alanı TUBITAK 115Y041 no'lu proje kapsamında Adana-Çakıt havzasında kurulan test havzasıdır (Şekil 1). Çalışma havzasının alanı 516 km^2'dir ve Niğde ilinde yer almaktadır. Havzanın yüksekliği 960 m ile 3450 m arasında değişirken havzanın ortalama yüksekliği 1750 m'dir. Havzada dört adet meteoroloji istasyonu, bir adet eddy akı kulesi, bir adet Kozmik ışın sensörü ve üç adet akım gözlem istasyonu bulunmaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanı ve havzada yer alan ölçüm aletlerinin havzadaki konumları.

Çalışma havzası Landsat 8 uydusunun 2 parseline denk gelmektedir. Bu sebepten dolayı 16 gün olan zamansal çözünürlük için havzayı temsil eden 2 görüntü çerçevesi kullanılmıştır. Landsat 8 uydu görüntüleri USGS'in (Birleşik Devletler Jeolojik Araştırmalar - U.S. Geological Survey) ilgili web sitesinden indirilmiştir (https://earthexplorer.usgs.gov/). METRIC modelinde uydu görüntülerinin bulutsuz olması önemlidir. Bulut altına denk gelen piksellerde herhangi bir işlem yapılamamakla birlikte bu pikselleri işlemlere dahil etmemek oldukça zordur. Mart 2017 – Ekim 2017 arasındaki görüntüler incelenmiş ve METRIC modeline uygun 7 görüntü

bulunmuştur(Çizelge 1). 7 Ağustos 2017 saat 11:16 tarihli uydu görüntüsü Şekil 2'de görülmektedir. Çalışma havzasının rakımının yüksek olması sebebiyle bulutlanma büyük bir problemdir. Landsat 8 uydu görüntülerinin spektral bantları Çizelge 2'de gösterilmiştir. METRIC modeli yüzey sıcaklığını haritalamak için termal bantlar olan bant 10 ve bant 11'i kullanır.



Şekil 2. 7 Ağustos 2017 Landsat 8 ham görüntüsü ve havza sınırı, kırmızı bant-4, yeşil bant-3 ve mavi bant-2'dir.

Çizelge 1. Çalışma havzasının bulutsuz olduğu Landsat 8 görüntü tarihleri.

Görüntü no	Görüntü tarihi
1	24.04.2017
2	27.06.2017
3	13.07.2017
4	07.08.2017
5	08.09.2017
6	24.09.2017
7	17.10.2017

Çizelge 2. Landsat 8 spektral bantlar.

Bant no	Dalga boyu (µm)	Mekansal çözünürlük (m)
Bant 1	0.435 – 0.451	30
Bant 2	0.452 – 0.512	30
Bant 3	0.533 – 0.590	30
Bant 4	0.636 – 0.673	30
Bant 5	0.851 – 0.879	30
Bant 6	1.566 – 1.651	30
Bant 7	2.107 – 2.294	30
Bant 8	0.503 – 0.676	15
Bant 9	1.363 – 1.384	30
Bant 10	10.60 – 11.19	100
Bant 11	11.50 – 12.51	100

Meteorolojik veri olarak güneş radyasyonu, rüzgâr, sıcaklık ve bağıl nem değerleri havzada kurulan eddy akı kulesinden elde edilmiştir. METRIC modelinde kullanılmak üzere Eddy akı kulesinden alınan günlük ve yarım saatlik meteorolojik veriler Çizelge 3'te belirtilmiştir.

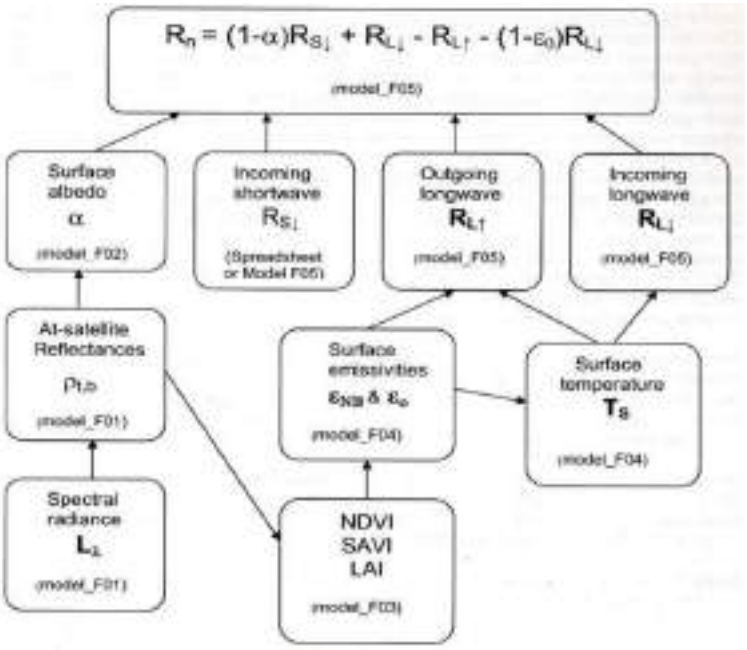
Çizelge 3. 7 Ağustos 2017meteorolojik verileri.

	Ort. rüz. Hızı 2m(m/s)	Maks. sıc.(°C)	Min. sıc.(°C)	Ort. sıc.(°C)	Çiy noktası sıc.(°C)	Ort. güneş rad.(W/m²)	Ref.ET₀ (mm)
Günlük veri	2.26	29.66	15.14	-	7.5	310.97	6.43
Yarım saatlik veri(11.00 - 11.30)	2.55	-	-	26.63	6.9	930.02	0.73

2.2 Metodoloji

METRIC modelinde meteorolojik veri kullanılarak yüzeyde ölçülen saatlik ve günlük referans buharlaşma-terleme (BT) değerleri hesaplanmalıdır (Allen vd., 2007a). Bu çalışmada referans BT değerleri standartlaştırılmış Penman Monteith denklemi kullanılarak hesaplanmıştır(Raoufi and Beighley 2017).

METRIC modeli hesaplamaları Landsat 8 uydu görüntülerinde uygulanmıştır. Öncelikle 8 bant (termal bantlar dahil) için atmosfer üstü ışıma ve termal bantlar dışında kalan 6 bant için atmosfer üstü yansıma haritaları oluşturulmuştur. Anlık gerçek buharlaşma-terleme miktarının hesaplanması için gizli ısı akısının (LE) belirlenmesi gerekmektedir. Net radyasyon *(R_n)* değerinin belirlenmesi Şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 3. METRIC modelinin net radyasyon (R_n) akış şeması (Allen vd. 2005).

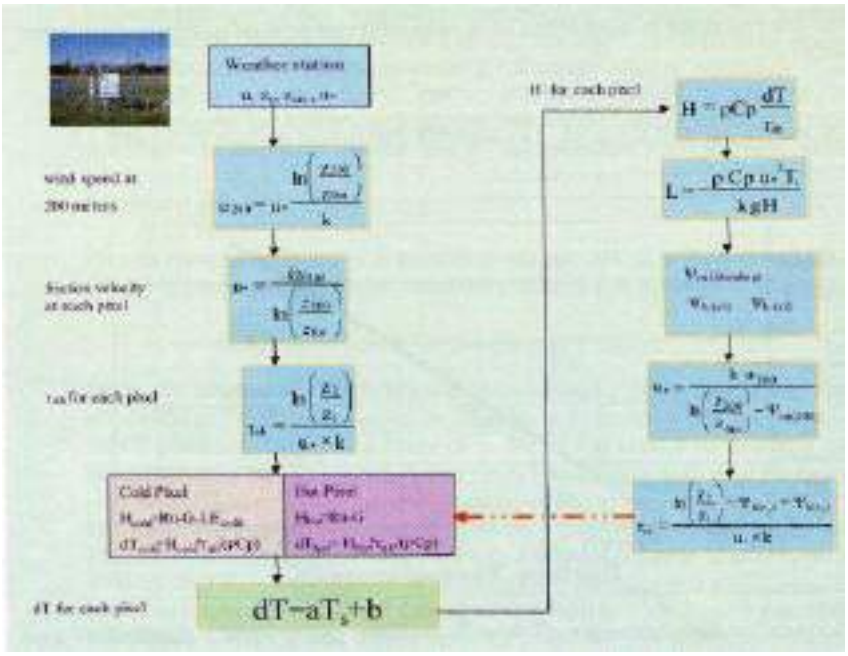
Gerekli olan hesaplamalar uydu görüntüsü üzerinde yapılarak elde edilen net radyasyon (R_n), toprak ısı akısı (G) ve hissedilebilen ısı akısısı (H) değerleri sonucunda yüzey enerji dengesi kullanlarak gizli ısı akısı (LE) hesaplanmaktadır (Denklem 1). Anlık buharlaşma-terleme, LE nin gizli buharlaşma ısısına bölünmesiyle hesaplanır (Denklem 2). Gizli buharlaşma ısı yüzey sıcaklığına bağlı olup her piksel için farklılık gösterebilmektedir (Denklem 3).

$$LE = R_n - G - H \quad (1)$$

$$ET_{anlık} = 3{,}600\frac{LE}{\lambda} \quad (2)$$

$$\lambda = \left(2.501 - 0.00236(T_s - 273.15)\right) * 10^6 \quad (3)$$

Anlık buharlaşma-terleme ($BT_{anlık}$) ve daha önce bulunan saatlik ve günlük referans buharlaşma-terleme (BT_0) değerleri kullanılarak günlük BT değerleri hesaplanmaktadır(Allen vd., 2007b). METRIC modelinin hissedilir ısı akısı (H) hesabında kullanılan iterasyon denklemleri Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. METRIC modelinin iterasyon döngüsü (Allen vd., 2005).

3. UYGULAMA

3.1 Referans (Potansiyel) Buharlaşma-Terlemenin Belirlenmesi

METRIC modelini kullanabilmek için meteorolojik veri kullanılarak yüzeyde ölçülen saatlik ve günlük referans buharlaşma-terleme (BT) değerleri hesaplanmalıdır. Saatlik dosyanın girdileri gelen kısa dalga radyasyonu, ortalama sıcaklık, ortalama rüzgâr hızı ve çiy noktası sıcaklığı iken günlük dosyanın girdileri günlük ortalama gelen kısa dalga radyasyonu, günlük maksimum ve minimum sıcaklık, günlük ortalama rüzgâr hızı ve günlük ortalama çiy noktası sıcaklığıdır (Meteorolojik veri olarak güneş radyasyonu, rüzgâr, sıcaklık ve bağıl nem değerleri havzada kurulan eddy akı kulesinden elde edilmiştir. METRIC modelinde kullanılmak üzere Eddy akı kulesinden alınan günlük ve yarım saatlik meteorolojik veriler Çizelge 3'te belirtilmiştir.

Çizelge 3). Çiy noktası sıcaklığı (T_d) ise ortalama sıcaklık (T) ve nisbi nem (RH) ile hesaplanır. Saatlik referans BT değeri uydu görüntüsünün çekildiği andaki Eddy istasyon verisi kullanılarak hesaplanır. Bu çalışmada saat 11:30 verisi kullanılmıştır. Ayrıca arazinin dağlık olmasından dolayı METRIC modelinde kısa boylu bitki referans buharlaşma-terleme miktarı kullanılmıştır. Bir Landsat görüntüsünde referans BT'nin hesaplanabilmesi için genellikle bir veya iki istasyon yeterlidir (Allen vd., 2007b).

3.2 METRIC Modeli ile Gerçek Buharlaşma-Terlemenin Haritalanması

METRIC modelinin albedo (gelen ışınların bir yüzeyden yansıtılan veya yansıyan yüzdesi) katsayıları Landsat 8 uydu görüntüleri için hesaplanmadığından katsayılar başka bir çalışmadan alınır (da Silva vd., 2016). R_n ve G hesaplandıktan sonra yapılması gereken görüntü üzerinde 1 sıcak ve 1 soğuk piksel bulmaktır. Sıcak pikselin özelliği kuru ve sıcak olmasıdır, NDVI düşük ve yüzey sıcaklığı yüksektir. Kuru olduğundan ölçüme başlamak için gerekli olan referans $LE_{hot}=0.1*ET_0*\lambda$ kabul edilir. Soğuk pikselin özelliği ıslak ve soğuk olmasıdır. Soğuk pikselde buharlaşma-terleme içinenerji harcandığından yüzey sıcaklığı daha azdır ve NDVI yüksektir. Referans $LE_{cold}=1.05*ET_0*\lambda$ olarak kabul edilir (Allen et al. 2007b). ET_0 meteoroloji istasyonu verileri kullanılarak bulunan saatlik referans buharlaşma-terleme değeridir. Net radyasyon, toprak ısı akısı, aerodinamik direnç ve hava yoğunluğu

haritalarının sıcak ve soğuk pikseldeki değerleri elde edilir (Çizelge 4). METRIC 9. iterasyonu ile Eddy istasyon verisi karşılaştırması
Çizelge ***5***'te verilmiştir. Eddy istasyonunda LE 170.45 W/m^2 olarak ölçülmüştür.

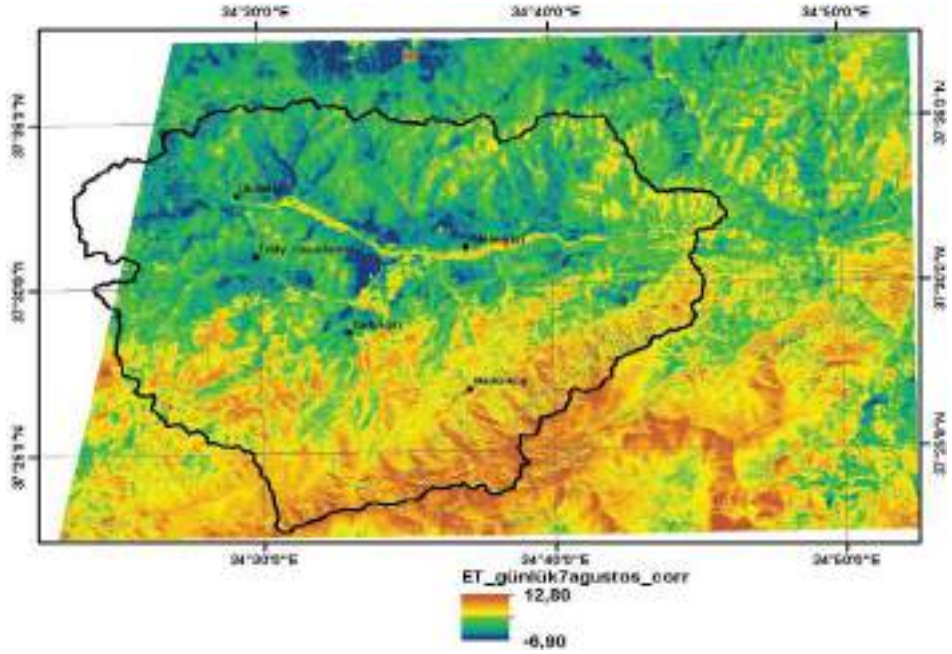
Anlık elde edilen BT dağılımı günlük değerlere çevrilir (Şekil 5). Bunun için anlık BT haritası anlık referans BT değerine bölünür. Ardından oluşan harita bulunan günlük referans BT değeri ile çarpılır. Bunun sonucunda günlük BT haritası oluşmuş olur.

Çizelge 4. Sıcak ve soğuk piksellerindeki değerlerin iterasyonla değişimi.

İterasyon	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Hcold	110.46	110.63	110.14	110.34	110.21	110.70	109.90	110.46	110.99
Hhot	425.68	446.06	431.06	434.36	432.99	433.96	432.92	433.62	434.17
Cp	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004
Rahhot	32.75	11.85	16.92	14.91	15.63	15.36	15.47	15.42	15.43
pairhot	0.98	1.03	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
dThot	14.18	5.11	7.29	6.43	6.74	6.63	6.66	6.65	6.67
rahcold	20.34	15.17	17.08	16.23	16.61	16.43	16.54	16.47	16.48
paircold	1.02	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
dTcold	2.19	1.62	1.82	1.73	1.77	1.76	1.76	1.76	1.77
Tsdatcold	288.53	288.53	288.53	288.53	288.53	288.53	288.53	288.53	288.53
Tsdathot	303.14	303.14	303.14	303.14	303.14	303.14	303.14	303.14	303.14
a	0.8204	0.2389	0.3743	0.3213	0.3398	0.3330	0.3356	0.3346	0.3348
b	-234.53	-67.31	-106.17	-90.97	-96.26	-94.33	-95.06	-94.77	-94.83

Çizelge 5. METRIC 9. Iterasyon sonuçlarının Eddy istasyon verisi ile karşılaştırması.

	METRIC 9. iterasyon (W/m^2)	**Eddy istasyon verisi (W/m^2)**
H	361.57	269.11
G	92.38	28.46
Rn	524.81	465.79
LE	70.86	170.45



Şekil 3. Günlük BT haritası (mm/d), anlık BT'den çevirirken dağlık arazi düzeltmesi uygulanmamıştır.

Çizelge 6'da METRIC modeli tarafından hesaplanan ve Eddy akı kulesi tarafından gözlemlenen gizli ısı akısı değerleri karşılaştırılmıştır.Bulutluluk miktarı %10'dan az olan 7 adet görüntü için anlık ve günlük BT değerleri hesaplanmıştır.

Çizelge 6. Tarihe göre METRIC modeli LE değerleri ile Eddy akı kulesi LE değerleri.

Tarih	METRIC modeli LE (W/m^2)	Eddy kulesi LE (W/m^2)
24.04.2017	89.26	81.46
27.06.2017	234.38	224.03
13.07.2017	200.33	97.83
07.08.2017	70.86	170.45
08.09.2017	126.21	69.63
24.09.2017	159.29	60.84
17.10.2017	29.20	83.88

Çizelge 6'da gizil ısı akısının en yüksek değerleri beklendiği gibi yaz mevsimindedir. Bu sonuçlar genel eğilimi yakalamaktadır. METRIC modeli ile Eddy kulesinin değerleri arasındaki fark 27 Haziran tarihinde 10 W/m^2 iken 13 Temmuz tarihinde 100 W/m^2'nin üzerindedir. Böylesine bir hatanın sebeplerinin Eddy akı kulesinin mevsimsel olarak kalibre edilmemesi ve proje havzasının dağlık olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Dağlık arazilerde hava koşulları hızlı değişim gösterdiğinden anlık buharlaşma-terlemenin alana dağıtılması oldukça zordur.

Çizelge 7'de Havzanın minimum, maksimum ve ortalama günlük BT değerleri gösterilmiştir. En sağdaki kolon ise 0'ın altındaki günlük BT değerleri çıkarıldığındaki havza ortalamalarıdır. Fark edilebileceği üzere havza ortalamalarına bakıldığında mevsimsel bir trend gözlenmektedir. Ayrıca yaz mevsiminden uzaklaşıldıkça negatif değerlerin ortalamaya etkisinin arttığı gözlemlenmiştir. Bunun bir sonucu olarak METRIC modelinin yaz aylarında kış aylarına göre daha iyi çalıştığı söylenebilir.

Çizelge 7. Günlük BT haritalarının istatistiksel Çizelgesi.

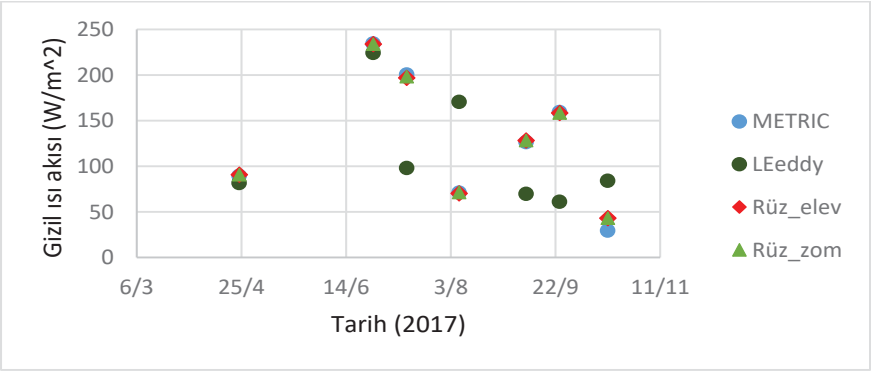
Tarih	Havza_min_BT (mm/d)	Havza_max_BT (mm/d)	Havza_ort_BT (mm/d)	Havza_ort_düzelt_BT (mm/d)
24.04.2017	-7,62	13,14	3,32	3,47
27.06.2017	-5,79	13,33	5,53	5,54
13.07.2017	-6,27	13,65	5,21	5,23

07.08.2017	-6,9	12,8	4,21	4,33
08.09.2017	-6,08	12,43	3,49	3,55
24.09.2017	-4,89	11,69	3,14	3,19
17.10.2017	-5,68	10,76	1,76	2,1

3.3 Rüzgâr Hızı Alansal Dağılımının Elde Edilmesi

Rüzgâr anlık BT'nin oluşmasında ve belirlenmesinde önemli bir parametredir. Havzada yer alan 4 adet meteoroloji istasyonundan ölçülen rüzgâr verisi kullanılarak havzada dağılımlı rüzgâr hızı belirlenmişitr. Alansal değerin belirlenmesinde coğrafi ağırlıklı regresyon (GWR) metodu kullanılmıştır. Bu sayede birden çok etken parametrenin alansal dağılıma etkisi dikkate alınabilmektedir. Bu parametreler alansal dağılımda rüzgârı en çok etkileyebilecek yükseklik ve yüzey pürüzlülük uzunluğudur (z_{om}) . METRIC modeli noktasal meteoroloji istasyonu verisini girdi olarak kullanır. Ayrı bir çalışma olarak havza içinde bulunan 4 istasyonun noktasal rüzgâr verisini havzaya GWR ile dağıtıp oluşan harita METRIC modeline girdi olarak kullanılmıştır. Bu çalışmanın amacı noktasal veri yerine havza haritası kullanarak METRIC modelinin havzanın karakteristiğini daha iyi anlamasını sağlamaktır.Rüzgâr verisi yükseklik ve yüzey pürüzlülük uzunluğu için ayrı ayrı havzaya dağıtılmıştır.Bu çalışma Denklem 4'te u_w, rüzgâr verisi olarak dağıtılmış rüzgâr haritalarının kullanılması ile başlar ve METRIC modelinin diğer adımlarını takip eder. Çalışmamızda tüm görüntüler için noktasal rüzgâr verisi, rakım ile havzaya dağıtılmış rüzgâr haritası ve yüzey pürüzlülük uzunluğu ile havzaya dağıtılmış rüzgâr haritası ayrı ayrı girdi olarak kullanılmış ve METRIC modeli uygulanmıştır. Denklem 4'te u_{200} 200 metredeki rüzgâr hızı, u_w meteorolojik rüzgâr hızı verisi, z_{omw} eddy akı kulesi istasyonunun bulunduğu konumun yüzey pürüzlülük uzunluğu, z_x ise rüzgâr hızının istasyonda ölçüldüğü yüksekliktir (z_x=2m). Yüzey pürüzlülük uzunlukları Corine haritası kullanılarak bulunur (Silva vd., 2007). METRIC modeli hissedilir ısı akısı (H) hesaplamalarından önce 2 metre yükseklikteki rüzgâr hızı alansal olarak 200 metre yüksekliğe dağıtılır. Bunun sebebi 200 metre yükseklikte yüzey pürüzlülük uzunluğunun rüzgâr hızına etkisi kalmamasıdır (Allen vd., 2005). Rüzgâr hızının gerek pürüzlülük gerekse yüksekliğe bağlı olarak alansal elde edilmesi sonucu METRIC modeline girdi olarak kullanılması sonucu gizli ısı akısı değerleri elde edilmiştir. Şekil 6'da eddy akı kulesinde ölçülen, METRIC model ile bir adet meteoroloji istasyonu kullanılarak elde edilen ve ayrıca rüzgâr hızının alansal dağılımı elde dilerek belirlenen gizli ısı akı değerleri 7 farklı tarih için sunulmaktadır.

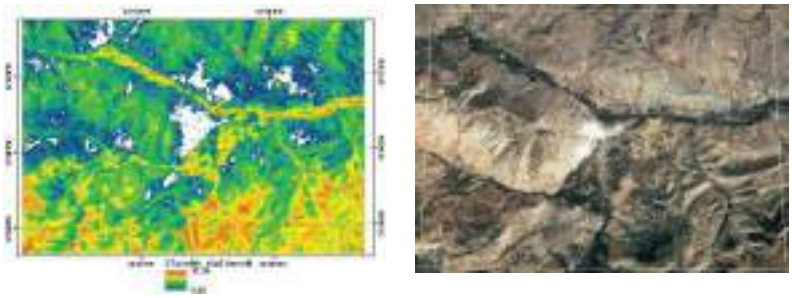
$$u_{200} = \frac{u_w \ln(\frac{200}{z_{omw}})}{\ln(\frac{z_x}{z_{omw}})} \quad (4)$$



Şekil 4. Rüzgâr düzeltmeleri, METRIC modeli ve Eddy kulesinin Gizil ısı akılarının karşılaştırılması.

4. SONUÇ

METRIC modeli doğal vejetasyon alanında uygulanarak gerçek günlük buharlaşma-terleme miktarı Landsat 8 uydu görüntülerinden elde edilmiştir. 7 Ağustos 2017 tarihli görüntüden elde edilen günlük BT dağılımı Şekil 7'de sunulmaktadır. Yüksek radyasyondan dolayı anlamsız BT değeri veren alanlar maskelenmiştir ve elde edilen BT dağılımı arazinin kullanımı dikkat edildiğinde arazi kullanımı ile tutarlı sonuç verdiği görülmektedir.



Şekil 5. 7 Ağustos 2017 tarihli Landsat 8 görüntüsünden elde edilen günlük BT haritası (mm/gün) ve aynı alana ait Google-Earth görüntüsü.

METRIC modeli eddy-akı istasyonunun olduğu noktada istenilen hata payını her görüntüde sağlamasa da mevsimsel trendi yakalamaktadır. Havza ortalamalarına bakıldığında ise mevsimsel buharlaşma-terleme trendi net bir şekilde gözlemlenebilmektedir. Özellikle vejetasyonun büyüme gösterdiği nisan-haziran aylarında METRIC model ve eddy akı kulesinden elde edilen değerlerin birbirine yakınsadığı belirlenmiştir. Bu çalışmada METRIC modelin dağlık alanlarda doğal vejetasyon için de kulanılabileceği belirlenmiştir.

Rüzgâr verisinin alansal olarak dağıtılması METRIC modelinin sonuçlarını pozitif yönde değiştirmemiştir. Çalışma alanı için gerçek BT hesaplamasında rüzgâr verisinin noktasal olarak kullanılması uygundur.

METRIC modeli sonuçlarının eddy akı kulesinden elde edilen sonuçlar kullanılarak düzeltilmesi araştırmanın devamında gerçekleştirilecektir. Ayrıca 2018 yılına ait görüntülerin analizi ile kullanılan yöntemin doğruluğunun test edilmesi hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

Allen, R. G., Tasumi, M., & Trezza, R. (2005). METRIC: mapping evapotranspiration at high resolution–applications manual for Landsat satellite imagery. University of Idaho, 130.

Allen, R. G., Tasumi, M., Morse, A., Trezza, R., Wright, J. L., Bastiaanssen, W., Kramber, W., Lorite, I., and Robison, C. W. (2007a). "Satellite-Based Energy Balance for Mapping Evapotranspiration with Internalized Calibration (METRIC)—Applications." Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 133(4), 395–406.

Allen, R. G., Tasumi, M., and Trezza, R. (2007b). "Satellite-Based Energy Balance for Mapping Evapotranspiration with Internalized Calibration (METRIC)—Model." Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 133(4), 380–394.

Aksu, H., & Arikan, A. (2017). Satellite-based estimation of actual evapotranspiration in the Buyuk Menderes Basin, Turkey. Hydrology Research, 48(2), 559-570.

ASCE-EWRI. Task Committee on Standardization of Reference Evapotranspiration, Principal; Report by the American Soc. Civil Engineers (ASCE), Report 0-7844-0805-X. In The ASCE Standardized Reference Evapotranspiration Equation. Allen, R.G., Walter, I.A., Elliott, R.L., Howell, T.A., Itenfisu, D., Jensen, M.E., Snyder, R.L. Eds., 2005.

da Silva, B. B., Braga, A. C., Braga, C. C., de Oliveira, L. M. M., Montenegro, S. M. G. L., and Junior, B. B. (2016). "Procedures for calculation of the albedo with OLI-Landsat 8 images: Application to the Brazilian semi-arid." Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 20(1), 3–8.

Köksal, E. S. (2008). Evaluation of spectral vegetation indices as an indicator of crop coefficient and evapotranspiration under full and deficit irrigation conditions. International Journal of Remote Sensing, 29(23), 7029-7043.

Raoufi, R., and Beighley, E. (2017)."Estimating daily global evapotranspiration using penman-monteith equation and remotely sensed land surface temperature." Remote Sensing, 9(11).

Rocchio, L. (2009). Landsat-based water-use mapping method hailed as an important American government innovation. NASA Landsat. Accessed December, 22, 2009.

Silva, J., Ribeiro, C., & Guedes, R. (2007). Roughness length classification of Corine Land Cover classes. In *Proceedings of the European Wind Energy Conference*, Milan, Italy (Vol. 710, p. 110).

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7679

HİDROLOJİK MODELLEMEDE CBS VE UA TEKNİKLERİNİN KULLANILMASI

Alper UĞURLUOĞLU[1], Ali Arda ŞORMAN[2]

[1]Uzman, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, İzleme ve Su Bilgi Sistem, Daire Başkanlığı, Ankara, augurluoglu@ormansu.gov.tr
[2]Dr.Öğr.Üyesi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, asorman@anadolu.edu.tr

ÖZET

Su yönetiminin sağlanması; hidrolojik, ekolojik, ekonomik açıdan birlikte ve uyum içerisinde değerlendirilmesiyle havza bazında sürdürülebilir olarak gerçekleştirilebilmektedir. Su yönetimi uygulamaları çerçevesinde tüm bileşenlerin temelinde yer alan hidrolojik modelleme çalışmaları, karar destek sistemlerinin ayrı düşünülmez bir parçasıdır. Karar vericilere karar alma süreçlerinde bilimsel bir destek sunan hidrolojik modeller, senaryo bazlı tahminlemeler yoluyla yatırımların, problemlerin çözümünün mevcut durumlarının korunması ve iyileştirilmesine yönelik tedbirlerin alınmasında önemli yer tutmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin ekosistem açısından önemli sulak alanlarından olan Manyas Gölü'nün Yukarı Havzası'nda HBV modeli ile gerçekleştirilen hidrolojik modelleme çalışması çıktılarından olan toprak nemi ve karla kaplı alan verilerinin uzaktan algılama yöntemleriyle karşılaştırmasını içermektedir. Toprak nemi olarak Avrupa Orta Ölçekli Hava Tahminleri Merkezi'nin (ECMWF) ve karla kaplı alan için Amerikan Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi'nin (NOAA) ürettiği uydu görüntülerinden faydalanılarak çalışma havzasında 2012-2015 su yıllarını kapsayan doğrulama analizleri yapılmıştır. Sonuçlara göre hidrolojik model çıktıları ve uydu verileri arasında başarılı bir uyum olduğu, bu durumun da güvenilir model parametreleri seçildiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Sözcükler: hidrolojik modelleme, kar kaplı alan, toprak nemi, uzaktan algılama

ABSTRACT

USE OF GIS AND REMOTE SENSING TECHNIQUES ON HYDROLOGICAL MODELING

Water management can be realized as basin-based sustainable with the compatible evaluation of hydrological, ecological, and economical aspects together. Hydrological modeling studies that are the basis of all components within the framework of water management implementations cannot be considered as separate parts of decision support systems. Hydrological models that provide scientific support to decision makers during the decision processes play an important role in taking precautions to preserve and improve current situation of solution of problems and investments through scenario-based estimations.

The purpose of this study is to compare soil moisture and snow covered area data that are the outputs of hydrological modeling studies performed upstream of Manyas Lake, which is one of the most important wetland areas in terms of ecosystem in Turkey, by the HBV model with remote sensing methods. Validation analyses covering the 2012-2015 water years were conducted using satellite images generated by the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) for soil moisture and the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) for snow covered area. With regard to the results, there is a successful integration between hydrological model outputs and satellite data that reveals the parameters chosen for this study are reliable.

Keywords:. hydrological modeling, remote sensing, snow covered area, soil moisture

1. GİRİŞ

Suyun öneminin arttığı günümüzde hidrolojik bileşenlerin dağılımının ortaya konması, bir çalışma alanı içerisinde suyun miktarına yönelik belirli bir sorunun çözülmesi veya durum tespitinin yapılması, günden güne artan hidrolojik modelleme çalışmaları aracılığıyla yapılabilmektedir.

Yirminci yüzyılın son çeyreğiyle birlikte havza ölçeğinde su yönetimi ön plana çıkarak bütüncül bir yaklaşımla mevcut durum ortaya konulmakta ve problemlere çözüm aranmaktadır. 1900'lü yıllardan bu yana geliştirilmekte olan metotlar, günümüzde gerek paket ürün yazılımlar gerekse açık kaynak kodlu hidrolojik modeller halinde geliştirilmiş olarak kullanılmaktadır. Hidrolojik sistemlerin karmaşıklığı, detaylarıyla anlaşılamaması ve sistem davranışı tepkileri modeller aracılığıyla çözümlenebilmektedir. (Xiong ve Guo, 1999)

Havza bazlı hidrolojik modellemenin iki temel amacı bulunmaktadır. Birincisi, sistemin işleyişi ve sistemdeki değişikliklerin etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesidir. İkincisi ise tahmin ve tasarımlar için zaman serileri üretilmesidir.

Bununla birlikte, hidrolojik modellemenin uygulamadaki amaçları suyun yönetimine dair gerçekleştirilen çalışmaların uhdesinde aşağıdaki gibi detaylandırılabilmektedir (Chong-yu, 2006).

- Su kaynaklarının kullanılabilirliğin arttırılması amacıyla yapılan barajların, tesislerin planlanması, işletilmesi, geliştirilmesi gibi konularda ihtiyaç duyulan verinin geleceğe yönelik tahmin edilmesi,
- Ölçüm verisi bulunmayan havzalarda hidrolojik verinin üretilmesi,
- Havzalardaki arazi kullanımı değişikliği, iklim değişikliği gibi değişimlerin havzaya etkisinin ortaya konulması,
- Su tahsisinin sektörel bazda sağlanması amacıyla su bütçelerinin hesaplanması ile miktarın yönetilmesi ve tahminlenmesi,
- Yerüstü sularında su kalitesinin değerlendirilmesine yönelik kütle dengesi çalışmalarında kullanılacak akımların belirlenmesi ve tahminlenmesi,
- Doğal afet olarak sayılan kuraklık ve taşkın gibi hidrolojik olayların tahminlenmesi gibi amaçlarla hidrolojik modelleme çalışmaları gerçekleştirilmektedir.

Bu bağlamda, çalışmanın temelini oluşturan havza çıkarımı ve mekânsal analizler CBS platformunda gerçekleştirilmiş olup 2012-2015 yılları arasında Manyas Gölü Yukarı Havzası'nda gerçekleştirilen hidrolojik modelleme çalışmasından elde edilen toprak nemi ve karla kaplı alan verilerini uzaktan algılama yöntemleriyle karşılaştırmaktadır. Bu çalışma, hidrolojik modellerin doğrulanması ve güvenilirliğine ilişkin uzaktan algılama verilerinin önemini ortaya koymaktadır.

2. MODEL ÇALIŞMALARI

Hidrolojik Modelleme çalışmaları yirminci yüzyılın başlarından günümüze kadar pek çok alanda gerçekleştirilerek literatürde yerini almıştır.

Slovenya'nın en büyük nehirlerinden olan Sava Nehri'nin havzası Primožič ve Ark. (2008) tarafından İsveç menşeili HBV model ile modellenmiştir. 10.700 km^2 havza alanına sahip Sava Nehir Havzası, Danube Nehri'nin de önemli kollarındandır. Model, 26 alt havza oluşturularak günlük kalibrasyona göre yapılandırılmıştır. 1990-2006 yıllarında koşturulan model 1990-1999 yılları arasında kalibre edilmiştir. 2000-2006 yılları validasyon amaçlı kullanılmıştır. Ortalama 0.86-0.90 model verimi elde edilmiştir.

Normand ve ark. (2010) tarafından HBV modeli, Doğu Nepal'deki Tamor havzasında 1987-1996 yılları arasında çalıştırılıp GAP (genetic algorithm package) optimizasyon yöntemi ile kalibre edilmiştir. %69 oranında model verimi elde edilen çalışmada düşük akışların iyi simüle edildiği ortaya konmuştur. Pik akışların yakalanmasında model verimi %62'lere düşmüş olup düşük akışlara göre daha az bir uyum söz konusu olmaktadır.

2.1.Çalışma Alanı

Bu çalışma kapsamında, hidrolojik modelleme uygulamasının sağlıklı ve doğru bir yaklaşım içerisinde gerçekleştirilebilmesi amacıyla antropojenik etkinin olmadığı veya çok az görüldüğü bir havza olarak Manyas Baraj Gölü Yukarı Havzası seçilmiştir.

Çalışma alanı olarak belirlenen Manyas Gölü Yukarı Havzası, idari olarak Balıkesir ilinin Bandırma ve Manyas sınırları içerisinde bulunan Manyas Gölü'ne drene olan akarsuların oluşturduğu ve coğrafi koordinatları 40°10′ Kuzey, 28°00′ Doğu arasında kalan alanı kapsamaktadır. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası Şekil 1'de verilmektedir.

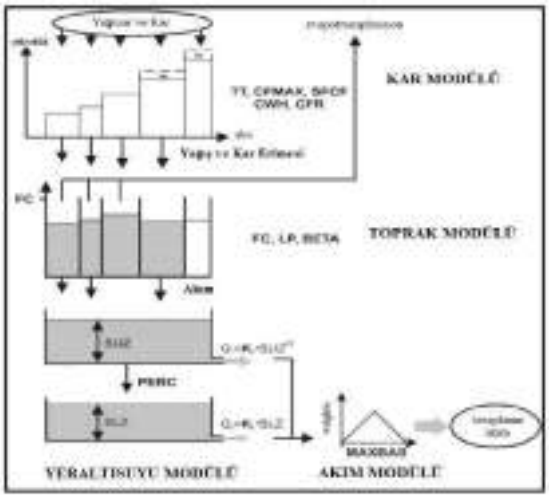


Şekil 1. Çalışma Alanı.

2.2.HBV Modeli

Bu çalışmada kullanılan HBV modeli (Bergström, 1976) ilk olarak 1970'lerde İsveç Meteoroloji ve Hidroloji Enstitüsü (SMHI)'nde yer alan "Hydrologiska Byrans Vattenavdelning" biriminde havzadaki akışın modellenmesi amaçlı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Geçen yıllar boyunca HBV modeli İsveç Meteoroloji ve Hidroloji Enstitüsü (SMHI) tarafından geliştirilmekte olup (Bergström ve Lindström, 2015) akış simülasyonu amaçlı yaygınca kullanılmaktadır. Bununla birlikte, HBV ve modifiye versiyonları yaklaşık 45 ülkede uygulanmaktadır (Bergström ve Lindström, 2015).

HBV modeli içindeki çalışma akış diyagramı sırasıyla kar modülü, toprak modülü, yeraltı suyu modülü ve akım modülü olarak Şekil 2'de yer alan akış diyagramında görülmektedir.



Şekil 2. HBV akış diyagramı.

2.3.Model Girdileri

HBV modeli, yağış [mm/Δt], sıcaklık [ºC] ve akım değerlerini [mm/Δt] içeren tarihsel verileri, buharlaşma verisi ise [mm/Δt] uzun dönemli aylık ortalama değerlere ihtiyaç duymaktadır. Farklı zaman serileri (saatlik, günlük, mevsimlik) gibi zaman adımlarında veri kabul edilen model ile gerçekleştirilen bu çalışmada günlük veriler kullanılmıştır.

Türkiye'de hidrometeorolojik verilerinden sorumlu olan kurumlar Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'dür. Bu çalışma kapsamında gerekli olan veriler söz konusu kurumlardan temin edilmiştir. Çalışma alanı olan Manyas Gölü Yukarı Havzası'nın konumu göz önüne alınarak MGM veri tabanlarında, veri temin edilebilecek 9 adet gözlem istasyonu tespit edilmiştir (Şekil 3a). DSİ tarafından işletilen Akım Gözlem İstasyonlarında (AGİ) toplanan günlük akım verileri, havza içerisinde yer alan, hâlihazırda açık olan ve veri bulunan AGİ'ler araştırılarak 3 adet istasyondan elde edilmiştir.(Şekil 3b).



(a) Çalışma alanına ait meteorolojik gözlem istasyonları



(b) Çalışma alanina ait akım gözlem istasyonları

Şekil 3.Çalışma alanında yer alan hidrometeorolojik istasyonlar.

Bu çalışma kapsamında, Manyas Gölü Yukarı Havzası Eş Yükselti haritası oluşturularak CBS ortamında alana ait veriler hesaplanarak modelin yarı dağılımlı olarak kullanılması sağlanmıştır. Elde edilen verilerin havzaya etkisi ölçeğinde incelenmesi sonucunda Şekil 3 (a)da tespit edilen meteorolojik istasyonların, havzayı en iyi temsil edeceği kabul edilen güneyde Bergama, batıda Burhaniye ve doğuda Balıkesir Havalimanı istasyonları kullanılmıştır

2.4.Kalibrasyon ve Validasyon

Kalibrasyon; girdilerin matematiksel eşitlikler kullanılarak çıktılara dönüştürülmesiyle, girdi-çıktı uyumunun matematiksel eşitlikleri oluşturan ve model parametreleri adı verilen parametrelerin üzerinde değişiklikler yapılarak uyumun optimize edilmesini ifade etmektedir. Bir hidrolojik modelin kalibrasyonu genellikle deneme yanılma metoduyla gerçekleştirilmektedir (Bergström ve Lindström, 2015).

Validasyon; uygunluğu kabul edilmiş parametrelerin, kalibrasyon dışında kalan zaman aralığındaki girdiler ile kullanılarak elde edilen çıktılar üzerinde uygulanması işlemidir. Validasyon bir anlamda parametrelerin, dolayısıyla modelin doğrulanmasıdır.

Kalibrasyon çalışmalarını değerlendirmek için gözlenen ve modellenen değerlerin uyumunu anlamlandırmak amacıyla farklı kriterler kullanılmaktadır. Hidrolojik Modeller için bu kriter genellikle Nash-Sutcliffe (NSE) model verim kriteridir. Model verimleri aynı zamanda hidrolojik modeler için amaç fonkisyonu anlamına da gelmektedir. R_{eff} olarak tanımlanan amaç fonkisyonu logaritmik, maksimum, minimum ve ağırlıklı değerler üzerinden hesaplanabilmektedir.

$$Reff = 1 - \frac{\sum(Qsim(t) - Qobs(t))^2}{\sum(Qobs(t) - \overline{Qobs}(t))^2} \quad (1)$$

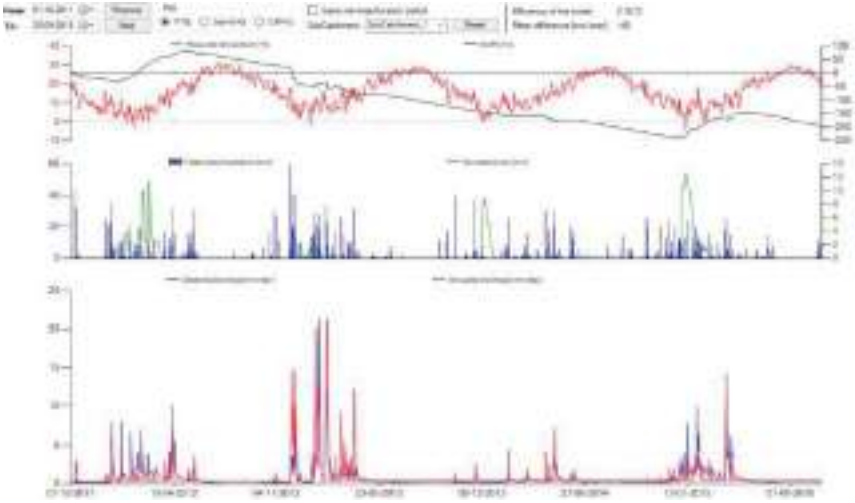
Bu çalışma kapsamında, Manyas Gölü Yukarı Havzası'nda 5 farklı amaç fonksiyonu (R_{eff}, $LogR_{eff}$, $PeakR_{eff}$, $0.5R_{eff}$ + 0.5 $PeakR_{eff}$ ve $0.5R_{eff}$ + 0.5 $LogR_{eff}$) kullanılarak modelin kalibrasyonu yapılmıştır.

Uygulamada, 2003-2015 hidrolojik yılları baz alınmış olup bu aralığın farklı hidrolojik dönemleri (kurak, yağışlı, normal) içermesi ve ön çalışmayla birlikte en verimli sonuçları veren periyot olması maksadıyla 2007-2011 yılları arasında kalibrasyon dönemi seçilmiştir. 2003-2006 ve 2012-2015 yılları arasında modelin validasyonu gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma sonucunda elde edilen optimum amaç fonksiyonu ve bu diğer amaç fonksiyonlarına göre verim değerleri Çizelge 1'de verilmekte olup 2012-2015 yılları arasındaki validasyon sonuçları gösteren hidrograf karşılaştırması Şekil 4'te verilmektedir.

Çizelge 1. Optimum olarak belirlenen Amaç Fonksiyonu Sonuçları.

Amaç Fonksiyonu	Yıl	Ağırlıklı R_{eff}	R^2	R_{eff}	R_{eff} Peak	Log R_{eff}
$0.5R_{eff}$ + $0.5\ LogR_{eff}$	2003-2006 (val)	0.68	0.63	0.62	0.31	0.73
	2007-2011 (kal)	0.66	0.70	0.60	0.55	0.72
	2012-2015 (val)	0.57	0.67	0.51	0.32	0.76



Şekil 4. 2012-2015 yılları validasyon sonuçları.

Kalibrasyon sonucu elde edilen parametrelerin doğrulanmasının yanında bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen 2012-2015 dönemleri arasında üretilen model sonuçlarının, uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak elde edilen toprak nemi ve karla kaplı alan verileri ile doğrulanması işlemi gerçekleştirilmiştir.

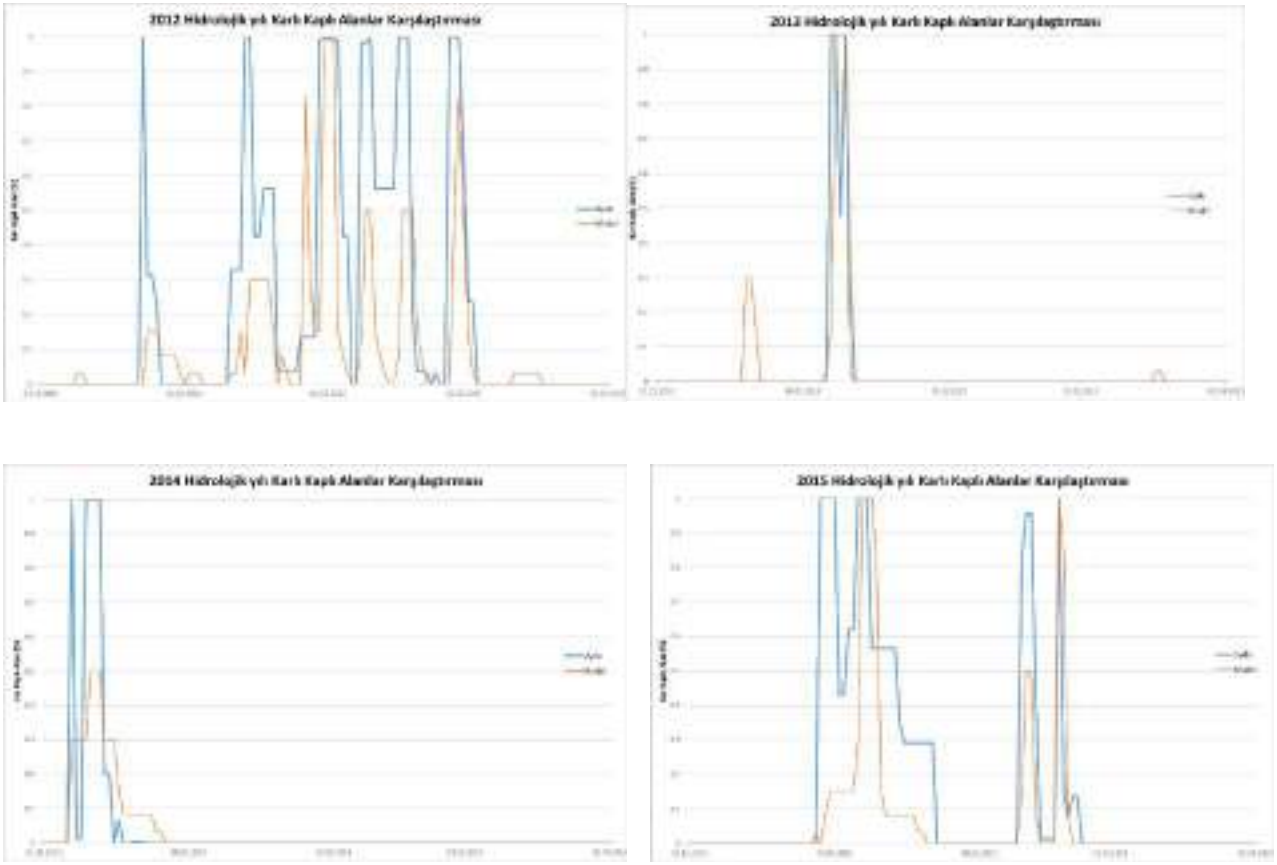
2.5.Uzaktan Algılama Verileri

Dünyada uydu görüntülerinin işlenerek birçok çalışmada kullanılması günümüzde oldukça yaygınlaşmıştır. Bununla birlikte su kaynakları ve bileşenlerine dair verilerin toplanması kapsamında da önemli hava merkezleri ve kuruluşlar uydu görüntüleri verileri sağlamaktadır. Bu kapsamda, bu çalışmada yer alan karla kaplı alan verisi, Dünya'daki hava ve deniz olaylarını araştırması amacıyla Amerika Birleşik Devletleri'nin bir kurumu olan *Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi* (The National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA))'nden temin edilmiştir. 2013-2015 hidrolojik yıllarına ait toprak nemi verisi ise *Orta Ölçekli Hava Tahminleri için Avrupa Merkezi* (The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)) uydu görüntülerinden elde edilerek 4 farklı yüksekliğe ait katman olarak kullanılmıştır.

3. SONUÇLAR

Bu çalışma ile Manyas Gölü Yukarı Havzası'nda gerçekleştirilen hidrolojik modelleme uygulamasından elde edilen toprak nemi ve karla kaplı alan verileri, uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak uydu görüntülerinden elde edilen veriler ile karşılaştırılmıştır.

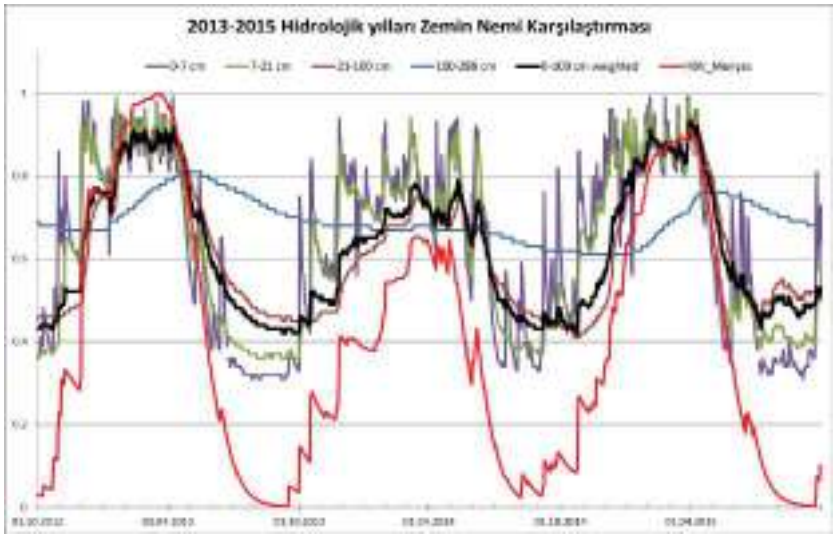
Model ve gözlem sonuçları arasında karla kaplı gün sayıları dikkate alınarak yapılan değerlendirme kapsamında Şekil 5'te 2012-2015 hidrolojik yılları kış aylarındaki karlı kaplı alan karşılaştırılmaları görülmektedir.



Şekil 5. 2012-2015 su yılı kar kaplı alan karşılaştırması.

Mertebe ve genel eğilim açısından model sonuçları ile gözlem değerleri uyuşmaktadır. Bununla birlikte, gözlem ve model sonuçlarında yer alan karla kaplı gün sayıları arasındaki yüzdesel ilişki kar bulunması muhtemel olan 01 Aralık-01 Haziran ayları (184 gün) göz önüne alınarak 2012, 2013, 2014, 2015 yılları için sırasıyla **%93**, **%98**, **%98**, **%97** olarak bulunmuştur. Bu değerler, modelin kar modülünün yüksek doğrulukla çalıştığını göstermektedir.

2013-2015 hidrolojik yılları toprak nemi verisine ilişkin model ve uydu görüntü karşılaştırma sonuçları Şekil 6'da verilmektedir.



Şekil 6. 2013-2015 su yılı toprak nemi karşılaştırması.

Şekil 6'da verilen grafikten de görüleceği üzere, bir metreye kadar gözlemlenen ortalama toprak nemi ve model sonuçları mertebe ve eğilim bakımından, özellikle kış ve bahar aylarında birbirine uyum göstermektedir. Yaz aylarında toprak modülünün, toprak nemi değerlerini 0'a yaklaştırdığını göstermektedir. Bu durumun modelin toprak nemine etkiyen parametrelerinden kaynaklandığı düşünülmekte olup etkilerinin gözlenmesi için ayrı bir çalışma yapılması gerekmektedir. Bununla birlikte, toprak nemi atımlarının ortak eğilimde olması, toprak modülünün doğru çalıştığını göstermektedir. Çalışma alanı için gözlem değerlerinin toprak neminin %40'ın altına düşmediğini göstermektedir. Bu durum modelin toprak nemini bir eşik değer parametresi ile sınırlandırması gerektirdiği düşüncesini ortaya koymaktadır.

4. TEŞEKKÜR

Yazarlar, modelleme çalışmasında gerekli verilerin temini konusunda kolaylık sağlayan Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü kurumlarına teşekkür eder.

KAYNAKLAR

Bergström, S. (1976). *Development and application of a conceptual runoff model for Scandinavian catchments.* İsveç: Swedish Meteorological and Hydrological Institute.

Bergström, S. ve Lindström, G. (2015). Interpretation of runoff processes in hydrological modelling-experience from the HBV approach. Hydrological Processes, 29 (16), 3535-3545.

Chong-yu, X. (2006). Chapter 1 Modellıng In Hydrology, *Hydrologıc Models* (s. 1-1, 1-11). UPPSALA: Uppsala University Department of Earth Sciences Air and Water Sciences.

Mulvany, T. (1850). *On the use of self-registering rain and flood gauges in making observations of the relations of rain fall and of flood discharges in a given catchment* (s. 18-33). Dublin: Proceedings of the Institution of Civil Engineers of Ireland.

Normand, S., Konz, M., ve Merz, J. (2010). An application of the HBV model to the Tamor Basin in Eastern Nepal. *Journal of Hydrology and Meteorology*, 49-58.

Primožič, M., Kobold, M., ve Brilly, M. (2008). The Implementatıon Of The Hbv Model On The Sava Rıver Basın. *IOP Conference Series: Earth and environmental science*.

Xiong, L., & Guo, S. (1999). Two-parameter monthly water balance model and its application. *Journal of Hydrology*, 111-123.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7007

JEOARKEOLOJİDE YENİ BİR YAKLAŞIM: DİJİTAL JEOARKEOLOJİ

Levent UNCU[1], Ebubekir KARAKOCA[2]

[1] Dr. Öğr. Üyesi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, 11230, Bilecik, levent.uncu@bilecik.edu.tr
[2] Arş. Gör. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, 11230, Bilecik, ebubekir.karakoca@bilecik.edu.tr

ÖZET

Yerbilimlerinin bakış açısı ve tekniklerini kullanılarak arkeolojik sorulara cevap aranması jeoarkeoloji olarak ifade edilmektedir. Veri kaynağı yeryüzü olan coğrafyanın bugünkü görünümünü zaman içinde süregelen bir gelişimin sonucunda almasından dolayı yeryüzünü anlamada geçmişe bakılması ve geçmişten günümüze süreçlerin izlenilmesi gerekmektedir. Böyle bir yaklaşımda, arkeolojik araştırmalar kapsamında kurulması gereken mekânsal ilişki konusu eski zaman ve çevrelere ait olan paleocoğrafya alanına girmektedir. Jeoarkeoloji çalışmaları, arkeoloji ve jeomorfoloji ile özellikle Holosen'i kapsayan paleocoğrafya araştırmalarına farklı bir bakış açısı getirmiştir. Bu doğrultuda delgi sondajları ile sediman örnekleri alınarak laboratuvar ortamında sedimantolojik ve paleontolojik analizleri yapılıp birikim alanlarının zaman içinde değişen doğal ortam şartları belirlenebilmektedir. Fakat son yıllarda hızla gelişen yüksek çözünürlüklü uydu sistemleri, üç boyutlu lazer tarayıcıları, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve diğer birçok yeni teknikler bu alanda çalışan araştırmacılara daha önce sahip olmadıkları imkânları sunmaktadır. Nitekim, yer bilimleri, arkeoloji ve bilgisayar bilimleri gibi farklı perspektif ve araçların kullanımı ile birlikte bir araya gelerek ortaya çıkan dijital jeoarkeoloji, geçmişteki insan ve çevre arasında ilişkilerini çoklu metodoloji ile sunan bir yaklaşımdır. Başlıca veri elde etme araçları; hava fotoğrafları, uydu verileri, LİDAR, sayısal yüzey/arazi/yükseklik modelleri ve çeşitli haritalardan oluşmaktadır. Bu veriler ArcMap, MapInfo, ERDAS, PhotoScan ve ReCap gibi programlar aracılığıyla analiz edilip yorumlandıktan sonra önemli bir görsellik ve çıktı verisi sunmaktadır. Özellikle mekânsal verileri toplama, işleme, yöneltme ve sunma gibi olanakları sağlayan Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS) ve Uzaktan Algılama, jeoarkeoloji için bilimsel sonuçları destekleyen, doğrulayan ve zamandan tasarruf sağlayan mekânsal bilgi teknolojileri haline gelmiştir.

Anahtar Sözcükler: coğrafi bilgi sistemleri, dijital jeoarkeoloji, mekânsal bilgi teknolojileri, paleocoğrafya, uzaktan algılama

ABSTRACT

A NEW APPROACHE IN GEOARCHAEOLOGY: DIGITAL GEOARCHAEOLOGY

Geoarchaeology is the study that seeks to answers for archaeological questions by using the perspectives and techniques of earth sciences. It is necessary to look at the past in the sense of the Earth and to observe processes from the past to today since Earth takes its present view as a result of continuous development over time. In such an approach, spatial relationships that should be established within the scope of archaeological research is in the field of paleogeography that searches for the ancient times and environs. Geoarchaeological studies have brought a different perspective to archeology and geomorphology, and especially to paleogeography studies which include Holocene period. In this direction, sediment and paleontological analyzes are carried out in laboratories by taking drilling samples so that changes in natural environment conditions of deposited areas can be determined. However recent years, rapidly developing high-resolution satellite systems, three-dimensional laser scanners, Geographical Information Systems and many other new technologies have provided opportunities for researchers studying in this field. Digital geoarchaeology emerges by combining of different perspectives and tools of earth science, archeology and computer science and offers an approach for multi-methodologies searching for relationships between human and the environment in the past. Main data collect tools consist of aerial photographs, satellite data, LIDAR, digital terrain elevation models and various maps. This data can be analysed and interpreted through programs such as ArcMap, MapInfo, ERDAS, PhotoScan and ReCap, and then presents an important visual and output data. Geographical Information Systems (GIS) and Remote Sensing, which provide facilities such as collecting, processing, directing and presenting spatial data, have become spatial information technologies that present scientific results and time saving for geoarchaeology.

Keywords: geographical information systems (GIS), digital geoarchaeology, spatial information technologies, palaeogeography, remote sensing

1. GİRİŞ

Klasik tanımına göre, **jeoarkeoloji** yerbilimleri bakış açısı ve teknikleri kullanılarak arkeolojik sorulara cevap arayan ve büyük ölçüde arazi çalışmalarına dayanan araştırmaları kapsayan bir bilim dalıdır (Shackley, 1979; Rapp and Hill, 1998; Gargett, 1999; Pollard, 1999; Golberg and Macphail, 2006; Wilson, 2011; Hill, 2017). Bir başka ifadeyle jeoarkeoloji; yer-doğa araştırmalarından sağlanan bilgilerin arkeolojik araştırmalarda ve bulguların değerlendirilmesinde kullanılması anlamına gelen bir bilimsel yaklaşımın adıdır (Kayan, 2018). Engel ve Brückner (2014)'e göre ise "… *Jeoarkeoloji, tarihi ve arkeolojik veri kaynaklarının sentezini de göz önünde bulundurarak arkeolojik bir bağlamda yer, canlı ve arşivleri çalışan bir bilimdir. İnsanlar ve çevreleri arasındaki etkileşimiyle ilgili olan geçmiş peyzaj ve ekosistemlerin evrim ve kullanımını yeniden inşa etmek için ağırlıklı olarak yerbilimleri araçlarına başvurur.*"

Son 50 yıl boyunca jeoarkeoloji çalışanlar, arkeolojik alanın oluşumu ya da korunmasına yönelik stratigrafiyi ortaya çıkarma, çevresindeki peyzajın gelişimine ve çevresel koşulların potansiyel etkisine odaklanan çalışmalarında sadece arkeolojik sorunları açıklamaya yönelik olarak geliştirilen geleneksel yer bilimleri uygulamalarını kullanmıştır. Bu uygulamalar, arkeolojik kazıların bünyesinde genellikle arazide yapılan coğrafi gözlemler ve delgi-sondajlarla alınan sediman ve toprak örneklerinin laboratuvar ortamlarında analizi ve yaşlandırılması ya da jeofizik çalışmalarına bağlı olarak çoğunlukla jeomorfologlar, jeologlar ve jeofizikçiler tarafından yürütülmekteydi. Fakat, son yıllarda biyoloji, antropoloji, tarih gibi disiplinlerle yapılan iş birliğinin artmasıyla birlikte jeoarkeoloji bütünüyle multidisipliner bir çalışma alanı hâline gelmiştir.

Özellikle 2000'li yıllardan sonra, jeoarkeolojik çalışmalarda bir yandan teorik yaklaşımların çeşitlenmesi diğer yandan hızla gelişen ve yaygınlaşan teknolojik imkânlarla birlikte yeni yöntem ve teknik uygulamalar kullanılmaya başlamıştır. Gerçekten de özellikle Coğrafi Bilgi Sistemleri, uzaktan algılama, yüksek çözünürlüklü uydu sistemleri, üç boyutlu lazer tarayıcıları ve diğer birçok yeni teknikler bu alanda çalışan araştırmacılara daha önce sahip olmadıkları imkânları sunmaktadır. Böylece günümüzde hâlen yaygın olarak kullanılmakta olan geleneksel delgi-sondaj yöntemiyle elde edilen verilerin analizine dayalı çalışmalara teknoloji kullanımının da eklenmesiyle birlikte jeoarkeoloji çalışmaları farklı bir boyut kazanmıştır. Bunun sonucunda, yer bilimleri, arkeoloji ve bilgisayar bilimleri gibi farklı perspektif ve araçların birlikte kullanımı ile ortaya çıkan ve geçmişteki insan ve çevre arasında ilişkilerini çoklu metodoloji ile sunan yeni bir yaklaşım olarak "***dijital jeoarkeoloji***" ortaya çıkmıştır.

2. JEOARKEOLOJİ ÇALIŞMALARINDA KLASİK YÖNTEM

Günümüzde yapılmakta olan jeoarkeoloji çalışmalarında, geleneksel bir yöntem olarak çoğunlukla arkeolojik alanların çevresindeki yapışmamış alüvyal dolgulardan delgi-sondajlarla alınan sediman örnekleri kullanılmaktadır (Şekil 1 ve 2). Bu örnekler, laboratuvar ortamında çeşitli işlemlerden geçirildikten sonra sedimatolojik, paleontolojik, palinolojik, jeokimyasal vs. analizlere tabi tutularak doğal ortam özelliklerindeki değişim mekânsal ve zamansal (in space and time) olarak ortaya konulmaktadır. Bu çalışmalar, çoğunlukla postglasyal dönemi izleyen çevre değişmelerinin yoğun bir şekilde yaşandığı ve insanın yerleşik hayata geçtiği Holosen dönemini kapsamaktadır.



Şekil 1: Patara antik kenti limanında yapılan delgi sondaj çalışması (Temmuz 2017).



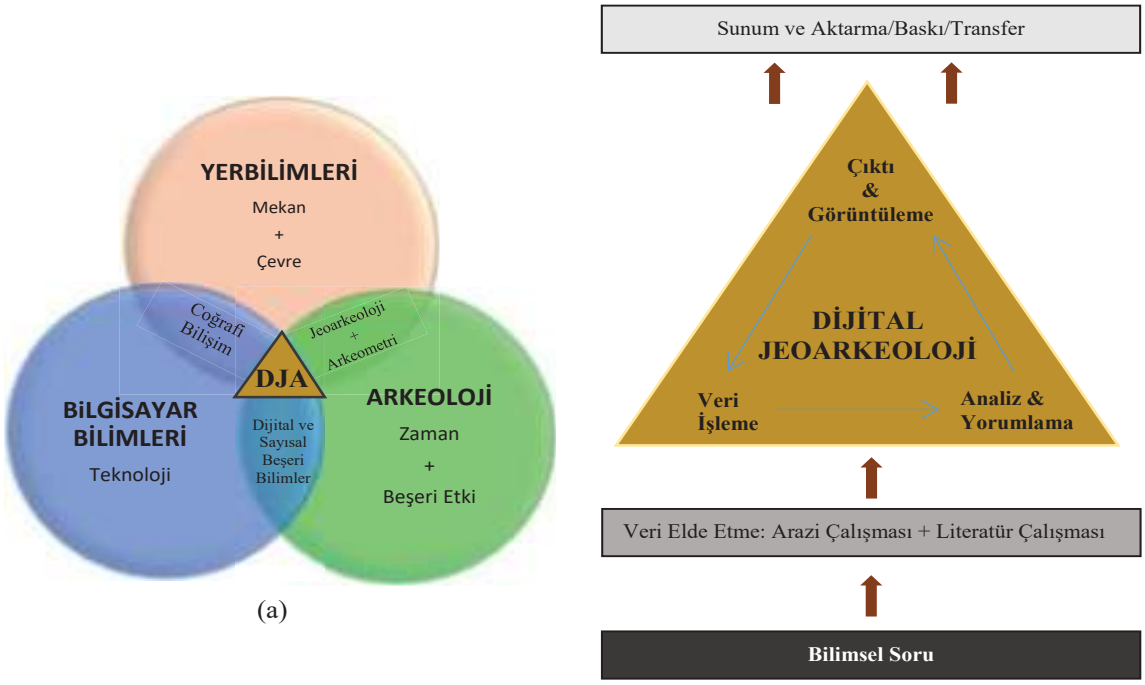
Şekil 2. Jeoarkeoloji çalışmalarında veri kaynağı olarak kullanılan delgi-sondajlardan elde edilen sedimanların görünümü
(Patara antik kenti, Temmuz 2017).

3. JEOARKEOLOJİDE YENİ YAKLAŞIMLAR

Arkeolojik kazılarda jeoarkeoloji çalışmalarına duyulan ilginin giderek artması beraberinde teknik konularda çalışan bilim dallarının da bu konuya ilgi duymasının ve kullandıkları teknikleri bu tür çalışmalara entegre etmesinin yolunu açmıştır. Son yıllarda, hızlı bir gelişme gösteren uzay bilimlerinin jeoarkeoloji çalışmalarına uyarlanmaya başlaması, bu konudaki yaklaşımların ve tekniklerin çeşitlenerek artmasında önemli bir katkı sağlamıştır. Bu teknikler arasında, haritacılık, istatistiksel analiz ve veri tabanı teknolojisinin birleştirilmesi ile ortaya çıkmış, mekânsal verilerin toplandığı, işlendiği, yönetildiği ve sunulduğu bir sistemler topluluğu olan Coğrafi Bilgi Sistemleri (Geographical Information Systems) özel bir yere sahiptir (Conolly and Lake, 2006; Parcak, 2009; Lasaponara and Masini, 2011; Remondino and Campana, 2014, Forte and Campana, 2016). Bu sistem, istenildiğinde tekrar ham veriye ulaşılabilmesi, verilerin elde edildiği içeriğin doğru okunması, veriye ait nitelik ve nicelik özelliklerinin anlaşılır olması, bu özelliklere ait ilişkilerin kurulması, verilerin işlenmesinde doğru araç ve metotların kullanılması, sonuçların diğer araştırmacıların da yorumuna açık olması ve tartışmalar sonucunda ulaşılan sentezin yeni gelen bilgi ve veriler ışığında tekrar yorumlanabilmesi gibi özelliklerinden dolayı mekâna ait çalışmalarda önemli kolaylıklar sağlamaktadır (Kalaycı, 2018). Aynı zamanda, CBS kullanılarak sondaj analizleri (drillholes analysis), 3D analizleri (3D analysis) mekânsal analizler (spatial analysis), görünürlük analizleri (viewshed analysis), tahmin modelleri (predictive models) ve sayısal yükseklik modelleri (DEM) gibi analiz ve modellemeler yardımıyla gerek sondaj noktaları gerekse sondaj yapılan alanlar hakkında önemli bilgiler elde edilerek veri tabanları oluşturulabilmektedir. Böylece, sondajlardan elde edilen veriler kullanılarak profiller, kesitler çıkartılmakta, korrelasyonlar yapılmakta ve tarihlendirme yöntemlerinin yardımıyla da çalışılan sahanın paleocoğrafik gelişimi mekân ve zaman boyutunda ortaya koyulabilmekte ve 3 boyutlu görüntüleri elde edilebilmektedir.

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) uygulamalarının yanı sıra, uzaktan algılama, yüksek çözünürlüklü uydu sistemleri, üç boyutlu lazer tarayıcıları, detaylı haritalama teknikleri, fotogrametri, küresel konumlandırma sistemi (GPS), LİDAR, İHA (insansız hava araçları) gibi algılayıcılar kullanılarak üç boyutlu modeller üretilebilmektedir. Bu tekniklerden elde edilen veriler, ArcMap, MapInfo, ERDAS, PhotoScan ve ReCap gibi programlar aracılığıyla analiz edilerek yorumlanmaktadır. Böylece, bu teknikler bir yandan fiziksel olarak sahaya gitmeden veri elde etme, seyahat masraflarından tasarruf, bürokratik işleme tabi olmama, alanda fiziksel bozulmaya yol açmama, üç ya da dört boyutlu dijital modeller üretebilme, görüntüde dahi gözle görülemeyen detaylara ulaşabilme gibi kolaylıklar sağlamakta diğer yandan ise görsellik ve çıktı verisi şeklinde sunulabilmektedir.

Böylelikle yer bilimleri, arkeoloji ve bilgisayar bilimleri gibi farklı perspektif ve araçların birlikte kullanımı sonucunda ortaya çıkan yaklaşım, jeoarkeoloji çalışmalarında da yeni bir ufuk açmıştır. **Dijital jeoarkeoloji** olarak adlandırılan ve çoklu bir metodoloji ifade eden bu yeni yaklaşım sayesinde, jeoarkeoloji çalışmalarına temel oluşturan insan ve çevre arasındaki etkileşim çok katmanlı olarak ortaya konulabilmektedir (Siart vd., 2018). Bu denklemde, arkeoloji beşerî etki ve zaman dilimini belirlemekte, yerbilimleri ele alınan objelerin mekân ve çevre boyutuna yönelmekte, bilgisayar bilimleri ise bu veri setlerinin farklı özellikleriyle dijital ve sayısal beşerî bilimler ve coğrafi bilişim konusunda veriler sunmaktadır (Şekil 3). Bu alanların tam kesişim noktasında bulunan dijital jeoarkeoloji uygulamaları sayesinde, çözümlenemeyen bilimsel sorulara cevap bulunabilmektedir. Buna göre, dijital jeoarkeolojinin işleyiş şeması daha detaylı olarak Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 3: (a) Dijital Jeoarkeoloji kavramını tanımlayan disiplinlerarası kesişim
(b) Dijital Jeoarkeoloji'nin Çalışma Şeması (Siart vd., 2018'ten değiştirilmiştir.).

Veri (Ön)İşleme	Analiz ve Yorumlama	Çıktı ve Görselleştirme
• Hava fotoğrafları • Uydu verisi *(Ortorektifikasyon, Mozaik oluşturma)* • LİDAR *(Nokta bulut kaydı, Sayısal yükseklik modeli üretimi, Haritalar ve vektör veri üretimi)*	• DEM arazi etüdü • En düşük maliyetli analizler • Tahmini modelleme • CBS temelli mekânsal analizler • Veri entegrasyonu *(Raster-Vektör Birleşimi)* • Jeofizik veri analizi *(Mekânsal ilişkiler, 2D-3D veri dönüştürme)*	• Mekânsal mobilite *(Yol sistemleri ve iletişim ağları)* • Aday konum *(Arazi kullanımı; Yerleşim konumları)* • Gömülü arkeolojik kalıntılar *(Duvarlar, Sulama sistemleri)* • Yüzey altı görünümlerinin perspektifi • Farklı zaman periyotları ve evrimsel aşamaların görselleştirmesi

Şekil 4: Dijital jeoarkeolojinin interdisipliner ara yüzündeki büyük çalışma paketleri ve yaygın prosedür örnekleri (Siart vd., 2018'ten değiştirilmiştir).

4. SONUÇLAR

Dijital jeoarkeoloji, insan ve çevre ilişkileri araştırmak için arkeoloji, yer bilimleri ve bilgisayar bilimlerinin bir araya gelmesi sonucunda çoklu bir metodoloji ve yeni bir yaklaşım olarak ortaya çıkmıştır. Bu özelliği nedeniyle jeoarkeoloji çalışmalarında sunduğu desteklerle klasik yöntemlerin ufkunun açılmasına önemli bir katkı sağlamıştır. Böylece, daha önceki jeoarkeoloji çalışmalarında delgi-sondajlardan elde edilen noktasal veriler, CBS, uzaktan algılama ve yüksek çözünürlüklü uydu sistemleri gibi mekânsal teknolojiler kullanılarak alansal boyuta taşınmakta ve çok daha detaylı bir şekilde analiz edilebilmektedir. Bu sayede, hem zamandan tasarruf sağlanmakta hem de bir veri tabanı oluşturularak elde edilen sonuçlar bilimsel tartışmalara açık hâle getirilmektedir.

KAYNAKLAR

Conolly, J. ve Lake, M., 2006. *Geographical Information Systems in Archaeology*. Cambridge University Press, Cambridge.

Engel, M. ve Brückner, H., 2014. Late Quaternary Environments and Societies: Progress in Geoarchaeology. *Zeitschrift tür Geomorphologie*, Vol. 58, Suppl. 2, 001-006.

Forte, M. ve Campana, S., 2016. *Digital Methods and Remote Sensing in Archaeology*. Springer International Publishing, Switzerland.

Gargett, R.H.,1999. Geoarchaeology: The Earth-Science Approach to Archaeological Interpretation. *Australian Archaeology*, 48:1, 62-64.

Hill, C. L., 2017. Geoarchaeology, History. Gilbert, A.S. (Ed.), *Encyclopedia of Geoarchaeology*. Springer Science-Business Media Dordrecht.

Goldberg, P. ve Macphail, R.I., 2006. *Practical and Theoretical Geoarchaeology*. Blackwell Publishing, Malden, MA.

Kalaycı, T., 2018. Arkeolojide Mekansal Teknolojiler: Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri. Ünlüsoy, S., Çakırlar, C., Çilingiroğlu, Ç. (ed.), *Arkeolojide Temel Yöntemler*. Ege Yayınları, s. 69-107, İstanbul.

Kayan, İ., 2018. Jeoarkeoloji ve Paleocoğrafya Araştırmalarının Arkeolojideki Yeri. Ünlüsoy, S., Çakırlar, C., Çilingiroğlu, Ç. (ed.), *Arkeolojide Temel Yöntemler*. Ege Yayınları, s. 17-67, İstanbul.

Lasaponara, R. ve Masini, N., 2011. Satellite Remote Sensing in Archaeology: Past, Present and Future Perspectives. *Journal of Archaeological Science*, 38, 1995-2002.

Parcak, S.H., 2009. *Satellite Remote Sensing for Archaeology*. Routledge, Taylor & Francis Group, London and New York.

Pollard, A.M., 1999. Geoarchaeology: an Introduction. Pollard, A.M. (Ed.), *Geoarchaeology: Exploration, Environments, Resources*. The Geological Society, London, Special Publications, 165, 7-14.

Rapp, Jr. ve Hill, C.L., 1998. *Geoarchaeology: The Earth-Science Approach to Archaeological Interpretation*. Yale University Press, New Haven.

Remondino, F. ve Campana, S., 2014. *3D Recording and Modelling in Archaeology and Cultural Heritage*. BAR International Series 2598.

Shackley, M.L., 1979. Geoarchaeology, Polemic on Progressive Relationship. *Die Naturwissenschaften*, 66, 9.

Siart, C., Forbriger, M., Bubenzer, O., 2018. *Digital Geoarchaeology. New Techniques for Interdisciplinary Human-Environmental Research*. Natural Science in Archaeology, Springer International Publishing AG.

Wilson, L., 2011. The Role of Geoarchaeology in Extending Our Perspective. Wilson, L. (Ed.), *Human Interactions with the Geosphere: the Geoarchaeological Perspective*. The Geological Society, London. Special Publications, 352, 1-9.



19 Eylül 2018

13:30-15:10

SALON M1

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6119

YÜZEY SICAKLIĞI VE SPEKTRAL YANMA İNDEKSLERİNİN ORMAN YANGINI ANALİZİNDE KULLANIMI

Emre ÇOLAK[1], Filiz SUNAR[2]

[1]İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü Lisansüstü Programı, 34469, Maslak, İstanbul, colakem@itu.edu.tr
[2]Prof. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul, fsunar@itu.edu.tr

ÖZET

Türkiye, Akdeniz iklim kuşağında yer alması sebebiyle her yıl yüzlerce orman yangınına maruz kalmaktadır. Ülkemizde son yirmi yılda gerçekleşen orman yangınlarında, 33508 hektarlık orman alanı tahrip olmuştur. Bu durum, Türkiye'nin orman varlığını ve ekosistemini tehdit etmektedir. Yapılan çalışmalar, özellikle kurak bölgelerde ortaya çıkan yüksek yüzey sıcaklığının orman yangınlarını tetiklediğini göstermiştir. Bu çalışmada, 1 Temmuz 2017'de İzmir'in Menderes ilçesinde meydana gelen orman yangını, yangın öncesinde ve sonrasında elde edilen çok zamanlı Landsat 8 uydu verileri kullanılarak analiz edilmiştir. Bu amaçla, uydu görüntülerine farklı sınıflandırma algoritmalarının (Maksimum Benzerlik ve Destek Vektör Makinaları) yanı sıra yanan alanın belirlenmesine yönelik geliştirilen farklı spektral indeksler (örneğin Yanan Alan Indeksi (Burn Area Index - BAI), Orta Kızılötesi Yanma İndeksi (Mid Infrared Burn Index - MIRBI), Normalize Edilmiş Yanma Şiddeti (Normalized Burn Ratio - NBR) ve Normalize Edilmiş Isıl Yanma Şiddeti (Normalized Burn Ratio Thermal - NBRT) uygulanmıştır. Landsat 8 verisinden oluşturulan yüzey sıcaklığı (T_s) haritası, spektral indeksler ile ilişkilendirilerek korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Landsat, orman yangını, spektral yanma indeksleri, yüzey sıcaklığı

ABSTRACT

USE OF SURFACE TEMPERATURE AND SPECTRAL BURN INDEXES IN FOREST FIRE ANALYSIS

Turkey is exposed to hundreds of forest fires every year due to taking place in Mediterranean climate zone. In last twenty years, 33508 hectares of forest area has been destroyed by forest fires in our country. This situation threatens the existence of Turkey's forests and ecosystem. Studies have shown that high surface temperature, especially in dry regions, trigger forest fires. In this study, the forest fire occurred in Menderes district, Izmir on July 1, 2017 was analysed by using multi temporal Landsat 8 satellite data obtained before and after the fire. For this purpose, different spectral indexes (such as Burn Area Index (BAI), Mid Infrared Burn Index (MIRBI), Normalized Burn Ratio (NBR) and Normalized Burn Ratio Thermal (NBRT)) were applied for the determination of the burned area besides different classification algorithms (Maximum Likelihood and Support Vector Machine). Correlation analysis was performed by correlating surface temperature (T_s) map with spectral burn indexes generated.

Keywords: Landsat, forest fire, spectral burn indexes, surface temperature

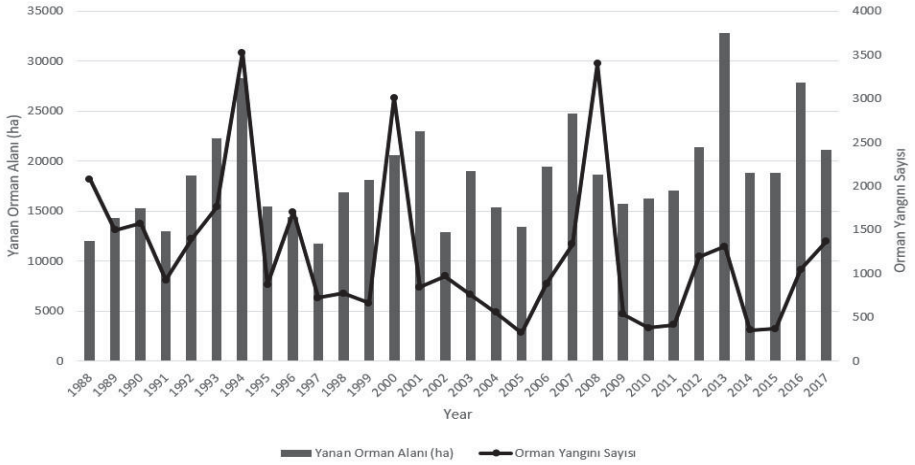
1. GİRİŞ

Karasal ekosistemi ve atmosferik sistemi büyük ölçüde etkileyen orman yangınları, ormansızlaşmaya ve sera gaz salınımına sebep olmakta ve insan refahını büyük ölçüde etkilemektedir. Orman yangını yoğunluğuna bağlı olarak, orman ekosistemini küçük veya büyük ölçüde etkileyebilir ayrıca ormanda tür bileşimine ve yapı değişikliklerine neden olabilir (Gonçalves ve Sousa, 2017).

Orman yangınları, dünyadaki birçok orman sisteminde yaygın olmakla birlikte Akdeniz tipi ekosistemleri etkileyen temel faktörlerden biridir. Bu yangınlar; hastalık, böcek, rüzgâr ve don gibi tüm tehlikelerden daha fazla tahribata neden olmaktadır (Gonçalves ve Sousa, 2017). Türkiye, Akdeniz iklim kuşağında yer alması sebebiyle her yıl yüzlerce orman yangınına maruz kalmaktadır (Şekil 1). Özellikle Türkiye'nin Akdeniz ve Ege bölgelerindeki ormanlar hava şartlarından etkilenmektedir (Akkaş vd., 2006). Yüksek sıcaklıklarına ek olarak, bu bölgelerdeki bağıl nem ve rüzgâr hızı da yangını etkileyen önemli parametrelerdir. Orman Genel Müdürlüğü verilerine göre 2016 yılında gerçekleşen 3188 orman yangınının %90'dan fazlası insan faaliyetleri nedeniyle, %10'dan azı ise doğal sebeplerle ortaya çıkmıştır. Bu yangınlar 9156 ha orman alanının yıkımına neden olmuş ve %65'i biyo-çeşitliliği etkileyen verimi yüksek orman alanlarında gerçekleşmiştir.

İnsanların neden olduğu yangınlar temelde kasıtlı ve ihmal olmak üzere ikiye ayrılır (Sunar ve Özkan, 2001). İhmal sonucu gerçekleşen yangınlar daha çok sigara, avlanma ve piknik sebebiyle ortaya çıkmaktadır; diğer yandan terör saldırıları, alan büyütme ve genişletme çoğunlukla kasıtlı yangınların başlıca sebepleridir. Doğal

nedenlerden dolayı meydana gelen yangınlar, bitki örtüsü, hava durumu, iklim ve topoğrafyaya bağlı olarak bir bölgeden diğerine farklılık gösterebilir.



Şekil 1. Türkiye'de yıllık orman yangını sayıları ve yanan alan miktarı (Orman Genel Müdürlüğü, 2018).

Uzaktan algılama, yerel, bölgesel ve küresel ölçeklerde yangın izleme ve haritalama için en pratik ve etkin araçtır. Uzaktan algılamada önemli bir araştırma konusu olan orman yangınları, yeni görüntü analizi teknikleri ile Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) modellerinin geliştirilmesinde ve test edilmesinde kapsamlı bir şekilde kullanılmaktadır. Uzaktan algılama teknikleriyle elde edilen yüzey sıcaklığı verisi, orman yangınlarının değerlendirilmesinde önemli faktörlerden biridir. Orman yangını çalışmaları, yanma şiddetine bağlı olarak yanmış alandaki değişim miktarının yüzey sıcaklığının mekânsal dağılımı ile ilişkili olduğunu göstermektedir (Vlassova vd., 2014). Yine görüntü işleme teknikleriyle elde edilen ve yanmış orman alanının modellenmesi ve haritalanması için geliştirilmiş indeksler, arazi planlaması, risk değerlendirilmesi, ekosistem yapısının, bileşiminin ve işlevinin değerlendirilmesi için yararlı bilgiler sağlamaktadır (Norton, 2008).

Bu çalışmada, İzmir'in Menderes ilçesinde meydana gelen orman yangınının çevresel sonuçları ve etkileri, orman yangını öncesinde ve sonrasında alınan uzaktan algılama verileriyle analiz edilmiş, yangın öncesi ve sonrası durumu gösteren haritalar amenajman verilerinden faydalanarak üretilmiştir. Bu amaçla, uydu görüntülerine farklı sınıflandırma algoritmalarının yanı sıra yanan alanın belirlenmesine yönelik geliştirilen farklı spektral yanma indeksleri uygulanarak oluşturulan yüzey sıcaklığı (T_s) haritası ile korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir.

1.1 Çalışma Alanı

Orman yangını, Ege Bölgesi'nde, İzmir Orman Genel Müdürlüğü sınırları içerisinde bulunan Menderes ilçesinde gerçekleşmiştir. 1 Temmuz 2017 tarihinde makilik alanda başlayan yangın 4 gün boyunca 5 Temmuz 2017 tarihine kadar devam etmiştir. Menderes bölgesi çoğunlukla Kızılçam (Pinus brutia) ağaç türüyle kaplıdır ve bölgenin yüksekliği 90 m ile 450 m arasında değişmektedir. Eğim ise %5 - 65 arasındadır. Meteorolojik veriler, (ortalama ve maksimum rüzgâr hızı, rüzgâr yönü, ortalama bağıl nem (%), ortalama hava sıcaklığı (° C)) Menderes ilçesinde bulunan meteoroloji istasyonundan elde edilmiştir. Bu verilere göre 1 Temmuz 2017 tarihinde bölgenin ortalama sıcaklığı 35°C iken, maksimum sıcaklık 42°C'ye ulaşmıştır (Şekil 2). Rüzgâr gün boyunca kuzey ve kuzeydoğudan esmiştir ve ortalama rüzgâr hızı 7 m/s olarak ölçülmüştür. Bölgedeki yüksek hava sıcaklığının ve rüzgâr hızının İzmir, Menderes bölgesindeki orman yangınını tetiklediği düşünülmektedir (Çizelge 1). Bilindiği üzere, 3 - 9 m/s arasında bir hıza sahip olan rüzgârların büyük orman yangınlarına neden olduğu gözlemlenmiştir (Akkaş vd., 2006). Yangın sırasında alandaki ortalama bağıl nem oranı ise % 30 olarak kaydedilmiştir.

Çizelge 1. Türkiye'de orman yangınına neden olan veya yangını etkileyen meteorolojik parametreler (Akkaş vd., 2006).

Parametreler	**Optimum değer**	**Menderes ilçesi ortalama değer**
Sıcaklık	> 25°C	35°C
Rüzgâr hızı	3 – 8.8 m/s	7 m/s
Nem	<%40	30%



Şekil 2. Menderes bölgesinin 1 Temmuz 2017 tarihli hava sıcaklığı ve bağıl nem oranı (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2017).

Menderes orman alanı kısmen kayalık bölgeden oluşmaktadır. Bu alanlar da yangından etkilenmiş ancak orman varlığı olarak kabul edilmedikleri için yanan alan sınırına dâhil edilmemiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Çalışma alanındaki kayalık bölge.

1.2 Kullanılan Veriler

Orman yangınının analizi için yangından önce ve sonra elde edilen bulutsuz Landsat 8 görüntüleri (sırasıyla 30 Haziran 2017 ve 16 Temmuz 2017) kullanılmıştır. 2013 yılında uzaya fırlatılan Landsat 8 uydusu Operasyonel Yer Görüntüleyicisi (OLI) ve Isıl Kızılötesi Algılayıcısı (TIRS) bantlarına sahiptir (Çizelge 2). Sınıflandırma için 30 m mekânsal çözünürlüğe sahip 2 ile 7 arasındaki bantlar (görünür, yakın kızılötesi ve kısa dalga kızılötesi bölgeleri) kullanılmıştır. Yüzey sıcaklığının belirlenmesinde ise 100 m mekânsal çözünürlüğe sahip TIRS ısıl bantları (10 ve 11) kullanılmıştır. Ayrıca yer gerçeği verisi olarak İzmir Orman Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan amenajman ve CBS verileri kullanılmıştır.

Çizelge 2. Landsat 8 OLI & TIRS bant özellikleri (U.S. Geological Survey, 2016).

Bantlar	Dalga boyu (µm)	Mekânsal çözünürlük (m)
B1 - Kıyı/ Aerosol	0.435 - 0.451	30
B2 - Mavi	0.452 - 0.512	30
B3 - Yeşil	0.533 - 0.590	30
B4 - Kırmızı	0.636 - 0.673	30
B5 -Yakın Kızılötesi	0.851 - 0.879	30
B6 - Kısa Dalga Kızılötesi (SWIR) 1	1.566 - 1.651	30
B7 - Kısa Dalga Kızılötesi (SWIR) 2	2.107 - 2.294	30
B8 - Pankromatik	0.503 - 0.676	15
B9 - Sirrus	1.363 - 1.384	30
B10 – Isıl Kızılötesi (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
B11 – Isıl Kızılötesi (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100

2. YÖNTEM VE BULGULAR

Orman yangınının sonuçlarını hem niceliksel hem de niteliksel olarak değerlendirmek için farklı görüntü işleme teknikleri (örn. yüzey sıcaklığının belirlenmesi, spektral yanma indeksleri, sınıflandırma, korelasyon analizi vb.) uygulanmıştır.

2.1. Yüzey Sıcaklığının Belirlenmesi

Yüzey sıcaklığının belirlenmesinde mutlak sıfır sıcaklık üzerindeki tüm cisimlerin ısı yayması prensibine dayanan ısıl görüntüleme tekniği kullanılmaktadır (Dağlıya vd., 2015). Isıl algılayıcı sistemler, gelen ısıl enerjiyi, cisimlerin kinetik sıcaklıkları ve yeryüzü yayınırlık (ε) değerlerine göre ışıyan sıcaklığı ölçerler (Sunar vd., 2011). Yeryüzü yüzey sıcaklığının belirlenmesi ile ilgili birçok algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritmalar tek pencere (mono – window), bölünmüş pencere (split – window), tek kanal (single channel), sıcaklık – yayınırlık ayırma yöntemi (temperature – emissivity seperation) ve yeryüzü yüzey sıcaklığı (land surface temperature) şeklindedir.

Bu çalışmada yüzey sıcaklığının belirlenmesi için Yeryüzü Yüzey Sıcaklığı (Land Surface Temperature) algoritması Landsat 8 için yeniden uyarlanarak kullanılmıştır. Bu yöntemle gerçekleştirilmiş işlem adımları sırasıyla, i) dijital değerlerin (DN) spektral radyans değerlerine dönüştürülmesi, ii) spektral radyans değerlerinin parlaklık sıcaklığı değerlerine dönüştürülmesi, iii) yeryüzü yayınırlık (ε) değerlerinin hesaplanması ve iv) son olarak yüzey sıcaklığının hesaplanması şeklindedir (Artis ve Carnahan, 1982; Landsat 8 el kitabı, 2016). Öncelikle dijital değerleri spektral radyans değerine dönüştürülmesi için Eşitlik 1, parlaklık sıcaklığı değerlerinin hesaplanması için ise Eşitlik 2 kullanılmıştır.

$$L_\lambda = M_L \times Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

L_λ = Spektral radyans (W/(m^2 * sr * μm))
M_L = Bant için radyans çarpımsal ölçekleme faktörü (metadata dosyasından RADIANCE_MULT_BAND_n)
A_L = Bant için radyans ilave ölçekleme faktörü (metadata dosyasından RADIANCE_ADD_BAND_n)
Q_{cal} = Dijital değer olarak L1 piksel değeri

$$T = \frac{K2}{\ln(\frac{K1}{L_\lambda} + 1)} \quad (2)$$

T = Parlaklık sıcaklığı değerleri (K)
L_λ = Spektral radyans (W/(m^2 * sr * μm))
$K1$ = Bant için ısıl dönüşüm sabiti (metadata dosyasından K1_CONSTANT_BAND_n)
$K2$ = Bant için ısıl dönüşüm sabiti (metadata dosyasından K2_CONSTANT_BAND_n)

Yeryüzü yayınırlık (ε) değerinin hesaplanmasında Normalize Edilmiş Fark Bitkisi Örtüsü İndeksi (NDVI) kullanılmıştır (Eşitlik 3).

$$NDVI = \frac{Yakın\ kızılötesi\ bant - Kırmızı\ Bant}{Yakın\ kızılötesi\ bant + Kırmızı\ Bant} \quad (3)$$

NDVI indeksi değerleri -1 ile +1 arasında değişiklik göstermektedir. Yeşil bitki örtüsünün bulunduğu alanlarda indeks değeri +1'e doğru yaklaşırken bulut, su ve kar eksi NDVI indeksi değerlerine sahiptir (Sunar vd., 2011). Hesaplanan NDVI indeksi ile bitki örtüsü oranı (proportion of vegation) P_v hesaplanmıştır (Eşitlik 4) (Giannini vd., 2015).

$$P_v = \left[\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{maks} - NDVI_{min}}\right]^2 \quad (4)$$

Burada, 30 Haziran 2017 (yangın öncesi) tarihli Landsat 8 görüntüsü için $NDVI_{maks}$ = 0.527967 ve $NDVI_{min}$ = -0.100044, 16 Temmuz 2017 (yangın sonrası) tarihli Landsat 8 görüntüsü için $NDVI_{maks}$ = 0.528892 ve $NDVI_{min}$ = -0.1008 olarak belirlenmiştir. Yeryüzü yayınırlığının (ε) belirlenmesi için kullanılan son eşitlik aşağıda verilmektedir (Eşitlik 5) (Gianni vd., 2015).

$$\varepsilon = 0.004 \times P_v + 0.986 \quad (5)$$

Değeri 0 ile 1 arasında değişen ve cisimlerin sıcaklıklarının hesaplanmasında önemli bir parametre olan yayınırlık, toplam gelen ışın enerjisinin, yutulan ışın enerjisine oranı olarak tanımlanmaktadır. Nesnelerin yayınırlık değerleri, yayılan ışınımın dalga boyuna ve bulundukları geometrik konuma göre değişmektedir (Dağlıyar vd., 2015). Son olarak yeryüzü yayınırlık (ε) değeri için düzeltilmiş yeryüzü yüzey sıcaklığı (LST) değeri Eşitlik 6'da verilmiştir (Giannini vd., 2015).

$$LST = \frac{T}{1 + \left(\frac{\lambda \times T}{\rho}\right) \times \ln(\varepsilon)} \quad (6)$$

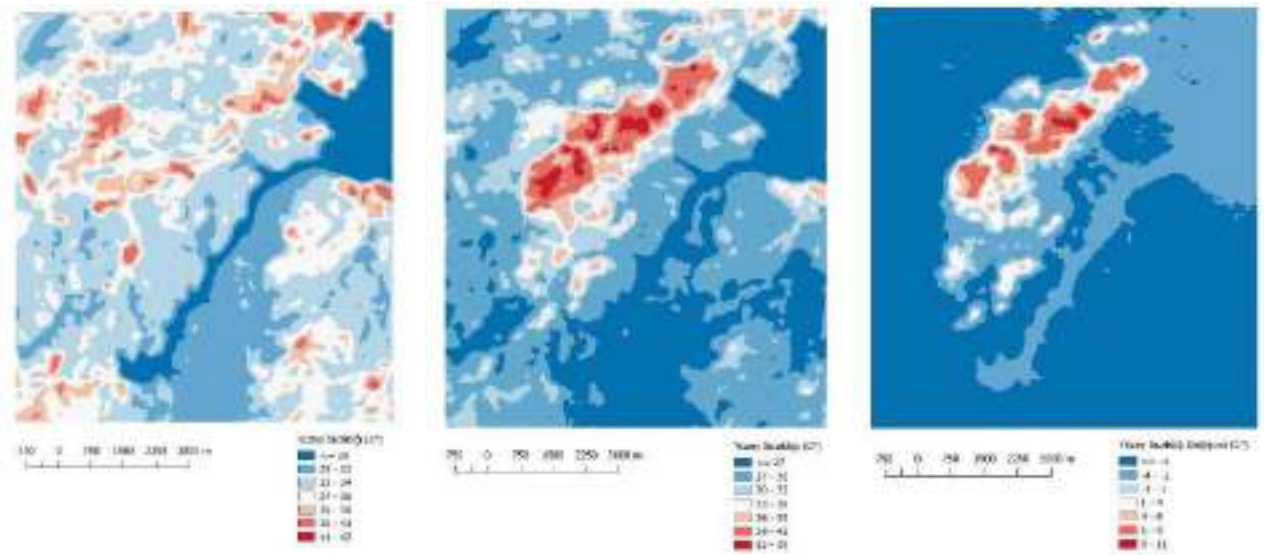
T = Parlaklık sıcaklığı değerleri (K)
λ = Yayılan ışınımın merkez dalga boyu (μm)
ρ = h*c/σ ($1.438*10^{-2}$ m*K)
h = Planck sabiti ($6.626*10^{-34}$ J*s)
σ = Boltzmann sabiti ($1.38*10^{-23}$ J/K)
c = Işık hızı ($2.998*10^{8}$ m/s)
ε = Yeryüzü yayınırlık değeri

Menderes bölgesinde yangın öncesi ve yangın sonrası yüzey sıcaklığı değişiminin (dLST) belirlenmesi için iki yüzey sıcaklığı görüntüsünün farkı alınmıştır (Eşitlik 7).

$$dLST = LST_i - LST_j \quad (7)$$

$dLST$ = Yüzey sıcaklığı değişimi
LST_i = 16.07.2017 tarihli yüzey sıcaklığı görüntüsü
LST_j = 30.06.2017 tarihli yüzey sıcaklığı görüntüsü

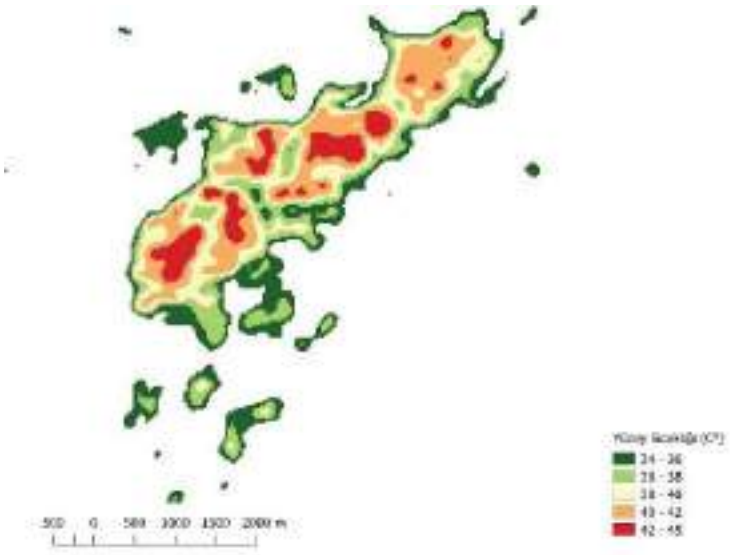
Şekil 4'te 30 Haziran 2017 ve 16 Temmuz 2017 tarihli yüzey sıcaklığı haritaları ve iki görüntünün farkının ifade edildiği yüzey sıcaklığı değişimi (dLST) haritası verilmiştir. Menderes orman yangınında yangın sonrası özellikle yanmış alandaki yeryüzü yüzey sıcaklık değerlerinin yanmamış alanlara göre 1 ile 11 C° arasında arttığı gözlemlenmiştir.



(a) (b) (c)

Şekil 4. Yüzey sıcaklığı haritaları (a) 30 Haziran 2017 (b) 16 Temmuz 2017 (c) Yüzey sıcaklığı değişimi (dLST).

Yangın sonrası elde edilen 16 Temmuz 2017 tarihli yüzey sıcaklığı haritasının özellikle yanmış orman alanındaki 34 – 45 C° arasındaki sıcaklık değerleri dilimlenerek Şekil 5'te ifade edilmiştir.



Şekil 5. 16 Temmuz 2017 tarihli yüzey sıcaklığı haritasının 34 – 45 C° arasındaki değişimi.

2.2. Spektral Yanma İndeksleri

Bantların parlaklık değerleri matematiksel algoritmalarda kullanılarak bazı hedef cisimlerin özellikleri ortaya konulabilmektedir. Bu bağlamda, yangının etkilerini göstermede spektral yanma indeksleri optimum ve etkin bir veri olarak sıkça kullanılmaktadır (Key ve Benson, 2005). Bu amaçla, yangın sonrası alınan uydu görüntülerine yanan alanın belirlenmesine yönelik geliştirilen farklı spektral indeksler, örneğin Yanan Alan Indeksi, Orta Kızılötesi Yanma İndeksi, Normalize Edilmiş Yanma Şiddeti ve Normalize Edilmiş Isıl Yanma Şiddeti uygulanmaktadır (Key ve Benson, 2005; Holden vd., 2005; Schepers vd., 2014).

Yanan Alan Indeksi (Burn Area Index - BAI):

$$BAI = \frac{1}{(0.1 - Kırmızı\ bant)^2 + (0.06 - Yakın\ kızılötesi\ bant)^2} \tag{8}$$

Orta Kızılötesi Yanma İndeksi (Mid Infrared Burn Index - MIRBI):

$$MIRBI = 10 \times LSWIR - 9.8 \times SSWIR + 2 \tag{9}$$

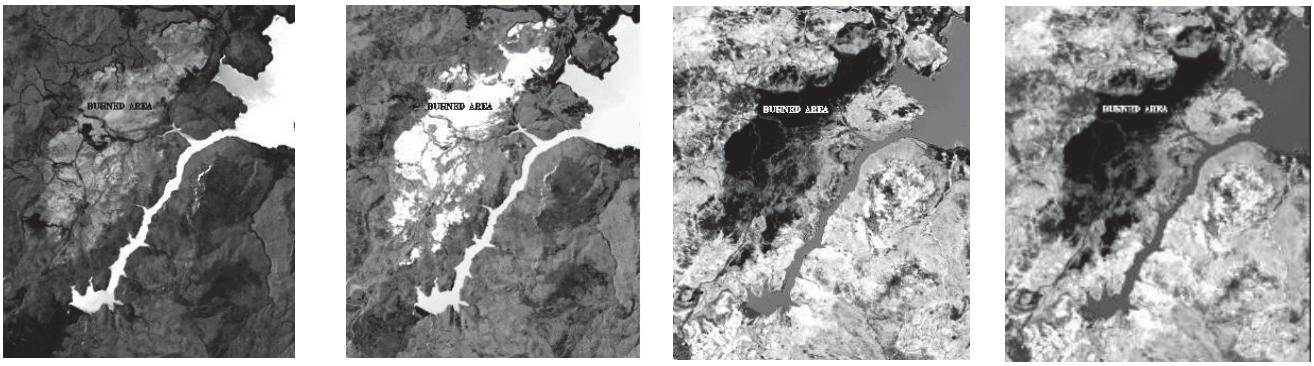
Normalize Edilmiş Yanma Şiddeti (Normalized Burn Ratio - NBR):

$$NBR = \frac{(Yakın\ kızılötesi\ bant - Kısa\ dalga\ kızılötesi\ bant)}{(Yakın\ kızılötesi\ ban + Kısa\ dalga\ kızılötesi\ bant)} \tag{10}$$

Normalize Edilmiş Isıl Yanma Şiddeti (Normalized Burn Ratio Thermal - NBRT):

$$NBRT = \frac{(Yakın\ kızılötesi\ bant - Kısa\ dalga\ kızılötesi\ bant\ (\frac{Isıl\ bant}{1000}))}{(Yakın\ kızılötesi\ bant + Kısa\ dalga\ kızılötesi\ bant\ (\frac{Isıl\ bant}{1000}))} \tag{11}$$

Şekil 6'da görüldüğü gibi yanmış alanlar, yanmamış alanlardan kolayca (özellikle BAI, NBR ve NBRT spektral yanma indeksleri) (sırasıyla Şekil 6a, 6c ve 6d) ayırt edilebilmektedir. Öte yandan, MIRBI indeksinde yanmış orman alanının su alanı ile karıştığı gözlemlenmiştir.



(a) (b) (c) (d)

Şekil 6. Spektral yanma indeksleri (a) BAI (b) MIRBI (c) NBR (d) NBRT.

2.3. Yanma Şiddetinin Belirlenmesi

Yanma şiddetinin belirlenmesinde yangın sonrası ve öncesi NBR indeks değerlerinin kullanıldığı dNBR indeksi (Eşitlik 12) kullanılmıştır. Bu indeksin özellikle Akdeniz tipi ormanlık alanlarında yapılan arazi ölçümleriyle uyuştuğu gözlemlendiğinden yanma şiddetinin değerlendirilmesinde yaygın kullanılan bir indeks hâline gelmiştir (Vlassova vd., 2014). Yangının neden olduğu değişim büyüklüğünün ölçekli bir indeksini (dNBR) oluşturmak amacıyla yangın sonrası NBR veri seti, yangın öncesi NBR veri setinden çıkarılır (Norton, 2008).

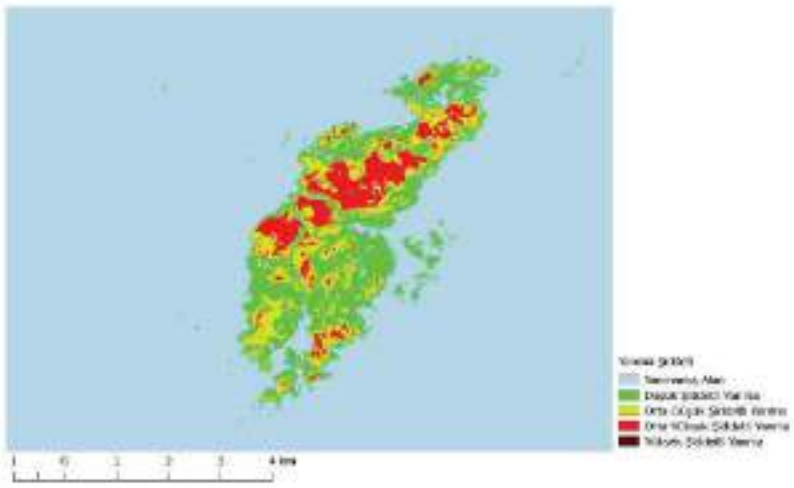
$$dNBR = NBR_{yangın\ sonrası} - NBR_{yangın\ öncesi} \quad (12)$$

NBR indeks değerleri teorik olarak -1 ile +1 arasında değişmekteyken dNBR değerleri -2'den +2'ye kadar değişebilir (Hall vd., 2008). Yanma şiddeti seviyesinin belirlenmesinde ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumunun (U.S. Geological Survey) sağladığı tablo kullanılmıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Yanma şiddeti seviyesi (U.S. Geological Survey, 2016).

dNBR	**Yanma şiddeti**
-0.1 - +0.1	Yanmamış
0.1 – 0.27	Düşük şiddetli yanma
0.27 – 0.44	Orta-düşük şiddetli yanma
0.44 – 0.66	Orta-yüksek şiddetli yanma
> 0.66	Yüksek şiddetli yanma

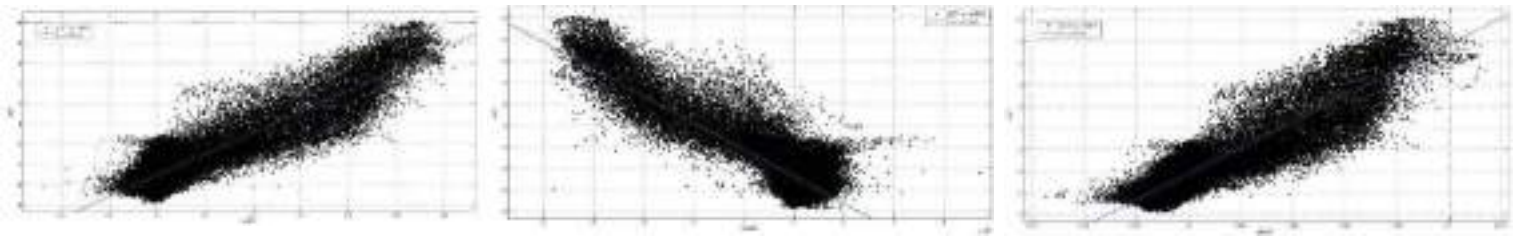
Menderes orman yangını öncesi ve sonrası uydu görüntülerinden elde edilen dNBR (yanma şiddeti) haritası Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8. Menderes orman yangını yanma şiddeti haritası.

2.4. Korelasyon Analizi

Literatürde yapılan çalışmalarda yanmış orman alanlarında, yüzey sıcaklığı değişimi (dLST) ve yanma şiddeti (dNBR) arasında bir ilişki olduğunu göstermiştir. Bu bağlamda yüksek yüzey sıcaklığı (LST) yüksek yanma şiddetine, düşük yüzey sıcaklığı ise düşük yanma şiddetine karşılık gelmektedir (Vlassova vd., 2014). Bu çalışmada da Menderes bölgesi için yangın öncesi ve sonrası alınan uydu görüntülerinden elde edilmiş dLST ve dNBR indeks değerleri arasında korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Bu iki değişken arasındaki korelasyon analiz sonucunda korelasyon katsayısı R = 0.8138 olarak bulunmuştur (Şekil 9a). Diğer yandan yangın öncesi ve sonrası için oluşturulan Yanan Alan Indeksi, Orta Kızılötesi Yanma İndeksi ve Normalize Edilmiş Isıl Yanma Şiddeti indekslerinin fark görüntüleri (dBAI, dMIRBI ve dNBRT) alınarak yüzey sıcaklığı değişimi (dLST) değerleri ile korelasyon analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda dLST ve dMIRBI arasında korelasyon katsayısı R = -0.7520 (Şekil 9b), dLST ve dNBRT arasında ise korelasyon katsayısı R = 0.8567 (Şekil 9c) bulunarak bu indekslerin yüzey sıcaklığı değişimi ile ilişkili olduğu gösterilmiştir. Diğer yandan dLST ve dBAI arasındaki korelasyon katsayısı R= 0 bulunmuştur.



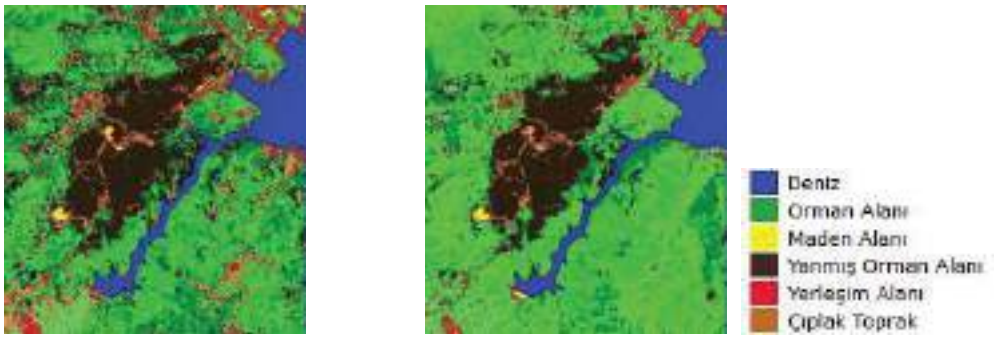
(a) (b) (c)

Şekil 10. Korelasyon analizi (a) dLST – dNBR (c) dLST – dMIRBI (d) dLST – dNBRT.

2.5. Sınıflandırma

Görüntüdeki pikselleri arazi örtüsü sınıflarına atamak için, çok bantlı uydu verilerine en yaygın görüntü işleme adımı olarak bilinen görüntü sınıflandırması yöntemi uygulanır. Bu çalışmada, yangından etkilenen orman alanlarını gösteren tematik haritaların üretilmesi için 2 farklı kontrollü sınıflandırma yöntemi uygulanmıştır. Kontrollü sınıflandırmadaki temel yaklaşım, her bir yüzey tipinin temsili olan spektral değerleri tanımlamak için bilinen arazi örtüsü tiplerini örneklemektir. Her piksel, temsili yüzey tipinin sahip olduğu spektral değerlere benzemesiyle tahmin edilir veya sınıflandırılır (Verbyla, 2000). Bu çalışmada uydu görüntülerini sınıflandırmak için Maksimum Benzerlik ve Destek Vektör Makineleri sınıflandırma algoritmaları kullanılmıştır. Yer gerçeği verisi olarak İzmir Orman Genel Müdürlüğünden temin edilen amenajman ve CBS verileri kullanılmıştır. Çalışma alanında arazi örtüsü/kullanımı sınıfları olarak yanmış orman alanı, orman alanı, çıplak toprak, yerleşim alanı,

maden alanı ve deniz seçilmiştir. Şekil 11a ve 11b'de sırasıyla Maksimum Benzerlik ve Destek Vektör Makineleri sınıflandırma sonuçları verilmiştir.



(a) (b)

Şekil 11. Kontrollü sınıflandırma (a) Maksimum Benzerlik (b) Destek Vektör Makineleri.

İzmir Orman Genel Müdürlüğü tarafından yapılan arazi çalışması sonrasında elde edilen gerçek yanmış orman alanı 986 ha'dır. Menderes Orman Genel Müdürlüğü sınırları içerisindeki toplam orman alanı 24957 ha'dır. Bu durum yangının toplam orman alanının % 4'ünü yok ettiğini göstermektedir. Maksimum Benzerlik ve Destek Vektör Makineleri sınıflandırma algoritmaları ile haritalanan yanmış orman alanı sırasıyla 911,34 ha ve 997,11 ha olarak bulunmuştur. Maksimum Benzerlik ve Destek Vektör Makineleri sınıflandırma doğrulukları ise sırasıyla % 80.30 ve % 97.52 olarak elde edilmiştir.

3. SONUÇ

Geçmişten günümüze orman yangınları, Türkiye'nin en önemli çevresel sorunlarından biri hâline gelmiştir. Son on yılda ortaya çıkan yaklaşık 25000 orman yangını da bunu kanıtlamaktadır. Uzaktan algılama teknikleriyle elde edilen yeryüzü yüzey sıcaklığı verisi ile farklı spektral yanma indeksleri (örn. Yanan Alan Indeksi, Normalize Edilmiş Yanma Şiddeti ve Normalize Edilmiş Isıl Yanma Şiddeti vb.), ekosistem gelişimini yapılandıran süreçlerin izlenmesi ve orman yangınından sonra uygulanacak uygun yönetim stratejilerinin geliştirilmesi için önemlidir (Vlassova vd., 2014). Yanma şiddeti ve yüzey sıcaklığı değerleri arasındaki ilişki az sayıdaki çalışmalarda kanıtlanmıştır. Bu durum yüzey sıcaklığının, yangın ve çevre arasındaki korelasyonun yeni teknolojiler yardımıyla ortaya çıkartılmasında ve çevre sorunlarına yönelik yangın riski modellerinin üretilmesinde önemli olmaktadır. Bu bağlamda yangının neden olduğu çevresel, sosyal ve ekonomik sorunları önlemek veya ortadan kaldırmak için gerekli önlemleri almak mümkün olabilmektedir. Bu çalışmada Menderes bölgesinde gerçekleşen orman yangını, yangın öncesi ve sonrası elde edilen Landsat 8 verileriyle analiz edilmiştir. Her iki görüntünün yüzey sıcaklığı haritası oluşturularak sıcaklık değişimi verisi elde edilmiştir. Bu veri, yangın sonrasında yanan orman alanının yüzey sıcaklığının 1 ile 11 C° arasında arttığını göstermiştir. Normalize Edilmiş Yanma Şiddeti indeksi ile elde edilmiş yanma şiddeti haritası ile yüzey sıcaklığı değişimi arasında yüksek bir korelasyonun (R = 0.8138) olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca diğer spektral yanma indekslerinden elde edilmiş dBAI, dMIRBI ve dNBRT indekslerinin de yüzey sıcaklığı değişimi (dLST) verisi ile korelasyon analizi gerçekleştirilmiş ve bunun sonucunda dMIRBI ve dNBRT indekslerinin de yüzey sıcaklığı değişimi (dLST) verisiyle ilişkili olduğu bulunmuştur. Öte yandan dBAI indeksinin dLST ile bir ilişkisi kurulamamıştır. Sınıflandırma sonrası elde edilen yanmış orman alanı Maksimum Benzerlik ve Destek Vektör Makineleri için sırasıyla 911,34 ha ve 997,11 ha bulunmuştur (gerçek yanmış orman alanı 986 ha'dır). Destek Vektör Makineleri sınıflandırma algoritmasının doğruluğunun daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak, orman yangınlarının engellenmesine yönelik farkındalığın arttırılmasının yanı sıra ormanların sürdürülebilirliği verimli bir orman yönetimi ile sağlanabilmektedir. Bu bağlamda, bu çalışmada gösterildiği gibi yeni uydu teknolojilerini (uzaktan algılama ve CBS) içeren gelişmiş orman yangını izleme sistemleri orman ekosistemlerinin sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından çok önemlidir.

TEŞEKKÜR

İzmir Orman Genel Müdürlüğü Bölge Müdürü Sayın Şahin Aybal'a ve Sayın Yusuf Görmez'e amenajman ve CBS verilerinin temini ve destekleri için teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Akkaş, M.E., Bucak, C., Boza, Z., Eronat, H., Bekereci, A., Erkan, A., Cebeci, C., 2006. Büyük orman yangınlarının meteorolojik verilerin ışığında incelenmesi, https://www.cem.gov.tr/erozyon/files/erozyon/yardop.../yangin_ meteoroloji_iliskisi_2.doc

Artis, D. A., Carnahan, W. H., 1982. Survey of Emissivity Variability in Thermography of Urban Areas, *Remote Sensing of Environment*, 12(4), 313-329, https://doi.org/10.1016/0034-4257(82)90043-8

Dağlıyar, A., Avdan, U., Uça Avcı, Z. D., 2015. Uzaktan Algılama Verileri Yardımıyla Kahramanmaraş İli Ve Çevresinin Yer Yüzey Sıcaklığının Belirlenmesi, *TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu,* Konya.

Giannini, M.B., Belfiore, O.R., Parente, C., Santamaria, R., 2015. Land Surface Temperature from Landsat 5 TM images: comparison of different methods using airborne thermal data, *Journal of Engineering Science and Technology Review,* 8(3), 83-90, http://www.jestr.org/downloads/Volume8Issue3/fulltext83122015.pdf

Gonçalves A.C., Sousa, A.M.O., 2017. The Fire in the Mediterranean Region: A Case Study of Forest Fires in Portugal, Mediterranean Identities - Environment, Society, Culture, Prof. Borna Fuerst-Bjeliš (Ed.), InTech. https://doi.org/10.5772/intechopen.69410.

Hall, R.J., Freeburn, J.T., de Groot, W.J., Pritchard, J.M., Lynham, T.J., Landry, R., 2008. Remote sensing of burn severity: experience from western Canada boreal fires, *International Journal of Wildland Fire,* 17(4), 476-489, http://nofc.cfs.nrcan.gc.ca/bookstore_pdfs/28883cannotpostonline.pdf

Holden, Z.A., Smith, A.M.S., Morgan, P., Rollins, M.G., Gessler, P.E., 2005. Evaluation of novel thermally enhanced spectral indices for mapping fire perimeters and comparisons with fire atlas data. *International Journal of Remote Sensing*, 26(21), 4801-4808, https://doi.org/10.1080/01431160500239008

Key, C.H., Benson, N.C., 2005. *Landscape assessment (LA) sampling and analysis methods.* In book: FIREMON: Fire Effects Monitoring and Inventory System. Edition: Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-164. Publisher: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Ogden, UT. (Editors: D.C. Lutes, R.E. Keane, J.F. Caratti, C.H. Key, N.C. Benson, S. Sutherland, L.J. Gangi). https://www.fs.fed.us/postfirevegcondition/documents/publications/FIREMON_LandscapeAssessment.pdf

Norton, J., 2008. The Use of Remote Sensing Indices to Determine Wildland Burn Severity in Semiarid Sagebrush Steppe Rangelands Using Landsat ETM + and SPOT 5, https://pdfs.semanticscholar.org/4233/597fb51c5a29b4c282381081fa0a223a7341.pdf?_ga=2.222787999.589094426.1533223500-1622772386.1533223500

Schepers, L., Haest, B., Veraverbeke, S., Spanhove, T., Borre, J.V., Goossens, R., 2014. Burned area detection and burn severity assessment of a heathland fire in belgium using airborne imaging spectroscopy (apex*). Remote Sensing,* 6(3), 1803-1826. https://doi.org/10.3390/rs6031803

Sunar, F., Özkan, C., 2001. Forest fire analysis with remote sensing data. *International Journal of Remote Sensing*, 22(12), 2265-2277, https://doi.org/10.1080/014311601300229818

Sunar, F., Özkan, C., Osmanoğlu, B., 2011. *Uzaktan Algılama*, 4. basım, Anadolu Üniversitesi Yayını, Eskişehir. 210 sayfa.

U.S. Geological Survey, 2016. Landsat 8 (L8) Data Users Handbook, V 2.0 ed.

Verbyla, D.L., 2000. *Satellite remote sensing of natural resources*, 1. basım, CRC Press LLC, Florida, 224 sayfa.

Vlassova, L., Cabello, F.P., Mimbero, M.R., Llovera, R.M., Martn, A. G., 2014. Analysis of the Relationship between Land Surface Temperature and Wildfire Severity in a Series of Landsat Images, *Remote Sensing*, 6(7), 6136-6162, https://doi.org/10.3390/rs6076136

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.5470

ORMAN AĞAÇ SINIR EKOTONU DEĞİŞİMLERİNİN MEŞCERE HARİTALARI İLE CBS TEKNİKLERİ KULLANILARAK İZLENMESİ

Maliheh AREKHİ[1], Ulaş YUNUS OZKAN[2], Ahmet YEŞİL[3], Füsun BALİK ŞANLİ[4]*

[*1] Doktora öğrenci, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Mühendisliği Bölümü, 34452 Istanbul, maliheh.arekhi@ogr.iu.edu.tr
[2] Doç. Dr., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Amenejman Anabilim Dalı, 34473 İstanbul, uozkan@istanbul.edu.tr
[3] Prof. Dr., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Amenejman Anabilim Dalı, 34473 İstanbul, ayesil@istanbul.edu.tr
[4] Doç. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220 İstanbul, , fbalik@yildiz.edu.tr

ÖZET

Ormanların ağaç sınırının biyolojik çeşitliliğini korumak için, orman ağaç sınırı kaymalarının izlenmesi gerekmektedir. Ağaç sınır ekotonu, iklim ısınmasına tepki veren en hassas dağ ekosistem bileşenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Bu çalışma ile, geçmişte Cehennemdere'de dört dönem arası (1970-1992-2002-2013)gerçekleşen orman ağaç sınırı değişimlerinin, orman meşcere haritaları ve CBS teknikleri kullanılarak saptanması amaçlamıştır. Öncelikle, orman meşcere haritaları her dönem için jeoreferanslandırılmış ve sayısallaştırılmıştır. İkinci olarak, her dönem için orman ağaç sınırının yüksekliği, "Profil aracı" eklentisi kullanılarak topografya haritalarında en yüksek orman meşcere sınırlarının sayısallaştırılması ile simüle edilmiştir. Üçüncü aşamada ise her bir dönem için "qProf" eklentisi vasıtasıyla yükseklik profili istatistikleri hesaplanmış ve dönemler arasındaki istatistiksel fark analizleri elde edilmiştir. Genel olarak, ortalama genişleme hızı her on yılda 20 ila 40 m arasında değişmiştir. Sonuç olarak hem en yüksek irtifalarda (22m-45m) hem de en düşük irtifalarda (20m-105m) 1970den 2013'e kadar ormanın ağaç sınırının genişlediği saptanmıştır. Elde edilen haritalara göre, 1992 ve 2002 yılları arasında yaklaşık 44.5m ormanın ağaç sınırının coğrafi olarak genişlediği belirlenmiştir. Orman ağaç sınırı 1970'lerde 2335m iken 2013'de ağaç sınır yüksekliği 2442.5 m'ye ulaşmıştır. Ayrıca, en alttaki ağaç sınırının yüksekliğinin genişleme oranı 20m ila 106m arasında elde edilmiştir. Sonuçta, ormanların ağaç sınırı kaymaları CBS teknikleri ve meşcere haritaları ile belirlenebildiği görülmüştür. Bu araştırmada özellikle meşcere haritalarının orman ağaç sınırı değişimini inceleyen araştırmalarda kullanılabileceği önemle vurgulanmıştır. Bu çalışmanın sonucu, ağaç türlerinin kaymalarını inceleyen araştırmalar, orman örtüsünün dinamikleri ve alpin- ağaç sınırı ekoton izleme çalışmaları bağlamında önemli katkılar sağlamaktadır.

Anahtar Sözcükler: ağaç sınırı ekotonu, orman meşcere haritası, ılıman ormanlar

ABSTRACT

MONITORING FOREST TREELINE ECOTONE SHIFTS USING FOREST STAND MAPS AND GIS TECHNIQUES

Monitoring forest treeline shifts are essential to conserve the biodiversity of treeline ecotones. Treeline ecotone is recognized as one of the most sensitive component of mountain ecosystems which is responded to climate warming. This study aimed to determine occurred past forest treeline changes by forest stand maps and GIS techniques for the four-time period (1970-1992-2002-2013) in the Cehennemdere, Turkey. Firstly, forest stand map was georeferenced and digitized for each period. Secondly, forest treeline altitude for each period was simulated by digitizing highest forest stands on the topography map using "Profile tool" Plugin. Thirdly, altitude profile statistics were computed through "qProf" Plugin for each treeline border and each treeline altitude statistical difference analysis between interval time periods is performed. Results showed treeline has expanded from 1970 to 2013 in both the highest altitudes (22m-45m) and lowest altitudes (20m-105m). Overall, average expansion rate was varied between 20 to 40 m each decade; treeline altitude reached to 2442.5m in 2013 while it was 2335m in 1970. Resultant maps indicated highest treeline expanded geographically between 1992 and 2002 period during 43 years approximately 44.5m. Additionally, the rate of expansion of lowest treeline altitude was between 20m to 106m. Overall, forest treeline altitudinal shifts can be determined using GIS techniques and historical forest stand maps. Importance of available forest stand maps and their potential at investigating forest treeline shifts have been emphasized in the present research. Results would have significant contributions in the context of examining tree species shifts, monitoring forest cover dynamics, alpine treeline ecotone monitoring studies.

Keywords: treeline ecotone, forest stand map, temperate forest

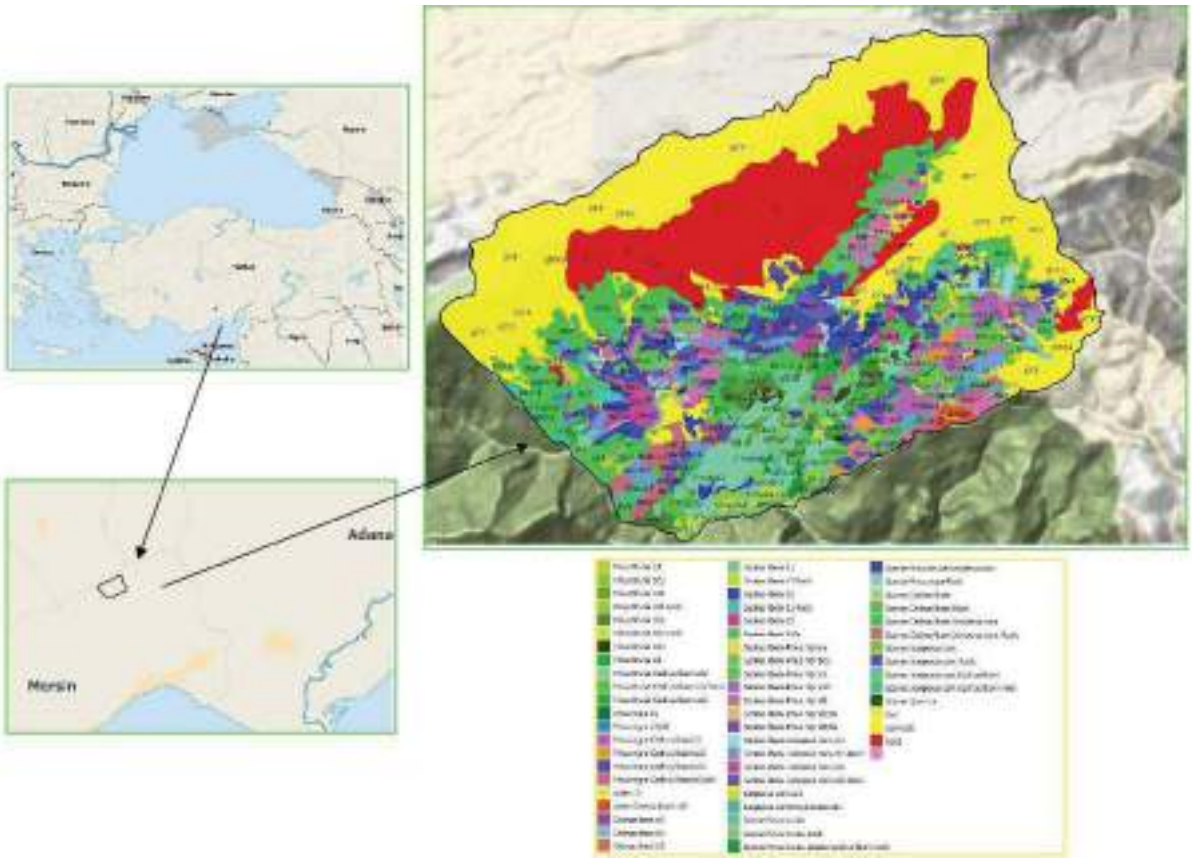
1. GİRİŞ

Orman ekosistemleri, Dünya'nın toprak yüzeyinin üçte birini kapsamaktadır. Ormanlar her ülke için önemli doğal kaynaklardır. Ormanlar, çevre koruma, toprak koruma, biyoçeşitliliği artırma ve iklim değişikliğinin önlenmesi için önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca sanayi ve inşaat sektörü için kereste ve hammadde temin ederek ve bir ilaç kaynağı olarak ülkelerin uzun vadeli ulusal ekonomik büyümeleri için büyük önem taşırlar. Tüm bunların yanı sıra ormanlar karbon döngüsü ve ekosistemler aracılığıyla küresel ısınmayı azaltmaktadırlar (Baumann vd., 2014, Ghebrezgabher vd., 2016). Ormanların ağaç sınırı alpine ekotonu ve kapalı ormanın üst sınırı arasın da bilinen ekoton, ağaç türlerinin en yüksek bireyleri arasında iklimsel olarak hassasiyet gösteren bir geçiş bölgesidir (Orbán vd., 2018). Orman ağaç sınırlarının izlenmesi orman yapısındaki tarihsel değişimleri ve ormanların ağaç sınırının biyolojik çeşitliliğini tespit etmek için iyi bir fırsat sağlamaktadır (Zinnert vd., 2011). Bunlara ek olarak, dağ ormanları çok önemli karbon havuzlarıdır (Ponocná vd., 2018). Dağlık alanlar da, ormanların ağaç sınır ecotonunu, dünyada en hassas olan ekosistemler arasındadır (Mishra and Mainali 2017). Ormanların ağaç sınırının yüksek irtifalara doğru kaymasının nedeni artan hava sıcaklığı, atmosferik CO2 ve azot birikimi gibi diğer faktörlerle de ilgilidir (Gaire vd., 2017). Fakat diğer çalışmalarda bu olumlu büyüme yanıtlarının bulamadığı gözlenmemiştir (Körner vd., 1997, Anadon-Rosell vd., 2018). Ancak, yapılan gözlem çalışmaları, bitki türlerinin farklı coğrafi bölgelere göre kolonizasyon örüntüsü, bitki türlerinin daha iyi yaşanabileceği yeni habitatlara kaydığını göstermiştir (Yadava vd., 2017). Ormanların ağaç sınırının iklim değişikliğine tepkisi sadece uzaysal ve zamansal olarak değil, aynı zamanda ağaç sınırının form ve yapısına da bağlı olarak değişmektedir (Harsch vd., 2009, Holtmeier 2009). Ağaçların yoğunluğundaki artışın yanı sıra uzun vadeli iklim dalgalanmasına tepki olarak daha yüksek irtifalara veya enlemlere geçişini de pek çok çalışma rapor etmiştir (Gaire vd., 2017). Bu araştırmalar, çoğunlukla uzaktan algılama ve hava fotoğrafları yöntemi kullanarak gerçekleştirilmiştir (Singh vd., 2011, Bharti vd., 2012). Benzer bir şekilde, arazi tabanlı çalışmalar da yine hem ağaç sınırının yukarı doğru kaydığını hem de ağaçların yoğunluğunun arttığını belirlemişlerdir (Schickhoff vd., 2015, Gaire vd., 2017, Arekhi vd., 2018). Ancak, diğer dağ ekosistemlerine kıyasla Tarsus dağına ilişkin çok sınırlı araştırma gerçekleştirilmiş ve ağaç sınırının oluşumu ve dinamiğine dair birçok yönden bir bilgi boşluğu bulunmaktadır. Ayrıca, tarihsel ağaç sınırının aktivitesi ve arkasındaki zorlama mekanizmaları büyük ölçüde bilinmemektedir. Bu bağlamda coğrafi bilgi sistemi (CBS), orman ağaç sınırının değişimini hesaplamak için çok yararlı bir araçtır. CBS tekniği ve mevcut orman meşcere haritaları kullanarak, orman ağaç sınırının değişimini ve orman yapısındaki değişiklikleri gözlemlemek mümkündür. Bununla birlikte, bu çalışma, orman ağaç sınırının geçmişten günümüze değişimini incelemek için genel anlayışı geliştirmeye katkı sağlayacaktır. Aslında orman yönetimi dinamiklerinin güvenilir bir şekilde değerlendirilmesi, ormanların sürdürülebilir yönetimi ve biyoçeşitliliğini korumak için gerekmektedir (Skowno vd., 2017). Bu çalışma ile Cehennemdere'de dört dönem (1970-1992-2002-2013) arası gerçekleşen orman ağaç sınırı değişimlerinin, orman meşcere haritaları ve CBS teknikleri kullanılarak saptanması amaçlamıştır.

2. UYGULAMA

2.1 Çalışma Alanı ve Veri Seti

Araştırma alanı Cehennemdere, Akdeniz'in güney bölgelerinde yer almaktadır (37.430-38.430 ° E, 44.650-44.850 ° N). Tamamı 16413.5 hektarlık alanı kapsamakla birlikte seçilen 8822 hektarlık bir bölgede çalışma gerçekleştirilmiştir. Her döneme ait orman envanter haritası incelendiğinde, seçilen çalışma alanı yaban hayatı ve bitki örtüsü genlerini korumak üzere koruma altına alınmış bir bölgede olduğu görülmektedir (**Şekil 1**). Bu alan çeşitli doğal vejetasyon toplulukları içermektedir; Pinus nigra, Abies cilicica, Juniperus oxycedrus, Quercus sp., Cedrus libani, Juniperus communis spp., Juniperus oxycedrus, and Pinus brutia. Çalışma alanı, Toros Dağları olarak bilinen Türkiye ormanlarının güney sınırında yer almaktadır.



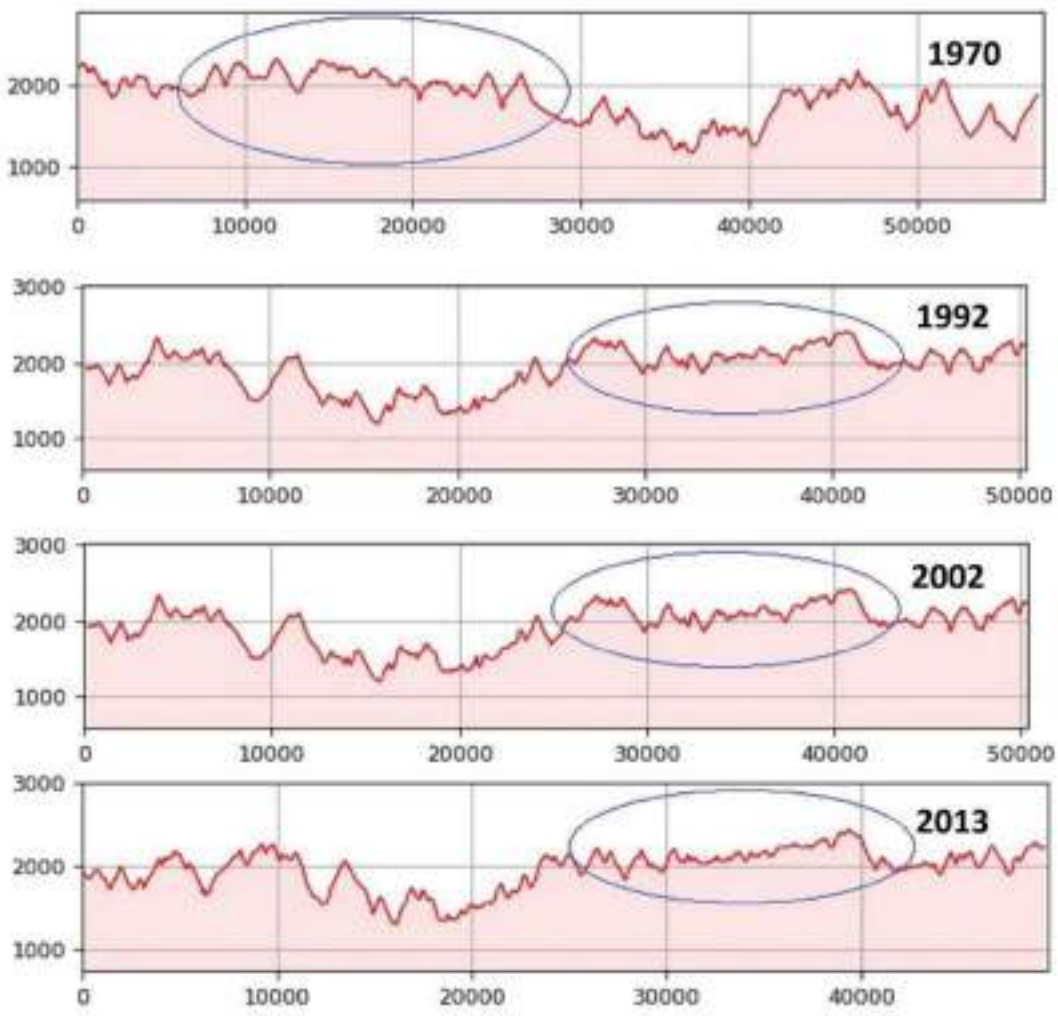
Şekil 1. Çalışma alanı.



Şekil 2. Çalışmanın metodoloji akışı.

2.2 Veri Analizi

Orman Genel Müdürlüğü'nden dört döneme ait orman meşcere haritaları (1970-1992-2002-2013) elde edilmiştir. Her döneme ait orman meşcere haritası, Qgis ortamında jeoreferanslanmış ve sayısallaştırılmıştır. Eşzamanlı olarak, orman ağaç sınırını göstermek üzere, her dönem için meşcere haritasının en yüksek kısmı sayısallaştırılmıştır ve bir vektör katmanı hazırlanmıştır (1970-1992-2002-2013). Aynı zamanda, "Profil aracı" eklentisini kullanarak topoğrafya haritasındaki en yüksek ağaç sınırı (1970-1992-2002-2013) her bir dönem için belirlenmiştir. Daha sonra, profil istatistikleri gerçekleştirilmiş ve her bir sınır için "qProf" eklentisi ile yükseklik profili istatistikleri hesaplanmıştır. Orman ağaç sınırının kaymalarını belirlemek için, 1970-1992, 1992-2002, 2002-2013 dönemlerine ait iki dönem arası fark haritası hesaplanmıştır. Eşzamanlı olarak, mekansal ve zamansal ağaç türlerindeki değişimler, orman arazisi yapısı ve söz konusu dört zaman periyodu boyunca hesaplanmıştır. Ayrıca, mekansal olarak değişen ağaç sınırının konumu belirlenmiştir. Bununla birlikte, orman meşcere haritalarının mekansal dağılım detaylarına göre, çalışma alanının tüm kısımlarında orman ağaçlarının dağılımı incelenmiştir. Tüm hesaplamalar "raster paket" ve "Landsat paketi" kullanılarak Qgis Raster Calculator ve R programı ile gerçekleştirilmiştir. Şekil 2 çalışmanın metodoloji akışını göstermektedir.



Şekil 3. Her döneme ait orman ağaç sınırının yüksekliği (x ekseni=konum)(y ekseni= yükseklik).

Çizelge 1. Orman ağaç sınırının yükselti pozisyonu (m) ve değişim.

Çalışma peryodu	Yükseklik					Değişimler		
	en düşük	en yüksek	ortalama	varyans	standart sapma	min	max	ortalaması
1970	1158.75	2335.02	1828.41	83118.68	288.30			
1992	1176.01	2375.54	1877.88	71846.04	268.04	+17.26	+40.51	+49.46
2002	1198.35	2420.18	1916.21	78285.68	279.79	+22.34	+44.45	+38.32
2013	1303.82	2442.48	1962.80	58970.83	242.83	+105.46	+22.3	+46.59

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1 Ağaç Sınırının Yükseklik Değişimi

1970-1992, 1992-2002 ve 2002-2013 dönemleri için ağaç sınırının alt, üst pozisyonu ve değişimi araştırılmıştır. Ağaç sınırı, tüm üç zaman diliminde meydana gelen en düşük ve en yüksek ağaç sınırı rakımlarının her ikisinde de kaymaktadır (Tablo 1). En yüksek ağaç sınır rakımı 2013 yılında 2442,48 m iken, 1970 yılında 2335 m olarak belirlenmiştir. 1992-2002 döneminde yaklaşık 44.45 m'lik bir yükselme görülmüştür ki bu da diğer dönemlerden çok daha yüksektir. En düşük ağaç sınır rakımı yüksekliği, 2002 ile 2013 yılları arasında yaklaşık 22.3 m artmıştır. Ayrıca, tahmin edilen en düşük ağaç sınır rakımı yüksekliği, 1970 yılında 1158,75 m'den 2013 yılında 1303,82 m'ye yükselmiştir (Şekil 3 ve Tablo 1). Benzer şekilde, gözlemlenen kaymalar orman meşcere haritalarının tamamında tutarlı değildir. Bazen en üst sıralarda belirgin kaymalar tespit edilmemiştir. Bununla birlikte, orman meşcere haritalarının mekansal dağılım detaylarına göre, çalışma alanının tüm kısımlarında orman ağacı türlerinin genişlemesine yönelik kanıtlar bulunmuş, sedir ağacı ve ardıç ağacı tutarlı bir şekilde kaya ve toprak kaplı alanlarda gelişen iki ağaç türü olarak gözlemlenmiştir. Ortaya çıkan sonuçlara göre, ağaçların yukarı doğru genişlediği belirlenmiştir (Danby and Hik 2007, Du vd., 2017). Ancak bazı bölgelerde değişiklikler tek tip değildir (Virtanen vd., 2010, Bruggeman vd., 2016). Çalışmamıza ait bulgular özellikle kuzey yarımkürede ağaçların yukarı kayması ile ilgili diğer bilimsel çalışmalar ile uyumludur (MacDonald vd., 2008). Bu araştırmanın en önemli çıktılarından birisi de orman ağaç sınırı değişimini inceleyen araştırmalarıda özellikle meşcere haritalarının kullanılabileceğinin gösterilmesidir. Bu çalışmanın sonucu, ağaç türleri üzerine iklim değişikliği etkilerini inceleyen araştırmalarda, orman örtüsünün dinamikleri ve alpin- ağaç sınırı ekoton izleme çalışmalarının izlenmesi bağlamında önemli katkılar sağlamaktadır. Ormanların ağaç sınırının sadece uzaysal ve zamansal olarak değil, aynı zamanda ağaç sınırının form ve yapıya da bağlı olarak değişiminin de gelecek çalışmalar ile incelenmesi tavsiye edilmektedir.

4. SONUÇ

Mevcut araştırma, orman meşceleri haritalarını kullanılarak 43 yıl boyunca, orman ağaç sınırnın genişleme ve yapısal değişimlerin izlenmesinin uygulanabilirliğini göstermektedir. GIS ve orman meşcere haritalarının kullanımı, bu çalışmada orman alanlarının sınırının değişimini tespit etmek için yararlı bir yöntem olarak gösterilmiştir. Bir diğer önemi ise orman meşcere haritalarının mekansal dağılım detaylarına göre, çalışma alanının tüm kısımlarında orman ağacı türlerinin dağılımını incelemesidir. Ayrıca, bu çalışma orman meşceleri haritaları incelenerek hem Cedrus libani hem de Juniperus communis spp.'de belirgin bir değişim ve artış olduğunu göstermiştir. Bizim sonuçlarımız, özellikle uzak dağ bölgelerinde, ekolojik niş modellemede daha kritik, yansıtıcı ve sorumlu soruşturma ihtiyacına dair ikna edici kanıtlar sunmaktadır. Bu sonuçlar, iklim değişikliği senaryoları altındaki benzer değişimler açısından olağanüstü bir öneme sahip olabilir. Sonuçlarımızın, daha önce belgelenmemiş bölgedeki orman ağaç sınırı dinamikleri üzerinde yararlı ipuçları sağladığına inanıyoruz. Orman ağaç sınırı meşcerelerinin boyutu ve yaş yapısının tarihsel olarak araştırılması da tavsiye edilmektedir.

KAYNAKLAR

Anadon-Rosell, A., M. A. Dawes, P. Fonti, F. Hagedorn, C. Rixen, and G. von Arx. 2018. Xylem anatomical and growth responses of the dwarf shrub Vaccinium myrtillus to experimental CO 2 enrichment and soil warming at treeline. Science of The Total Environment 642:1172–1183.

Arekhi, M., A. Yesil, U. Y. Ozkan, and F. Balik Sanli. 2018. Detecting treeline dynamics in response to climate warming using forest stand maps and Landsat data in a temperate forest. Forest Ecosystems 5:23.

Baumann, M., M. Ozdogan, P. T. Wolter, A. Krylov, N. Vladimirova, and V. C. Radeloff. 2014. Landsat remote sensing of forest windfall disturbance. Remote Sensing of Environment 143:171–179.

Bharti, R. R., B. S. Adhikari, and G. S. Rawat. 2012. Assessing vegetation changes in timberline ecotone of Nanda Devi National Park, Uttarakhand. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 18:472–479.

Bruggeman, D., P. Meyfroidt, and E. F. Lambin. 2016. Forest cover changes in Bhutan: Revisiting the forest transition. Applied Geography 67:49–66.

Danby, R. K., and D. S. Hik. 2007. Variability, contingency and rapid change in recent subarctic alpine tree line dynamics. Journal of Ecology 95:352–363.

Du, H., J. Liu, M.-H. Li, U. Büntgen, Y. Yang, L. Wang, Z. Wu, and H. S. He. 2017. Warming-induced upward migration of the alpine treeline in the Changbai Mountains, northeast China. Global change biology.

Gaire, N. P., M. Koirala, D. R. Bhuju, and M. Carrer. 2017. Site- and species-specific treeline responses to climatic variability in eastern Nepal Himalaya. Dendrochronologia 41:44–56.

Ghebrezgabher, M. G., T. Yang, X. Yang, X. Wang, and M. Khan. 2016. Extracting and analyzing forest and woodland cover change in Eritrea based on landsat data using supervised classification. The Egyptian journal of Remote Sensing and Space Science 19:37–47.

Harsch, M. A., P. E. Hulme, M. S. McGlone, and R. P. Duncan. 2009. Are treelines advancing? A global meta-analysis of treeline response to climate warming. Ecology letters 12:1040–1049.

Holtmeier, F.-K. 2009. Mountain timberlines: ecology, patchiness, and dynamics. . Springer Science & Business Media.

Körner, C., M. Diemer, B. Schäppi, P. Niklaus, and J. Arnone. 1997. The responses of alpine grassland to four seasons of CO2 enrichment: a synthesis. Acta Oecologica 18:165–175.

MacDonald, G., K. Kremenetski, and D. Beilman. 2008. Climate change and the northern Russian treeline zone. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences 363:2283–2299.

Mishra, N. B., and K. P. Mainali. 2017. Greening and browning of the Himalaya: Spatial patterns and the role of climatic change and human drivers. Science of The Total Environment 587:326–339.

Orbán, I., H. H. Birks, I. Vincze, W. Finsinger, I. Pál, E. Marinova, G. Jakab, M. Braun, K. Hubay, T. Bíró, and E. K. Magyari. 2018. Treeline and timberline dynamics on the northern and southern slopes of the Retezat Mountains (Romania) during the late glacial and the Holocene. Quaternary International 477:59–78.

Ponocná, T., T. Chuman, M. Rydval, G. Urban, K. Migała, and V. Treml. 2018. Deviations of treeline Norway spruce radial growth from summer temperatures in East-Central Europe. Agricultural and Forest Meteorology 253-254:62–70.

Schickhoff, U., M. Bobrowski, J. Böhner, B. Bürzle, R. P. Chaudhary, L. Gerlitz, H. Heyken, J. Lange, M. Müller, T. Scholten, N. Schwab, and R. Wedegärtner. 2015. Do Himalayan treelines respond to recent climate change? An evaluation of sensitivity indicators. Earth System Dynamics 6:245–265.

Singh, C., S. Panigrahy, and J. Pariharc. 2011. Alpine vegetation ecotone dynamics in Gangotri catchment using remote sensing techniques. Internaitonal Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences:36–8.

Skowno, A. L., M. W. Thompson, J. Hiestermann, B. Ripley, A. G. West, and W. J. Bond. 2017. Woodland expansion in South African grassy biomes based on satellite observations (1990–2013): general patterns and potential drivers. Global change biology 23:2358–2369.

Virtanen, R., M. Luoto, T. Rämä, K. Mikkola, J. Hjort, J.-A. Grytnes, and H. J. B. Birks. 2010. Recent vegetation changes at the high-latitude tree line ecotone are controlled by geomorphological disturbance, productivity and diversity. Global Ecology and Biogeography 19:810–821.

Yadava, A. K., Y. K. Sharma, B. Dubey, J. Singh, V. Singh, M. R. Bhutiyani, R. R. Yadav, and K. G. Misra. 2017. Altitudinal treeline dynamics of Himalayan pine in western Himalaya, India. Quaternary International 444:44–52.

Zinnert, J. C., S. A. Shiflett, J. K. Vick, and D. R. Young. 2011. Woody vegetative cover dynamics in response to recent climate change on an Atlantic coast barrier island: a remote sensing approach. Geocarto International 26:595–612.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7002

ORTA ANADOLU KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN PATATES VE PANCAR BİTKİLERİNİN FENOLOJİK EVRELERİNE AİT ÇOK BANTLI SPEKTRAL İMZALARININ BELİRLENMESİ

Gizem ÇİÇEK[1], Yusuf KURUCU[2]

[1]Zir. Müh. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bornova, İzmir. gizemcicek.91@gmail.com
[2]Prof. Dr. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bornova, İzmir. yusuf.kurucu@ege.edu.tr

ÖZET

Uzaktan algılama tekniğinin tarımsal ürünlerin tanımlanması ve haritalanması konularında ülkemizde bazı gelişmeler yaşanmasına rağmen uygulamaya aktarılması aşamasında oldukça geri kalınmıştır. Günümüz çalışmalarının çoğu, sınırlı sayıda ürünlerin sınıflandırılarak haritalanması yöntemini uygulamayı ve geliştirmeyi hedeflemektedir. Etkili bir tarım politikası amacıyla şiddetle ihtiyaç duyulan tarımsal varlık envanterinin oluşturulması için önemli bir araç olan uzaktan algılama tekniği ile coğrafi bilgi sistemi entegre edilememiştir. Büyük ovalar hariç ülkemizin tamamında dağınık araziler şeklinde tarım yapılmaktadır. Bunun yanında iklim koşullarına bağlı olarak ürün deseni değişiklikleri, başta renk olmak üzere toprak özellikleri ve ekim zamanı farklılıkları görüntü sınıflandırma ile ürün deseni belirlenmesinde önemli hatalara neden olmaktadır. Bu proje ile görüntülerin sınıflandırılması işlemi yerine çok bantlı spektral imzaları kullanılarak ürün tanımlanması ve ilgili parsele öznitelik bilgisi olarak yazdırılması için gerek duyulan referans ürün deseni imzaları içeren bir katalog oluşturulması hedeflenmiştir. Ürün tanımlaması, ürünün gelişme durumu ve ürüne ilişkin rekolte tahminlerinin yansıma değerleri üzerinden yüksek doğruluk oranları ile gerçekleştirilebilmesi için bitkilerin her bir fenolojik dönemi için spektral yansıma özelliklerini gösteren bölge bazlı bir referans kataloğa ihtiyaç duyulmaktadır. Bu araştırma Orta Anadolu Bölgesi'nde tarımı yapılan patates ve şekerpancarı bitkilerinin fenolojik evreleri detayında çok bantlı spektral yansıma karakteristikleri belirlenmiştir. Bu amaçla Kayseri ve Ankara'nın farklı bölgelerinde bulunan 210 adet çeşitli ürün ekili parsel izlenmiştir. Projede, parsellerdeki ürünlerin fenolojilerine uyumlu olarak artan toprağı örtme oranları yerinde gözlemler ile de izlenmiştir. Proje sonuçlarının yaygın etkisinin artması için ülkemizde çok kullanılan uydu görüntüleri proje materyalleri olarak seçilmiştir. Bu amaçla Projede Landsat 8, Sentinel 2 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Bu uyduların sensörlerinin spektral çözünürlüklerine bağlı olarak bir katalog oluşturabilmek için her ürünün sensörler detayında ayrı ayrı referans değerlerine ulaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: spektral imza, referans katalog, ürün deseni

ABSTRACT

DETERMINATION OF MULTI-BAND SPECTRAL SIGNATURES OF PHENOLOGICAL STAGES OF POTATO AND SUGAR BEET PLANTS CULTIVATED IN CENTRAL ANATOLIAN CONDITIONS

Despite some developments in our country in terms of remote sensing technology identification and mapping of agricultural products, it is quite backwards in the process of transfer to application. Last decades, studies are aimed at applying and developing a method of classifying and mapping a limited number of crop patterns. The remote sensing technique and the geographical information system still cannot be integrated at the desired level in order to create a detail inventory of agricultural assets that are heavily needed for an effective agricultural policy. Except for unique alluvial plains, agricultural lands are distributed separately in everywhere of our country. Besides this, changes in crop pattern according to climatic conditions of regions, differences in soil characteristicsand seeding time differences cause important faults in determination crop pattern. A region-based reference catalog is needed to show the spectral reflectance properties of plant species during their phenological periods in order to be able to make crop identification, development status and yield estimates according to the reflection values of the crops with high accuracy rates. This project aims to create a reference catalog for crop identification using multi-band spectral signatures. A region-based reference catalog is needed to show the spectral reflectance properties of plants for each phenological period, so that product identification, product development status, and product-related yield estimates can be performed with high accuracy rates through reflection values. This study has determined multi-band spectral reflection characteristics in detail of the phenological phase of potato and sugarbeet plants cultivated in Central Anatolia Region. For this purpose, 201 potato and sugarbeet cultivated parcels in Bünyan (Kayseri) and Haymana (Ankara) regions have been observed. In the project, increasing soil cover rates in compliance with the phenology of the products in the parcels were also observed with observations. Satellite images are often used in our country as project material to increase the widespread impact of project results. For this purpose Landsat 8, Sentinel 2 satellite images were used in the project. In order to be able to create a reference catalog depending on the spectral resolutions of these satellites, the individual reflection values of each agricultural product in the details of the sensors were determined.

Keywords: spectral signature, reference catalog, crop pattern

1. GİRİŞ

Tarımsal ürünlerin ekili alan bilgilerinin belirlenmesi uzaktan algılama tekniğinin temel kullanım alanlarından birisi olmuştur. Bu amaca yönelik olarak kullanılan piksel ya da obje tabanlı sınıflandırma yöntemleri bölgesel çalışma alanları için ihtiyaca cevap verebilmektedir. Ancak ülkesel ürün deseninin haritalanması için sınıflandırma tekniklerinin kullanımı pek çok açıdan yetersiz kalmaktadır. Bunun yanında elde edilen ürün deseni haritası, büyük alanlar için parsel bilgi sistemi ile ilişkilendirilememektedir. Böylece elde edilen verilerden başta tarım istatistiği olmak üzere beklenen ölçüde yararlanılamamaktadır. Bu nedenle görüntülerin sınıflandırılması yerine ya da yanında, ürünlerin çok bantlı spektral imzalarından yararlanılarak parsel düzeyinde ürün çeşitlerinin veri tabanına girilmeleri, ürünlerin kayıt altına alınmasında ve tarımsal istatistiğin doğruluğunun arttırılması açısından önemli düzeyde katkı sağlayacaktır. Bu amaçla, ülkemizde var olan ürün deseninin çok bantlı spektral imzalarını içeren bir referans katalog oluşturulması öncelikli olarak yapılması gereken iş paketini oluşturmaktadır. Yılmaz ve Kurucu (2011) fenolojik evrelerinden bağımsız olarak ve Rapid Eye sensörüne uyumlu olarak pamuk, ayçiçeği ve mısır bitki örtüsünün yeşil, kırmızı ve yakın kızılötesi bantlarına ait referans yansıma kataloğunu oluşturmuşlardır. Uydu görüntüsü, parseller ile çakıştırılmış ve geliştirilen bir ara yüz ile her bir parselin örttüğü alandaki piksel sayısal değerlerinin ortalamaları alınmış, katalog yardımı ile hangi ürün olduğu belirlenmiştir. Sonuçta, parsel bazında pamuk, mısır ve ayçiçeği bitkileri %98 doğrulukla ayırt edilebilmiştir. Ayrıca, Matlab yazılımı ile oluşturulan bir ara yüz ile tarımı yapılan ürün çeşit ismi, içinde bulunduğu parsele öznitelik olarak yazdırılmıştır.

Doğal bitki türlerinde olduğu gibi tarımsal ürünlerin bölgeler düzeyinde değişen iklim, arazi ve toprak koşullarına bağlı olarak hem fenolojik evreleri hem de gelişme düzeyi farklılıklar göstermektedir. Jiménez vd. (2015), Doñana Ulusal Parkında (İspanya) yaygın olarak bulunan 5 farklı çalı türlerinin spektral kütüphanelerinin oluşturulması için yaptıkları çalışmada, anlamlı bilgiler veren NIR dalga boyu yansıma değerlerinin fenolojik evrelerine göre ayrı ayrı incelenmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde Türkiye'nin iklim ve arazi özellikleri temel alınarak stratejik değeri olan tarımsal ürünlerin bölgeler düzeyinde farklı sensörler kullanılarak referans kataloğunun oluşturulmasına gereksinim duyulmaktadır.

Bu proje ile Orta Anadolu koşullarında yaygın olarak tarımı yapılan patates ve şekerpancarı bitki türlerinin fenolojik evrelerine göre spektral imzaları oluşturulmuştur. Spektral imzalar, zaman ve çok bantlı yansıma şiddetleri arasındaki ilişkiler incelenerek ürün desenini tanımlaması ve evresini tahmin edilmesinde oldukça önemli düzeyde bilgiler sağlamaktadır. Günümüzde çok yaygın olarak kullanılan Landsat 8 ve Sentinel 2 uydu görüntüleri temel materyaller olarak kullanılmıştır. Bu uyduların sensörlerinin görünür bölge yanında Red Edge, NIR ve SWIR banlarının olması bitki örtüsünün izlenebilmesi için önemli avantaj sağlamaktadır.

2. UYGULAMA

Araştırmada Haymana (Ankara) ve Bünyan (Kayseri) bölgesi tarım arazilerinde yetiştiriciliği yapılan 30 adet patates ve 19 adet şekerpancarı parseli gelişimleri boyunca izlenmiştir. Ekim zamanını izleyen aylarda, bu iki ürünün fenolojik evre gelişimi boyunca örtme oranları da yerinde ölçümlenmiştir. Bitkilerin fenolojik evresi süresince bulutsuz olarak 11 adet Landsat 8 ve 22 adet Sentinel 2 görüntüsü elde edilmiştir. Temel görüntü işleme aşamalarından sonra her bir test parselinin örttüğü ekili alanın tamamının piksel sayısal değerlerinin, her bant için ortalamaları alınmıştır. Bu amaçla, aynı ürüne ait birden fazla parseli seçme ve bu parsellerin örttüğü piksellerin sayısal değerlerinin çok bantlı olarak ortalamasını alabilen Agrovisio yazılımı kullanmıştır.

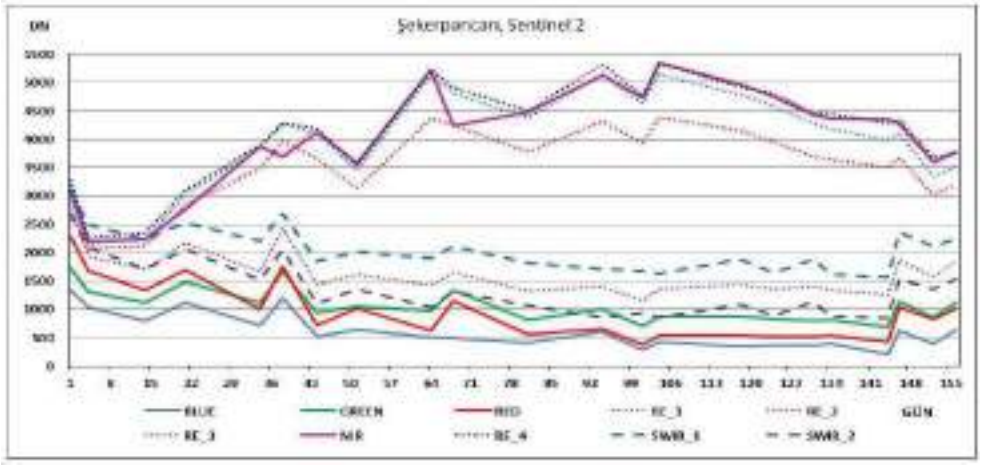
Landsat 8 ve Sentinel 2 bantlarının, patates ve şekerpancarı bitki örtülerinin fenolojik evresi boyunca sağlanan her görüntüde yansıtma ve absorbe etme özellikleri incelenmiştir. Bu aşamada, bantlar düzeyinde piksel sayısal değerleri arasında önemli istatistiki ilişkiler belirlenmiştir. Özellikle NIR ile kırmızı kenar bantların NIR dalgaboyuna yakın olan Red Edge 2, 3 ve 4 bantları arasında (0,95 ve üzeri düzeyde) pozitif yönde, SWIR bantlar ile ise negatif yönde (0,5-0,75 düzeyinde) önemli ilişkiler belirlenmiştir (Çizelge 1). Bitkilerin fenolojik evrelerinin ortalarında hızla artan azot içeriği NIR ve Kırmızı kenar dalga boyunda artmış ve benzer şekilde değişimler göstermiş, buna karşın SWIR ve görünür bölge bantlarında azalış yönünde değişimler belirlenmiştir. Martinez (2017) Colombia' da mısır, pirinç ve soya fasülyesi bitkilerinin beslenme durumunu spektroradyometre ile izlemiştir. Bu bitkilerin yapraklarındaki azot içeriği ile kırmızı kenar dalgaboyu arasında pozitif yönde çok önemli (r=0.84) bir ilişki belirlemiştir. Huang vd. (2012), Çin'de yapmış oldukları araştırmada ise, yapraklardaki hastalık ve zararlı etmenlerinin yaptığı tahribatın, bitkilerin beslenme yetersizliklerine bağlı olarak yaşanan yansıtma değişiklikleri ile karıştırılabileceğini belirlemişlerdir.

Elde edilen istatistiki ilişkiler ürün düzeyinde değişiklik göstermektedir. Bu sonuçlar, ürünlerin çok bantlı spektral imzalarının, ürün tanımlama amacıyla işlerlikle kullanılabileceğini göstermektedir. Bitkilerin fenolojik evresinin her dönemindeki bantlar arası ilişkiler o ürüne özgü bir değer kazanmaktadır. Tanımlama doğruluğunun yükseltilmesi amacıyla her dönem için ayrı ayrı karşılaştırma yapılması gerekmektedir. Bu nedenle, spektral imzaların fenolojik dönemlere göre bölünerek tanımlanması, ürün tahmini doğruluk oranını yükselten ikinci önemli parametre olarak belirlenmiştir. Pancar bitki örtüsünün çok hızlı gelişen başlangıç döneminde NIR ve kırmızı kenar

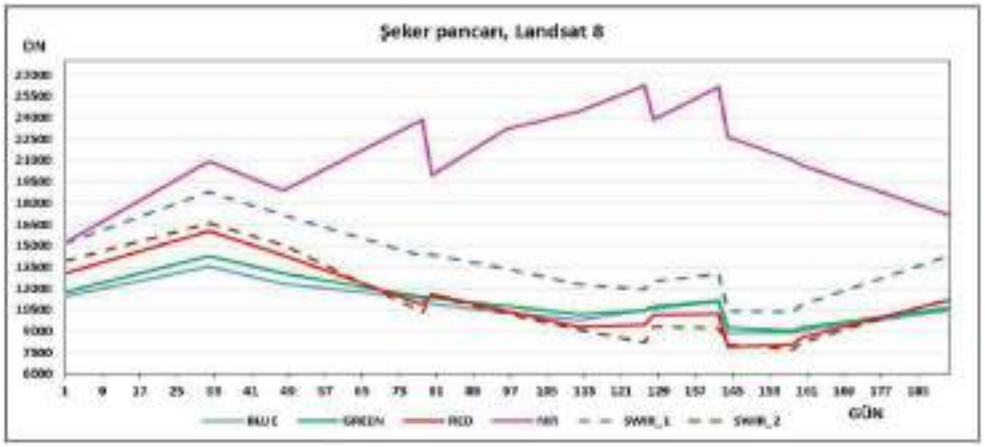
bantlarının sayısal değerleri hızla yükselirken, patates bitki örtüsü için daha yavaş artan değerlerdedir. Bu farklılık bitki örtüsünün yaprak fizyoloji, dikim sıklığı ve dönemsel örtme oranı ile doğrudan ilişkilidir. Bunun dışında bitkilerin gelişim dönemlerinde gerek duyulan çiftçilik uygulamaları ürün gelişme düzeyinde değişiklik göstermektedir. Örneğin; çapa yapma, sulama, gübreleme vb. uygulamalar her ürün için zaman ve tekrar bakımından farklıdır. Bu uygulamalar ürün deseninin zamana bağlı olarak yansıma değerlerinde değişikliklere neden olmaktadır. Şekerpancarının ekim döneminin hemen sonrasında gerçekleşen sulama zamanlarında henüz düşük olan toprağı örtme oranına bağlı olarak ıslak toprak, güneş enerjisini şiddetli absorbe etmektedir. Ancak, sonraki günlerde gelişen yeşil dokuya bağlı olarak bu durum yerini kızılötesi bantlarda artan yansıtma şiddeti yönünde değişmektedir. Bitki örtüsünün sulanma zamanını da gösteren absorbans periyotları görüntüyü oluşturan bantlarda yansıma değerlerinde dalgalanmalara neden olmaktadır (Şekil 1, 2). Özellikle NIR ve Rededge bantların piksel değerlerindeki bu dalgalanma, bitki örtüsünün sulama tekrarı ve zamanı hakkında önemli bilgiler vermektedir.

Farklı ürün desenine ait en gelişmiş spektral imzanın oluşturulabilmesi için bitkilerin fenolojik evreleri süresince çok sayıda görüntü ile izlenmesi oldukça önemlidir. Bu proje süresince 22 Sentinel 2 görüntüsü ile izlenen ürün fenolojik evresinde ürün gelişimini hakkında detaylı bilgi elde edilebilmiştir. Çok sayıda görüntü ile elde edilecek referans spektral imzalar, özellikle bitki sağlığı, hasar, rekolte vb. amaçlı çalışmalarda fenolojik evrenin her döneminde işlerlikle kullanılabilecektir. Bu projede spektral imzalar oluşturulurken görüntü sağlama işlemi bitkilerin ekiminin iki hafta öncesinde başlanmış ve hasattan iki hafta sonrasına kadar sürdürülmüştür. Ekim ve hasat mevsimlerinin farklı olmasına bağlı olarak başlangıçta çıplak toprak ve nem özelliklerinin etkili olduğu, ancak hasattan sonra bitki kalıntıları ve kuru toprak yansımasının baskın olduğu görülmüştür. Dünya'da ve ülkemizde çok yaygın olarak kullanılan Landsat 8 ve Sentinel 2 uydularının kaydettiği temel bantların dalgaboyu aralıklarının benzer olması, görüntülerin alternatifli olarak kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır. Ancak, Sentinel 2 uydusundaki daha yüksek spektral çözünürlük bitki örtüsü spektral imzasını oluşturmak ve ürün tanımlamak açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. Spektral imzalar bitkilerin bölgeleri ve farklı ekim tarihleri dikkate alınarak oluşturulması doğru tanımlama yapmak açısından oldukça önemlidir. Böylece referans kataloğun farklı iklim bölgelerini kapsayabilecek ve ulusal düzeyde kullanılabilmesine olanak sağlanacaktır.

Uygulama sürecinde gelişimi izlenen şekerpancarı ve patates bitki örtüsünün Landsat 8 ve Sentinel 2 uydularının bantlarını yansıtma düzeyleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Şekerpancarı ve patates bitki örtüsünün dikimini takip eden ilk günlerde tüm bantların birbirine yakın ve paralel benzeri değerlerde yansıtma göstermektedir. Ancak yeşil dokunun gelişmesini takip eden günlerde yansıma değerlerindeki paralelliğin kaybolduğu, yeşil dokunun yansıttığı enerjiye hassas olan bantlardaki piksel sayısal değerlerinin arttığı, buna karşın görünür bölge, Red Edge 1 (0,665-0,705µm) ve SWIR bantlarda düşüş görüldüğü belirlenmiştir. Red Edge 2, 3 ve 4 bantlarındaki piksel sayısal değerlerindeki artışın birbirine paralel ve yakın olduğu, NIR yansıma değerleri ile de uyumlu olarak değiştiği görülmüştür. Şekerpancarının fenolojik periyodu yaklaşık 170-180 gün civarındadır. Araştırmada kullanılan Sentinel 2 görüntü sayısının, Landsat 8 uydusuna göre daha fazla olması bitki gelişiminin izlenmesinde elde edilen verilerinde daha detaylı olmasını sağladığı görülmüştür. Sentinel 2 görüntüleme sıklığı sulama zamanının belirlenmesinde önemli katkı sağlamıştır. Her sulama sonrasında ıslak toprağın, bitkinin toprağı örtme oranına bağlı olarak absorbe etme özelliği artmış ve NIR ile Red Edge 2, 3 ve 4. bantlarının piksel sayısal değerlerinde ani düşüşler gözlenmiştir. Ancak bu değerler sulama ve muhtemelen azotlu gübreleme sonrasında gelişimi hızlanan yeşil dokuya bağlı olarak yeniden artış göstermişlerdir. Landsat 8 uydu görüntüsü bantlarının pancarın fenolojik evresine bağlı olarak gösterdiği piksel sayısal değerlerindeki değişim Sentinel 2 görüntüleri ile benzerlik göstermektedir. Ancak görüntüleme sıklığına bağlı olarak bitki gelişimine ait detay bilgi daha az olmaktadır. Hasada yakın ve sonrasındaki dönemlerde tüm bantların tekrar birbirine yaklaştığı ve tohum ekim döneminde olduğu gibi toprak özelliklerinin baskın olduğu yansıtma değerleri gösterdiği belirlenmiştir.



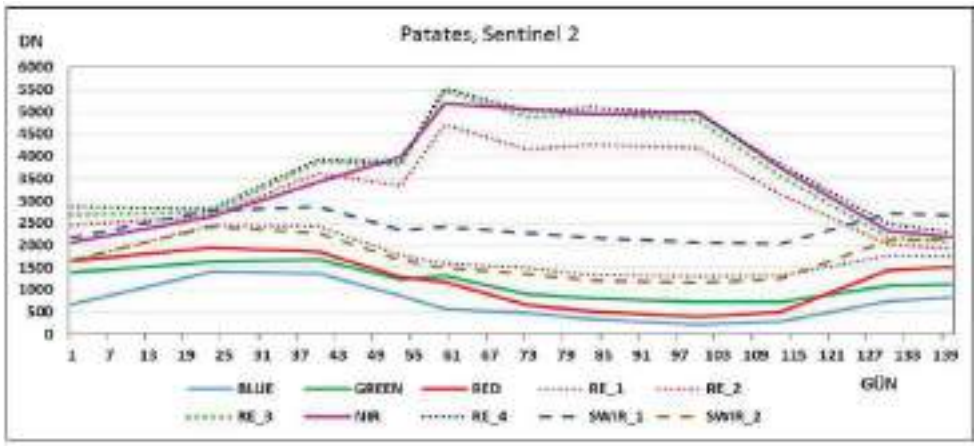
Şekil 1. Şekerpancarı bitki örtüsünün fenolojik evresine bağlı olarak Sentinel 2 çok bantlı piksel sayısal değerlerindeki değişim.



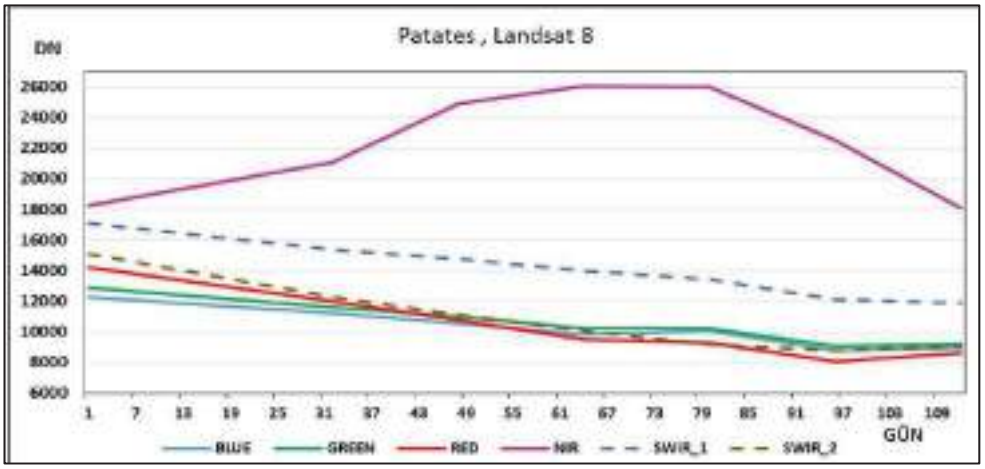
Şekil 2. Şekerpancarı bitki örtüsünün fenolojik evresine bağlı olarak Landsat 8 çok bantlı piksel sayısal değerlerindeki değişim.

Patates bitkisinin fenolojik evresinin süresi patates bitkisinin türüne göre değişebilmektedir. Genellikle iklim bölgeleri düzeyinde değişen çeşit tercihleri, yıllık güneşlenme süresi ile ilgilidir. Erkenci çeşitler 80-90 günde feonojik evrelerini tamamlarken geç olgunlaşan çeşitleri ise 120 güne kadar sürebilmektedir. Ege Bölgesin' de patates fenolojik evresi yaklaşık 90 gün iken bu dönem İç Anadolu koşullarında 110-120 gün sürebilmektedir. Buna bağlı olarak patates bitkisine ait spektral özelliklerin belirlenmesinde başta iklim ve sonra toprak yansıtma karakteristiklerinin dikkate alınması gerektiği belirlenmiştir. Patates bitkisinin ilk bir aylık döneminde çok yavaş gelişen yeşil dokusu, ikinci aydan itibaren hızlanmakta ve üçüncü ayda %80-95 oranına ulaşmaktadır. Patates dikimini takiben 40-60 günleri arasında sulanmaktadır. Daha sonra toprağın su tutma kapasitesine bağlı olarak 1-2 kez tekrarlanan sulama dönemlerinde toprağın ıslanmasına bağlı olarak yansıma şiddetlerinde düşüşler gözlenmektedir. Ancak bu düşüşler bitkinin toprağı yüksek örtme oranına bağlı olarak sonraki dönemlerde daha belirgin az olmaktadır. Sulama ile birlikte uygulanan azotlu gübre yaprak gelişimini hızlandırmaktadır. Buna bağlı olarak özellikle evrenin 60. gününden sonra yakın kızılötesi (~0,82 µm) ile Red Edge 2 (~0,74 µm), Red Edge 3 (~0,783µm), Red Edge 4 (~0,865µm) bantların sayısal değerleri hızla artarken, mavi, yeşil, kırmızı bantları ile SWIR 2 (~2,190µm) ve Red Edge 1 (~0,705µm) bantlarında belirgin azalışlar gözlenmiştir. Bitkinin toprağı yoğun örtme oranı patates hasadına kadar devam etmektedir. Buna karşın SWIR 1 (~1,610µm) bandında az belirgin bir düşüş belirlenmiştir (Şekil 3). Patates bitkisinde diğer bitkiler gibi hasat öncesi yaprak sararması bariz değildir. Ancak patatesin olgunlaşması nedeniyle çiftçiler tarafından bitki büyüme düzenleyicileri kullanılarak yeşil doku gelişimi yapay olarak hızlı bir şekilde sonlandırılmakta ve sonra hasat edilmektedir. Bu nedenle yaklaşık evrenin 100. gününden itibaren bitki yeşil dokuya ait bantların yansıma değerlerinde (0,740-0,865µm) hızlı bir düşüş

görülmektedir. Bu evreden itibaren patates ekili alanlara ait çok bantlı piksel sayısal değerlerinde, fenolojik evrenin en başında olduğu gibi toprak baskın yansıma özellikleri görülmektedir. Landsat 8 uydu görüntülerinde de belirlenen çok bantlı yansıma değerleri Sentinel 2 ile önemli ölçüde benzerlik göstermektedir. Ancak temporal ve spektral çözünürlüğün daha az olmasına bağlı olarak bitki gelişimini etkileyen sulama, gübreleme vb. etkiler daha az belirgin olarak gözlenebilmektedir. Landsat 8 görüntü analizlerinde bitki gelişiminin hızlandığı ve toprağı örtme oranının arttığı ikinci ve üçüncü aylarında NIR bant yansıma değerlerinin diğer bantlardan ayrılarak yüksek değerlere ulaştığı, buna karşın görünür bölge bantları ile birlikte SWIR 2 (2.11-2.29) bandı piksel değerlerinin de önemli düşüşler gösterdiği belirlenmiştir (Şekil4).



Şekil 3. Patates bitki örtüsünün fenolojik evresine boyunca Sentinel 2 çok bantlı piksel sayısal değerleri.



Şekil 4. Patates bitki örtüsünün fenolojik evresine bağlı olarak Landsat 8 çok bandlı piksel sayısal değerleri.

3. SONUÇ ve ÖNERİLER

Tarımsal ürünlerin ekili alan bilgilerinin uzaktan algılanan görüntülerinden belirlenmesi ve coğrafi bilgi sistemi içerisinde ve parseller düzeyinde otomatik ilişkilendirilebilecek veriye dönüştürülmesi özellikle büyük alanlar için hâlen yaygın olarak uygulanamamaktadır. Çok bantlı görüntüden ürün deseni hakkında parsellere öznitelik bilgisi sağlanması için her bir ürün çeşidinin fenolojik evreleri boyunca referans yansıtma karakteristiklerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu projede, Orta Anadolu'da yaygın olarak tarımı yapılan pancar ve patates ürünlerinin fenolojik evreleri boyunca yaptıkları çok bantlı yansıma değerleri belirlenmiştir. Ekimlerinden sonraki gelişim sürecinde sulama, gübreleme vb. çiftçilik uygulama dönemleri ile yansıma değerleri arasındaki ilişkiler belirlenebilmiştir. Özellikle sulama dönemleri ve ürünün gübrelemeye bağlı hızlı gelişiminin, görüntü alma sıklığına bağlı olarak başarıyla belirlenebileceği saptanmıştır. Referans yansıma değerlerinin oluşturulmasından sonra ürünlerin parsel düzeyinde izlenmesi ve öznitelik bilgisine dönüştürülmesi için gerekli olan ürün deseni referans yansıma

kataloğunun ulusal düzeyde oluşturulması oldukça önemlidir. Ürünlerin çok bantlı spektral imzalarının belirlenmesi ve bunlardan yararlanılarak ürün çeşitlerinin parsel düzeyinde kayıt altına alınması, tarımsal istatistiğin doğruluğunun arttırılması açısından önemli düzeyde katkı sağlayacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu projenin gerçekleşmesinde 18-ZRF-021 proje numarası ile fon desteği sağlayan E.Ü. Bilimsel araştırmalar Komisyonuna ve Tarım Sigortaları Havuzuna (TARSİM) teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Huang, W., Luo, J., Zhang, J., Zhao, J., Zhao, C., Wang, J., Yang, G., Huang, M., Huang, L., Du, S. (2012.) Crop Disease and Pest Monitoring by Remote Sensing. *Remote Sensing – Applications*, ISBN 978-953-51-0651-7

Jiménez M., Daíz-Delgado R., 2015. Towards a Standard Plant Species Spectral Library Protocol for Vegetation Mapping: A Case Study in the Shrubland of Doñana National Park. *ISPRS Int. J. Geo-Inf*. 2015, 4, 2472-2495; doi:10.3390/ijgi4042472. ISSN 2220-9964.

Martinez, M.,L.,J., 2017. Relationship between crop nutritional status, spectral measurements and Sentinel 2 images. *Agronomía Colombiana* 35(2), 205-215, 2017.

Yılmaz, S. ve Kurucu, Y. (2011). Çok bantlı uydu görüntülerinden parsel bazında coğrafi bilgi sistemi özellikli ürün deseni katmanı oluşturulabilirliği üzerine bir araştırma, EUZF, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, *Yüksek Lisans Tezi*.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6154

ARAZİ ÖRTÜSÜ VE ARAZİ KULLANIMI SINIFLARININ SENTİNEL-2 GÖRÜNTÜSÜ VE NESNE TABANLI SINIFLANDIRMA YÖNTEMİYLE BELİRLENMESİ

Fatmagül İrfanoğlu[1], Filiz Bektaş Balçık[2]

[1] İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, fatmagul@irfanoglu.com
[2] Doç.Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, bektasfi@itu.edu.tr

ÖZET

Yeryüzü ile ilgili yapılan çalışmaların başarısı kullanılacak bilginin doğruluğu ve güvenirliliği ile yakından ilişkilidir. Bununla birlikte söz konusu bilgilerin hızlı ve ekonomik bir şekilde elde edilebilmesi önemli bir ihtiyaçtır. Geçmişten günümüze kadar arazi örtüsü ve arazi kullanımı (AÖAK) sınıflarının belirlenmesi, değişimlerinin tespit edilmesi önemli bir araştırma konusu olmuştur. Son yıllarda küresel boyutta gerçekleşen çevresel ve iklim değişikleri nedeniyle tarım alanlarının ve ekolojik çeşitliliğin korunması açısından söz konusu araştırmalar büyük önem kazanmıştır. Farklı çözünürlüklere sahip uzaktan algılama görüntüleri ve farklı sınıflandırma yöntemleri AÖAK sınıflarının belirlenmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, yeni nesil Sentinel-2 MSI (Multispektral Aygıt) uydu görüntüsü kullanılarak AÖAK sınıflarının nesne tabanlı sınıflandırma yöntemiyle belirlenmesi amaçlanmaktadır. İstanbul ve civarı için çok önemli tarım alanlarına sahip Çatalca ilçesinin Muratbey, Çakıl, Elbasan ve İnceğiz mahallelerini kapsayan test bölgesi seçilmiştir. 2017 yılına ait Sentinel-2 MSI görüntüleri 60m, 20m ve 10m mekansal çözünürlüğe ve 13 spektral banta sahiptir. Bu çalışmada, 10 m mekansal çözünürlüklü (Mavi) 490 nm (B2), (Yeşil) 560 nm (B3), (Kırmızı) 665 nm (B4), (Yakın Kızılötesi) 842 nm (B8) kullanılmıştır. Nesne tabanlı sınıflandırma ve çoklu çözünürlüklü segmentasyon (Multi Resolution Segmantation/ MRS) algoritması AÖAK sınıflarının belirlenmesi için kullanılmıştır. Bu işlem için ölçek, şekil ve kompaktlık olarak bilinen üç farklı parametre en küçük nesne boyutu dikkate alınarak belirlenmiştir. Her bir görüntü objesi veya piksel belirli bir homojenlik kriteri esas alınarak komşu pikseller ile birleştirilerek daha büyük görüntü objeleri oluşturulmuştur. En yakın komşuluk (EYK) algoritması, çalışmada görüntü sınıflandırıcı olarak tercih edilmiştir. Sınıflandırmanın doğruluğunu arttırmak için Sentinel-2 uydu görüntüsünün kırmızı, yeşil, mavi ve NIR bantları kullanılarak hesaplanan çeşitli görüntü dönüşüm bileşenlerinden oluşan ek veri seti hazırlanmıştır. H (Kırmızı-Yeşil-Mavi), Oran-Kırmızı, Ortalama (NDVI), Ortalama (NIR), Minimum (SAVI), Homojenlik GLCM (Mavi). Sınıflandırma sonucunda elde edilen sınıfların doğruluk değerlendirmesi hata matrisi kullanılarak gerçekleştirilmiş ve genel doğruluk %91.30 ve Kappa istatistiği 0,89 olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Sözcükler: çoklu çözünürlüklü segmentasyon sınıflandırıcısı (MRS), en yakın komşuluk (EYK), nesne tabanlı sınıflandırma, Sentinel-2 MSI, arazi örtüsü ve arazi kullanımı (AÖAK)

ABSTRACT

DETERMINATION OF LAND COVERAGE AND LAND USE CLASS BY USING SENTINEL-2 MSI AND OBJECT-BASED CLASSIFICATION METHODS

The success of the study of the earth to be used is closely related to the accuracy and reliability of information.
However, it is an important requirement that the information can be obtained quickly and economically. Determination of land cover and land use (LCLU) classes, and the change detection has been a significant research subject. In recent years, researches have gained importance in terms of protection of the environment and ecological diversity due to environmental and climate changes taking place on a global scale. Remote sensing images with different resolutions and different classification methods are widely used to determine LCLU classes. This study aims to determine LCLU classes using Sentinel-2satellite imagery by object based classification method. The test area covering Muratbey, Çakıl, Elbasan and İnceğiz in Çatalca, which has very important agricultural areas for Istanbul and the neighboring province, was selected as a study region. Sentinel-2 MSI images taken in 2017 used for study. The MSI sensor collects up to thirteen bands with different geometric resolution: 60m, 20m, 10m, and (Blue) 490 nm (B2), (Green) 560 nm (B3), (Red) 665 nm (B4), (NIR) 842 nm (B8) at 10m resolution bands used in this case.

As the classification method, multi-resolution segmentation (MRS) algorithm, which is an object-based classification, is applied. For this process, three different parameters known as scale, shape and compactness are determined taking into account the smallest object size. Each image object or pixel is combined with neighboring pixels based on a certain homogeneity criterion, resulting in larger image objects. The Nearest Neighbors Classification (NNC) algorithm is preferred as an image classifier in the study.

To increase the accuracy of the classification, an additional dataset consisting of various image conversion components calculated using the red, green, blue and NIR bands of the Sentinel-2 satellite image was prepared. H (Red-Green-Blue), Ratio-Red, Average (NDVI), Average (NIR), Minimum (OSAVI), Homogeneity GLCM (Blue). The accuracy evaluation of the classes obtained as a result of the classification was performed using the error matrix and the general accuracy was calculated as 91.30% and the Kappa statistic as 0.89. Sunflower, water and artificial areas, green areas and plowed fields are determined according to crop species, which are especially common in the region.

Keywords: land cover and land use (LCLU), multi-resolution segmentation algorithm (MRS), nearest neighbors classification (NNC), object-based classification, Sentinel-2 MSI

1.GİRİŞ

Uzaktan algılama, arada fiziksel bir temas olmadan özel algılayıcılarla yeryüzü hakkında veri toplama ve inceleme teknolojisidir. Gün geçtikçe uzaktan algılama sistemlerinin gelişmesi ve yaygınlaşması, mekansal bilgi üretiminde çok büyük avantajlar sağlamaktadır. Uzaktan algılama sistemleri kullanılarak geniş alanlara ait hızlı, doğru ve güncel arazi örtüsü ve arazi kullanımı (AÖAK) verileri elde edilebilmektedir (Bektas Balcik ve Karakacan Kuzucu, 2016). Arazi örütüsü yer yüzeyini kaplayan örtüyü, arazi kullanımı ise bu örtünün nasıl kullanıldığını tanımlamaktadır. AÖAK farklı ölçeklerde seçili bölgede mevcut durumu ve zamansal değişimi belirlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır. AÖAK değişimlerinin sebeplerinin ve doğal kaynaklar, iklim vb. üzerinde ki olumsuz etkilerinin doğru ve hızlı belirlenmesi sürdürülebilir çevre yönetimi ve karar vericiler için büyük önem taşımaktadır (Bozkaya vd., 2015)

Yeryüzü ile ilgili yapılan çalışmaların başarısı kullanılacak bilginin doğruluğu ve güvenirliği ile yakından ilişkilidir. Bununla birlikte söz konusu bilgilerin hızlı ve ekonomik bir şekilde elde edilebilmesi önemli bir ihtiyaçtır. (Kavzaoğlu ve Çölkesen, 2011) AÖAK'nın belirlenmesi için piksel tabanlı sınıflandırma algoritmalarının nesne tabanlı sınıflandırma algoritmaları ile karşılaştırılması önemli bir araştırma konusu olmuştur. Yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip görüntüler ile nesne tabanlı sınıflandırma yöntemlerini daha yüksek doğruluğa ulaştığı yapılan çalışmalarda belirtilmiştir. Özellikle son yıllarda orta mekânsal çözünürlüklü uydu görüntülerinin sınıflandırılması probleminin çözümünde ileri sınıflandırma algoritmalarının nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımındaki performanslarının incelenmesi uzaktan algılama alanında önemli bir araştırma konusu olarak öne çıkmaktadır. Uydu görüntülerinde benzer spektral özelliklere sahip nesnelerin ayırt edilmesi probleminin çözümü için nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi Sentinel-2 MSI ve Landsat 8 OLI gibi orta mekânsal çözünürlüğe sahip verilerde kullanımı da yaygınlaşmaya başlamıştır. (Topaloğlu vd., 2016)

Bu çalışma kapsamında İstanbul, Çatalca da seçilen bir test alanına ait AÖAK sınıfları yeni nesil ve ücretsiz Sentinel-2 MSI uydu görüntüsü kullanılarak nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi ile belirlenmiştir. Segmentasyon işlemi için çoklu çözünürlük segmentasyon yöntemi kullanılmıştır. En yakın komşuluk yöntemi sınıflandırma için seçilmiştir ve elde edilen sonuçların doğruluk değerlendirmesi hata matrisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Genel doğruluk %91,30 ve Kappa katsayısı 0,89 olarak hesaplanmıştır.

1. ÇALIŞMA ALANI VE VERİ SETİ

İstanbul gerek biyofiziksel özellikleri gerekse tarımsal potansiyeli ve sosyoekonomik kısıtları agro ekolojik koşullara göre ili 4 alt bölgeye ayırmaktadır. Çatalca bu alt bölgeler içerisinde en geniş alana sahip olup tarımsal üretim ve verimlilikte en üst sırada yer alan 1. altbölge içerisinde yer almaktadır .

Çatalca kırsal ve kentsel dokuyu bir arada taşıyan heterojen bir arazi yapısına sahiptir. İçerisinde nitelikli yerleşim alanları, havzalar, sulak alanlar, ormanlık alanlar, tarımsal alanlar ve maden ocakları gibi farklı ve karmaşık bir arazi kullanımı/örtüsünü barındırmaktadır. Bu özellikleri nedeniyle çalışma bölgesi olarak incelenmeye değer bir yapıdadır.

Çatalca İlçesi İstanbul'un en büyük yüzölçümüne sahip ilçesidir. 1115.50 km²'lik yüzölçümüne sahip ilçenin %65'i orman, %29'u tarım ve %6'lık kısmı yerleşim alanlarından oluşmaktadır. Bu çalışma için Çatalca İlçesinin güney kesiminde yer alan yaygın olarak tarım alanlarından oluşan farklı arazi örtüsü ve kullanımı sınıflarını içeren Muratbey, Çakıl, Elbasan ve İnceğiz mahalleleri test bölgesi olarak seçilmiştir. (**Şekil 1)**.



Şekil 1. Çalışma için seçilen test alanı.

Seçili test alanı AÖAK sınıflarının belirlenmesinde; Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından sağlanan 17.7.2018 tarihli ve mekânsal çözünürlüğü bantlarına göre 10m ile 60m arasında değişen Sentinel2-A multispektral uydu görüntüsü kullanılmıştır. Atmosfer altı yansıtım değerlerini içeren 2-A seviye görüntüleri, bulutluluk tespiti ve atmosferik düzeltmesi ile birlikte eğim vb. etkilerin giderildiği görüntülerdir (Drusch vd. 2012). 20m çözünürlüklü Red-Edge (Kırmızı kenar) ve Shortwave-infrared (Kısadalga kızılötesi-SWIR) bantları ile 60m çözünürlüklü atmosferik düzeltme bantları, 10m çözünürlüklü B02 VNIR (visible and near-infrared/ görünür ve yakın kızıl ötesi) bandı kullanılarak yeniden örnekleme (Resampling) ile 10 m çözünürlüklü hale getirilmiştir. **(Tablo 1)**.

Tablo 1. Sentinel-2 MSI özellikleri.

Bant	Çözünürlük(m)	Dalga boyu(nm)	Bant genişliği(nm)	Kullanimi
B01	60	443	20	Aerosol Tespiti
B02	10	490	65	Mavi
B03	10	560	35	Yeşil
B04	10	665	30	Kırmızı
B05	20	705	15	Bitki Sınıflandırma
B06	20	740	15	Bitki Sınıflandırma
B07	20	783	20	Bitki Sınıflandırma
B08	10	842	115	Yakın Kızılötesi
B08A	20	865	20	Bitki Sınıflandırma
B09	60	945	20	Su buharı
B10	60	1375	30	Cirrus Bulut
B11	20	1610	90	Kar/Buz/Bulut ayrımı
B12	20	2190	180	Kar/Buz/Bulut ayrımı

2. YÖNTEM VE UYGULAMA

Çalışmasında yüksek sınıflandırma doğruluğu ürettiği birçok uygulamada ortaya konulan EYK sınıflandırma yaklaşımı tercih edilmiştir. Yardımcı veriler ile desteklenen veri setlerinin sınıflandırılmasında obje tabanlı segmentasyon yaklaşımları kullanılmıştır. Bu kapsamında benzer spektral özelliklere sahip nesnelerin sınıflandırılması seçilen test alanında arazi örtüsü ve arazi kullanımı sınıflarının elde edilmesi için izlenen yöntem **Şekil 2** akış şemasında verilmiştir.



Şekil 2. Akış diyagramı.

3.1 Nesne Tabanlı Sınıflandırma

Nesne tabanlı sınıflandırma işlemi temel olarak iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada çok katmanlı veri setinin segmentasyonu ile tek başına ya da gruplar halinde anlamlı bir yeryüzü nesnesini temsil eden segmentler oluşturulmaktadır. Segmentasyon işleminde ölçek, renk, şekil ve doku parametreleri göz önünde bulundurulmaktadır (Benz vd., 2004, Frauman vd., 2005, Blasckhe, 2010). İkinci aşamada ise segmentlerin yansıtım, şekil ve doku özellikleri göz önünde bulundurularak hiyerarşik ya da ilişkisel tanımlar dâhilinde sınıflandırılması işlemi gerçekleştirilmektedir (Bhaskaran vd. 2010, Herold vd. 2002). Bu çalışmada, nesne tabanlı sınıflandırma için eCognition Developer yazılımı kullanılmıştır.

Segmentasyon işleminin gerçekleştirilmesinde kullanılan aşağıdan- yukarıya yaklaşımı küçük parçaların belirli kriterler göz önüne alınarak birleştirilerek büyük parçaların elde edilmesi esasına dayanmaktadır. Bu çalışmada, aşağıdan-yukarıya yaklaşımın gerçekleştirilmesinde çoklu çözünürlük segmentasyonu (multiresolution) algoritması kullanılmıştır (Baatz ve Schape, 2000; Benz vd., 2004). Bu algoritmanın amacı özellikle heterojen arazi örtüsü ve arazi kullanımı kategorilerine sahip alanlarda farklı boyut ve doku özelliklerine sahip nesnelerin farklı ölçeklerde ifade edilmesi prensibi doğrultusunda seçilen çalışma alanı için en uygun ölçek parametresinin belirlenmesidir. Temel olarak, çoklu çözünürlük segmentasyonu başlangıçta görüntüdeki her bir pikseli bağımsız bir obje olarak değerlendirmeye alır. Daha sonra her bir görüntü objesi veya piksel belirli bir homojenlik kriteri esas alınarak komşu pikseller ile birleştirilerek daha büyük görüntü objeleri elde edilir. Homojenlik kriteri renk ve şekil kriterlerinin ağırlıklandırılması ile belirlenebilmektedir. Sonuç olarak çoklu çözünürlük algoritması benzer değerlere sahip pikselleri bir araya getirerek objeleri oluşturur (Johnson 2013). Çoklu çözünürlük segmentasyonu algoritma yardımıyla görüntü segmentayonun gerçekleştirilmesinde temel olarak kullanılan **ö**lçek, şekil ve kompaktlık olarak adlandırılan üç farklı parametrenin kullanıcı tarafından belirlenmesi gerekmektedir. Bunlardan en önemlisi ölçek parametresi olarak ifade edilmektedir (Myint vd., 2011).

Çoklu çözünürlük segmentasyonu algoritmasının kullandığı homojenlik kriteri görüntü objelerinin kendi içerisindeki homojenliğini veya heterojenliğini ölçer. Söz konusu kriter renk ve şekil özelliklerinin birleşimi ile belirlenmektedir. Renk homojenliği spektral renklerin standart dağılımını esas alır. Şekil homojenliği ise objelerin şekillerindeki sapmaları

dikkate almaktadır. Homojenlik kriteri renk ve şekil kriterlerinin ağırlıklandırılması ile belirlenebilmektedir. Sonuç olarak çoklu çözünürlük algoritması benzer değerlere sahip pikselleri bir araya getirerek objeleri oluşturur. Homojen alanlar daha geniş objelerle gösterilirken, karmaşık yapıdaki pikselleri içeren heterojen alanlar daha küçük objelerle temsil edilir (Johnson 2013), obje tabanlı sınıflandırma yaklaşımda en önemli problemin oluşturulacak görüntü objelerinin ortalama boyutunu belirleyen görüntü segmentasyon parametrelerinin tespiti noktasında yaşandığını vurgulamıştır. İlgi duyulan arazi örtüsü özelliğinden daha küçük boyutta görüntü objeleri üreten segmentasyon parametreleri kullanıldığında görüntü objeleri için hesaplanan spektral olmayan bilgilerin (örneğin şekil ve geometri) sınıflandırma doğruluğuna katkı sağlayacak düzeyde faydalı bilgiler sağlamayacağını ifade etmiştir. İlgi duyulan yeryüzü nesnesinden daha büyük boyutta görüntü objesi üretecek şekilde segmentasyon parametrelerinin belirlenmesi durumunda ise birden fazla sınıfa ait piksellerin bir obje içerisine dahil edilmesi söz konusu olmaktadır. Bu nedenle segmentasyon işlemi öncesinde optimum segmentasyon parametrelerinin belirlenmesi esastır. Çoklu çözünürlük segmentasyonu algoritma yardımıyla görüntü segmentayonun gerçekleştirilmesinde temel olarak ölçek, şekil ve yoğunluk olarak adlandırılan üç farklı parametrenin kullanıcı tarafından belirlenmesi gerekmektedir. Bunlardan en önemlisi ölçek parametresi olarak ifade edilmektedir (Myint vd., 2011). Bunun en önemli nedeni seçilecek ölçek parametresinin direkt olarak segmentasyon sonucu oluşturulacak görüntü objelerinin boyutu ile ilişkili olmasıdır. Çok büyük ölçek parametresi kullanılması neticesinde görüntüdeki birçok detay kaybolmakta dolayısıyla üretilen görüntü objeleri farklı arazi örtüsü/kullanımı sınıfına ait pikselleri içerisine alabilmektedir. Bu durum özellikle hatalı sınıflandırmalara dolayısıyla sınıflandırma doğruluğunun önemli düzeyde azalmasına neden olabilmektedir. Diğer taraftan ölçek parametresinin çok küçük seçilmesi beraberinde görüntü üzerinde olması gerekenden çok daha fazla sayıda obje oluşmasına, dolayısıyla sınıflandırma için gereken işlem süresinin artmasında neden olmaktadır. Çalışma alanı incelendiğinde bina, yol, yapay alanlar, ormanlık bölge ve tarım arazilerinden oluşması ölçek faktörünün belirlenmesi için zorlayıcı olmakla beraber ölçek parametresi olarak 40 60 ve 100 denenerek en doğru sonucu veren ölçek parametresi 60, şekil parametresi 0.3 ve kompaktlık değeri 0.5 olarak belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında Sentinel-2 MSI uydu görüntüsü ile AÖAK yönelik tematik harita üretiminde çeşitli vejetasyon indeksleri, temel spektral özellikler ve doku özelliklerinden faydalanılarak yardımcı veri seti oluşturulmuştur. Literatür incelendiğinde özellik seçimi algoritmaları arasından seçilen en iyi sonucu veren bantlar **(Tablo 2)** ile veri seti oluşturulmuştur (Çölkesen 2015).

Tablo. 2 Bitki indeks ve veri seti.

Yöntem	Kisaltma	Eşitlikler
İndeksler	NDVI-1	$\frac{(NIR - Kırmızı)}{(NIR + Kırmızı)}$
	NDVI-2	$\frac{(Band8A - NIR)}{(BandA + NIR)}$
	NDWI	$\frac{(Yesil - NIR)}{(Yesil + NIR)}$
	SAVI	$(1.5) * \frac{(NIR - Kırmızı)}{(NIR + Kırmızı + 0.5)}$
	Oran-Kırmızı	$\frac{(NIR)}{(Kırmızı)}$
Doku Özellikleri	Homojenlik	Mavi (Tüm yönlerde GLCM; 0°, 45°, 90°,135°)
	Ton (H)	$\cos^{-1} \frac{(0.5 * (Kırmızı - Yesil) + (Kırmızı - Mavi))}{(((Kırmızı - Yesil)^2 + (Kırmızı - Mavi)(Yesil - Mavi))^{0.5})}$
	Parlaklık	(Kırmızı-Yeşil-Mavi)
	Maksimum Fark	(Kırmızı-Yeşil-Mavi)

Bu kapsamda farklı yüzey örtü tipleri için seçilen örnek segmentler üzerinde her bir banta farklı görüntü dönüşüm bileşenlerinden oluşan H (Kırmızı-Yeşil-Mavi), Oran Kırmızı, Normalleşirilmiş Fark Bitki İndeksine (Normalized Difference Vegetation Index-NDVI) ait ortalama değer, Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi (Normalized Difference Water

Index- NDWI, Yakın Kızılötesi (Near Infrared-NIR) ortalama değer, Toprak Dengelemeli Bitki İndeksi (Soil Adjusted Vegetation Index- SAVI) indeksine ait minimum değer, ve Gray Level Co-occurance Matrix - GLCM homojenlik değerlerinden oluşan ek veri seti hazırlanmıştır.

Uzaktan algılama uygulamalarında yeryüzünün vejetasyon özelliklerinin niteliksel ve niceliksel olarak analizinde vejetasyon indekslerinden yararlanılmaktadır. Söz konusu vejetasyon alanların spektral özellikleri çevresinde bulunan açık renkli toprak, renkli toprak, gölge, nem, çevresel etkiler ve konumsal-zamansal değişimler gibi doğal etmenlerden ötürü karmaşık bir yapıya sahiptir. Vejetasyon alanlarının spektral özelliklerini ortaya çıkarmak ve doğal etmenlerden kaynaklanan hataların azaltılması amacıyla vejetasyon indeksleri kullanılmaktadır. Vejetasyon indeksleri bitki canlılığının belirlenmesinde kullanılan niceliksel ölçümler olarak tanımlanmaktadır (Campbell ve Wynne, 2011). Uzaktan algılamada görüntülerin yorumlanması veya görüntü üzerindeki piksellerin birbirinden ayırt edilmesini kolaylaştırmak amacıyla doku özellikleri hesaplanarak tek başlarına kullanılacağı gibi, uydu görüntüsü ile birlikte yardımcı veri olarak da değerlendirmeye alınabilmektedir. Doku özellikleri iki komşu piksel arasındaki uzaklık ve açı ilişkilerinin bir fonksiyonu olarak tanımlanan gri düzey eş oluşum matrislerinden hesaplanmaktadır (Haralick vd., 1973).

Uydu görüntüsünün yorumlanabilirliğini arttırmak amacıyla dönüşüm yapılan renk uzaylarının başında ton-doygunluk-yoğunluk (Hue-Saturation- Intensity, HSI) uzayı gelmektedir (Mather ve Koch, 2011). Hue yani Ton dünüşümü görünür bantlar için uygulanmıştır. GLCM homojenlik ise bir segmentin dokusal olarak homojenlik seviyesini ifade eden, 0 ile 1 arasında değer alan parametredir. Hazırlanan ek veri setleri en temel örnek tabanlı öğrenme algoritmalarından biri olan

En Yakın Komşuluk (EYK) ile sınıflandırma işlemi yapılmıştır. EYK algoritması öncelikli olarak eğitim kümesi içerisindeki sınıfları temsil eden ortalama değer vektörleri hesaplar. Daha sonra sınıflandırılmak istenen aday pikselin hesaplanan sınıf ortalama vektörleri arasındaki spektral uzaklıklar hesaplanır. Hesaplanan spektral uzaklıklara göre aday piksel en yakın mesafedeki örnek sınıfa atanır (Lillesand vd., 2007). Uygulamada Normalleştirilmiş Fark Su İndeks (NDWI) eşik değeri >0 büyük olan değerler için su yüzeylerinin sınıflandırılması daha etkili sonuç vermiştir.

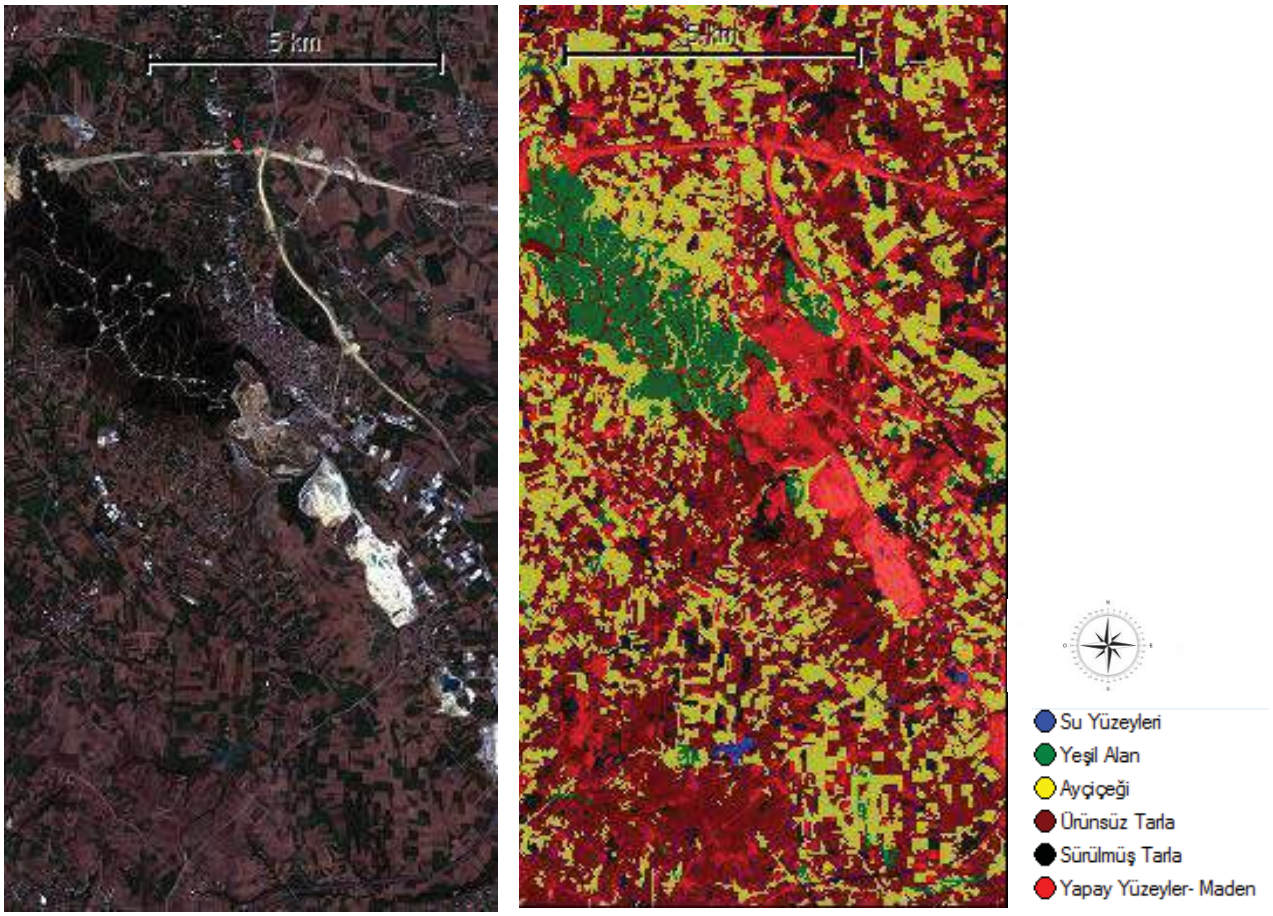
3.2 Doğruluk Değerlendirmesi

Sınıflandırma sonuçları doğruluk değerlendirmesi arazi çalışması ile elde edilen 207 adet rastgele seçilmiş kontrol noktası kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu noktaların sınıf etiketleri ve bunlara karşılık gelen kontrol referansları ile hata matrisleri oluşturulmuştur (Foody 2002). Kullanıcı ve üretici doğrulukları ve Kappa katsayısı oluşturulan hata matrisinden hesaplanmıştır.

3. SONUÇLAR

Sentinel-2 MSI zamansal çözünürlüğü 5 gün olan görünür bantları ve yakın kızıl ötesi mekânsal çözünürlüğü 10m olan yeni nesil bir uydudur. Sentinel için spektral olarak benzer özelliklere sahip türlere ait çalışma konuları yenilikçi niteliktedir. Bu çalışmada, özellikle verimli tarım arazileri ile büyük öneme sahip Çatalca İlçesi test alanında arazi örtüsü/kullanımı sınıflarını elde etmek için yeni nesil Sentinel-2 MSI görüntüsü kullanılarak nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımı geliştirilmiştir. Bu yaklaşımda doğruluk değerini arttırmak için farklı bitki indeksleri ve bant oranları ve dönüşümleri tercih edilmiştir.

AÖAK sınıflarının tespiti için farklı yüzey örtü tiplerine ait indeks ve oran değerlerini temel alan ek veri seti hazırlanmıştır. Su yüzeyleri sınıfının belirlenmesi için Normalleştirilmiş Fark Su İndeksine (NDWI) eşik değer >0 uygulanmıştır ve en yakın komşuluk sınıflandırma yöntemine göre sınıflandırılması sonucunda elde edilen güncel 6 arazi örtüsü ve arazi kullanım sınıfını temsil eden harita **Şekil. 3'** de verilmektedir.



ŞEKİL.3 a) Orijinal sentinel uydu görüntüsü (RGB bant kombinasyonu) ve b) Sınıflandırılmış görüntü .

Segmente edilen ve objelere ait özellikleri tanımlanan görüntü üzerinden sınıflandırmaya esas olacak eğitim ve test alanları belirlenmiştir. Yapılan arazi çalışması ile arazi örtüsü hakkında koordinatlı veri toplanmış ve test için 270 adeti kullanılmıştır. Objektif analizlerin yapılabilmesi için eğitim ve test verileri çalışma alanına homojen dağıtılmaya çalışılmıştır. Sınıflara ait arazide alınan görseller **Şekil.4'** de dir.



ŞEKİL.4 a) Sürülmüş tarla b) Ürünsüz tarla c) Ayçiçeği tarlası.

Arazi çalışması ile oluşturulan eğitim ve test verileri ile EYK sınıflandırıcısı uygulanmıştır. Uygulamada ayçiçeği, ürünsüz tarla, sürülmüş tarla, su yüzeyleri, yeşil alan ve yapay yüzeyler belirlenmiş ve hata matrisi hesaplanarak doğruluğu incelenmiştir. **(Tablo 3)** Oluşturulan sınıf hiyerarşisinden elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda bölgedeki arazi örtüsü ve kullanım alanı bakımından ayçiçeği tarlaları ve ürünsüz tarlalar yüksek doğrulukta sınıflandırılabilmektedir. Sınıflandırma doğruluğu incelendiğinde yapay yüzeyler sınıfına giren binalar, yollar ve maden ocağı ile ürünsüz tarla sınıfının karıştığı sınıflar tespit edilmiştir özellikle toprak yollar buna sebebiyet vermektedir.

Tablo.3 Hata matrisi.

SINIF	REF. TOP.	SINIF TOP.	DOĞRU NOKTA	KULLANICI DOĞRULUĞU	ÜRETİCİ DOĞRULUĞU
Ayçiçeği	54	49	49	90,74	100,00
Sürülmüş Tarla	22	28	22	100,00	78,57
Ürünsüz Tarla	37	43	36	97,30	83,72
Su Yüzeyleri	22	22	22	100,00	100,00
Yapay Yüzeyler	52	40	40	76,92	100,00
Yeşil Alanlar	20	25	20	100,00	80,00
Toplam	207	207	189		
Genel Doğruluk	**91,30434783**				
Kappa	**0,893335623**				

Yeşil alanlar ile ayçiçeği tarla sınıflarının karıştığı alanlar tespit edilmiştir. Ürünsüz tarlalar mahsulü toplanmış olduğu için yansıma değerleri sürülmüş tarlalara benzemekte olup bazı bölgelerde sınıflar karışmaktadır. Su yüzeyleri sınıfı incelendiğinde kullanıcı ve üretici doğruluğunun %100 doğrulukta olduğu görünmektedir. Herhangi bir sınıfa atanan bir segmentin bu sınıfı gerçekte temsil etme olasılığı yapay yüzeyler için en düşük 76.92 olarak hesaplanmıştır bunun yanısıra doğruluğu en düşük arazi örtü türü örnekleme seti 78.57 ile sürülmüş tarla sınıflarında olduğu görülmektedir.

Yeni nesil Sentinel-2 uydu görüntüsünün karar vericiler için güncel arazi ve arazi kullanımı sınıflarının belirlenmesinde kullanılabilirliği analiz edilerek belirlenmiştir. Sonraki çalışmalar için görüntü obje büyüklüğü göz önünde bulundurularak bölünüp farklı ölçek parametreleri kullanılarak segmente edilecektir. Sentinel-2 uydusunun 20 m çözünürlüklü 11 Bandı yeniden örnekleme işlemi yapılarak doğruluğa etkisi incelenecektir. Farklı gelişmiş sınıflandırma algoritmalarının tüm ilçe sınırları için kullanılabilirliği test edilecektir.

KAYNAKLAR

Alganci, U., Sertel, E., Ozdogan, M., Ormeci, C., 2013, Parcel-Level Identification of Crop Types Using Different Classification Algorithms and Multi-Resolution Imagery in Southeastern Turkey, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing Vol. 79(11),* 1053– 1065.

Baatz, M. & Schape, A., 2000, Multi resolution segmentation-an optimization approach for high quality multi scale image segmentation. In Strobl J., T.Blaschke, G.Griesebner (Ed.), *Proceedings of Twelfth Angewandte Geographische Informations verarbeitung,* (pp.12−23). Germany: Karlsruhe Institute of Technology, May 25-27.

Bektas Balcik F., Karakacan Kuzucu A., 2016, Determination of Land Cover/Land Use Using SPOT 7 Data With Supervised Classification Methods. *GeoAdvances Workshop*

Benz, U. C., Hofmann, P., Willhauck, G., Lingenfelder, I. & Heynen, M., 2004, Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing,*

58(3-4), 239-258

Bhaskaran, S., Paramananda, S., Ramnarayan, M., 2010, Per-pixel and object-oriented classification methods for mapping urban features using Ikonos satellite data, *Applied Geography,* 30, 650–665.

Blaschke, T., 2010, Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing,* 65(1), 2-16.

Bozkaya, G., Bektas Balcik, F., Goksel, C., Esbah, H., 2015, "Forecasting Land-Cover Growth Using Remotely Sensed Data: A Case Study of the Igneada Protection Area in Turkey", *Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 59,* No. 187, 02/2015, ISSN: DOI 10.1007/s10661-015-4322-z.

Campbell, J.B ve Wynne, R.H., 2011, Introduction to Remote Sensing. Fifth edition, The Guilford Press, NY, USA.

Çölkesen, İ., 2015, Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntüleri Kullanarak Benzer Spektral Özelliklere Sahip Doğal Nesnelerin Ayırt Edilmesine Yönelik Bir Metodoloji Geliştirme. *Doktora Tezi.* İstanbul Teknik Universitesi, İstanbul.197 sayfa.

Drusch M., Del Bello U., Carlier S., Colin O., Fernandez V., Gascon F., Hoersch B., Isola C., Laberinti P., Martimort P., Meygret A., Spoto F., Sy O., Marchese F., Bargellini P., 2012, Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services, *Remote sensing of Environment,* 120, 25-36.

Foody, G.M., 2002, Status of land cover classification accuracy assessment, *Remote Sensing of Environment,* 80,185–201.

Frauman, E., Wolff, E., 2005, Segmentation of very high spatial resolution satellite images in urban areas for segments-based classification, *Proceedings of the International Symposium Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas and 5th International Symposium Remote Sensing of Urban Areas,* 14–16 March, Tempe, Arizona, unpaginated CD-ROM.

Haralick, R.M., Shanmugam, K. & Dinstein, I., 1973, Textural features for image classification. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 3(6), 610-621.

Herold, M., Scepan, J., 2002, Object-oriented mapping and analysis of urban land use/cover using Ikonos data, *Proceedings of the 22nd EARSEL Symposium Geoinformation for Europeanwide Integration*, Prague, unpaginated CD-ROM.

Johnson, B. A., 2013, High-resolution urban land-cover classification using a competitive multi-scale object-based approach. *Remote Sensing Letters,* 4(2), 131-140.

Kavzoğlu, T. ve Çölkesen,İ., 2011, Uzaktan Algılama Teknolojileri ve Uygulama Alanları*, Türkiye'de Sürdürülebilir Arazi Yönetimi Çalıştayı,* 26-27 Mayıs 2011, Okan Üniversitesi, İstanbul.

Lillesand, T.M., Kiefer, R.W. & Chipman, J.W., 2007, Remote Sensing and Image Interpretation. *Sixth edition,* New York, USA: John Wiley & Sons.

Mather, P.M. & Koch, M., 2011, Computer Processing of Remotely-Sensed Images: An Introduction. *Fourth Edition.* Chichester, UK: Wiley- Blackwell.

Myint, S. W., Gober, P., Brazel, A., Grossman-Clarke, S. & Weng, Q. H., 2011, Per-pixel vs. object-based classification of urban land cover extraction using high spatial resolution imagery. *Remote Sensing of Environment, 115(5),* 1145-1161.

Topaloğlu, H., Sertel, E., Musaoğlu, N., 2016, Assessment Of Classıfıcatıon Accuracıes Of Sentınel-2 And Landsat-8 Data For Land Cover / Use Mappıng. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLI-B8, 2016 XXIII ISPRS Congress,* 12–19 July 2016, Prague, Czech Republic.

eCognition Developer, http://www.ecognition.com)

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6662

MULTİSPEKTRAL GÖRÜNTÜ SERİLERİNDEN BOZKIRLARIN TESPİTİ

Leili NABDEL[1], Semiha DEMİRBAŞ ÇAĞLAYAN[2,3], Uğur S. ZEYDANLI[3], Uğur Murat LELOĞLU[1]

[1]Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı, 06800, Çankaya, Ankara, {Leili.nabdel, leloglu}@metu.edu.tr
[2]Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yer Sistem Bilimleri Anabilim Dalı, 06800, Çankaya, Ankara
[3]Doğa Koruma Merkezi, Aşağı Öveçler Mahallesi, 1293. sokak, 9/32, 06460, Çankaya, Ankara, {semiha.demirbas, ugur.zeydanli}@dkm.org.tr

ÖZET

Bozkırlar, ekolojik açıdan büyük öneme sahiptir ve doğal kaynak yönetimi veya biyoçeşitlilik koruma gibi çalışmalar için bozkır alanlarının doğru olarak bilinmesine ihtiyaç vardır. Ancak, genel amaçlı arazi örtüsü sınıflandırmalarında bozkır sınıflandırma doğruluğu genellikle düşüktür. Bu çalışmada uzaktan algılama yöntemi ile bozkırların sınıflandırılmasına yönelik bir algoritma önerilmiştir. Bitki fenolojisinden azami seviyede faydalanmak için çok-zamanlı multispektral Sentinel-2A uydu görüntüleri kullanılmıştır. Eğitimli ve eğitimsiz sınıflandırma yöntemlerinin melez olarak kullanıldığı yöntem ile test sahasında %89 doğruluğa ulaşılmıştır.

Anahtar Sözcükler: bozkır, sınıflandırma, çok-zamanlı görüntü, Sentinel-2A

ABSTRACT

DETECTION OF DRY STEPPES FROM MUTLISPECTRAL IMAGE SERIES

Dry steppes are very important from an ecological point of view and accurate steppe maps are needed for studies like natural resource management and biodiversity conservation. However, the accuracy of steppe class is generally low in general purpose land cover classification schemes. The basic idea behind this work is to provide a convenient algorithm to detect dry steppe areas using remotely sensed images. Multi-temporal multispectral Sentinel-2A satellite images have been used to benefit from vegetation phenological cycle. Using a hybrid approach of supervised and unsupervised classification methodologies 89% accuracy is obtained at the test area.

Keywords: steppe, classification, multi-temporal ımages, Sentinel-2A

1. GİRİŞ

Kıtaların iç kesimlerinde yağışın düşük olduğu (300-500 mm/yıl) alanlar ormanların oluşması için uygun değildir. Bu alanlar ağırlıklı olarak otsu bitkiler ve çalılardan oluşan özel bir bitki örtüsü ile kaplanırlar. Bu bölgelere bozkır (steppe) adı verilir. Ayrıca, potansiyel olarak orman veya geçiş bölgesi olan bazı alanlar da yoğun insan baskısı nedeniyle bozkıra dönüşebilir.

Bozkırlar ekolojik açıdan büyük öneme sahiptir. Çok zengin biyoçeşitlilik barındırmalarının yanında bozkırlardan, otlatma ve ekosistem hizmetleri gibi mekanizmalarla ekonomik yönden de fayda sağlanır. Potansiyel bozkır alanlarının büyük bölümü ülkemizde tarım amaçlı olarak kullanılmaktadır. Kalanların da çoğunluğu yoğun otlatma baskısı altındadır. Doğal kaynak yönetimi ve biyolojik çeşitlilik koruma amaçlı çalışmalar için hâlihazır bozkır alanlarının bilinmesine ihtiyaç vardır. Ayrıca, genel arazi kullanımı ve arazi örtüsü sınıflandırmalarının parçası olarak da gereklidir. Ancak uzaktan algılama ile yapılan sınıflandırmalarda bozkırların da dahil olduğu otsu bitki örtüsü sınıfı genelde en düşük doğruluğa sahip sınıf olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle kuru tarım yapılan alanlar ve çalılıklarla bozkırların ayrılması uzaktan algılama açısından zorluk arz etmektedir.

Bu çalışmada, Sentinel-2A görüntülerinden oluşturulmuş zaman serileri kullanarak bozkırların daha etkin bir şekilde nasıl tespit edilebileceği anlatılmaktadır. Yılın uygun zamanlarında çekilen multispektral görüntüler bir araya getirilmiş, güdümsüz ve güdümlü sınıflandırma teknikleri bir arada kullanılarak melez bir teknik ile bozkır alanları tespit edilmiştir. Sonuçların performans değerlendirmesi rastgele noktalar etiketlenerek yapılmış ve yüksek başarım elde edilmiştir.

Bu bildiri şu şekilde organize edilmiştir: 2. Bölüm'de bozkır sınıflama ile ilgili kavramlar açıklanmış ve deneme sahası gösterilmiştir. 3. Bölüm'de elde edilen bulgular verilirken son bölümde sonuçlar tartışılmıştır.

2. UZAKTAN ALGILAMA İLE BOZKIR ALANLARININ TESPİTİ VE SINIFLANDIRILMASI

2.1 Bozkır Tespiti

Bozkırın uluslararası kabul görmüş net bir tanımı yoktur. Daha geniş bir kategori olan otluklar (grassland) UNESCO tarafından "otsu bitkilerle kaplı olan ve %10'dan az ağaç ve çalı kaplı olan karasal alan" (White 1983) olarak tanımlanmıştır. Ancak, bazı çalışmalarda %40'a kadar ağaç ve çalı grubu bozkır içinde düşünülmektedir.

Uzaktan algılama açısından bozkırlar kuru tarım yapılan alanlarla benzerlik göstermektedir. Bunun dışında, nadasa bırakılan tarlalar işi iyice zorlaştırmaktadır. Ağaç ve çalıların oranlarını net olarak belirlemek mümkünse de işi karmaşıklaştırmaktadır.

Diğer taraftan, bozkır alanları arazi kullanım açısından büyük değişiklik göstermektedir. Bazı alanlar mera statüsündedir. Bazıları da orman statüsünde olup henüz ağaçların kaplama oranları % 1-2 oranında bile değildir. Bu çalışmamızda, arazi kullanımı ve statüsü dikkate alınmadan, tarım amaçlı kullanılmayan, yoğun ağaç ve çalı ile veya insan yapımı yüzeylerle kaplı olmayan tüm karasal alanlar bozkır tanımına dahil edilmiştir.

Otluklar veya bozkırlar pek çok arazi örtüsü sınıflandırma çalışmasında ayrı bir sınıf olarak yer alır. Ancak, tanımı çalışmadan çalışmaya değişmekte ve bazen birden fazla sınıfa ayrılmaktadır. Ayrıca, sınıflandırma doğrulukları genellikle düşüktür. (Tsendbazar, et al. 2016) Küresel düzeyde üç sınıflandırmanın başarımlarını karşılaştırmıştır: Globcover2009 (Bontemps, et al. 2011), MODIS (Friedl, et al. 2010) ve LC-CCI (Poulter, et al. 2015). Karşılaştırma yapabilmek için üç sınıflandırmayı da ortak sınıflandırmaya indirgemiştir. Bu sınıflardan birisi de "otsu bitki örtüsü" sınıfıdır. Globecover2009'da %23.1 üretici doğruluğu ile en kötü ikinci başarım bu sınıfa aittir. Kullanıcı doğruluğunda ise %38.2 ile en kötü başarım elde edilmiştir. MODIS'te üretici ve kullanıcı doğrulukları, %56.9 ve %42.6 ile, dördüncü ve birinci en kötü değerdir. LC-CCI'da ise %39.2 ve %47.0 ile en kötü sonuçlardır. Sıralarından bağımsız olarak mutlak değerler çok küçüktür ve doğal kaynak yönetimi amaçlı kullanım için yetersizdir. Görüldüğü gibi, genel amaçlı sınıflandırmalar yerine otsu bitki örtüsüne özel yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır.

2.2 Test Alanı

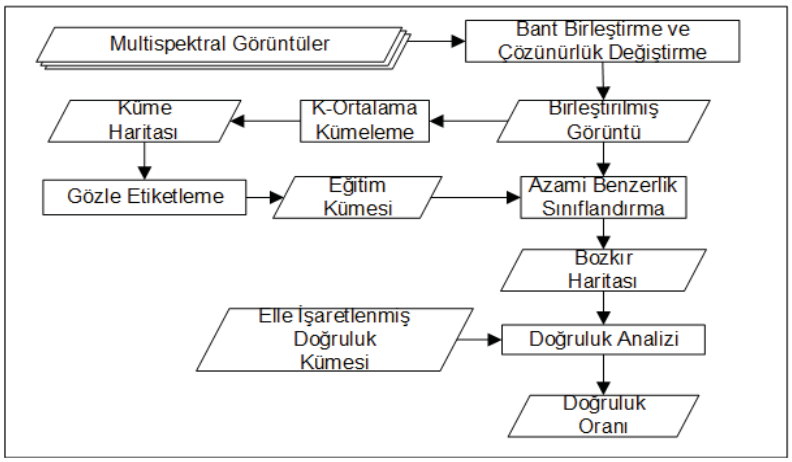
Sınıflandırma çalışmaları için Cihanbeyli bölgesi test alanı olarak seçilmiştir. Bu bölge Türkiye'nin iklim değişikliğinden en çok etkilenecek yerlerinden birisi olarak düşünülmektedir. Elde edilen bozkır haritası bazı doğal kaynak yönetimi ve biyolojik çeşitlilik koruma çalışmalarında da kullanılacaktır. Alan Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu görüntü Google Earth aracılığı ile alınmış olup 31.12.2016 tarihine aittir.



Şekil 1. Çalışma alanı (Image Data: Google, DigitalGlobe).

3. SINIFLANDIRMA ALGORİTMASI

Bozkır tespiti için kullanılan algoritma Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Algoritma akış şeması.

Seçilen alanları sınıflandırmak için Sentinel-2A uydu görüntüleri kullanılmıştır. Uydunun mekânsal çözünürlüğünün yeterli olması, spektral çözünürlüğünün yeterince yüksek olması ve zamansal çözünürlüğünün iyi olması nedeniyle tercih edilmiştir. Sentinel-2A uydu görüntüsü 13 banttan oluşmaktadır. Bu bantlar görülebilir, yakın kızılötesi ve kısa dalga kızılötesi spektral aralığında yer almaktadır. Mekânsal çözünürlükleri ise 10, 20 ve 60 metredir. Bunun yanı sıra kırmızı kenar spektral aralığında üç bant bulunması ve (kısa dalga kızılötesi) SWIR'de ise iki bant bulunması büyük önem taşımaktadır. Bu ürün Avrupa Uzay ajansı (European Space Agency ESA) tarafından 23 Haziran 2015 tarihinde yeryüzüne ait gözlemleme ile ilgili farklı alanlarda kullanılabilmek adına uzaya gönderilmiştir. Örnek olarak arazi örtüsü değişim analizi ve doğal afet yönetimi için bu verilerden yararlanmak mümkündür. Çalışma alanına ait yeni uydu görüntülerine her on günde bir erişim imkânı sağlanmaktadır. Çift uydu birlikte kullanıldığında ise sürecin beş güne indirilmesi mümkündür.

Bu çalışmada, yer yüzeyindeki farklı bitki örtüsü tiplerini en verimli şekilde algılamak için mevsimsel değişimleri göz önünde bulundurarak, üç farklı mevsimden uydu görüntüsü sağlanmış ve işlemler gerçekleştirilmiştir. Farklı bitki toplulukları yılın farklı zamanlarında görüntülerde birbirinden çok farklı yansıma özelliğine sahiptirler. Görüntüleri seçerken kar ve bulut örtülerinin görüntüyü en az şekilde etkilemesine özen gösterilmiştir. Aşağıdaki çizelge çalışma alanı ve kullanılan uydu görüntülerinin görüntüleme tarihlerini göstermektedir. Çalışma alanına ait uydu görüntüleri incelendiğinde alanın birden fazla uydu görüntüsünün kapsadığı gözlenmiştir. Bu sebepten dolayı alanı kapsayan bitişik görüntüler sağlanmış ve işlemleri uygulamak için bir araya getirtilmiştir. Tedarik edilen multispektral görüntülere ait olan bütün bantlar birleştirilmiş ve bant Mekânsal çözünürlükleri 10 metre olarak yeniden düzenlenmiştir.

Çizelge 1. Uydu görüntüsü bilgileri.

Çalışma Alanı	**Uydu Görüntüsü**	**Edinme Tarihi**
Cihanbeyli	Sentinel-2A	27.04.2017, 15.08.2017, 04.10.2017

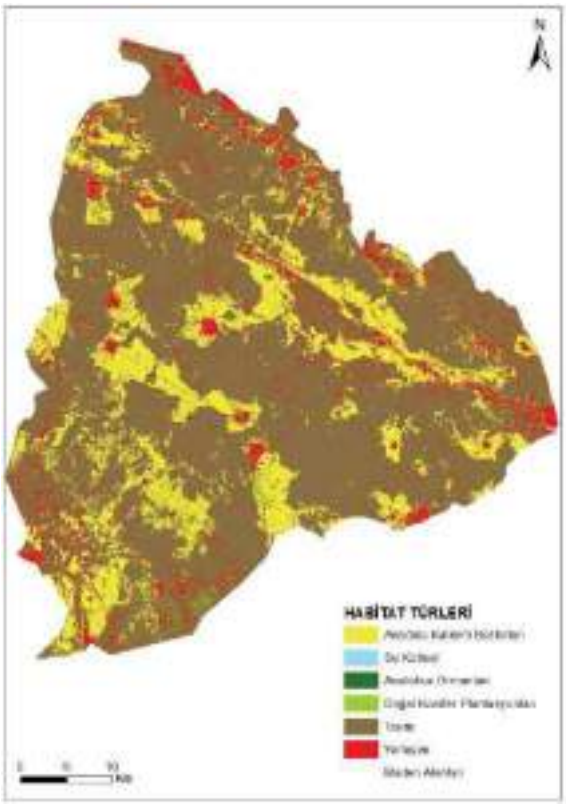
Bozkır olan ve olmayan şeklinde iki sınıflı bir sınıflandırmanın yeterli başarımı sağlamayacağı açıktır. Bozkır olan ve olmayan alanların spektral öbeklere göre alt-sınıflara ayrılması ve daha sonra birleştirilmesi en uygun yaklaşımdır. Güdümlü sınıflandırma için eğitim kümelerini oluştururken güdümsüz sınıflandırmadan yararlanılmıştır. Bunun için, k-ortalama kümeleme analizinden faydalanmıştır. k-ortalama kümeleme metodu *n* gözlemin ortalama değerlerini hesaplayarak ait olduğu en yakın *k* kümesine atama işlemini yapmaktadır. Doğru *k* değerini tespit etmek için, analistin görüntü üzerindeki ayırt edebileceği sınıf sayısı göz önünde bulundurularak bu sayının arttırılmış ve eksiltilmiş değerleri denenmiş ve en mantıklı nihai sonuç elde edilmiştir. k-ortalama sınıflandırma sonucu ve yardımcı veriler göz önünde bulundurularak gözle nihai eğitim kümesi elde edilmiştir. Sınıflandırma sonucunun kalitesi ve doğruluğu belirlenen eğitim kümesi ile bağlantılı olmaktadır. Belirlenen eğitim kümesi alan miktarı da ayrıca sınıflandırma sonucunu etkilemektedir. Ne kadar çok eğitim kümesi alanı seçilirse sınıflandırma metodu daha iyi sonuç vermektedir. Ayrıca, eğitim kümesinin her sınıf için tüm spektro-temporal alt-kümeleri kapsamasına çalışılmıştır.

Eğitim kümesi oluşturmak için ENVI yazılımı kullanmıştır. Bu küme (ROI Region Of Interest) her bir sınıf için farklı yerlerden, güdümsüz sınıflandırma sonuçları kullanılarak, poligon şeklinde seçilmiştir. Bozkır alanlarının seçiminde ise alanın 10%'dan fazlasının ağaçlardan oluşmaması için özen gösterilmiştir. Bu değerler metin formatına dönüştürülmüş ve bir sonraki aşamada görüntüyü sınıflandırmak için MATLAB platformunda kullanılmıştır.

Güdümlü sınıflandırma için azami benzerlik (Mather and Koch 2011) (Maximum likelihood) sınıflandırma yöntemi çalışma alanını sınıflandırmak ve çeşitli türleri algılamak için uygum görünmüştür. Bu yöntem literatürde görüntü işleme ve sınıflandırma alanında en çok bilinen ve kullanılan yöntemlerin içinde yer almaktadır. Bu yaklaşımda ortalama değer, varyans ve kovaryans gibi istatiksel değerlerin hepsi göz önünde bulundurulmaktadır.

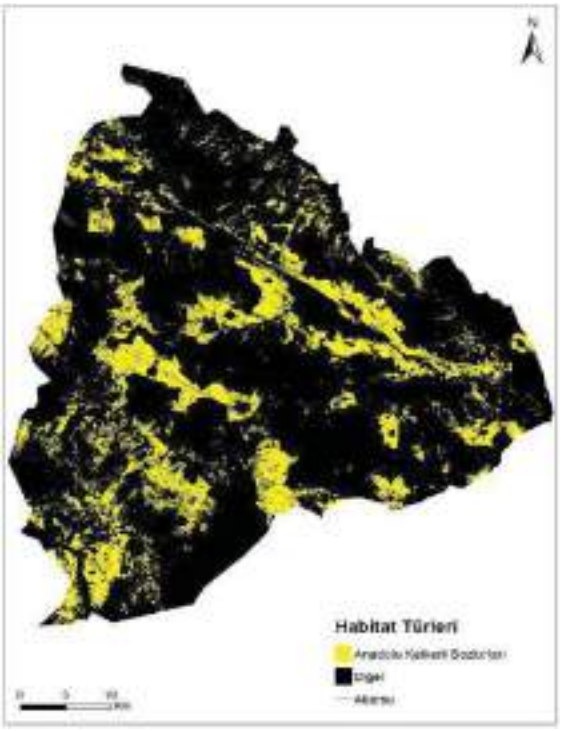
4.BULGULAR

Cihanbeyli alanına ait azami benzerlik sınıflandırma sonucu Şekil 3'te gösterilmektedir.



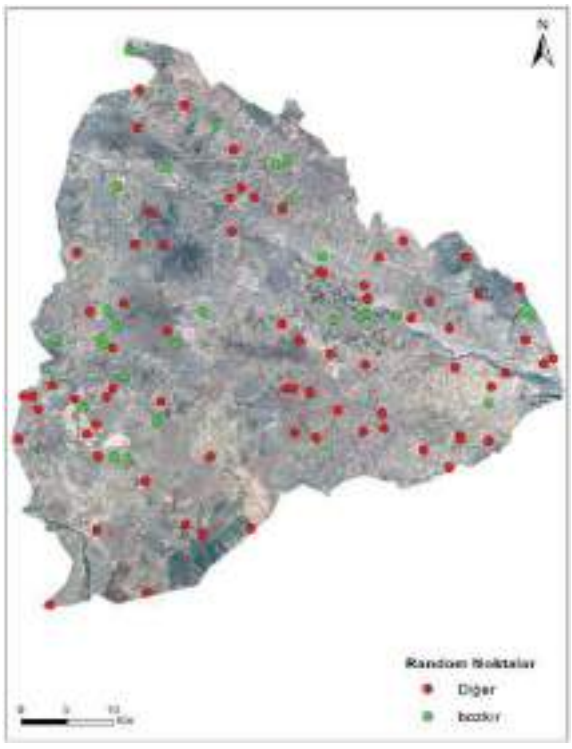
Şekil 3. Sınıflandırma sonucu (Bazı gruplar birleştirilmiştir).

Bu çalışmadaki en önemli hedef bozkır alanlarının sınıflandırılması olduğu için sadece bu alanların sınıflandırılmış sonucu aşağıdaki şekilde ayrıca gösterilmiştir.



Şekil 4. Cihanbeyli bozkır haritası.

Sınıflandırma sonucunun doğruluk değerlendirilmesi için uzmanlar tarafından tanımlanan 100 rastgele nokta kullanılmıştır. Tanımlanan 100 nokta arasından 27 nokta bozkır alanları, 71 nokta tarım alanları ve 2 nokta yerleşim alanlarını belirlemektedir. Bu çalışmanın odak noktasının bozkır alanlarının sınıflandırılması olduğundan dolayı 100 noktanın bozkır sınıfına ait olup olmadığı belirtilmiş ve değerlendirmede kullanılmıştır. Belirtilen noktalar aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



Şekil 5. Doğruluk analizi için kullanılan rastgele noktalar.

Sonuçlar göz önünde bulunduğunda 11 yanlış veya kesin olmayan sınıflandırma noktası ile karşılaşılmıştır. Anadolu kalkerli bozkır alanlarına ait olan noktaların bir kısmı yerleşim alanı bir diğer kısmı ise tarım alanları olarak sınıflandırılmıştır. Gelecekteki çalışma hedefi ise yanlış sınıflandırılmış nokta sayısını asgariye düşürmek olarak belirtilmiştir. İyileştirme süreci ise ayrıca kullanılan yaklaşımlardan faydalanarak uygulanacaktır.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, yarı-kuru iklimlerde bozkır sınıflarının tüm diğer sınıflardan doğru olarak ayrılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, güdümlü ve güdümsüz sınıflandırma teknikleri beraber kullanılmıştır. Sonuçta, %89 doğruluk oranı elde edilmiştir. Elde edilen bozkır haritası doğal kaynak yönetimi, biyolojik çeşitlilik koruma ve iklim değişikliğine uyum amaçlı çalışmalarda kullanılabilir. Hatalı sınıflandırmalar genelde nadas alanlarında veya insan tarafından dahi tereddütlü sınıflandırılan alanlarda olmaktadır. Örnek olarak, yerleşim alanlarında bulunan otluklar ve tarım alanları arasında nadasa bırakılan bölgeler tereddütlü sınıflar arasında yer almaktadır. Bu alanlara yönelik olarak, birden fazla yıla ait uydu görüntülerini kullanma gibi teknikler uygulanarak sonuçlar iyileştirilecek, ayrıca daha fazla alanda denemeler yapılarak sonuçların genel geçer olup olmadığı araştırılacaktır. Öncelikle tüm Türkiye'yi kapsayan bir bozkır haritası hedeflenmiş olup ayrıca bu alanların kendi içerisinde sınıflandırılması ve zaman içerisindeki değişimleri konusunda da çalışmalar yapılacaktır.

6. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Sürdürülebilir Arazi Yönetimi ve İklim Dostu Tarım Projesi kapsamında Doğa Koruma Merkezi Vakfı tarafından kısmi olarak desteklenmiştir. Küresel Çevre Fonu (GEF) tarafından finanse edilen projenin ana yürütücüsü Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığıdır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütünün (FAO) uygulayıcı kuruluş olduğu projenin diğer ortakları Doğa Koruma Merkezi Vakfı ve Konya Şekerdir.

KAYNAKLAR

Bontemps, Sophie, Pierre Defourny, Eric Bogaert, Olivier Arino, Vasileios Kalogirou, ve Jose Perez., 2011. GLOBCOVER 2009 - Products description and validation report

Friedl, Mark A., Damien Sulla-Menashe, Bin Tan, Annemarie Schneider, Navin Ramankutty, Adam Sibley, ve Xiaoman Huang., 2010. MODIS Collection 5 global land cover: Algorithm refinements and characterization of new datasets. *Remote Sensing of Environment* 114 (1): 168-182.

Mather, Paul M., ve Magaly. Koch., 2011. *Computer processing of remotely-sensed images : An introduction.* Wiley-Blackwell.

Poulter, B., N. MacBean, A. Hartley, I. Khlystova, O. Arino, R. Betts, S. Bontemps, ve diğerleri., 2015. Plant functional type classification for earth system models: results from the European Space Agency's Land Cover Climate Change Initiative. *Geoscientific Model Development* 8 (7): 2315-2328.

Tsendbazar, N.E., S. de Bruin, B. Mora, L. Schouten, ve M. Herold., 2016. Comparative assessment of thematic accuracy of GLC maps for specific applications using existing reference data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 44: 124-135.

White, F., 1983. *The Vegetation of Africa; a descriptive memoir to accompany the Unesco/AETFAT/UNSO vegetation map of Africa.* Paris: Natural Resources Research Series, XX. : UNESCO.



19 Eylül 2018

15:30-17:10

SALON 2009

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7111

İHA GÖRÜNTÜLERİNDEN OTOMATİK ARAÇ SAYILMASI

Uğur Acar[1], Bülent Bayram[2],Lale Arslan[3],

[1]Dr. Öğr. Ü., Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, Esenler, İstanbul, uacar@yildiz.edu.tr
[2]Prof. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, Esenler, İstanbul, bayram@yildiz.edu.tr
[3]Müh., Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, Esenler, İstanbul, lalersln@gmail.com

ÖZET

İnsansız hava araçlarının (İHA) yaygınlaşmaları ve ekonomik maliyetlerinin düşmesi ile birlikte kullanım alanları da genişlemiştir. Diğer taraftan, özellikle video görüntüleri üzerinden araç sayma ve yoğunluk hesaplama gibi konular da güvenlik kameralarının artması ile yaygınlaşmıştır. Genel uygulamalar sabit kamera ve hareketli objelerin tespiti için olsa da sunulan çalışmada IHA ile elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntüler ile park yeri olarak önceden belirtilmiş alanlardaki araçların sayılarını hesaplamak amaçlanmıştır.

Sunulan çalışmada hobi amaçlı Yıldız Teknik Üniversitesi Kampüs uçuşu ile elde edilen görüntüler kullanılmış ve otopark olarak tanımlı olan alanlardaki araçların sayılması hedeflenmiştir. Elde edilen İHA görüntüleri Microsoft C# programlama dili ile kodlanan ara yüz ile işlenmiştir. Çalışma sonucunda bina gölge alanında kalan ve ağaç altında kalan araçların sayılmasında karşılaşılan sorunlara ilişkin çözüm önerileri sunulmuştur. Çalışmada araç sayma doğruluğu %90 olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Sözcükler: sayısal görüntü işleme, obje yakalama, İHA, uzaktan algılama

1. GİRİŞ

Son yıllardaki ekonomik gelişme, nüfustaki artış ve kentlere göç gibi etkenlere bağlı olarak, araç sayısında çok fazla bir yükseliş görülmektedir. Araç sayısındaki bu yükseliş birçok problemi de beraberinde getirmektedir. Büyük şehirlerin özellikle iş ve ticaret merkezlerinde trafikle ilgili olarak en önemli konulardan biri de araçların mağaza ve büro faaliyetleri süresince nerede park edileceği problemidir (Haldenbilen vd., 1999). Otopark sorununun trafikte önemli bir yer tutmasının nedeni tüm trafiği etkilemesidir. Altyapı ve planlama eksikliklerinin sebep olduğu yetersiz ve verimli kullanılamayan park yerleri sonucunda, araçlar park yeri dışındaki alanlara ve yol kenarlarına park ettiğinden trafiği olumsuz yönde etkilemekte ve aksamalara sebep olmaktadır. Bugün ciddi anlamda enerji ve zaman kaybına sebep olan ve ihmal edilemeyecek bir konu haline gelen park yeri bulma (Nyambal ve Klein, 2017) sorunu, iyi bir planlama ile daha verimli hale getirilebilir ve yüksek oranda iyileştirme sağlanabilir.

Sunulan çalışmada İHA ile elde edilen görüntüler kullanılarak geliştirilen görüntü işleme teknikleri içeren yazılım aracılığı ile araçların sayılması, boş yerlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. İHA teknolojisinin avantajlarından bazıları; düşük maliyet, küçük boyut, güvenlik, ekolojik işleyiş ve hepsinden önemlisi hızlı ve talep üzerine görüntü elde edilebilir olmasıdır (Ammour vd., 2017). Halen kullanılmakta olan araç sayma tekniklerinin aksine bu çalışmada sabit bir kamera yerine İHA kullanılması, tek bir kamera ile farklı nokta ve açılardan görüntü almaya izin vermektedir. Böylelikle park alanlarının sadece giriş ve çıkışlarında araç saymak yerine mevcut durum, kullanılabilir ve dolu alanlar belirlenebilmektedir. Bu çalışmanın, kullanılan farklı bir yöntem olan sensör sistemine göre avantajı da açık alanlarda, İHA dışında bir sisteme ihtiyaç duymadan kullanılabilir olmasıdır. Sensör sistemleri garajdaki araçların sayısını belirler ve toplam bölme sayısıyla karşılaştırır. Park yerlerinin kullanılabilirliği ana yollardaki göstergeler ile belirtilmiştir. Bununla birlikte, bu bilinen yöntem, izlenebilir sınırlı sayıda girişe sahip otoparklar veya boşluklar ile sınırlıdır (Cuchlinski ve Beaulieu , 2001). Ayrıca sensör tabanlı bir sistem, tüm otoparkı kaplamak için gereken sensör sayısı nedeniyle çok maliyetlidir (Vítek ve Melnicuk, 2017). Bir araç birden fazla noktaya veya farklı park yerlerine park ettiğinde bu tip sistemler başarısız olmaktadır. Bu nedenle boş park yerlerini tespit etmek için bilgisayarlı görüntü algoritmalarını kullanan kamera tabanlı bir sistem önerilmektedir (True N., 2007).

Kamera tabanlı bir sistem öneren True, renk histogram sınıflandırması ve araç özellik tespiti kombinasyonu kullanarak iyi sonuçlar elde etmiştir. 29 görüntüden oluşan eğitim seti ve 200 görüntüden oluşan test seti kullanmıştır. Eğitilmemiş alanlardan ve eğitim setini oluşturmak için kullanılmış olan park yerlerinden yeniden görüntüler almıştır. Tüm görüntülerde %49, sınıflandırılmış ve özellik tespiti yapılmış görüntülerde %85.2 lik bir

başarıya ulaşmıştır. Ancak sistemin çok yavaş olması ve boş park yerinin ufak bir kısmının dahi farklı bir araç ya da nesne ile kaplı olması durumunda algoritmanın başarısız olması ve doğruluk için fazla sayıda kameraya ihtiyaç duyulması gibi dezavantajları bulunmaktadır (True N., 2007).

Hsieh ve ark., araçları "araçtır" veya "araç değildir" argümanını temel alarak sınıflandırma yapmışlardır. Yapılan çalışma gölgeden dolayı oluşan gürültüden çok az etkilenmektedir. Bu çalışmada kullanılan yöntem çizgi tabanlı gölge algoritmasıdır. Gürültüye sebep olan gölgelerin etkisini yok etmek için çizgiler kullanılmıştır ve güvenilir sonuçlar elde edilmiştir (Poyraz ve Sevgen, 2017). Ammour ve ark. önceden eğitilmiş derin katmanlı sinir ağlarını doğrusal bir destek vektör makine sınıflandırıcısı ile birlikte kullanılması yoluyla büyük miktarda eğitim verisine ihtiyaç duymadan daha tanımlayıcı özellikleri çıkarmışlar ve Mean-shift algoritmasını kullanarak arama alanını önemli ölçüde azaltmışlardır. Yöntem hem doğruluk hem de hesaplama süresi bakımından gelişmiş yöntemlerden daha iyi performans göstermiştir (Ammour vd., 2017).

Troels ve ark. sağlam ve iyi bir performans gösterebilen bir sistem tasarlamak için konvolüsyonel sinir ağına dayanan ikili sınıflandırma yöntemini sunmuşlardır. Sistemin eğitilmesi ve test edilmesi için farklı park alanlarında, farklı hava ve aydınlatma koşullarında çekilen resimlerden oluşan bir referans veri tabanı kullanarak %99.71'lik başarıya ulaşmışlardır (Høg Peter Jensen vd., 2018). Masmoudi vd., perspektif bozulma etkisini azaltmak için, park alanının bakış açısını değiştirmede bir Homografi Dönüşümü kullanmışlardır. Park alanları, ilk park alanının iki köşesi ve bir genişlik ile tanımlanmıştır. Arka plan çıkarma işlemi için Gauss Karışım Modeli kullanmışlar ve ardından sadece park alanı modeliyle örtüşen nesneleri dikkate almışlardır. SURF (Speeded Up Robust Features) ile sınıflandırmada kullandıkları destek vektör makinelerini birleştirerek, özellik çıkarmada yüksek doğruluğa sahip sonuçları elde etmişlerdir. Yöntemleri tüm testlerde %92'nin üzerinde doğruluk sağlamış ancak, çakışma ve kapanmalara karşı dayanıklılık gösterememiştir (Masmoudi vd., 2014) .Wu ve Zhang, sadece bir kamera kullanarak saniyeler içinde birkaç kare çekip, bir Gauss Renk Modeli ile eğitilmiş çok sınıflı destek vektör makinesi kullanan farklı bir yaklaşım tanımlamışlardır. Elde edilen en iyi sonuç yaklaşık olarak % 84'tür (Wu ve Zhang, 2006). Mehmet Ozan Kabak ve Özhan Turgut proje çalışmalarında hava görüntülerinden park noktalarını tespit etmişlerdir. Geometrik, istatistiksel ve optik bilgileri yakalayan farklı özellikler kullanmışlar ve bunları doğrusal destek vektör makinesi ile eğitmişlerdir. Bu yaklaşımla, veri kümelerinde % 90'ın üzerinde doğruluk elde etmişlerdir (Kabak ve Turgut, 2010).

Sunulan çalışmada, araçların daha önceden tanımlı park alanları ile oluşan renk farklılıkları her 3 bant için de incelenmiştir. Araçların bıraktığı gölgeler, ani renk değişiklikleri, camı olan araçların görüntüde oluşturduğu farklı kontrastlar da sonuç almak için kullanılan görüntüye ait veri setleridir.

2. İHA OTOPARK GÖRÜNTÜSÜ VE GÖRÜNTÜNÜN ANALİZİ

Sunulan çalışma Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa kampüsünde yapılan İHA uçuşundan ede edilen görüntüler kullanılmıştır. Uygulamanın farklı koşullardaki sonuçlarının irdelenebilmesi amacıyla, farklı yüksekliklerden uçuşlar yapılmıştır. Bu yapılan uçuşa göre elde edilen görüntüler incelendiği zaman, aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Farklı yüksekliklerden uçan İHA'lar için elde edilecek çözümde farklı parametreler kullanılmalıdır.
- Farklı çözünürlükteki kameraya sahip İHA'lar için elde edilecek çözümde farklı parametreler kullanılmalıdır.
- Farklı zamanlarda görüntü alan İHA'lar için elde edilecek çözümde farklı parametreler kullanılmalıdır.



Şekil 1. Farklı yüksekliklerden elde edilen İHA görüntüsü.

Yukarıda belirtilen sorunların dışında, otoparkta oluşabilecek ve genel uygulamanın başarısını düşürebilecek veya tamamen başarısız olabilecek koşullar da tespit edilmiştir. Bunlar;

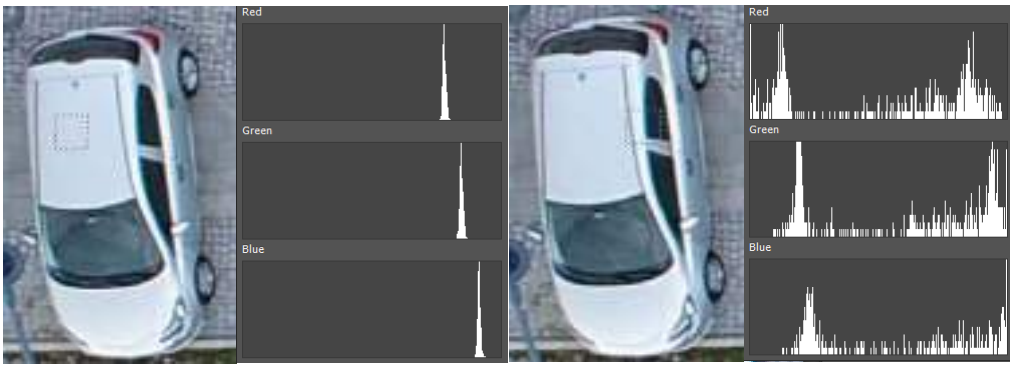
- Aracın bir binanın gölgesi altında kalması, bu nedenle yansıma değerlerini değişmesi
- Aracın başka bir yakın aracın gölgesi altında kalması ve yansıma değerlerini değişmesi
- Aracın ağaç altında kalması ve araç görüntüsünün birden fazla araca bölünmesi
- Yansıma değerleri düşük olan araçların gölge altında kalarak, gölge yansımasına yakın yansıma yapması
- Aracın boya renk düzenliliğini bozacak düzeyde kirli olan araçlar



Şekil 2. Otopark içinde araç tespitinde karşılaşılabilecek sorunlar.

3. UYGULAMA

Otoparkta park etmiş araçların, genel olarak cam olan yüzeyleri dışındaki yüzeyleri tek bir renge sahiptir. Sunulan çalışmada ilk olarak bu düzenlilik üzerinde çalışılmıştır. Bu nedenle test görüntüsünde araçların sabit renge sahip kısımlarındaki histogramları her üç bant için de incelenmiştir. Elde edilen sonuçlarda, araç üzerindeki homojen boya veya sunroof kısımlarında histogramdaki maksimum ve minimum değerler arasındaki farkın 20 değerini aşmadığı görülmüştür (Şekil 3). Diğer alanlarda ise farklı sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 3a. Araç üstünde homojen renge sahip kısım ve 3 banda göre ayrı ayrı histogramları.
Şekil 3b. Araç üstünde heterojen renge sahip kısım ve 3 banda göre ayrı ayrı histogramları.

Histogramdan elde edilen bu bilgi kullanılarak, görüntü üzerinde tarama pencereleri oluşturulmuş ve homojen bölgeler tespit edilmeye çalışılmıştır. Ancak görüntü çözünürlüğü ve uçuş yüksekliği homojen yapının büyüklüğünü değiştirdiği için, uygulama üzerine tarama penceresi büyüklüğü bir parametre olarak getirilmiştir.

Böylelikle kullanıcı, uçuş yüksekliğini ve/veya çözünürlük bilgisini girerek tarama penceresi büyüklüğünü otomatik olarak ayarlayabilir veya kendisi bir tarama penceresi büyüklüğü girebilmektedir. Tarama penceresinin bir diğer önemi de, aynı aracın birden fazla sayılmasını engellemektir.

Tarama penceresi büyüklüğüne karar verdikten sonra, yukarıda belirtilen kısıtlara sahip olmayan araçlar kolay bir şekilde otopark üzerinde tespit edilmiştir. Ancak bununla birlikte otopark içerisindeki asfalt olan ve homojen renge sahip olan bölgeler de araç olarak tespit edilmiştir. Bu hatanın düzeltilmesi için Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa kampüsünde yer alan tüm otoparkların RGB kodları okunmuş, sisteme kayıt edilmiştir. Böylelikle bu RGB değerlerine sahip olan homojen bölgeler araç olarak tespit edilmemektedir.

Algoritma buraya kadar yapılan çalışma ile düşük gölgeye sahip, otopark yakınında ağaç olmayan kısımlarda % 85 üstünde başarı ile çalışmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Otoparkta tespit edilen araçlar (Kırmızı pikseller: Tarama pençesi tarafından tespit edilen homojen alanlar).

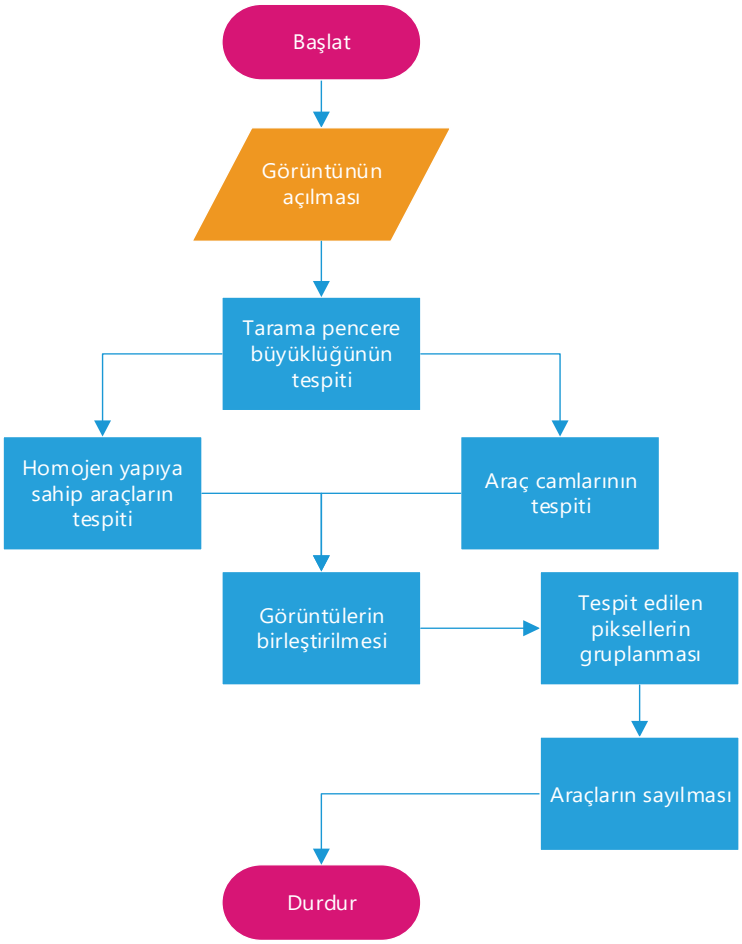
Sunulan çalışmanın amacı tüm zorlayıcı koşullara rağmen otoparktaki araçların tespiti olduğu için, yukarıda daha önce belirtilen özellikle gölgelerin neden olduğu sorunların çözülmesi için de çalışmalar yapılmıştır. Bu sorunların çözülebilmesi için yine araç görüntüsünde yer alan diğer bir homojen alan olan araçların yan, ön ve arka cam alanlarından yararlanılmıştır. Araçların cam alanları homojen ve çok düşük miktarda yansıma yapmaktadır. Ayrıca aracın cam bölmesinin bittiği yer ile boyanın başladığı yer arasında da büyük bir kontrast farkı vardır. Algoritma tespit edilen bu bilgi üzerine kurulmuştur. Kurulan algoritma, bir tarama penceresi kullanmanın yanı sıra, cam alan olarak tespit edilen pikseller tek tek tespit etme ve komşuluk ilişkilerine bakma yöntemini de kullanmıştır. Tarama penceresini kullanarak da ortalama histogram değerleri arasındaki farklara bakılmıştır. Sonuç olarak "araç camı" olarak görüntüde pikseller elde edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Otoparkta tespit edilen araç camları (Kırmızı ve yeşil pikseller: Farklı koşullar ile elde edilen araç cam noktaları Mavi Pikseller: Ağaç gölgesi).

Sunulan çalışmada tespit edilen sorunlar için de algoritmada geliştirmeler yapıldıktan sonra, yukarıda belirtilen sorunlu alanlar için de başarılı araç tespiti yapılmıştır.

Araç olarak tespit edilen piksel ve piksel gurupları tespit edildikten sonra, araçların sayılması için tespit edilen ve yukarıda da belirtildiği gibi özel renklerle boyanan pikseller komşuluk ilişkileri kullanılarak gruplanmıştır. Böylelikle her bir araç için araç sayısına sadece 1 eklemek amaçlanmıştır. Çalışmanın algoritması ile ilgili akış diyagramı aşağıdaki gibidir (Şekil 6).



Şekil 6. Akış çizelgesi.

4. SONUÇ

Microsoft C# kodlama dili kullanılarak, görüntüler açılmış, yukarıdaki sunulmuş olan algoritma kodlanarak çalıştırılmıştır. Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü'nde yapılan uçuşta elde edilen aynı piksel sayısına sahip görüntüler için 25x25 piksellik tarama penceresi kullanan algoritma Intel Core i7-7500U işlemci 8 GB ram ve SSD HDD e sahip bir bilgisayarda 67 saniyede sonuç üretmektedir. Kampüs içerisindeki 5 farklı otoparkta algoritma çalıştırılmıştır. Tüm otoparklar için insan gözü ile sayımlar yapılmış ve bunlar algoritma ile kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir.

Çizelge 1. Uygulama başarı oranları.

Otopark No	Başarı Yüzdesi
1	90,4
2	98,8

3	94,6
4	96,5
5	92,3

Sunulan çalışmada, İHA'lardan elde edilen görüntülerde önceden otopark olarak tanımlanmış bölgelerdeki araçların yüksek oran ile tespiti sağlanmıştır.



Şekil 7. Sonuç (Kırmızı pikseller: Yanlış sayım yapılan araç (iki defa sayım), Yeşil pikseller: Doğru sayım yapılan araçlar).



Şekil 8. Sonuç (Kırmızı pikseller: Yanlış sayım yapılan araç (iki defa sayım), Yeşil pikseller: Doğru sayım yapılan araçlar, Mavi Pikseller: Sayılamayan araç).

Çalışmanın bundan sonraki amacı, çalışmada %100 başarı olmasını engelleyen ve algoritmanın hata yaptığı noktalar ile ilgili geliştirmeler yapmaktır. Çalışmada tespit edilen başarı oranını düşüren faktörler aşağıdaki gibidir.

- Çok geniş ve birbirinden ayrı yerlerde olan birden fazla homojen yapıya sahip araçların 2 araç gibi sayılması (kaput ve tavan)
- Otopark alan yansıma değerleri ile aynı değerlere sahip araçların sayılamaması

Ayrıca çalışmanın bundan sonraki diğer amaçları, otopark tanımlaması yapmadan İHA görüntülerinden otomatik olarak araçların sayılması, otopark alanlarının da IHA görüntülerin otomatik olarak elde edilmesi, araçların hareketli olduğu alanlarda araç sayımı yaparak trafik hakkında Coğrafi Bilgi Sistemleri altyapısına destek sağlamaktır.

KAYNAKLAR

Haldenbilen S., Murat Y. Ş., Baykan N., Meriç N., 1999, Parking Problems in Cities: Sample of Denizli, *Journal Of Engineering Science*, 5(2-3), 1099;1108

Nyambal J., Klein R., 2017, Automated parking space detection using convolutional neural networks, *Pattern Recognition Association of South Africa and Robotics and Mechatronics*.

Ammour N., Alhichri H., Bazi Y., Benjdira B., Alajlan N., Zuair M., 2017, Deep Learning Approach for Car Detection in UAV Imagery, *Remote Sensing*, *9*(4), 312; 2017

Cuchlinski W. A., Beaulieu Y., 2001, Parking Space Detection, *United States Patent*, US 6,266,609 B1

Vítek S., Melnicuk P., 2017, A Distributed Wireless Camera System for the Management of Parking Spaces, *Sensors*, 18, 69

True N., 2007, Vacant Parking Space Detection in Static Images, *University of California*

Poyraz Y., Sevgen S., 2017, GPU Programlama Tekniği ile Yüksek Performanslı Araç Takibi, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, CİLT: 10, SAYI: 3

Høg Peter Jensen, T., Thomsen Schmidt, H., Dyremose Bodin, N., Nasrollahi, K., & Moeslund, T. B. (2018). Parking Space Verification: Improving Robustness Using A Convolutional Neural Network. In VISAPP - *International Conference on Computer Vision Theory and Applications*

Masmoudi I., Wali A., Jamoussi A., Alimi A. M., 2014, Vision based System for Vacant Parking Lot Detection: *VPLD*,

Wu Q., Zhang Y., 2006, Parking Lots Space Detection

Kabak M.O., Turgut O., 2010, Final Project

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6650

YAPAY SİNİR AĞLARI İLE HELİKOPTER PİSTİ TESPİTİ

Emre BAŞESKİ[1]

[1]Dr., HAVELSAN A.Ş., Mustafa Kemal Mahallesi 2120 Cad. No:39 P.K.: 06510 Çankaya, Ankara, ebaseski@havelsan.com.tr

ÖZET

Yüksek çözünürlüklü uzaktan algılama görüntülerinin içeriğini hızlı bir şekilde analiz edebilmek için otomatik görüntü kıymetlendirme algoritmaları çok büyük önem taşımaktadır. Bir görüntüde helikopter pisti varlığı, genellikle hükûmet binaları veya askerî tesisler gibi önemli bir tesise işaret etmektedir. Bu nedenle helikopter pistlerinin tespiti, bir görüntünün içeriği hakkında kritik bilgiler ortaya çıkarabilir. Bu çalışmada, H şeklinde, açık renkli helikopter pistlerini tespit etmek için tasarlanmış, yapay sinir ağları kullanan iki algoritma sunulmuştur. İlk algoritma, helikopter pisti adayı olan bölütlerin şeklinin klasik yapay sinir ağları ile analizi üzerine inşa edilmiştir. İkinci algoritma ise derin öğrenme teknikleri ile geliştirilmiş bir algoritmadır. Öğrenme tabanlı bu iki algoritma, klasik görüntü işleme teknikleri ile geliştirilmiş başka bir algoritma ile karşılaştırılarak tekniklerin birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları üzerine bir tartışma da sunulmuştur.

Anahtar Sözcükler: helikopter pisti tespiti, uzaktan algılama, yapay sinir ağları, derin öğrenme

ABSTRACT

HELIPORT DETECTION BY USING ARTIFICAL NEURAL NETWORKS

Automatic image analysis algorithms are crucial to quickly analyze the content of high resolution remote sensing images. The presence of a heliport on an image usually implies an important facility such as governmental buildings or military facilities. For this reason, the detection of heliports can reveal critical information about the content of an image. In this work, two algorithms using artificial neural networks, designed to detect H-shaped, light colored heliports, are presented. The first algorithm is based on shape analysis of the heliport candidate segments by using classical artificial neural networks. The second algorithm is an algorithm developed by deep learning techniques. These two learning-based algorithms are compared with another algorithm developed by classical image processing techniques, and a discussion on the advantages and disadvantages of the techniques compared to each other is also presented.

Keywords: heliport detection, remote sensing, artificial neural networks, deep learning

1. GİRİŞ

Artan çözünürlük ve ticari olarak erişilebilen uzaktan algılama verisinin miktarı, görüntü analistleri için yeni bir zorluk oluşturmaktadır. Artan çözünürlük sayesinde bir görüntünün küçük bir kısmı bile, bir insan tarafından analiz edilmesi zor olan detayları içerebilmektedir. Ayrıca, artan sayıda görüntüleme sensörü, akıllı görüntü işleme algoritmaları olmadan analiz edilmesi imkânsız miktarda görüntü üretmektedir. Bu nedenle, bu büyük verinin içeriğinin analiz edilmesi için otomatik görüntü kıymetlendirme algoritmaları çok önemlidir.

Bu çalışmada, helikopter pisti tespiti için geliştirilmiş olan öğrenme tabanlı iki farklı algoritma sunulmuştur. İlk algoritma, klasik yapay sinir ağları temelli bir algoritmadır. İkinci algoritma ise derin öğrenme teknikleri ile geliştirilmiş bir algoritmadır. Öğrenme tabanlı bu iki algoritma, klasik görüntü işleme teknikleri ile geliştirilmiş başka bir algoritma ile karşılaştırılarak tekniklerin birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları üzerine bir tartışma da sunulmuştur.

Bir görüntüde helikopter pisti varlığı, genellikle hükûmet binaları veya askerî tesisler gibi önemli bir tesise işaret etmektedir. Çalışmada bulunması hedeflene helikopter pistleri, H şeklinde, açık renkli yapılardır. Klasik görüntü işleme ve klasik yapay sinir ağlarına dayanan teknikler, helikopter pisti adayı olan bölütlerin şeklinin yapay sinir ağları ile analizi üzerine kurulmuştur. Derin öğrenme tabanlı teknik, Faster-RCNN (Ren vd. (2017)) üzerine kurulu evrişimsel bir sinir ağına dayanmaktadır.

Uzaktan algılama görüntülerinde insan yapımı yapıların otomatik olarak tespiti, oldukça dikkat çeken önemli bir araştırma alanıdır. Hem klasik görüntü işleme teknikleri hem de öğrenmeye dayalı yaklaşımlar farklı problemlerin çözümü için kullanılmaktadır. İnsan yapımı nesne tespiti için farklı yaklaşımlar hakkında geniş bilgi Chen ve Han (2016) ile Blaschke (2010) çalışmalarında bulunabilir. Klasik teknikler (Örneğin, Mueller vd. (2004)) çoğunlukla, büyük ve potansiyel olarak insan yapımı alanları tespit etmek için bölge ve kenar tabanlı tekniklerin bir birleşiminden yararlanırken, daha yeni çalışmalar öğrenme temelli yaklaşımları kullanma eğilimindedir (Örneğin, Inglada (2007), Han vd. (2015), Xia vd. (2017), Zhu vd. (2017)).

Yakın zamanda derin öğrenme konusunda gerçekleşen gelişmeler, görüntü işleme alanında önemli atılım yapılabilmesinin yolunu açmıştır. Görüntü sınıflandırma konusundaki başarı, nesnelerin görüntüdeki yerini de bulabilen ağlar sayesinde nesne tespitine de taşınmıştır. Fast R-CNN (Girshick (2015)), YOLO (Redmon vd. (2016)), SSD (Liu vd. (2016)) gibi ağlar, görüntü üzerinde nesne tespiti konusunda klasik yöntemlere göre çok büyük performans artışı sağlamış ve akademik çalışmalarda da sıkça kullanılmaya başlanmıştır. Bu ağların görece küçük nesnelerde yaşadığı performans sorunu, Faster R-CNN (Ren vd. (2017))de çözülmüştür. Derin öğreneme tekniklerinin uzaktan algılama alanında kullanımında da büyük bir artış gözlemlenmektedir. Xia ve Li (2018), SSD algoritması ile uzaktan algılama verisi üzerinden havalimanı tespiti konusunda bir çalışma gerçekleştirmiştir. SSD, algoritmasının yapısı gereği küçük nesneleri tespit etmekte zorlanan bir ağdır. Chen vd. (2018)'de yapılan çalışmada, klasik SSD algoritmasına yapılan eklentilerle uydu görüntülerindeki görece küçük nesnelerin de tespiti konusunda başarı elde edilmiştir.

Makalenin **Algoritma** kısmında üç farklı teknik ele alınmış ve bu tekniklerin sayısal değerlendirmeleri üzerine tartışmalar sunulmuştur. Algoritmaların görsel sonuçlarından da örnekler verilerek, şekil büyüklüğü, şeklin deformasyonu ve kontrastın başarıya etkisi gibi faktörlerin analizi gerçekleştirilmiştir. **Sonuçlar** kısmında algoritmaların temel avantaj ve dezavantajları özetlenmiş ve geleceğe yönelik araştırma potansiyeli tartışılmıştır.

2. ALGORİTMA

Çalışmanın bu kısmında, uydu ve hava fotoğraflarında helikopter pisti bulan üç farklı algoritmadan bahsedilmiştir. İlk algoritma, klasik görüntü işleme teknikleri ile geliştirilmiş bir algoritma olup referans algoritma olarak kullanılmıştır. Diğer iki algoritma öğrenme tabanlı olup bu çalışma kapsamında geliştirilmiştir. Öğrenme tabanlı algoritmalardan ilki, klasik yapay sinir ağları üzerine kurulmuştur. İkinci algoritma ise tamamen derin öğrenme teknikleri ile geliştirilmiştir. Klasik sinir ağı, karakter tanıma için kullanılan bir veri kümesi ile eğitilmiştir ve temel hedefi, şekil analizidir. Derin öğrenme tabanlı algortimada pistin yerinin ağ çıktısı olarak bulunmasını sağlayan evrişimsel bir yapay sinir ağı kullanılmış ve bu ağ çok sayıda helikopter pisti görüntüsü ile eğitilmiştir.

Helikopter pistlerinin tespiti, pistlerin ebatı, değişen arka plan, soluk kenarlar ve çevredeki şekiller nedeniyle zorlu bir sorundur. Ayrıca, pistlerin rengi zaman içinde solmakta ve bir pist farklı renk tonlarına sahip olabilmektedir. **Şekil 1**'de, problemin zorluklarını vurgulamak için bazı örnek pist görüntüleri sunulmuştur.



Şekil 1. Örnek helikopter pisti görüntüleri.

Tartışılan üç algoritmanın sonuçları, 66 adet pist içeren 32 adet görüntü üzerinde değerlendirilmiştir. Deneyler, Google Haritalar'dan toplanan görseller üzerinde yapılmıştır. Görüntüler, dünyanın farklı bölgelerinden, farklı özellikler (farklı arka plan, farklı görüntü içeriği, farklı bitki örtüsü gibi) içerecek şekilde seçilmiştir. Görüntülerin toplanmasında kullanılan metot, **2.1** bölümünde detaylandırılmıştır. Algoritmaların görüntü kümesi üzerinde sergilediği başarı, algoritmanın işlemsel adımları tartışıldıktan sonra verilmiştir.

2.1 Görüntülerin Hazırlanması

Çalışmada kullanılan görüntüler, Google Haritalar'dan elde edilmiş olan 0.5 metre çözünürlükteki uydu görüntüleridir. Aşağıda, enlem ve boylam bilgilerini vererek Google Haritalar'dan yasal şekilde veri toplamak için kullanılan Python kod parçası sunulmuştur.

```
import urllib.request
import math
import sys

def saveMap(lat,lon,zoomLevel,imageFile):

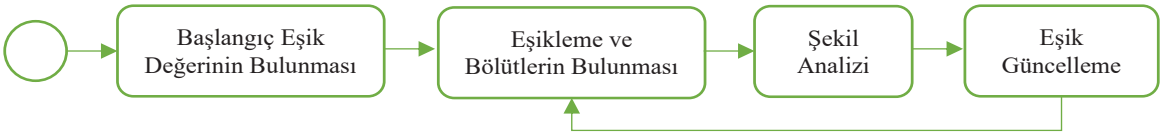
pngLink="http://maps.google.com/maps/api/staticmap?center=%f,%f&zoom=%d&size=640x640&maptype=satellite&sensor=false" % (lat,lon,zoomLevel)
    f = urllib.request.urlopen( pngLink )
    local_file = open(imageFile, "w" + "b")
    local_file.write(f.read())
    local_file.close()
    f.close( )

# sample usage: python googleMap outFile lat lon 0.5
```

```
if __name__ == '__main__':
    # each tile of google is 256 pixels
    googleTileSize=256.0
    # find the zoom level for google maps by getting the circumference of the earth as 40000 km
    zoomLevel=math.floor(math.log(40000000.0/(googleTileSize*float(sys.argv[4])),2))
    saveMap(float(sys.argv[2]),float(sys.argv[3]),zoomLevel,sys.argv[1])
```

2.2 Klasik Tekniklere Dayalı Algoritmalar

Klasik görüntü işleme tekniklerine ve klasik yapay sinir ağlarına dayalı iki algoritma, temelde şekil analizi yapmaktadır. İki algoritma da benzer şekilde helikopter pisti adayı bölütleri bulmakta, bölüt şeklinin H'a benzeme miktarını ölçme aşamasında farklılaşmaktadır. İki algoritma da görüntüleri eşikleyerek bölütler elde etme ve elde edilen bölütlerin şekilsel analizine dayanmaktadır. Helikopter pistlerinin sabit bir renk ve büyüklüğü yoktur. Ayrıca, zaman içinde rengi solan bazı pistlerde aynı rengin birçok tonu, hatta şekilde kopmaya neden olan silinmeler gözlemlenebilmektedir. Bu nedenle, görüntüdeki pisti bölütleyecek ideal eşik değerini bulmaya çalışmak yerine, iteratif olarak eşik değerini güncelleyerek elde edilen bölütlerin şekilsel analizi yoluna gidilmiştir. Algoritmanın ana adımları **Şekil 2**'de sunulmuştur. Öncelikle başlangıç eşik değeri hesaplanır. Bu değere göre eşikleme yapılarak elde edilen bölütlerin şekil analizi yapıldıktan sonra eşik değeri, belirli bir miktarda artırılır.



Şekil 2. Algoritma akış şeması.

İlk eşik değerini belirlemek için, pist ve çevresindeki pikseller arasında yüksek kontrast oluşturulması gerekir. Süreç görüntünün (I) parlaklığının azaltılması ile başlar (**Denklem 1a**). Burada m, histogramı iki eşit parçaya bölen değerdir. Parlaklık azaltıldıktan sonra, **Denklem 1b** kullanılarak kontrast artırılır. Başlangıç eşik değeri, elde edilen görüntüden, Otsu eşikleme yöntemi kullanılarak elde edilir (Otsu, 1979).

$$I' = I - m \quad (1a)$$

$$I'' = I' * a - m \quad (1b)$$

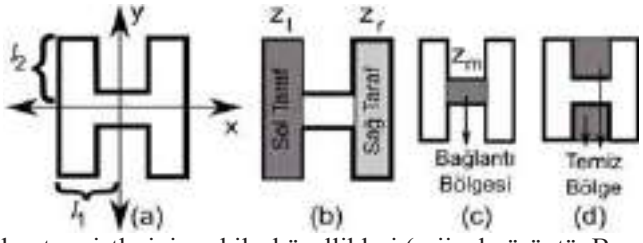
$$a = (255 + m)/\max(I') \quad (1c)$$

Eşikleme yapıldıktan sonra elde edilen bölütlerde şekil analizi yapılarak bölütün H şekline benzeyip benzemediğine karar verilir. Bölüm 2.2.1 ve 2.2.2'de, şekil analizi için iki farklı algoritmadan bahsedilmiştir.

2.2.1 Klasik Görüntü İşleme Tekniklerine Dayalı Algoritma

Klasik görüntü işleme yöntemlerine dayalı helikopter pisti tespit algoritması, helikopter pisti adayı olan bölütlerin şeklinin H şekline ne kadar benzediğinin analizini bölütün piksellerinin dağılımını kullanarak yapmaktadır. Algoritma detayları, (Başeski, (2018))de bulunabilir. Bu bölümde algoritmanın kısa bir özeti ve örnek sonuçlara değinilmiştir. Şekil analizinin arkasındaki ana fikir, farklı eşik değerleri ile hesaplanmış her bir bölütün şeklini değerlendirerek piksel dağılımının belirli kurallara uyup uymadığını anlamaktır. **Şekil 3**'te mükemmel hizalanmış bir helikopter pisti görülmektedir. Şeklin merkezi, koordinat sisteminin ortasındadır. Uzun taraf y eksenine paraleldir ve kısa kenar x eksenine paraleldir. Şekil analizi için bir H şeklinin üç basit özelliği kullanılmaktadır.

Simetri: Her şeyden önce, H şekli simetriktir. Bu nedenle, y ekseninin solundaki piksel sayısı, sağdaki piksel sayısına eşit olmalıdır (**Şekil 3 (b)**). Bu basit kural, insan yapımı şekillerin çoğu için geçerli olmasına rağmen, düzensiz şekilli bileşenlerin ortadan kaldırılmasında çok etkilidir.



Şekil 3. Helikopter pistlerinin şekilsel özellikleri (orjinal görüntü, Başeski, (2018)).

Bağlantı: İkinci kural olan bağlantı, şeklin sol ve sağ tarafının x ekseni boyunca bağlanması gerektiğini belirtir (**Şekil 3 (c)**). Bu bağlantı x ekseninden geçmelidir ve tüm şeklin boyutuna orantılı bir kalınlığa sahip olmalıdır.

Temizlik: İlk iki kural, bir helikopter pisti şeklinin piksellerinin nerede bulunabileceğini tanımlar. Üçüncü kural olan temizlik ise piksel bulunmayan alanları tanımlar (**Şekil 3 (d)**). Bir şekil, sol/sağ dikey alanların veya orta bağlantı bölgesinin dışında herhangi bir piksel içeriyorsa, o şekil helikopter pisti olarak değerlendirilmez.

Bu üç kural, mükemmel bir H şekli için ideal kurallar olsa da gerçek dünya görüntüleri için de kullanılabilmeleri için belirli bir esneklik içermeleri gerekmektedir. Simetri için sol ve sağ tarafın eşit değil yakın sayıda piksel içerip içermediğine bakarak simetriye belirli bir esneklik kazandırılabilir. Orta bağlantı bölgesini kontrol ederken, bölge içinde kalan piksellerin sayısının toplam şekil sayısı ile orantılı olması beklenir. Bu orantıyı büyük tutmak, ortası aşınmış ve ince hatlara sahip pistler için problem olabilmektedir. Temizlik kuralını esnetmemek, yanlış alarm sayısını en azda tutmak açısından tercih edilebilir bir karardır. Çözünürlüğü kötü görüntülerde ve pist kenar çizgilerinin görüntüye çok yaklaştığı durumlarda bu karar problem çıkarsa da çevresi temiz pistlerin yüksek bir doğruluk ile bulunabilmesini sağlamaktadır. **Şekil 4**'te, yönteme ait örnek deneysel sonuçlar görülmektedir. Örneklerde de görüleceği üzere algoritma, çevresi temiz ve şekli çok bozulmamış pistleri başarılı bir şekilde bulabilmekte, aşırı deforme olmuş veya üzerinden çizgi geçen pistleri bulamamaktadır.

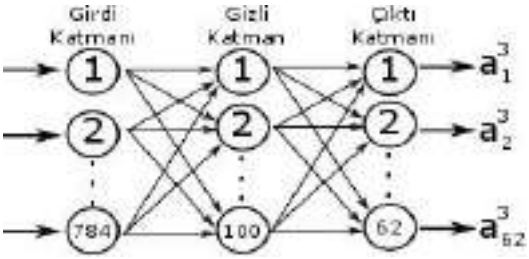


Şekil 4. Örnek deneysel sonuçlar.

Algoritma, deney kümesindeki 66 pistin 60'ını doğru bir şekilde bulabilmiş, 6 tanesini bulamamış ve bir tane de yanlış alarm üretmiştir. Dolayısıyla, %90.9 geri getirme, %98.36 kesinlik performans değerleri elde edilmiştir. Algoritmanın en temel avantajı, kesinlik değerinin çok yüksek olması ve eğitim tabanlı olmadığı için az sayıda örnek görüntü ile geliştirilebilmesidir. En önemli dezavantaj ise deforme olmuş, bütünselliğini kaybetmiş veya üstüne farklı bölütler gelmiş pistleri bulamamasıdır.

2.2.2 Klasik Yapay Sinir Ağlarına Dayalı Algoritma

Klasik yapay sinir ağlarına dayalı algoritma, şekil analizi işlemine kadar olan kısımda ilk algoritma ile aynı stratejiyi izlemekte, sadece şekil analizi kısmında ilk algoritmadan ayrışmaktadır. Klasik görüntü işleme algoritmasından farklı olarak, şekil analizi için rakam ve harfleri sınıflandırabilen bir sinir ağı kullanılmaktadır. Şekil analizi, üç katmanlı bir yapay sinir ağı ile gerçekleştirilmektedir. **Şekil 5**, ağın yapısını göstermektedir. Sinir ağının temel fonksiyonu, 28x28 piksellik bir şeklin H harfine benzeyip benzemediğine karar vermektir.



Şekil 5. Yapay sinir ağı.

Sinir ağı, EMNIST harf veritabanı kullanılarak eğitilmiştir (Cohen vd., 2017). Veritabanında eğitim için 697,932 adet, test için 116,323 adet karakter bulunmaktadır. Bu karakterler, rakamlar ve İngiliz alfabesindeki büyük ve küçük harflerden (toplam 62 sınıf) oluşmakta olup eğitim kümesinde 3152, test kümesinde 521 adet H harfi bulunmaktadır.

EMNIST veri tabanı, 28x28 piksellik görüntülerden oluştuğu için sinir ağımızın ilk katmanı, 28x28=784 nöron içermektedir. Çalışmada 100 nöronluk tek bir gizli katman kullanılmıştır. Çıktı katmanı ise 62 nörondan oluşmaktadır. H şekline benzeyen bir bölüt için 17. nöron yüksek bir değer üretirken H şekline benzemeyen bölütler için diğer nöronlar yüksek değer üretmektedir. Ağın eğitiminde öğrenme katsayısı 0.1, küme sayısı 25, maliyet fonksiyonu çapraz entropi olarak seçilerek 150 epoc süren bir eğitim sonunda katmanlar arasındaki ağırlık ve eğilim (bias) hesaplanmıştır. Bir bölütün H şekline benzeyip benzemediğine karar vermek için öncelikle bölüt, merkezi görüntünün ortasında, uzun kenarı y ekseni ile paralel olacak şekilde dönüştürülür. Elde edilen görüntü 28x28 ebatına getirilerek sinir ağına sokulur ve çıkan değer analiz edilir. Çıktı katmanındaki her nöronun aktivasyon formülü **Denklem 2**'de verilmiştir.

$$a_j^l = \sigma\left(\sum_k w_{jk}^l a_k^{l-1} + b_j^l\right) \tag{2}$$

Denklemde a_j^l katman *l*'deki nöron *j*'nin aktivasyon değerini, σ sigmoid fonksiyonunu, b_j^l katman *l*'deki nöron *j*'nin eğilimini ve w_{jk}^l katman *l*'deki nöron *j*'nin katman *l-1*'deki nöron *k* ile bağlantısının ağırlığını temsil etmektedir.

Şekil 6'da farklı arkaplan içeren görüntülerdeki örnek sonuçlar sunulmuştur. Birden fazla pist olması ve şeklin silik olması durumlarına da örnek verilmiştir.



Şekil 6. Örnek tespit sonuçları.

Şekil 7'de hem arka plan olarak karmaşık hem de büyük görüntüler üzerinde elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Çevrede birçok şekil olmasına rağmen algoritma, başarılı bir şekilde helikopter pistlerini bulabilmiştir.



Şekil 7. Karmaşık arkaplanda tespit sonuçları.

Algoritma, deney kümesindeki 66 pistin 57'sini doğru bir şekilde bulabilmiş, 7 tanesini bulamamış ve 4 tane de yanlış alarm üretmiştir. Dolayısıyla, %86.36 geri getirme, %93.44 kesinlik performans değerleri elde edilmiştir. Algoritmanın en temel avantajı, ağı eğitmek için gereken verilerin farklı bir araştırma alanından sağlanmış olmasıdır. Eğitim verisi işaretlenmiş ve eğitime hazır durumda olduğu için sinir ağının oluşturulması ve eğitilmesi, derin

öğrenme için bu işlemlerin gerçekleşmesinde harcanan zamana göre çok daha az bir efor gerektirmiştir. Ayrıca, şekil analizi için özel algoritma geliştirmeye ihtiyaç kalmadan problemi başarılı bir şekilde çözebilen genel geçer bir metot ortaya konulabilmiştir. Fakat genel geçer metot, probleme özel geliştirilmiş algoritmaya göre daha düşük performans sergilemiştir. Pist şeklindeki deformasyon ve pist üzerindeki ekstra çizgiler, bu algoritma için de önemli ölçüde problem teşkil etmektedir. Ayrıca, yanlış sınıflandırma frekansında bir artış olmuş ve klasik görüntü işleme tekniklerine dayalı algoritmanın kesinlik performansına göre bir düşüş gözlemlenmiştir.

2.4 Derin Öğrenme Tekniklerine Dayalı Algoritma

Bu çalışmada derin öğrenmeye dayalı tekniğin temelinde, Faster R-CNN (Chen ve Mulam, 2017) kullanılmıştır. Faster R-CNN, üç temel ağdan meydana gelmektedir. İlk ağ olan başlangıç (head) kısmı, VGG 16, ResNet 50 gibi daha önceden eğitilmiş bir ağın ilk birkaç katmanını işe yarar öznitelikler bulmak için kullanır. Ağın ilk birkaç katmanı, farklı problemler için iyi ayırt edici özellikleri olan kenarlar ve renk bölütleri gibi genel öznitelikleri algılamayı öğrenir. Sonraki katmanlar ise, daha üst seviye öznitelikleri öğrenirler. İkinci ağ olan bölge teklif ağı (region proposal network (RPN)), arka plan olmayan nesneleri bularak sınıflandırma ağı için aday görüntü parçalarını oluşturmaktadır. Son temel parça olan sınıflandırma ağı (classification network) ise RPN tarafından önerilen adayların sınıflandırılması işini yapmaktadır. Bu sayede aynı ağ, hem görüntüdeki nesneleri hem de bu nesnelerin yerini bulabilmektedir.

Bu çalışmada kullanılan ağın eğitimi için 152 adet görüntü kullanılmıştır. Bu görüntülerden 69'u eğitim, 56'sı onaylama ve 27'si test kümesi olarak belirlenmiştir. Eğitim sonrası oluşturulan model, eğitim sürecinde kullanılmamış olan görüntüler ile denenmiştir. 70000 iterasyonluk eğitim süreci, tek bir Tesla K40c GPU üzerinde yaklaşık 7 saat sürmüştür. Oluşturulan model ile 640x640 piksel büyüklüğünde bir görüntünün analiz edilmesi, 0.7 saniye sürmektedir.

Derin öğrenme tabanlı algoritmanın en temel avantajı, deforme olmuş veya üstünde başka bölütler olan pistleri de başarılı bir şekilde bulabilmesidir. Algoritma, deney kümesindeki 66 pistin 63'ü doğru bir şekilde bulabilmiş, 3 tanesini bulamamış ve 3 tane de yanlış alarm üretmiştir. Dolayısıyla, %95.45 geri getirme, %95.45 kesinlik performans değerleri elde edilmiştir. **Şekil 8**'de iki adet örnek tespit sonucu sunulmuştur. Şeklin sağ tarafındaki görüntü, ilk iki algoritma tarafından tespit edilemeyen bir pist içermektedir. Pistin aşırı silik yapısı ilk iki algoritmanın şekilsel analiz kısmını yanıltmış olsa da derin öğrenme tabanlı algoritma başarılı bir şekilde pisti bulabilmiştir.



Şekil 8. Derin öğrenme için örnek sonuçlar.

Algoritma başarısına etki eden faktörlerden bir tanesi de, görüntülerin 8 bit olması ve 16 bitten 8 bite çevrim sürecinde kullanılan parametrelerin pistler ve çevreleri arasındaki kontrastı düşürebilmesidir. Google Haritalar'dan toplanan görüntüler 8 bit olarak alınabilmektedir. Dolayısıyla, orjinali 16 bit olan görüntüden çevrim yapılırken görüntü genelinin renk dağılımını koruyacak şekilde yapılan bir çevrim, bazı durumlarda pist ve üzerinde bulunduğu arka plan arasındaki kontrastı aşırı derecede düşürerek pistin görünürlüğünü olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Kontrast düşüklüğü nedeniyle yaşanabilecek problemlerin önüne geçmek için her görüntü, kontrastı bir miktar artırıldıktan sonra tekrar ağa girdi olarak verilerek kaçırılan pistler de bulunmaktadır.

Şekil 9'da pist üzerine elle çizilen bir çizginin sonuca etkisi analiz edilmiştir. Sonuç kutucuklarına dikkatlice bakıldığında, çizilen çizginin sonucu değiştirdiği fakat algoritmanın pisti başarılı bir şekilde bulmaya devam ettiği görülebilir. Şekil tabanlı algoritmalar için bu çizgiler pisti H şeklinden radikal bir şekilde uzaklaştırmakta ve algoritma da üzerinde başka çizgiler olan pistleri bulamamaktadır. Üzerinde çizgi olan helikopter pistlerine, özellikle sivil havalimanlarında rastlamak mümkündür. Taksi yolu veya park yeri üzerine yerleştirilmiş helikopter pistlerinin üzerinden çizgiler geçebilmektedir.



Şekil 9. Şekilsel deformasyonun sonuçlara etkisi.

Şekil 10'da sol tarafta üstünden çizgi geçen bir helikopter pisti, sağ tarafta da silikleşmiş iki pist için sonuçlar görülmektedir. Özellikle silik pist için derin öğrenme tabanlı algoritma gayet başarılı bir şekilde sonuç üretebilmiştir. Aynı pist için şekil analizi tabanlı algoritmalar sonuç bulamamıştır.



Şekil 10. Üstünde çizgi olan ve aşırı silik pistler için sonuç örnekleri.

Şekil 11'de sol tarafta arka planı karışık bir pist için tespit sonucu, sağ tarafta da üzerinden çizgi geçen bir pist için tespit sonucu sunulmuştur. İki durum için de algoritma, stabil bir şekilde tespit işlemini gerçekleştirebilmektedir.



Şekil 11. Arka planı karışık ve üstünden çizgi geçen pistler için sonuç örnekleri.

Şekil 12'de, algoritmanın eksik ve fazla bulduğu iki farklı senaryo görülmektedir. Sol taraftaki görüntüde pistlerin aşırı silik olması ve boy/en ilişkisinin genel pist ebatlarına göre büyük olması nedeniyle pistlerden biri bulunamamıştır. Sağ taraftaki görüntüde ise bir adet pist fazladan bulunmuştur. Bunun temel nedeni de bulunan yapının çevresinde çerçeve olan pistlere benzemesidir. Algoritmanın pist üzerinde deformasyon ve farklı bölütler olduğu durumlarda da çalışabilmesini sağlayan esneklik, bazı durumlarda yanlış alarmlar üretilmesine sebep olabilmektedir.



Şekil 12. Algortmanın hata yaptığı durum örnekleri.

Algoritma, hem temiz şekilli helikopter pistlerinde hem de silikleşmiş ve deforme olmuş pistlerde stabil bir şekilde çalışabilmektedir. Algoritmaların rakamsal performansları birbirine yakın görünse de deneyler limitli görüntü ile yapılmıştır ve deney kümesine eklenecek aşırı deforme ve silik pistler, dengeyi derin öğrenme tabanlı algoritma lehine çevirecektir.

Algoritmanın en belirgin avantajı, çok zor pistlerde bile stabil sonuçlar üretebilmesi ve probleme özel kod yazımı gerektirmemesidir. Ayrıca model performansı, ekstra eğitim verisi ile zaman içinde daha da artırılabilir.

Derin öğrenme tabanlı teknikte karşılaşılan en önemli zorluk, eğitim verisinin hazırlanması için çok sayıda veri toplanması gerekliliğidir. Bu çalışmada eğitim amaçlı kullanılmış olan 152 görüntü, derin öğrenme için tatmin edici bir rakam olmasa da helikopter pistlerinin şekillerinin görece belirgin olması, başarılı sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır. Derin öğrenmenin uzaktan algılamada kullanımını içeren çalışmalarda veri toplama aşaması, çalışmanın temel zorluklarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Verilerin sadece toplanması değil, görüntü üzerinde aranacak yapıların işaretlenmesi de büyük bir efor gerektirmektedir. Ayrıca eğitim süreci, güçlü GPU'ları olan özel bilgisayarlar gerektirmektedir. Algoritmanın küçük bir bir dezavantajı da pistin hassas bölütü değil pisti içinde bulunduran çerçeve dörtgenini bulmasıdır.

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada, uydu ve hava fotoğraflarında helikopter pisti bulan üç farklı algoritmadan bahsedilmiştir. İlk algoritma, klasik görüntü işleme teknikleri ile geliştirilmiş bir algoritma olup referans algoritma olarak kullanılmıştır. Diğer iki algoritma öğrenme tabanlı olup bu çalışma kapsamında geliştirilmiştir. Öğrenme tabanlı algoritmalardan ilki, klasik yapay sinir ağları üzerine kurulmuştur. İkinci algoritma ise tamamen derin öğrenme teknikleri ile geliştirilmiştir. Klasik sinir ağı, karakter tanıma için kullanılan bir veri kümesi ile eğitilmiştir ve temel hedefi, şekil analizidir. Derin öğrenme tabanlı algortimada pistin yerinin ağ çıktısı olarak bulunmasını sağlayan evrişimsel bir yapay sinir ağı kullanılmıştır.

Algoritmaların performansını ölçmek için gerçekleştirilen deneyler, Google Haritalar'dan toplanan görseller üzerinde yapılmıştır. Görüntüler, dünyanın farklı bölgelerinden, farklı özellikler (farklı arka plan, farklı görüntü içeriği, farklı bitki örtüsü gibi) içerecek şekilde seçilmiştir. Klasik görüntü işleme teknikleri ile geliştirilen algoritmanın şekilsel olarak temiz pistler için çok yüksek bir kesinlik ile çalıştığı gözlemlenmiştir. Fakat algoritma, üstünde farklı yapılara ait bölütler olması veya şeklin bir kısmının silinmesi durumunda performans kaybı yaşamaktadır. Klasik sinir ağlarına dayalı yöntem de ilk yöntem gibi bölütlerin şekillerini analiz etmektedir. İlk yönteme göre küçük bir performans kaybı olsa da probleme özel algoritma geliştirmeden, başka bir problemin referans verisi ile eğitimin mümkün olduğu gösterilmiştir. Derin öğrenme tabanlı algoritma, karmaşık arkaplana sahip görüntüler ve silikleşmiş helikopter pistlerinde bile stabil bir şekilde çalışmaktadır. En temel dezavantajı, eğitim verisini toplama ve işaretleme sürecinin uzun ve zor olmasıdır.

Algoritmaların rakamsal performansları birbirine yakın görünse de deneyler limitli görüntü ile yapılmıştır ve deney kümesine eklenecek aşırı deforme ve silik pistler, dengeyi derin öğrenme tabanlı algoritma lehine çevirecektir. Bu çalışmada aynı görüntü büyütülerek ve kontrastı artırılarak da derin öğrenme algoritmasına beslenmiştir. Gelecek çalışmalarda ağın bu işlemleri kendi içerisinde yapabilmesi üzerine çalışılacaktır.

KAYNAKLAR

Başeski, E., 2018, Heliport Detection in High-Resolution Optical Remote Sensing Images, *10th Workshop on Hyperspectral Image and Signal Processing: Evolution in Remote Sensing (WHISPERS)*, Basımda.

Blaschke, T., 2010. Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65(1): 2-16.

Chen, X., Mulam, H., 2017, An Implementation of Faster RCNN with Study for Region Sampling, *arXiv preprint arXiv:1702.02138*, http://arxiv.org/abs/1702.02138.

Chen, S., Zhan, R. ve Zhang, J., 2018, Geospatial Object Detection in Remote Sensing Imagery Based on Multiscale Single-Shot Detector with Activated Semantics, *Remote Sensing*, 10(6): 2072-4292.

Cheng, G., Han, J., 2016. A survey on object detection in optical remote sensing images. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 117: 11-28.

Cohen, G., Afshar, S., Tapson, J. ve Schaik, A., 2017. EMNIST: Extending MNIST to handwritten letters. *International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*, 2921-2926.

Girshick, R., 2015, Fast R-CNN, *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision*, 1440-1448.

Han, J., Zhang, D., Cheng, G., Guo L. ve Ren, J., 2015. Object Detection in Optical Remote Sensing Images Based on Weakly Supervised Learning and High-Level Feature Learning. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 53(6): 3325-3337.

Inglada, J., 2007. Automatic recognition of man-made objects in high resolution optical remote sensing images by

SVM classification of geometric image features, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 62(3):236-248.

Liu, W., Anguelov, D., Erhan, D., Szegedy, C., Reed, S., Fu, C. Y., ve Berg, A. C., 2016, SSD: Single Shot Multibox Detector, *In European Conference on Computer Vision*, 21-37.

Mueller, M., Segl, K. ve Kaufmann, H., 2004, Edge- and region-based segmentation technique for the extraction of large, man-made objects in high-resolution satellite imagery, *Pattern Recognition*, 37(8):1619-1628.

Otsu, N., 1979. A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 9(1): 62-66.

Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R. ve Farhadi, A., 2016, You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection, *In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 779-788.

Ren, S., He, K., Girshick, R. ve Sun, J., 2017, Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 39(6): 1137-1149.

Xia, F., Li, H., 2018, Fast Detection of Airports on Remote Sensing Images with Single Shot MultiBox Detector, *Journal of Physics: Conference Series*, 960(1): 1742-6596.

Xia, G., Hu, J., Hu, F., Shi, B., Bai, X., Zhong, Y. ve Zhang L., 2017. AID: A Benchmark Data Set for Performance Evaluation of Aerial Scene Classification. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 55(7): 3965-3981.

Zhu, X. X., Tuia, D., Mou, L., Xia, G., Zhang. L., Xu, F. ve Fraundorfer, F., 2017. Deep Learning in Remote Sensing: A Comprehensive Review and List of Resources. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 5(4): 8-36.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6235

DERİN ÖĞRENME YÖNTEMLERİ İLE YÜZ GÖRÜNTÜLERİNDEN YAŞ KESTİRİMİ

Yusuf Çağrı DAŞKIN[1], Füsun BALIK ŞANLI[2], Taşkın ÖZKAN[3], Hakan KARTAL[4]

[1]Müh., AKSA Enerji, 34810, İstanbul, cagri.daskin@aksa.com.tr
[2]Doç. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, İstanbul, fbalik@yildiz.edu.tr
[3]Yük. Müh, NetcadYazılım A.Ş., 34742, İstanbul, taskin.ozkan@netcad.com.tr
[4]Yük. Müh, UHUZAM, 34396, İstanbul, hakan@cscrs.itu.edu.tr

ÖZET

Yapay zekâ çalışmalarında kaydedilen ilerlemeler ses, görüntü ve yazı işleme konularında başarılı sonuçlar elde edilebilmesine olanak sağlamıştır. Yapay sinir ağlarının son hâli olan derin yapay sinir ağları görüntü işlemede robot görmesi, görüntü etiketleme, görüntü analiz etme ve sınıflandırma konularında kullanılmaya başlanmıştır. Askerî amaçlar ve güvenlik konularında görüntü ve video işleme tekniklerinde doğru kurgulanmış derin yapay sinir ağları mimarileri ile desteklenen sistemlerde doğruluk ve güvenirliğin arttığı gözlenmiştir.
Bu çalışmada, yaş kestirimi için yüz görüntülerinden oluşan bir veri seti ile derin yapay sinir ağı eğitilerek farklı iterasyonlardaki sonuçlara göre doğruluk analizi yapılmış ve değişen parametrelere göre sonuç doğruluğun ne yönde etkilendiği gösterilmiştir.

Anahtar Sözcükler: derin yapay sinir ağları, yaş ve cinsiyet kestirimi

ABSTRACT

AGE ESTIMETION FROM FACIAL IMAGES USING DEEP NEURAL NETWORKS

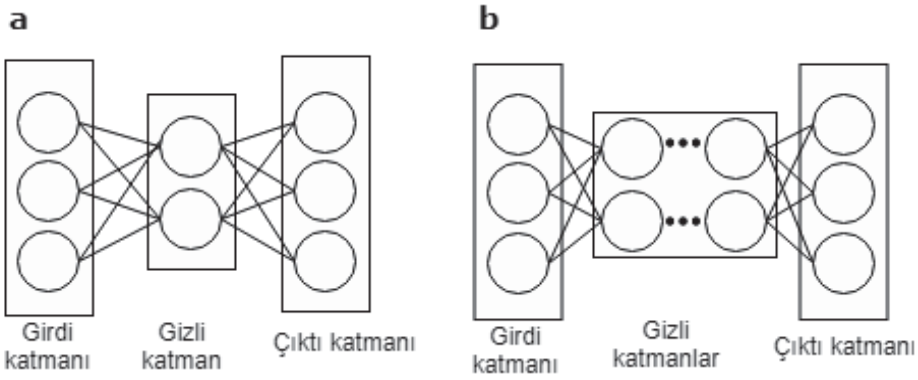
Recent improvements in artificial intelligence studies have enabled people to get successful results in audio, image and text processing. Deep artificial neural networks, which is the latest form of artificial neural networks, are used in all image processing, robot vision, image labeling, image analysis and image classification. It is observed that the accuracy and the reliability are enhanced in systems supported by deep artificial neural network architectures that have been correctly designed for image and video processing techniques in military purposes and security issues.
In this study, for the age estimation a data set consisting of face images was used to train the deep artificial neural network with different parameters, and accuracy analysis was performed and it was shown how the result accuracy is affected according to the changing parameters.

Keywords: deepneural networks, age and gender estimation

1. GİRİŞ

1.1. Derin Yapay Sinir Ağı

Görüntü ve video işleme teknikleri, askerî amaçlardan robot görmesine, güvenlik konularından uzaktan algılamaya pek çok alanda kullanılmaktadır. Güvenlik ihtiyaçları, üretim bantlarının otomasyonu, robot ve makine görmesi gibi konularda artan doğruluk ihtiyacı piksel bazlı klasik yöntemlerden, yapay zekâ bazlı yöntemlere geçilmesi ihtiyacını doğurmuştur.
Derin yapay sinir ağları son yıllarda görüntü ve video işleme alanlarında en sık kullanılan modellerdir. Sistemin örnek veri seti ile eğitilmesi ve kararları bu eğitimin sonucuna göre vermesi esasına dayanır. Çalışma prensibi olarak klasik sinir ağlarından bir farkları yoktur. Derinlik kavramı, ağı oluşturan tam bağlantılı gizli katman sayısının fazlalığından gelir (**Şekil 1**). Gizli katman sayısı ne kadar fazlaysa, ağ o kadar derin olarak nitelendirilir.



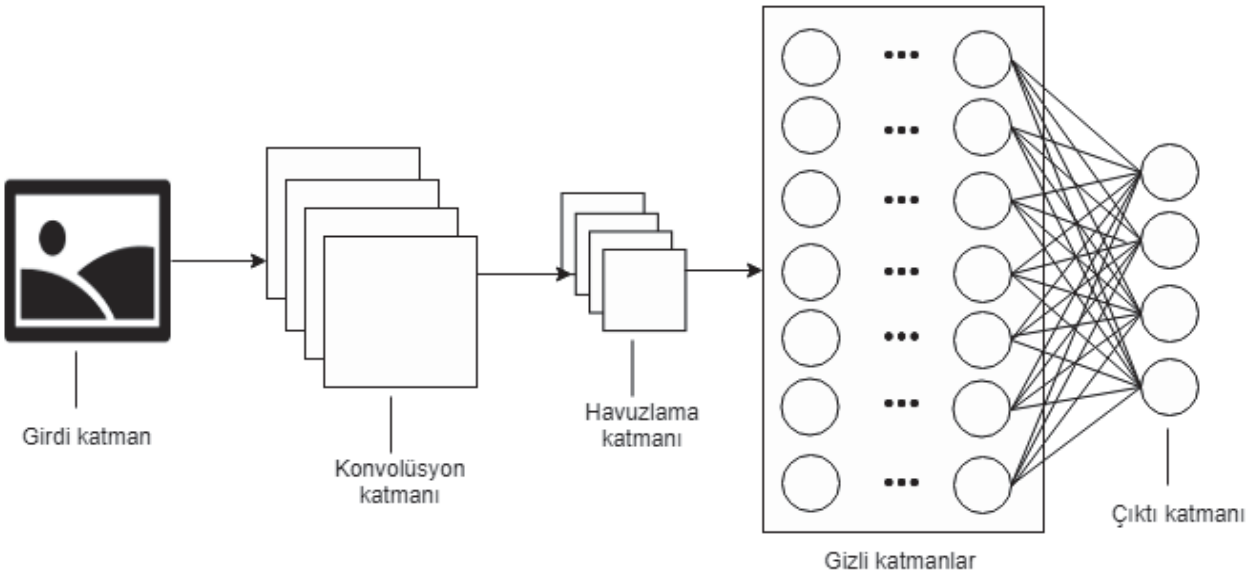
Şekil 1. a) Klasik yapay sinir ağı b) Derin yapay sinir ağı.

Bir ağın eğitilmesi, örnek veri setindeki her bir elemanın ağa iteratif olarak sokulması ile yapılır. Her bir iterasyonda ağın sinir uçlarındaki ağırlıklar geri beslemeli olarak tekrar düzenlenerek ağ çıktısının belli bir eşik değerin altında veya üstünde kalması amaçlanır.

Probleme yönelik olarak tasarlanan birkaç farklı derin yapay sinir ağı mimarisi vardır. Girdi katmanın 2 boyutlu matris olduğu durumlarda konvolüsyonel derin yapay sinir ağları tercih edilmektedir. Bu çalışmada da konvolüsyonel derin yapay sinir ağları ile çalışılmıştır.

1.2. Derin Yapay Sinir Ağı Katmanları

Konvolüsyonel derin yapay sinir ağları, öğrenme işlemini bir dizi sıralı işlemi tekrarlı şekilde yaparak gerçekleştirir. Her bir aşamsında farklı girdilere farklı işlemler uygulanan bu işlemlere ağın katmanları denir. Konvolüsyonel derin yapay sinir ağlarının katmanları girdi katmanı, konvolüsyon katmanı, havuzlama katmanı, gizli katmanlar ve çıktı katmanı olarak sayılabilir (**Şekil 2**). Derin yapay sinir ağının yapısı, ağı tasarlayan kişi tarafından bu katmanların sayısı ve bazı katmanların sıralamadaki yerinin belirlenmesiyle belirlenir. Görüntü işleme konularında başarısı kabul edilmiş ve yaygın olarak kullanılan bazı derin yapay sinir ağı modelleri vardır. Bunlar AlexNet, ZF Net, GoogleNet, ResNet ve VGG Net olarak sıralanabilir. Bu çalışmada VGG-16 modeli kullanılmıştır.



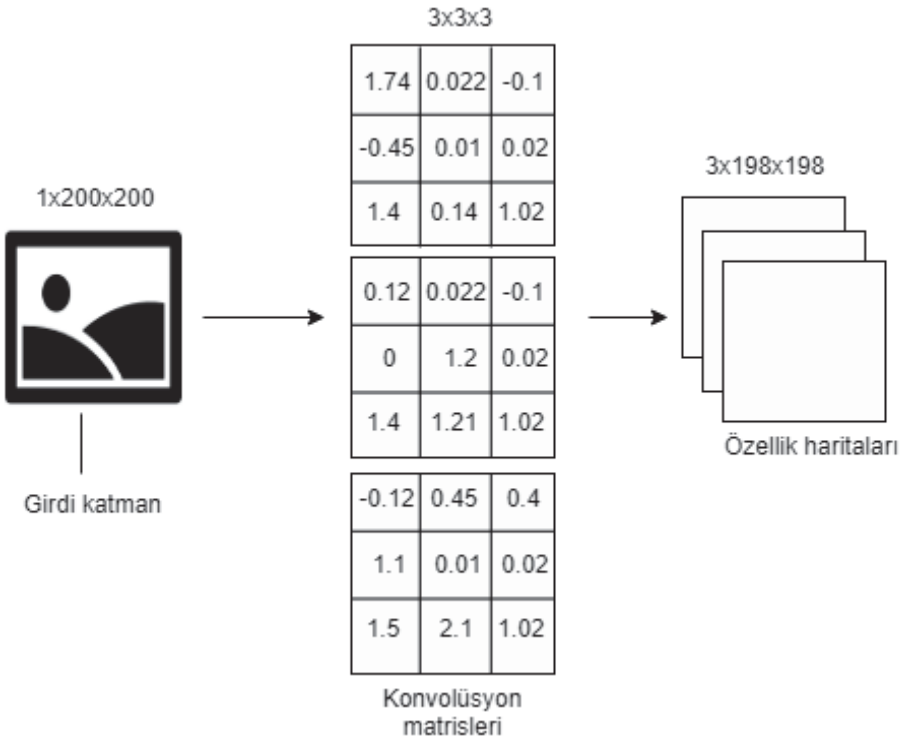
Şekil 2. Derin yapay sinir ağı katmanları.

1.2.1. Girdi Katman

Bu katmanda derin yapay sinir ağına, üzerinde eğitim yapılacak veri setinden örnekler girdi olarak verilir. Bu çalışmadaki girdi verileri, kişilerin yüz görüntüleridir.

1.2.2. Konvolüsyon Katmanı

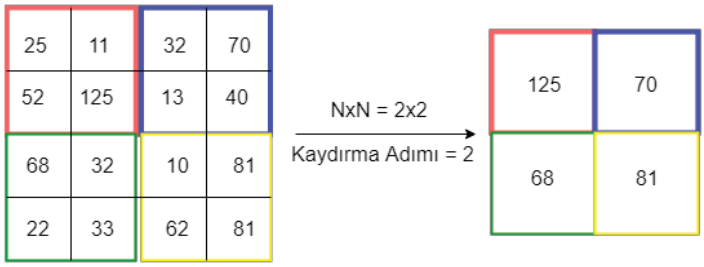
Konvolüsyonel derin yapay sinir ağını klasik yapay sinir ağından ayıran bir diğer özellik, ağın denetimsiz olmasıdır. Klasik yapay sinir ağları ile görüntü sınıflandırma problemlerinde girdi görüntü, ağın tasarımcısı tarafından belirlenen bazı filtrelerden geçirilerek görüntü üzerinden bazı özellikler çıkarılır. Sinir ağının eğitimi ham görüntü üzerinde değil, özellik verileri üzerinde yapılır. Konvolüsyonel derin yapay sinir ağlarında ise girdi katmana uygulanacak özellik çıkarımı matrisleri bir kişi tarafından verilmez. Bu matrisler eğtim sonucunda ağın kendisi tarafından oluşturulur. Konvolüsyon katmanı, girdi veriden özellik çıkarımının yapıldığı katmandır (**Şekil 3**). Konvolüsyon işleminden sonra çıkarılan özellik haritalarının boyutları, girdi katmanın boyutlarından küçük olur (Goodfellow et al., 2016).



Şekil 3. Konvolüsyon katmanında özellik çıkarımı yapılır.

1.2.3. Havuzlama Katmanı

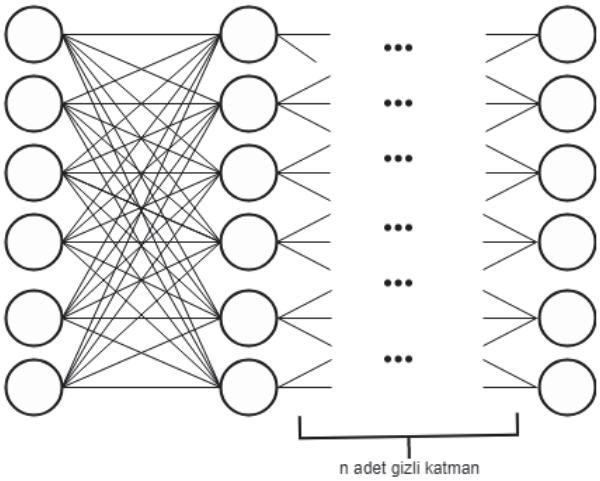
Havuzlama katmanında özellik haritaları üzerinde çekirdek bir matris gezdirilir. Gezdirilen çekirdek matris ile özellik haritasını temsil eden matrisin çakıştığı bölgedeki en büyük, en küçük veya ortalama değer alınarak yeni bir matris oluşturulur (**Şekil 4**). Havuzlama işlemi en büyük havuzlama veya ortalama havuzlama olarak iki farklı şekilde yapılabilir (URL 1, 2018). Konvolüsyonel derin yapay sinir ağlarında çoğunlukla en büyük havuzlama tekniği kullanılır. Gezdirilen çekirdek matris, boyut ve kaydırma adımı olarak iki değişken ile ifade edilir (Scherer et al., 2010). Boyut değişkeni çekirdek matrisin **NxN** ifadesi ile 2 boyutunu belirler. Kaydırma adımı parametresi ise çekirdek matrisin, uygulanacağı matriste her adımda kaç hücre yer değiştireceğini belirler (Goodfellow et al., 2016).



Şekil 4. En büyük havuzlama işlemi.

1.2.4. Gizli Katmanlar

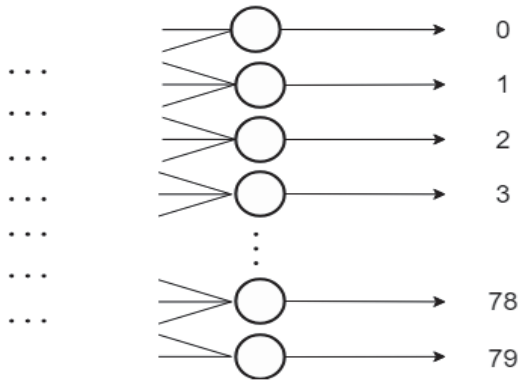
Derin yapay sinir ağlarını klasik yapay sinir ağlarından ayıran en önemli özellik, gizli katman sayısının 1'den fazla olmasıdır. Gizli katman sayısı ne kadar fazlaysa ağ o kadar derin sayılır. Gizli katmanlardaki her bir değer bir sonraki katmanın bütün girdi değerlerine doğrudan etki eder. Bu yapıdaki gizli katmanlara tam bağlantılı gizli katmanlar denir (**Şekil 5**).



Şekil 5. Tam bağlantılı gizli katmanlar.

1.2.5. Çıktı Katmanı

Çıktı katmanı, ağa verilen girdi katmanı değerlerinin bütün katmanlardaki işlemlerden geçtikten sonra aldığı değerler katmanıdır. Derin yapay sinir ağının son katmanıdır. Öğrenme aşamasında her bir iterasyonun sonucunda çıktı katmanının değerleri ile etiket değerleri karşılaştırılarak hata hesaplanır. Hatalar geriye dönük olarak dağıtılarak, ağdaki her katman arasındaki bağlantıların ağırlıklarına ve bias değerlerine düzeltme getirilir. Bir sonraki iterasyonda güncellenmiş ağırlık ve bias değerleri ile işlemler yapılır. Yapılan çalışmada yaş grupları 0 – 79 olarak belirlendiğinden, çıktı katman düğüm sayısı 80 olarak belirlenmiştir (**Şekil 6**).



Şekil 6. Çıktı katman.**1.3. Tensorflow Çatısı.**

Derin öğrenme uygulamalarının geliştirilebilmesi için hazırlanmış bazı yazılım çatıları vardır. Bunların en yaygın olarak kullanılanları Caffee, Torch, Keras ve Tensorflow olarak sıralanabilir. Bu çalışmada Tensorflow çatısı kullanılmıştır. Tensorflow, Google Brain ekibi tarafından geliştirilmiştir. Apache 2.0 Açık Kaynak Kodu Lisansı ile lisanslanmıştır. Python kodlama dili ile tam uyumludur (URL 1, 2018)). Windows ve Linux işletim sistemlerinde kullanılabilir. x86 ve x64 mimarili işlemcilerde kullanılabildiği gibi ARM mimarili işlemcilerde de kullanılabilmektedir. Grafik işlemci ile çalışmaya olanak vermesi sayesinde büyük bir işlem gücü desteği sağlamaktadır.

2. UYGULAMA

2.1. Veri Seti

Derin öğrenme uygulamalarındaki büyük problemlerden biri, derin yapay sinir ağlarının eğitimi için gerekli olan örneklem veri setinin temin edilmesidir. Eğitim için aynı özellikleri barındıran binlerce örneklem bulmak gerekebilir. Bazı üniversite veya vakıflarca yaş – cinsiyet, ruh hâli kestirimi gibi problemler için hazırlanmış veri setleri mevcuttur. Bunlardan en yaygın olarak kullanılanları Imagenet veri seti ve IMDB-WIKI veri setidir (URL 2, 2018), Çalışmada IMDB-WIKI veri seti kullanılmıştır. Veri seti imdb.com sitesinden toplanmış 460723 ve wikipedia.org sitesinden toplanmış 62328 yüz görüntüsünü içermektedir. Görüntüler JPEG formatında kaydedilmiştir. Her bir görüntü, ait olduğu kişinin doğum tarihi ve fotoğrafın çekildiği yıl bilgileri ile etiketlenmiştir (**Şekil 7**).

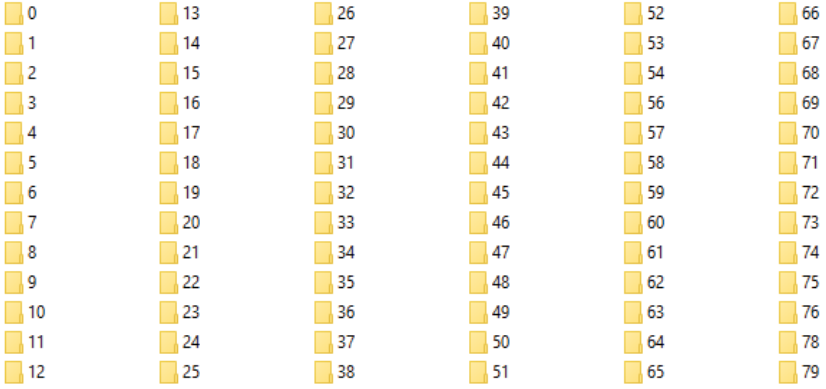


Şekil 7. Veri setine ait görüntüler, kişilerin doğum tarihi ve fotoğrafın çekildiği tarih ile etiketlenmiştir.

2.2. Görüntülerin Tasnif Edilmesi

Veri setine ait görüntüler, C# dili ile yazılan yardımcı bir program ile otomatik olarak yaşa göre tasnif edilmiştir. Her bir görüntüdeki kişinin yaşı, görüntünün adında barındırdığı doğum tarihi ve fotoğrafın çekildiği yıl bilgilerine

göre hesaplanmıştır. Yaşı hesaplanan görüntü, aynı yaş ile adlandırılmış klasöre kopyalanmıştır. Bu şekilde bütün görüntüler tasnif edilmiştir. İşlem sonucunda 0 – 79 arasında yaş grupları oluşturulmuş ve her bir görüntü ait olduğu klasöre kaydedilmiştir (**Şekil 8**).



Şekil 8. Görüntüler yaşlara göre tasnif edilip klasörlenmiştir.

2.3. Derin Yapay Sinir Ağının Eğitilmesi

Tasnif edilen görüntüler ile VGG-16 mimarisi ile kurgulanmış derin yapay sinir ağı eğitilmiştir. Eğitim işlemi Tensorflow çatısı kullanılarak Python dilinde yazılmış bir programla yapılmıştır. Program Nvidia GTX 1080 işlemcili ekran kartı üzerinde çalıştırılmıştır. Eğitim yaklaşık 10 saatte ve 207000 iterasyonda tamamlanmıştır. Her 1000 iterasyondaki eğitim sonucu vektör dosya olarak kaydedilmiştir.
Teoride ağın son katmanındaki loss ve çapraz entropi fonksiyonu değerinin 0 olması beklenir (URL 1, 2018). Loss fonksiyonun 0 değeri vermesi, örnek verinin tam doğrulukla tahmin edildiği anlamını taşır. Çapraz entropi değerinin 0 olması ise tahmin edilen değerin, ait olduğu sınıfa tam korelasyonla ait olduğu anlamına gelir (de Boer et al., 2005).

2.4. Farklı İterasyonlarda Kaydedilen Eğitim Sonuçlarının Yaş Kestirimi Doğruluk Analizi

Farklı iterasyonlardaki eğitim sonuçları ile veri seti üzerinde doğruluk analizi yapılmıştır. Analiz, Python kodlama dili ile yazılmış bir yardımcı program vasıtası ile yapılmıştır. Yaş doğruluğu, eğitim sonucundan elde edilen görüntülere ait yaş bilgilerinin, görüntülerin bulunduğu klasörlerdeki yaş etiketleriyle mukayese edilmesi ile hesaplanmıştır. Her tahminin, etiket değerlerinden farklarının mutlak değerleri toplamının analize giren tahmin sayısına bölünerek ortalama yaş hataları bulunmuştur (**Şekil 9**). İterasyon sayısının loss ve çapraz entropi fonksiyonu değerine etkisi ve loss ve çapraz entropi fonksiyonu değerindeki değişimin doğruluk üzerindeki etkisi gözlemlenmiştir.



Şekil 9. 207000. iterasyonun tahmin sonuçları. Soldan sağa: TD: 79 GD: 82, TD: 5 GD: 3, TD: 22 GD: 33 (TD: Tahmin değeri, GD: Gerçek değer).

Çizelge 1. Belirli iterasyonlardaki eğitim sonuçlarının loss, çapraz entropi ve ortalama yaş hatası değerleri.

İterasyon	Loss	ÇaprazEntropi	OrtalamaYaşHatası
1	9602,99	4,25	16,66
1001	5,04	3,52	12,40
2001	4,86	4,2	11,81
10001	4,21	3,76	8,67
23001	4,39	2,89	8,47
115001	9,01	0,32	8,09
130001	8,93	0,43	7,72
140001	8,97	0,21	8,00
150001	8,91	0,24	7,95
160001	9,00	0,23	7,93
201001	8,98	0,09	8,01

3. SONUÇLAR

Doğruluk analizi sonuçlarına göre iterasyon sayısı arttıkça çapraz entropi değerinin 0'a yaklaşma eğiliminde olduğu söylenebilir. Loss değerinin eğitimin ilk aşamalarında büyük değerle başlayıp, küçülme eğilimine girse de belirli bir sayıdaki iterasyondan sonra aynı değerlerde seyrettiği gözlemlenmiştir. Ortalama yaş hatası değerindeki değişimin loss değerindeki değişimle benzerlik gösterdiği görülmüştür. Ancak iterasyon sayısının artması, çapraz entropi değerini 0'a yaklaştırdığı için derin yapay sinir ağının yaş kestirimi sonucunun daha güvenilir yapılmasını sağladığı söylenebilir.

KAYNAKLAR

Goodfellow et. al. (2016), Deep Learning

Scherer, D., Müller, A., Benkhe, S., 2010, Evaluation of Pooling Operations in Convolutional Architectures for Object Recognition

Fukai, H., Takimoto, H., Mitsukura, Y., Fukumi, M., **2009**, Age and Gender Estimation System Based on Human Perception (2009) 1143-1148

Eran Eidinger, Roee Enbar, Tal Hassner, 2014, Age and Gender Estimation of Unfiltered Faces (2014) 2170 – 2179

Rasmus Rothe, Radu Timofte, Luc Van Gool, 2015, DEX: Deep Expectation of Apparent Age From a Single Image

Gil Levi and Tal Hassner, 2015, Age and Gender Classification using Convolutional Neural Networks

de Boer, P-T., Kroese, D., Mannor, S., & Rubinstein, R. Y. 2005, A Tutorial on the Cross- Entropy Method. *Annals of operations research*, *134*(1), 19-67. DOI: 10.1007/s10479-005-5724- z

URL 1, 2018, https://www.tensorflow.org/api_docs/, (Tensorflow API Dokümanı)

URL 2, 2018, https://data.vision.ee.ethz.ch/cvl/rrothe/imdb-wiki

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6132

YÜKSEKLİK TABANLI BÖLÜTLENMIŞ LİDAR VERİLERİNDEN OTOMATİK BİNA ÇIKARIMI

Samed ÖZDEMİR[1],Zeynep AKBULUT[1], Hayrettin ACAR[2], Fevzi KARSLI[3]

[1]Arş. Gör., Gümüşhane Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 29000, Bağlarbaşı, Gümüşhane, {samed.ozdemir, zeynepakbulut}@gumushane.edu.tr
[2]Arş. Gör. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon, h_acar@ktu.edu.tr
[3]Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon, fkarsli@ktu.edu.tr

ÖZET

Binaların LiDAR nokta bulutundan çıkartılması son yıllarda üzerinde çokça çalışılan konuların başında gelmektedir. LiDAR nokta bulutunun yüksek nokta yoğunluğu ve geometrik olarak basit yapısı sayesinde binaların etkin bir şekilde çıkartılmasında avantaj sağlamaktadır. Binaların LiDAR verisinden otomatik olarak çıkartılması, 3B şehir modellerinin oluşturulması, güncellenmesi ve pek çok farklı kentsel uygulamaların gerçekleştirilmesi için önemli bir adımdır. Bu çalışmada LiDAR nokta bulutundan otomatik olarak binaların çıkartılması için bölütleme tabanlı bir yaklaşım izlenmiştir. Çalışma, ISPRS'in Vaihingen veri seti üzerinden belirlenen üç test alanında gerçekleştirilmiştir. Öncelikle LiDAR nokta bulutu kumaş benzetim (CSF) filtreleme algoritması yardımı ile zemin ve zemin üstü olmak üzere iki sınıfa ayrılmıştır. Zemin nokta bulutu sınıfı kullanılarak bir sayısal arazi modeli (SAM) oluşturulmuş ve bölge büyütme (region growing) algoritması ile yüksekliğe bağlı olarak bölütlenmiştir. Daha sonra, bölütleme sonucu oluşan bölgeler ham LiDAR nokta bulutundan çıkartılarak uyarlanabilir bir eşik değer belirlenmiş ve bu eşik değerin üzerinde kalan noktalar, vejetasyon çıkartıldıktan sonra bina olarak sınıflandırılmıştır. Çalışmanın doğruluk değerlendirmesi correctness (Cr), completeness (Cp) ve quality (Q) ölçütleri kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada elde edilen en düşük ve en yüksek doğruluk değerleri Cr, Cp ve Q için sırası ile 0.9653 ve 0.9889, 0.9376 ve 0.9864, 0.9071 ve 0.9757'dir.

Anahtar Sözcükler: alan büyütme, bina çıkartma, filtreleme, LiDAR

ABSTRACT

BUILDING EXTRACTION FROM HEIGHT BASED SEGMENTED LIDAR DATA

Automatic extraction of buildings from airborne LiDAR (Light Detection and Ranging) data is an ever increasing research field in academic studies. High point density and geometrically simple structure of LiDAR data can be used for effective building extraction. Automatic extraction of buildings from LiDAR point cloud is an important step towards creating and updating 3D city models and various urban applications. In this research, a different approach adopted for building extraction from LiDAR point cloud. First, by filtering LiDAR point cloud with cloth simulation filtering algorithm (CSF), ground and non-ground point classes created. A digital elevation model (DEM) generated from ground point cloud class. Then this DEM separated to regions with 3 meters height variation by a region growing algorithm and these regions extracted from the main LiDAR point cloud. Finally, extracted regions cleared from vegetation and an adaptive threshold applied to extract buildings. Accuracy assessments carried out by the correctness (Cr), completgeness (Cp) and quality (Q) metrics. Accuracy assessments yields; Cr: 0.9653, Cp: 0.9376, Q: 0.9071 for the lowest accuracy and Cr: 0.9889, Cp: 0.9864, Q: 0.9757 for the highest accuracy.

Keywords: building extraction, filtering, LiDAR, region growing

1. GİRİŞ

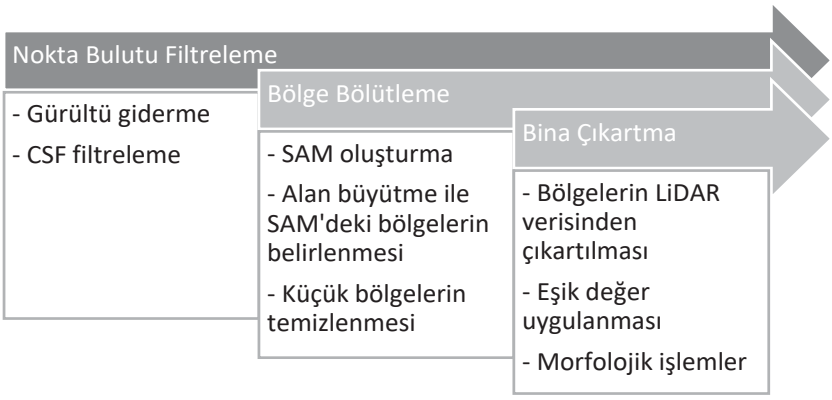
Günümüzde LiDAR sistemleri kentsel alanlarda yüksek mekânsal çözünürlüklü ve yüksek detaya sahip nokta bulutlarını hızlı bir şekilde üretmektedir (Sun vd., 2016). Bina sınırlarının doğru olarak belirlenmesi; şehir planlama, sanal gerçeklik, afet yönetimi ve yasa dışı kat artışları gibi pek çok uygulama için hayati öneme sahip bilgiler sağlamaktadır (Abdullah vd., 2014). LiDAR uzaktan algılama, yeryüzündeki objelerin üç boyutlu olarak yapılarının yakalanması ve temsil edilmesinde hızlı ve görece ekonomik bir araçtır (Ramiya vd., 2017).

Son yıllarda LiDAR nokta bulutundan otomatik bina çıkarımı ile ilgili pek çok algoritma araştırmacılar tarafından öne sürülmüştür. LiDAR nokta bulutundan binaların çıkartılması ardışık iki adımdan oluşmaktadır ki bu adımlar sırası ile filtreleme ve bölütlemedir (Ramiya vd., 2017). Filtreleme algoritmaları ile yer ve yer üstü nokta kümeleri tespit edilir. Filtreleme algoritmalarına örnek olarak, kademeli yoğunlaştırma (progressive densification) (Axellson, 2000), bölütleme tabanlı filtreleme (Filin ve Pfeifer, 2006) ve kumaş benzetim filtreleme (Zhang vd., 2016) gösterilebilir. Filtrelemek suretiyle yer üstü sınıfına ayrılan nokta kümelerinden farklı bölütleme yaklaşımları kullanılarak binalar çıkartılmaktadır. Bölütleme algoritmalarına; model uydurma tabanlı bölütleme (Sampath ve Shan, 2010), morfolojik filtreleme tabanlı bölütleme (Kim ve Shan, 2011) ve kontrollü öğrenme yöntemi (Aijazi vd., 2016) çalışmaları örnek olarak verilebilir.

Bu çalışmada, LiDAR nokta bulutu filtrelenmek suretiyle elde edilen yer üstü nokta bulutundan üretilen sayısal yükseklik modeli yükseklik farkı 3 metreden fazla olmayacak şekilde bölgelere ayrılarak, bu bölgelerde belirlenen eşik değerden yüksek olan noktalar bitki alanları da çıkartıldıktan sonra bina olarak sınıflandırılmıştır. Çalışma alanının 3 metre yükseklik değişimi gösteren bölgelere ayrılmasında, bu bölgedeki en düşük yüksekliğe sahip binanın 3 metreden yüksek olduğu ve basit bir eşik uygulanarak bu bölgedeki tüm binaların çıkartılabileceği varsayımı esas alınmıştır. Önerilen bu yeni yaklaşım ya da yöntem Matlab yazılımında kodlanmıştır.

2. YÖNTEM

Bu çalışmada uygulanan yöntem üç temel adımdan oluşmaktadır. Bu adımlar sırası ile nokta bulutu filtreleme, bölge bölütleme ve bina çıkartmadır (Şekil 1). Önerilen yaklaşım LiDAR ve ortofoto görüntülerden oluşan ISPRS Vaihingen veri seti üzerinde üç farklı test alanında denenmiş ve test edilmiştir. Vaihingen veri setindeki LiDAR nokta bulutu yoğunluğu 8 nokta/m^2 ve ortofoto görüntülerin yer örnekleme aralığı 9 cm'dir.

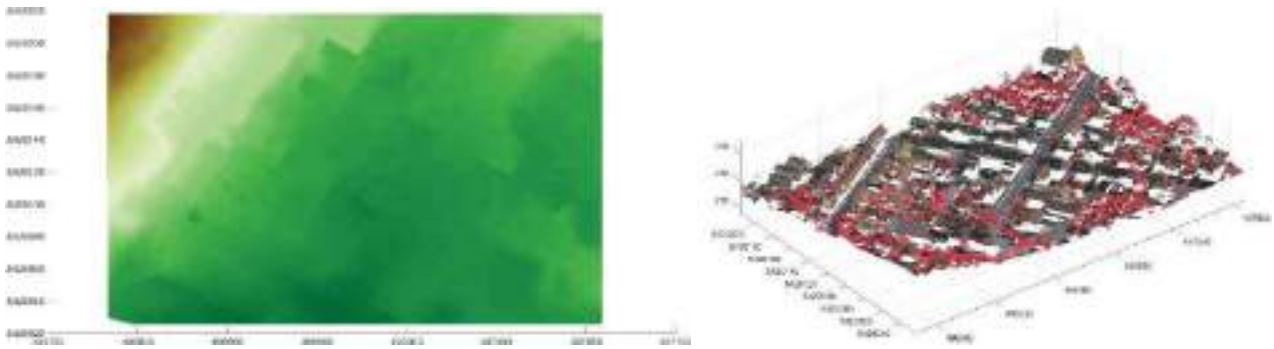


Şekil 1. Önerilen yöntemin akış diyagramı.

2.1. Nokta Bulutu Filtreleme

LiDAR nokta bulutu içerisinde, lazer ışını ile yer yüzeyindeki nesnelerin etkileşiminden, alet kaynaklı olarak ya da nokta bulutu işlemede kullanılan yazılımdan kaynaklı olarak aykırı noktalar barındırabilmektedir. Aykırı noktaların temizlenmesi, nokta bulutu üzerinde daha sonraki aşamalarda uygulanacak olan işlemlerin doğruluğunu artıracaktır. Bu amaçla LiDAR nokta bulutu Matlab yazılımı kütüphanesinde mevcut "*pcdenoise*" fonksiyonu ile aykırı noktalar temizlenmiştir.

Nokta bulutunun filtrelenmesi bina çıkarımı için önemli bir adımdır. Bu amaçla LiDAR nokta bulutunun filtrelenmesi adımında, nokta bulutu Zhang vd., (2016) tarafından önerilen kumaş benzetimi filtreleme yöntemi (Cloth Simulation Filtering (CSF)) ile yer ve yer üstü nokta bulutu sınıflarına ayrılmıştır. CSF, bilgisayar üzerinde kumaş benzetimi yapan 3 boyutlu bilgisayar grafiği tabanlı bir filtreleme yöntemidir. Bu yöntemde öncelikle nokta bulutu Z ekseninde ters çevrilir. Ardından nokta bulutu üzerine, birbirlerine bağlı ve ağırlıkları olan düğüm noktalarından oluşan kumaş modeli yerleştirilir. Kumaş modeli iteratif olarak yüzey üzerinde dengeli bir hâl bulana kadar çalıştırılır. Sonuç kumaş modeline denk gelen noktalar yer noktaları olarak, geriye kalan noktalar da yer üstü noktalar olarak işaretlenir. Yer nokta bulutu sınıfındaki noktalar kullanılarak çalışma alanı için uygun bir örnekleme aralığı ile SAM üretilmiştir (Şekil 2). Daha sonra tüm nokta bulutu sonraki adımlarda işlem kolaylığı olması için düzenli grid formatına çevrilmiştir (Şekil 2).

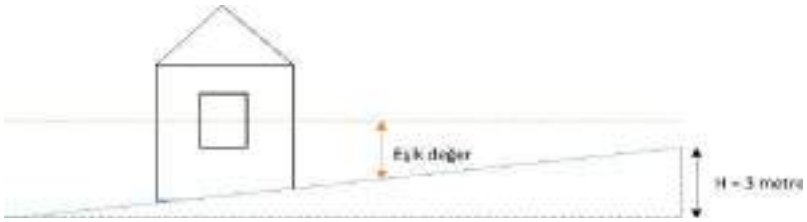


a) Sayısal yükseklik modeli b) Düzenli gridlenmiş LiDAR nokta bulutu

Şekil 2. Yer nokta bulutundan üretilen SAM (a) ve düzenli grid hâline getirilmiş LiDAR nokta bulutu (b).

2.2. Yüksekliğe Bağlı Olarak Bölgelerin Bölütlenmesi

LiDAR nokta bulutundan binaların çıkartılması için önerilen yöntemde çalışma alanının 3 metre yükseklik değişimi gösteren bölgelere ayrılarak bina çıkarımı yapılması amaçlanmıştır. Çalışma alanının 3 metre yükseklik değişimi gösteren bölgelere ayrılmasında, bu bölgedeki en düşük yüksekliğe sahip binanın 3 metreden yüksek olduğu ve basit bir eşik uygulanarak bu bölgedeki tüm binaların çıkartılabileceği varsayımı esas alınmıştır (Şekil 3). Çalışma alanını yüksekliğe bağlı olarak farklı bölgelere ayırabilmek için, yer üstü noktalarından ayrıştırılmış olan yer nokta bulutu verisinden elde edilen SAM'nin kullanılması gerekmektedir. Böylece SAM, yüksekliğe bağlı olarak çalışan bir bölge büyütme algoritması ile 3 metre yükseklik farkına sahip bölgelere ayrılabilir.



Şekil 3.Önerilen yöntemin şekilsel gösterimi.

Üretilen SAM, Matlab ortamında kodlanmış olan bölge büyütme algoritmasının yüksekliğe bağlı olarak çalışacak biçimde düzenlenmesi ile 3 metre yükseklik farkına sahip bölgelere ayrılmıştır. Bölge büyütme algoritması SAM'nin sol üst köşesinden başlayarak tüm çalışma alanında istenen yükseklik koşullarını karşılayan ve komşu olan tüm pikselleri bularak bir bölge numarası verir. Bölge numarası alan pikseller bir sonraki iterasyonda işleme dâhil edilmez ve alan büyütme algoritması için yeni bir başlangıç pikseli, bölge numarası almayan ilk SAM pikselinden seçilerek yeniden başlar. Bu işlem SAM'deki tüm pikseller bölge numarası alana kadar tekrar edilir. Ayrıştırılan bölgelerde kullanıcı tarafından yer örnekleme aralığına bağlı olarak belirlenen bir eşik değerin altında alana sahip olan bölgeler en yakınlarındaki bölgeler ile birleştirilerek bina çıkartma aşamasında oluşabilecek hatalı sonuçların önüne geçilmiştir (Şekil 4).



a) SAM'den çıkartılan bölgeler b) Temizlenmiş bölgeler

Şekil 4. SAM'den alan büyütme algoritması ile çıkartılan bölgelerin her biri farklı renk ile gösterilmiştir (a). Daha sonra bu bölgelerden küçük olanlar temizlenmiştir (b).

2.3. Bina Çıkartma

Bina çıkartma aşamasında, alan büyütme yöntemi ile elde edilen bölge sınırlarına karşılık gelen noktalar düzenli grid hâline getirilmiş ve LiDAR nokta bulutundan tek tek çıkartılmıştır. Bu bölgelerdeki noktalardan belirlenen yükseklik eşik değerinin üzerinde kalan noktalar bina olarak işaretlenip kaydedilmiştir. Bu aşamada kullanılan eşik değer, seçilen bölgenin ortalama yüksekliğine sabit bir yükseklik katsayısının eklenmesi ile elde edilmiştir. Bu yükseklik katsayısı, bölgenin ortalama yüksekliğine göre 50 cm ile 100 cm arasında belirlenmiştir. Ardından çalışma alanına ait ortofoto üzerinden normalized difference vegetation index (NDVI) uygulanarak bitkiler de çıkartılmıştır. Son olarak filtreleme ve bitki çıkartma sonucu oluşan artık noktalar morfolojik işlemler ile temizlenmiş ve böylelikle sonuç nokta bulutunda sadece bina noktaları kalmıştır (Şekil 5.).



a) LiDAR nokta bulutundan çıkartılan bölgeler b) Bina noktaları

Şekil 5. LiDAR nokta bulutundan çıkartılan bölgelerde eşik değerin üzerinde kalan bina noktaları.

3. SONUÇLAR

LiDAR nokta bulutundan otomatik bina çıkartılması yaklaşımının sonuçları çizelge 1'de ve çıkartılan bina sınırları Şekil 6'da verilmiştir. Sonuçlar irdelendiğinde, önerilen otomatik bina çıkartma yaklaşımı Cr, Cp ve Q ölçütleri ile değerlendirildiğinde %90 ve üzerinde bir doğruluğa sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 1). Ancak bazı binaların tam sınırlarının çıkartılamadığı ya da sınırlarının düzgün olmadığı tespit edilmiştir. Bina sınırlarında karşılaşılan bu problemin nedeni, kullanılan vejetasyon filtreleme yönteminden kaynaklanmaktadır. Bu problem daha iyi bir vejetasyon filtreleme sonucu sağlayabilecek olan istatistiksel öğrenme algoritmaları ile çözülebilir. Bina sınırlarında oluşan düzensizlik ise LiDAR sisteminin tarama çizgilerinden kaynaklanmaktadır. Bu sorunun çözümü ise bina sınırlarının post processing ile düzenli hâle getirilmesi ile aşılabilecektir.

Çizelge 1. Farklı test alanlarına ait correctness, completeness ve quality ölçütleri.

Test Alanı	Cr	Cp	Q
Alan_1	0.9889	0.9864	0.9757
Alan_2	0.9850	0.9817	0.9672
Alan_3	0.9653	0.9376	0.9071

Doğruluk analizi sonuçları, %96 ve üzerindeki doğruluk değerleri ile bina çıkarımında önerilen yöntemin başarılı sonuçlar ürettiğini göstermektedir. Karmaşık bina yapısı ve bina çatılarının farklı dokuda olması önerilen yöntem için bir sorun teşkil etmemiştir. Ancak alçak çatılı binaların çıkartılmasında bazı sorunlar ile karşılaşılmıştır. Bina çatısının yere kadar uzandığı durumlarda önerilen yöntem, eşik değerin altında kalan bina çatısını çıkartamamıştır. Ayrıca,

nokta bulutundaki bitkilerin NDVI ile filtrelenmesi pek çok izole nokta kümesinin oluşmasına neden olmuştur. Bundan dolayı da önerilen yaklaşımın son aşamasında bu izole noktalar morfolojik işlemler ile temizlenmiştir.



a) Alan_1 b) Alan_2 c) Alan_3

Şekil 6. Bina çıkartma sonuçları.

Önerilen yöntem ile otomatik olarak bina çıkarımında başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Ancak bitkilerin filtrelenmesinde uygulanan yöntemin yetersiz kaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca çıkartılan bina sınırları, LiDAR nokta bulutunun bir karakteristiği (tarama çizgileri) olarak girintili çıkıntılı olmuştur. Sonraki çalışmalarda nokta bulutundan bitkilerin filtrelenmesi için farklı bir yöntemin uygulanması ve bina sınırlarının düzgünleştirilmesi için de bir sınır düzeltme yaklaşımının kullanılması planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

Abdullah, S, M., Awrangjeb, M., Lu, G., 2014. Automatic Segmentation of Lidar Point Cloud Data at Different Height Levels for 3D Building Extraction. *IEEE International Conference on Multimedia and Expo Workshops (ICMEW)*, ISSN 1945-7871, 1-6.

Aijazi, A. K., Serna, A., Marcotegui, B., Checchin, P., Trassoudaine, L., 2016. Segmentation and Classification of 3D Urban Point Clouds: Comparison and Combination of Two Approaches. *In Field and Service Robotics* (pp. 201-216).

Axellson, P., 2000. DEM generation from laser scanner data using adaptive TIN models. International Archives of the Photogrammetry, *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXIII, 110–117.

Filin, S., Pfeifer, N., 2006. Segmentation of airborne laser scanning data using a slope adaptive neighborhood. *ISPRS journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 60(2), 71-80.

Kim K., ve Shan, J., 2011. Building roof modeling from airborne laser scanning data based on level set approach. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 66, no. 4, 484–497.

Ramiya, A, M., Nidamanuri, R, R., Krishnan, R., 2017. Segmentation Based Building Detection Approach from LiDAR Point Cloud. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences* (2017) 20, 71–77.

Sampath A.,ve Shan, J., 2010. Segmentation and Reconstruction of Polyhedral Building Roofs from Aerial Lidar Point Clouds. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 48, no. 3, 1554–1567.

Sun, Y., Wang, C., Li, J., Zhang, Z., Zai, D., Huang, P., Wen, C., 2016. Automated Segmentation of Lidar Point Clouds for Building Rooftop Extraction. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, ISSN 2153-7003, 1472-1475.

Zhang, W., Qi, J., Wan, P., Wang, H., Xie, D., Wang, X., Yan, G., 2016. An Easy-to-Use Airborne LiDAR Data Filtering Method Based on Cloth Simulation. *Remote Sensing*, 8, 1-22.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6174

AÇIK MADEN SAHA SINIRLARININ PİKSEL TABANLI VE NESNE TABANLI SINIFLANDIRMA TEKNİKLERİ İLE ÇIKARIMI

Abdullah Harun İNCEKARA[1], Ahmet DELEN[1], Tolga BAKIRMAN[2], Bülent BAYRAM[3], Dursun Zafer ŞEKER[4]

[1]Arş. Gör., Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 60150, Taşlıçiftlik, Tokat, (abdullah.incekara;ahmet.delen)@gop.edu.tr
[2]Arş. Gör., Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, Esenler, İstanbul, bakirman@yildiz.edu.tr
[3]Prof. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, Esenler, İstanbul, bayram@yildiz.edu.tr
[4]Prof. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul, seker@itu.edu.tr

ÖZET

Taş ocakları yeryüzü üzerinde açık maden sahaları olarak işletilen doğal kaynaklardandır. Mevcut kaynakların etkin ve sürdürülebilir kullanımı hem ekonomiye katkı hem de çevreye olan etkileri dolayısıyla önemlidir. Bu nedenle açık maden sahalarında yasal olarak belirlenmiş ruhsat sınırları içerisinde yürütülmekte olan faaliyetlerin zamansal olarak takibinin yapılması gerekmektedir. Maden sahasını çevreleyen dış sınırdaki değişiklikler bu konu hakkında bilgi verici niteliğinde olup görüntü verileri üzerinde uygulanan çeşitli sınıflandırma teknikleri ve algoritmaları yardımıyla elde edilebilmektedir. Bu çalışmada Antalya ili Elmalı ilçesinde yer alan ormanlık bölgede işletilmekte olan açık maden sahası çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Madene ait işletme sınırı 6 m mekânsal çözünürlüklü Spot 6 uydu görüntüsü kullanılarak elde edilmiştir. Maden sınırını elde edebilmek için piksel tabanlı ve nesne tabanlı sınıflandırma teknikleri uygulanmıştır. Piksel tabanlı sınıflandırma En Büyük Benzerlik algoritması kullanılarak uygulanmıştır. Nesne tabanlı sınıflandırma ise NDVI ile oluşturulan kurala dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırılmış görüntüler üzerinden çıkarılan maden sınırına ait vektörler 4 cm yer örneklem aralığına sahip ortofoto üzerinden sayısallaştırma ile elde edilen referans sınır ile karşılaştırılmıştır. Çıkarılan ve sonrasında yumuşatma işlemi uygulanan sınırlar üzerinde 6 m aralıklar ile noktalar üretilmiştir. Üretilen noktalar ile referans sınır arasında en kısa mesafe uzaklıkları belirlenmiştir. Elde edilen mesafelerin ortalamaları piksel tabanlı ve nesne tabanlı sınıflandırma için sırasıyla 2.25 m ve 1.19 m olarak hesaplanmıştır. Her iki sınıflandırma tekniğinde de yarım piksel boyutundan daha düşük sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: açık maden ocağı, nesne tabanlı sınıflandırma, orman, piksel tabanlı sınıflandırma

ABSTRACT

EXTRACTION OF OPEN MINING BOUNDARIES BY UTILIZING PIXEL-BASED AND OBJECT-BASED CLASSIFICATION TECHNIQUES

Quarries are natural resources operated as open mine area on the earth surface. Effective and sustainable use of available resources is essential both for the contribution to the economy and for the environment. For this reason, it is necessary to perform the temporal follow up of the activities that are carried out within the limits of licences which are legally determined in the open minefields. The changes in the outer boundary surrounding the mining area are informative about this topic and can be obtained by means of various classification techniques and algorithms applied on the image data. In this study, an open minefield operated in a forest region in Elmalı district of Antalya province was selected as study area. The operation boundary of the mine was obtained by means of Spot 6 satellite image with the spatial resolution of 6 m. Pixel-based and object-based classification techniques were applied to obtain mine boundary. Pixel-based classification was implemented by using the Maximum Likelihood algorithm. Object-based classification was performed based on the rule generated by NDVI. Vectors belonging to the mine boundary extracted from classified images were compared with the reference boundary obtained by manual digitization over orthophoto with a ground sampling distance of 4 cm. Points at intervals of 6 m were produced on the boundaries where smoothing was applied after extraction. The nearest distances between the points produced and digitized boundary were determined. The averages of the obtained distances were calculated as 2.25 m and 1.19 m for the pixel-based and object-based classification, respectively. Both techniques yielded values lower than half a pixel size.

Keywords: open mine area, object-based classification, forest, pixel-based classification

1. GİRİŞ

Ülkelerin enerjiden sonraki temel gereksinim maddeleri endüstriyel kayaçlar ve minerallerdir. Türkiye yer altı ve yer üstü kaynakları bakımından zengin bir ülkedir ve yer üstü kaynaklarını oluşturan kayaçların taş ocakları işletmeleri ile çıkartılması ülke ekonomisi için önem arz etmektedir. Açık maden sahalarında çıkarılan mermer, çakıl vb. ham maddeler bu kategoriye girmektedir. Taş ocaklarında çıkarılan ham maddelerden farklı sektörlerde yararlanılmaktadır ve 2016 yılı itibarıyla Türkiye'de madencilik sektörünün gayrisafi millî hasıladaki payı %0.82 iken 2016'dan 2017'ye ihracat %23.74 oranında artmıştır. Ülkemizde madencilik faaliyetleri için arama ve işletme olarak 2 adet ruhsat verilmektedir. Mevcut durumda yaklaşık olarak 11000 adet açık maden sahasının işletme ruhsatı bulunmaktadır (URL-1). Kazı çalışmalarının ilerlemesi, çıkarılan ham maddelerin biriktirilmesi ve taşınması açık maden sahasını çevreleyen dış sınırın zaman içerisinde değişmesine neden olmaktadır. Bununla birlikte madencilik faaliyetlerinin

gerçekleştirildiği maden ocağı için çalışma sınırları işletme ruhsatı ile belirlenmiştir. Dolayısı ile mevcut çalışma sınırlarındaki değişikliklerin tespiti için açık maden sahalarında zamansal takip yapılması gerekmektedir (Paul vd., 2006; Erener, 2011). Bu amaçla arazide geleneksel yöntemler ile gerçekleştirilecek ölçmeler geniş ve çoğu zaman tehlikeli ve eğimli bir alana yayılan taş ocakları için zaman ve maliyet açısından dezavantajlı olabilmektedir.

Bu çalışmada ormanlık alanda işletilmekte olan bir taş ocağını çevreleyen sınır piksel tabanlı ve nesne tabanlı sınıflandırma teknikleri ile belirlenmiştir. Maden ocağının konumu dolayısıyla işletme sınırlarının genişlemesi ormanlık alanda azalmayı beraberinde getirmektedir. Dolayısıyla bu tür maden sahalarının ekonomik açıdan önemi göz ardı edilmeden çevresel duyarlılığı da dikkate alarak izlenmesi gerekmektedir. Piksel tabanlı sınıflandırma örnek alanlara bağlı olarak gerçekleştirilmiştir. Nesne tabanlı sınıflandırma ise belirgin bir şekilde farklı spektral yansıma özelliklerine sahip nesnelerin varlığı nedeniyle daha yüksek doğruluk elde edileceği düşünülerek kurala dayalı olarak gerçekleştirilmiştir. Vektör formatında çıkarılan maden sınırları çalışma alanına ait ortofoto üzerinden sayısallaştırma ile elde edilen referans sınır ile karşılaştırılmıştır. Ortofoto üretimi için kullanılan fotoğraflar İnsansız Hava Aracı (İHA) ile elde edilmiştir. Bu çalışmada, İHA'dan elde edilen veri ile uydu görüntüsünün sınıflandırılması ile elde edilen veriler doğruluk açısından birbirleriyle karşılaştırılmamaktadır. Sınıflandırma teknikleri ile doğru olduğu kabul edilen referans veriye ne kadar yaklaşılabildiği test edilmektedir. Bu amaçla uydu görüntüsü üzerinden çıkarılan sınırlar ile referans sınır arasında minimum mesafe değerleri yakınlık analizi kapsamında hesaplanmıştır. Bu değerler üzerinden ise istatistik sonuçlar elde edilmiştir.

2. VERİ VE YÖNTEM

Çalışma alanı ve kullanılan görüntü verileri Şekil 1'de yer almaktadır. Çalışma alanı olarak belirlenen maden sahasının çevresinde başka açık maden ocakları da mevcuttur. Sınıflandırma aşamasında kullanılan veri 26.07.2017 tarihli 6 m mekânsal çözünürlüğe sahip multispektral Spot 6 uydu görüntüsüdür. Görüntü 3A seviyesinde ortorektifiye olarak temin edilmiştir ve RGB ile NIR bantlarına sahiptir. Sayısallaştırma için kullanılan veri ise İHA ile elde edilen fotoğraflar yardımıyla üretilen ve 4 cm piksel boyutuna sahip ortofotodur. Bölgenin 2009, 2011, 2014 ve 2017 yıllarındaki değişimi ise Şekil 2'de gösterilmektedir.



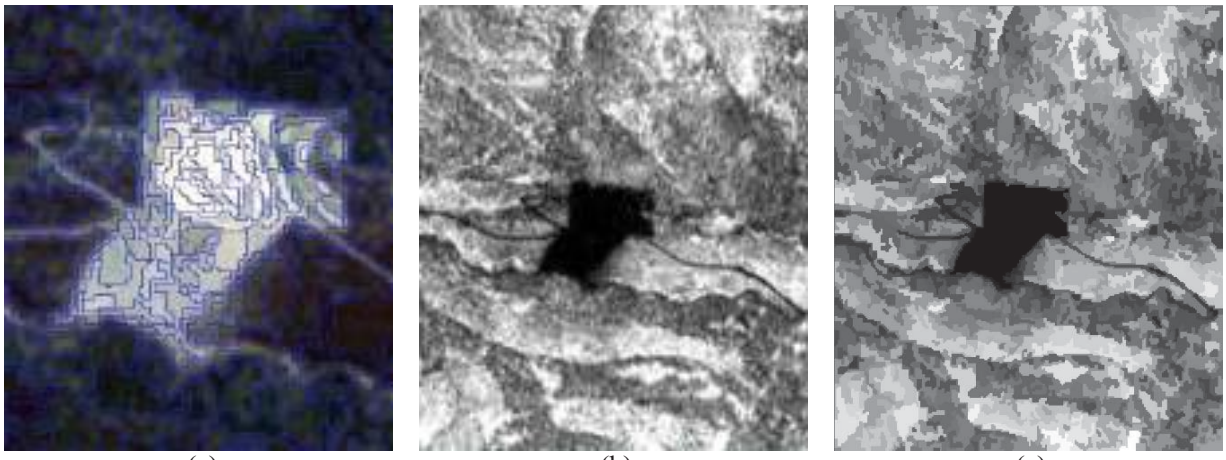
Şekil 1. Çalışma alanı.



Şekil 2. 2009-2017 yılları arası değişim.

Piksel tabanlı sınıflandırmada En Büyük Benzerlik (EBB) algoritması kullanılmıştır. Sınıflandırma öncesinde Maden-1, Maden-2, Sık Orman, Seyrek Orman-1, Seyrek Orman-2 ve Yol olarak 6 adet sınıf belirlenmiştir. Maden sınırları içerisinde kazı yapılmış ve yapılmamış bölgeler farklı spektral yansıma karakteristiklerine sahip olduklarından dolayı 2 sınıf altında örnek alanlar tanımlanmıştır. Sınıflandırma sonrası ise Maden adında tek sınıf altında birleştirilmişlerdir. Benzer işlem seyrek orman için de uygulanmıştır. Ormanlık alanın seyrekleştiği yerlerdeki yoğunluklar farklı olduğundan dolayı 2 sınıf altında örnek alanlar tanımlanmış ve sınıflandırma sonrası Seyrek Orman adında tek sınıf altında birleştirilmişlerdir. Maden sahasına ulaşımı sağlayan yol bazı bölgelerde maden sahası bazı bölgelerde ise seyrek orman ile benzerlik göstermektedir. Yol sınıfı için tanımlanan örnekler ile oluşturulan sınıfta daha sonrasında Seyrek Orman sınıfına dahil edilmiştir. Sonuç olarak 6 adet spektral sınıf ile piksel tabanlı sınıflandırma işlemi EBB algoritması kullanılarak gerçekleştirilmiştir ve sonrasında sınıf sayısı birleştirme işlemi ile 3'e indirilmiştir.

Nesne tabanlı sınıflandırmanın ilk aşamasında benzer spektral özelliklere sahip pikselleri bir araya getirerek görüntü nesnelerini oluşturmak amacıyla çoklu çözünürlük bölütleme işlemi uygulanmıştır. Bu aşamada ölçek, şekil ve yoğunluk değerleri görsel yorumlama ve deneme-yanılma ile sırasıyla 25, 0.1 ve 0.5 olarak belirlenmiştir. Çalışma alanının ve hedef objenin kapsamı nedeniyle belirgin bir etkisi olmayacağından dolayı (Kavzoğlu ve Yıldız, 2014) yoğunluk değeri değiştirilmemiştir. Uygulanan ölçek parametresi sonrasında lineer özelliğe sahip maden sahasının dış sınırını daha iyi elde edebilmek için şekil değerinin arttırılmasına da gerek kalmamıştır. Hedef bölge sadece maden sahası olduğu için diğer bölgelerdeki görüntü nesneleri yorumlama ve değerlendirme sırasında dikkate alınmamıştır. Görüntü nesneleri üzerinde NDVI değerlerine dayalı olarak uygulanan kural ile maden sahası, çevresindeki ormanlık alandan ayrılmıştır. NDVI değerleri maden sahası için 0 ile 0.1 arasındadır. Ormanlık bölge için ise NDVI değerleri çoğunlukla 0.2'den büyüktür. 0.1'den küçük NDVI değerine sahip görüntü nesneleri Maden sınıfına atanarak nesne tabanlı sınıflandırma tamamlanmıştır. Maden sahasına ait görüntü nesneleri ve NDVI görüntülerine ait görseller Şekil 3'te yer almaktadır. Her iki teknikle sınıflandırılmış madenin uydu görüntüsü üzerinde gösterimi ise Şekil 4'te sunulmaktadır.



(a) (b) (c)

Şekil 3. (a) Maden sahası için görüntü nesneleri; **(b)** NDVI görüntü; **(c)** Görüntü nesneleri üzerinde NDVI.

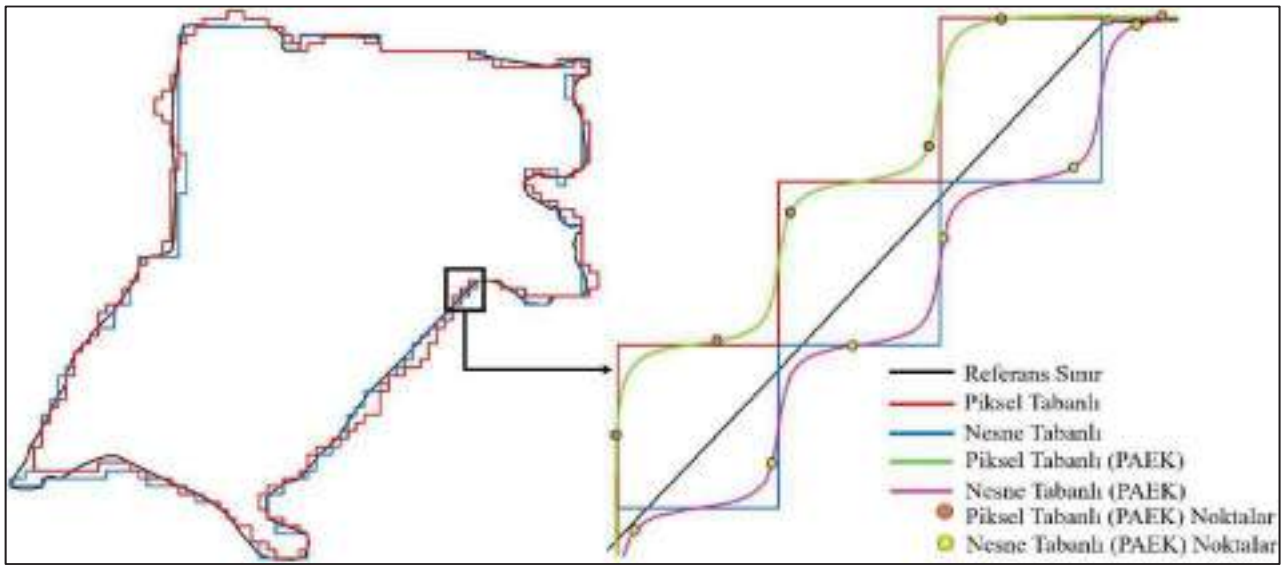


(a) (b) (c)

Şekil 4. (a) Ham görüntü; **(b)** Piksel tabanlı sınıflandırma; **(c)** Nesne tabanlı sınıflandırma.

3. YAKINLIK ANALİZİ

Açık maden sahası piksel tabanlı ve nesne tabanlı sınıflandırma teknikleri ile uydu görüntüleri üzerinden elde edilmiştir. Sınıflandırılmış görüntülerde maden alanına ait sınıf otomatik olarak vektörize edilerek dış sınır çıkarılmıştır. Vektör formatında çıkarılan maden sınırları ile çalışma alanına ait 4 cm yer örnekleme aralığına sahip ortofoto üzerinden sayısallaştırma ile elde edilen maden sınırı arasında yakınlık analizi gerçekleştirilmiştir. Şekil 5'te gösterildiği üzere yakınlık analizinde toplamda 3 adet maden sınırı vardır. Sınıflandırma ile elde edilen maden sınırlarında piksel etkisinden kaynaklanan keskinlikleri elimine etmek amacıyla Polynomial Approximation with Exponential Kernel (PAEK) işlemi uygulanmıştır. Yumuşatma olarak uygulanan bu yöntemde tolerans değeri görüntünün piksel boyutu olan 6 m olarak uygulanmıştır. Sayısallaştırma ile elde edilen referans sınır vektörü üzerinde PAEK uygulanmamıştır. PAEK uygulanan 2 adet maden sınır vektörü üzerinde her 6 m'de bir nokta üretilmiştir. Sayısallaştırma yapılan ortofotonun piksel boyutu zaten çok küçük olduğu için sınır boyunca nokta üretilmemiştir. Yakınlık analizi kapsamında çıkarılan ve sonrasında yumuşatılan vektörler üzerinde üretilen noktalar ile referans sınır arasındaki en kısa mesafe değerleri belirlenmiştir. En kısa mesafe değerleri yardımıyla ortalama, standart sapma, maksimum ve minimum değerler gibi istatistik sonuçlar hesaplanmıştır.



Şekil 5. Çıkarılan ve sayısallaştırılan maden sınırları, yumuşatılan vektörler ve üretilen noktalar.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

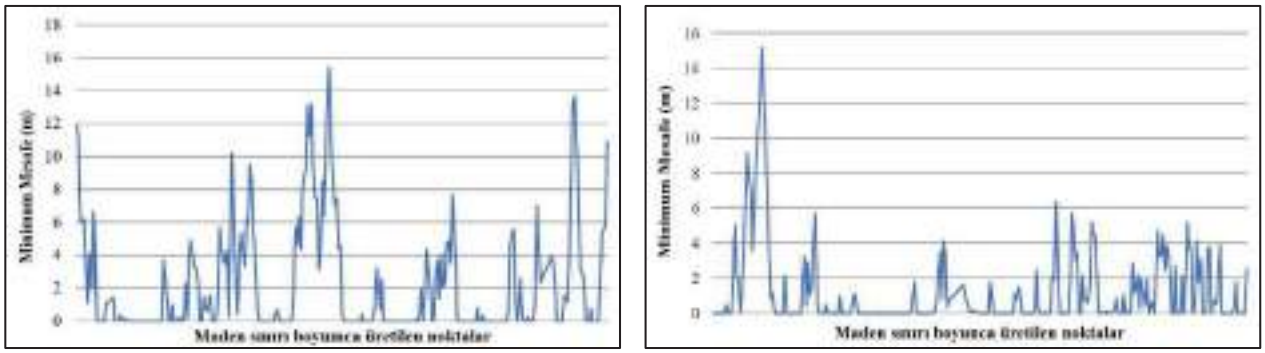
Bu çalışmada ormanlık alan içerisinde işletilmekte olan bir açık maden sahasının dış sınırları uydu görüntüsü üzerinden sınıflandırma teknikleri ile belirlenmiştir. Piksel tabanlı ve nesne tabanlı sınıflandırma teknikleri ile elde edilen sınırlar ortofoto üzerinden sayısallaştırma yardımıyla elde edilen referans sınır ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın başında da belirtildiği üzere 6 m'lik piksel boyutuna sahip görüntü ile 4 cm'lik piksel boyutuna sahip görüntü doğruluk açısından birbirleriyle karşılaştırılmamaktadır. 6 m'lik piksel boyutuna sahip görüntüye uygulanan sınıflandırma teknikleri ile elde edilen sınırların referans olarak kabul edilen veriye ne kadar yaklaşabildiği incelenmiştir. Bu kapsamda sınıflandırma yöntemlerinden hangisinin daha iyi sonuç verdiği araştırılmıştır. EBB algoritmasının kullanıldığı piksel tabanlı sınıflandırma ve NDVI değerine dayalı olarak gerçekleştirilen kurala dayalı nesne tabanlı sınıflandırma için en yakın mesafe değerlerine göre Çizelge 1'de yer alan sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 1. Yakınlık analizi sonuçları.

İstatistik	Piksel Tabanlı (EBB)	Kurala Dayalı Nesne Tabanlı
Ortalama	2.25	1.19
Standart Sapma	3.26	2.23
Minimum	0	0
Maksimum	15.4	15.18

En yakın mesafe değerlerine bağlı olarak elde edilen sonuçlara göre ortalama uzaklık değerleri her iki teknikte de bir piksel boyutunun yarısından daha düşüktür. Minimum değerlerin 0 olması bazı bölgelerde sınırların çakışık olduğunu göstermektedir. Maksimum değerler incelendiğinde ise her iki teknikte de yaklaşık olarak 15 m'lik değerler

mevcuttur. Şekil 6'da her iki teknik için minimum mesafe değerlerine ait grafikler incelendiğinde ise nesne tabanlı sınıflandırma için bir piksel boyutundan daha düşük değerlerin sayısının daha az olduğu görülmektedir.



(a) (b)

Şekil 6. (a) Piksel tabanlı sınıflandırma için ortalama mesafe grafiği **(b)** Nesne tabanlı sınıflandırma için ortalama mesafe grafiği.

İncekara vd. (2018) tarafından aynı çalışma alanında, nesne tabanlı sınıflandırma örnek alanlara bağlı olarak farklı parametrelerle gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada nesne tabanlı sınıflandırmanın kurala dayalı olarak gerçekleştirilmesi daha iyi sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır. Ayrıca piksel tabanlı sınıflandırmada da önceki çalışmadan farklı örnek alanlar kullanılmıştır. Dolayısıyla örnek alanların sayısı ve dağılımındaki farklılıkların sonuçları etkilediği söylenebilir.

Bu çalışmada incelenen maden sahası yaklaşık olarak 9 hektar büyüklüğündedir. İHA ile elde edilen fotoğraflardan üretilen ortofoto üzerinden de sayısallaştırma yardımıyla maden sınırı kısa sürede elde edilebilmektedir. Bununla birlikte çok sayıda madenin zamansal kontrolünün toplu olarak yapılması durumunda daha geniş alanları kapsayan görüntü verileri gerekecektir. Bu durumda uydu görüntüleri daha iyi bir seçenek olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca maden sahası ile birlikte çevresi de incelemeye dahil edilecekse, NIR bant istenilen sonuca ulaşmak için oldukça önemli bir yere sahiptir.

TEŞEKKÜR

Çalışmada kullanılan verilerin paylaşılmasındaki destekleri için İTÜ Uydu Haberleşme ve Uzaktan Algılama Merkezi ve ENK Harita Şirketine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Erener, A., 2011. Remote Sensing of Vegetation Health For Reclaimed Areas of Seyitömer Open Cast Coal Mine. *International Journal of Coal Geology*, 86: 20-26.

İncekara, A.H., Delen, A., Şeker, D.Z. ve Şanlı, F.B., 2018. Comparison of Pixel-Based and Object-Oriented Approach to Extract Boundary of Open Pit Mine in Forest Area. *International Conference of Agriculture, Forest, Food and Veterinary Sciences and Technologies*, İzmir, Türkiye, syf: 479-486.

Kavzoğlu, T. ve Yıldız, M., 2014. Parameter-Based Performance Analysis of Object-Based Image Analysis Using Aerial and Quickbird-2 Images. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, İstanbul, Türkiye, II-7, syf: 31-37.

Paull, D., Banks, G., Ballard, C. ve Gillieson, D., 2006. Monitoring the Environmental Impact of Mining in Remote Locations through Remotely Sensed Data. *Geocarto International*, 21(1): 33-42.

URL-1., 2018. http://www.migem.gov.tr/Istatistik.aspx, [21.02.2018].



19 Eylül 2018

15:30 - 17:10

SALON 2016

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7286

SENTİNEL-2A VERİSİ KULLANARAK TARIMSAL ÜRÜN DESENİNİN BELİRLENMESİ

Ömer Gökberk NARİN[1], Ahmet DELEN[2], Saygın ABDİKAN[3]

[1]Arş. Gör., Afyon Kocatepe Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyon, gokberknarin@aku.edu.tr
[2]Arş. Gör., Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Tokat, ahmet.delen@gop.edu.tr
[3]Dr.Öğrt.Üyesi, Bülent Ecevit Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, sabdikan@beun.edu.tr

ÖZET

Tarım alanlarında ekili ürünlerin belirlenmesi ve verimliliği hakkında ki doğru bilgi, tarımla ve tarıma dayalı üretimle ilişkili olan diğer alanlarda yapılacak planlama ve yatırımlarda sağlıklı karar verilmesine yarar sağlamaktadır. Planlama ve yatırım yapılırken ele alınan önemli konulardan birisi bölgede yatırım yapılması planlanan ürünün üretimi ve verimliliği istenilen düzeyde olmasıdır. Günümüzde bilgiye hızlı, en az maliyetli ve güvenilir şekilde ulaşmak önemlidir. Bu sebeplerden dolayı tarım alanında uzaktan algılama önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmada Tokat ili Zile ilçesinde seçilen bölgede ayçiçeği bitkisinin gelişim evresini izleyerek verim tahmini yapılmasına yönelik arazi kullanımının üretilmesi amaçlanmıştır. Verim tahminin doğru yapılabilmesi için bitkinin her evresinde ürün deseninin düzgün belirlenmesi gerekmektedir. Ayçiçeği bitkisinin ilk evresinde Sentinel 2A uydu görüntüsünün geçiş tarihine önceden bakılmış ve uydu geçişi ile eş zamanlı olarak araziden veriler toplanmıştır. Uydu verisi kullanılarak Maksimum Olabilirlik, Yapay Sinir Ağları ve Destek Vektör Makineleri sınıflandırma yöntemleri uygulanmış ve karşılaştırılmıştır. Maksimum Olabilirlik için doğruluk %85.2909 kappa doğruluğu 0.7857, Sinir Ağları için doğruluk %94.6213 kappa doğruluğu 0.9196 ve Destek Vektör Makineleri için doğruluk %92.3161 ve kappa doğruluğu 0.8859 olarak elde edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: arazi kullanımı, yapay sinir ağları, maksimum olabilirlik, destek vektör makineleri

DETERMINATION OF AGRICULTURAL CROP TYPES USING SENTINEL-2A DATA

ABSTRACT

Accurate information on the identification and efficiency of cultivated crops in agriculture is beneficial for healthy decision making in planning and investments to be made in agriculture and other fields related to agriculture-based production. One of the important issues when planning and investing is that the production and efficiency of the product planned to be invested in the region is at a desired level. In today's world, it is important to achieve fast, low cost and credible knowledge. Because of these reasons, remote sensing in agriculture has an important place. In this study, it was aimed to produce land use for yield estimation by following the developmental stage of sunflower plant selected in the region of Tokat province Zile district. In order to estimate the yield correctly, the product pattern must be properly determined in each stage of the plant. In the first phase of the sunflower plant, the transition date of the Sentinel 2A satellite image was already checked and then datas were collected concurrently with the satellite transition. Maximum likelihood, neural networks and support vector machine classification methods have been applied and compared using satellite image. The results indicated that the overall accuracy for Maximum Likelihood is 85.2909% and kappa value is 0.7857, accuracy for Arrtificial Neural Networks is 94.6213% and kappa value is 0.9196 , accuracy for Support Vector Machines is 92.3161% and kappa value is 0.8859.

Keywords: land use, artificial neural network, maximum likelihood, support vector machine

1. GİRİŞ

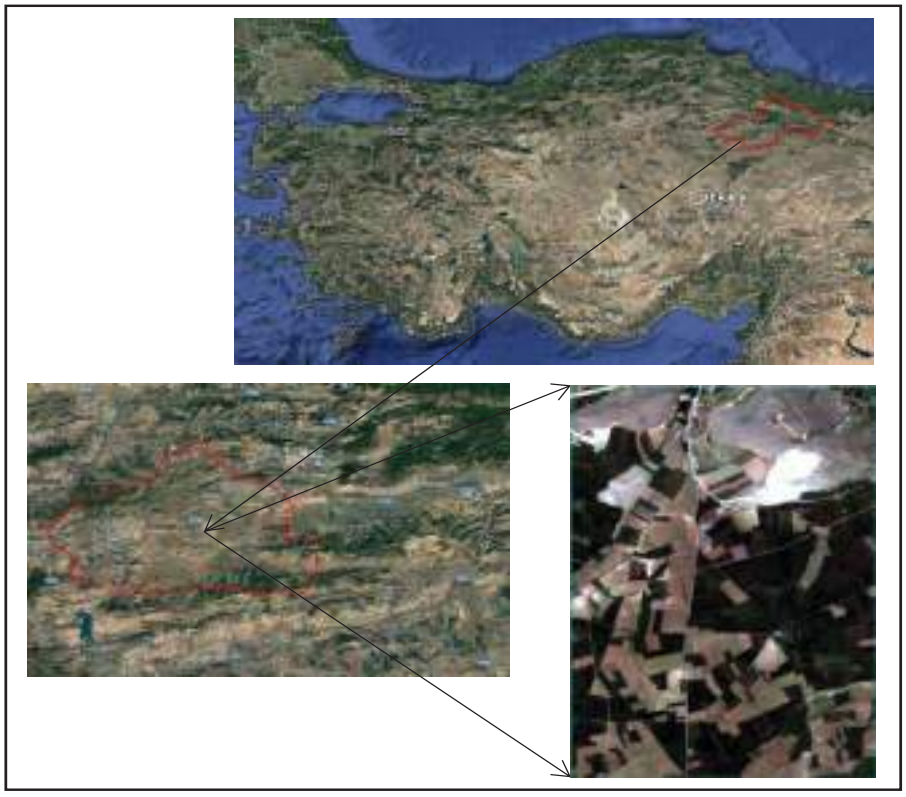
Ayçiçeği, günümüzde en önemli yağ bitkilerinin başında gelmektedir. Ayçiçeği yağı yemeklik kalitesi yönünden tercih edilen bitkisel yağlar arasında ilk sırayı almaktadır ve dünyada yaklaşık 23.445.450 ha alanda ekilmektedir. Dünyada ayçiçeği tarımını yapan başlıca ülkeler Rusya, Ukrayna, Arjantin, Macaristan, Fransa, İspanya, Hindistan, Çin, Güney Afrika ve Türkiye'dir. En önemli yağ bitkilerinden olan ayçiçeği ülkemizde de en fazla ekim yapılan yağ bitkisidir (Gümrük ve Tic. Bakanlığı Raporu 2016). Türkiye'de yıllara göre değişmekle beraber son on yılda yaklaşık 480.000-680.000 hektar arası alanda günümüze doğru artarak ilerleyen miktarda ayçiçeği tarımı yapılmaktadır (TUİK 2017). Çalışma alanı Tokat İli Zile İlçesinde yer alan Süreyya Bey Barajı'nın kurulması ve sulama kanallarının yapılması ile birlikte bölgede yavaş yavaş sulu tarıma geçilmeye, bunun neticesinde bölgede ekilen ürün değişmeye başlamıştır. Değişen ürünler arasında başlıca ayçiçeği bitkisi gelmektedir. Bu sebeple bölgedeki değişen güncel ürün deseninin belirlenmesi ve verim tahmininin belirlenmesi önem kazanmıştır. Bu amaçla öncelikle ayçiçeği bitkisinin kapladığı alanların tespit edilmesi için arazi çalışması ile birlikte güncel arazi kullanım haritasının oluşturulması planlanmıştır.

Arazi kullanım haritası uzaktan algılama yöntemine göre sınıflandırma yaparak oluşturulması, birden fazla etkenin ele alınması gereken karmaşık bir konudur. Görüntü sınıflandırma adımları, uygun sınıflandırma algoritması seçimini, sınıflandırma verilerinin belirlenmesi, görüntü işleme, sınıflandırmadan sonraki işlemler ve doğruluk ölçütünü içerir (Lu ve Weng, 2007). Kontrollü sınıflandırma için, sınıflandırma sonucunda oluşturulacak kategoriler belirlenir. Belirlenen kategorilere göre pikseller belirlenir ve bu belirlenen örneklere göre ayırt edici karar fonksiyonları hesaplanır. Bu konuda literatür taraması yapılmış geçmiş çalışmalarda artan kullanımı ve sınıflandırma performansının yüksek olmaları sebebiyle DVM ve YSA yöntemleri dikkat çekmektedir. Ayhan vd. (2009) çalışmasında YSA, bulanık mantık ve maksimum olasılık sınıflandırma yöntemini kullanmışlardır. Bağdatlı vd. (2016) çalışmasında en çok benzerlik yöntemi ile DVM sınıflandırma yöntemini kullanmışlardır. Adam vd. (2014) çalışmasında DVM ve rastgele orman algoritmasını sınıflandırma yöntemini RapidEye görüntüsü üzerinde uguylamış ve rastgele orman yönreminin DVM yöntemine göre %1 oranında daha iyi sonuç verdiğini bulmuşlardır. Kumar vd. (2015) ürün deseninin çıkartılmasında LISS IV uydu görüntüsü kullanarak DVM, YSA ve Spectral Angle Mapper (SAM) yöntemlerini uygulamış ve karşılaştırmışlardır. Çalışmada, SAM yönremi en kötü sonucu verirken (doğruluk < %75), DVM ve YSA yöntemleri %90 üzerinde doğruluk sağlamıştır. DVM yönremin YSA yönteme göre %1 oranında daha yüksek doğruluğa sahip olduğu belirtilmiştir.

Bu çalışmada güncel ürün deseninin belirlenmesi için Sentinel-2A uydu görüntüsünün potansiyelinin farklı sınıflandırma yöntemleri kullanılarak araştırılması amaçlanmıştır. Kontrollü sınıflandırma yöntemlerinden Maksimum Olabilirlik, YSA ve DVM sınıflandırma yöntemleri ele alınarak doğruluk analizleri uygulanmış ve karşılaştırılmıştır. Bu çalışmadan çıkan sonuçlara göre benzer özellik taşıyan bölgelerde Sentinel-2A uydu görüntüsü ile hangi yöntemin etkin olarak kullanılabileceği ve gelecek evrelerde hangi sınıflandırma yöntemini seçeceğimiz konusunda yardımcı olması öngörülmektedir.

2. ÇALISMA ALANI

Bu çalışma Tokat il merkezinin batısında yer alan ve merkeze 63 km uzaklıktaki Zile ilçesinin Fatih ve Kurşunlu köyü tarım arazilerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Tarım bölge için önemli geçim kaynağıdır. Bölgeye yakın bir yerde kurulan yeni sulama barajı ile tarım arazilerinin doğru planlanması ve tarım arazilerinin sürdürülebilir olması bölge halkı ve yerel yönetimler için önem taşımaktadır. Çalışma bölgesinde başlıca tarım ürünü olarak yağ üretimi amaçlı ayçiçeği bulunmaktadır. Buğday bölgede ikinci en çok ekilen üründür. Bunlar ile birlikte mevsimsel olarak şeker pancarı ve mısır ürünleri de yer almaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanı.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada Avrupa Komisyonunu yürüttüğü Copernicus programı kapsamında geliştirilen Sentinel uydu sistemlerinden optik algılayıcıya sahip Sentinel-2A uydusuna ait görüntü kullanılmıştır. Uydu Dünya'dan yansıyan güneş ışığını toplayarak pasif olarak çalışmaktadır. Uydunun zamansal çözünürlüğü 10 gün olup yörünge boyunca hareket etmesiyle yeni veriler elde etmektedir. Uydu farklı çözünürlüklere sahip 13 banta sahiptir, bunlar Görünür batlar, Yakın kızıl ötesi bantlar (VNIR) ve kısa dalga kızılötesi bantlardır (SWIR) (Çizelge 1) (ESA, 2018).

Çizelge 1. Sentinel 2A uydusuna ait özellikler (ESA, 2018).

Bant numarası	Spektral bant (nm)	Bant genişliği (nm)	Konumsal Çözünürlük (m)
1	443.9	27	60
2	496.6	98	10
3	560.0	45	10
4	664.5	38	10
5	703.9	19	20
6	740.2	18	20
7	782.5	28	20
8	835.1	145	10
8a	864.8	33	20
9	945.0	26	60
10	1373.5	75	60
11	1613.7	143	20
12	2202.4	242	20

Uydunun konumsal çözünürlüğünün 10 m olması ve ücretsiz ulaşımından dolayı tarım arazilerinde gelişim evresi izlenmesini mümkün kılmaktadır. Sınıflandırma işleminde kullanmak amacıyla, uydu görüntülerinin elde edilme tarihi ile eş zamanlı olarak arazi çalışması gerçekleştirilmiş ve yersel veri toplanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Arazi çalışması ayçiçeği 1. evresi örnek görüntü Zile/Tokat.

3.1 Maksimum Olabilirlik

Maksimum olabilirlik sınıflandırma yöntemi, her bir gruptaki istatistiklerin normal olarak dağıtıldığını ve belirli bir pikselin belirli bir sınıfa ait olma olasılığını hesapladığını varsaymaktadır. Sınıflandırmada bulunan her bir aday piksel en yüksek olasılığa sahip olan sınıfa atanır. Eğer aday piksel herhangi bir sınıfın değer aralığında kalmıyorsa bilinmeyen sınıfına atanır (Lillesand ve Kiefer, 2000).

3.2 Yapay Sinir Ağları

YSA insanın karar verme sürecinin basite indirgenerek makinalarda da aynı karar verme modeli olarak geliştirilmiştir. Bu karar verme sürecinde birbirlerine ağırlıklar ile bağlı birçok sinir hücresinden oluşan sistem olarak tanımlanabilir (Haykin, 1999). YSA parametrelerin herhangi bir kurala dayanmadan, matematiksel algoritması olmadan ya da geçmişten günümüze kadar kullanılmakta olan alışılmış fonksiyonların yerine kullanılabilen bir sistemdir (Sağıroğlu vd., 2003).

YSA girdi, işlem ve çıkış olarak üç temel elemandan oluşmaktadır (Şekil 3). İşlem adımlarının her birinin 5 farklı birimi bulunmaktadır (Öztemel 2003).



Şekil 3. YSA Hücresi örneği.

Z_1……Z_n e kadar girdi hücreleri, A_1…..A_n her bir girdiye karşılık gelen ağırlık değerlerini göstermektedir. Toplama işlevi gelen net bilgiyi hesaplar. Aktivasyon işlevi toplam girdileri hesaplayarak çıktı verisini oluşturur (Çevik ve Dandıl 2012, Öztemel 2003).

YSA denetimli öğrenme için standart Geri Yayılımlı Yapay Sinir Ağı (GYYSA) kullanılmıştır. Uygulama sırasında gizli katman sayısı seçilebilir ve lojistik yada hiperbolik aktivasyon fonksiyonu arasından seçim yapılmaktadır. Sınıflandırma doğruluğunu etkileyen parametreler GYYSA ara katman sayısı, iterasyon sayısı ve aktivasyon fonksiyonudur. Sınıflandırma doğruluğu için en iyi öğretimi gerçekleştirmek için en iyi değerleri deneme yanılma yöntemiyle belirlenmeye calışılmıştır. Ağın tasarımını ve öğrenmesini etkileyen parametreler ele alınarak en iyi ağ yapısı tasarlanmıştır. Yapılan doğruluk analizleri sonucunda aktivasyon kodu lojistik olarak belirlenmiş, gizli katman sayısı 2 ve iterasyon sayısını 850 olarak alınmıştır. Uydu görüntüsü verilen değerlerde ki ağ tasarımına göre sınıflandırılmıştır.

3.3 Destek Vektör Makinaları

DVM istatiksel öğrenmeye ve yapısal risk minimizasyonu teorisine dayanan kontrollü sınıflandırma yöntemlerinden birisidir. DVM ilk uygulamalarda doğrusal iki veri kümesini birbirinden ayırmak için uygulamaya konulmuştur. İhtiyaçlar doğrultusunda ikiden daha fazla ve doğrusal olmayan veri kümelerini ayırmak içinde geliştirilmiştir. DVM'de iki veri kümesini birbirinden ayırmaya yarıyan en uygun hiper düzlemin elde edilmesidir (Kavzoğlu ve Çölkesen, 2010).

DVM uygulaması çok sınıflı sınıflandırma için çift yönlü sınıflandırma stratejisi kullanılmaktadır. DVM uygulaması yapılırken dört farklı çekirdek fonksiyonu seçilebilmektedir. DVM sınıflandırma yöntemi uygulanırken en iyi sonuçların elde edilmesi için çekirdek fonksiyonları ve ceza parametreleri deneme yanılma yöntemi ile belirlenmeye çalışılmıştır. Bu denemeler sonucunda çekirdek fonksiyonu olarak sigmoid belirlenmiş ve ceza parametresi olarak 50 alınmıştır.

4. UYGULAMA

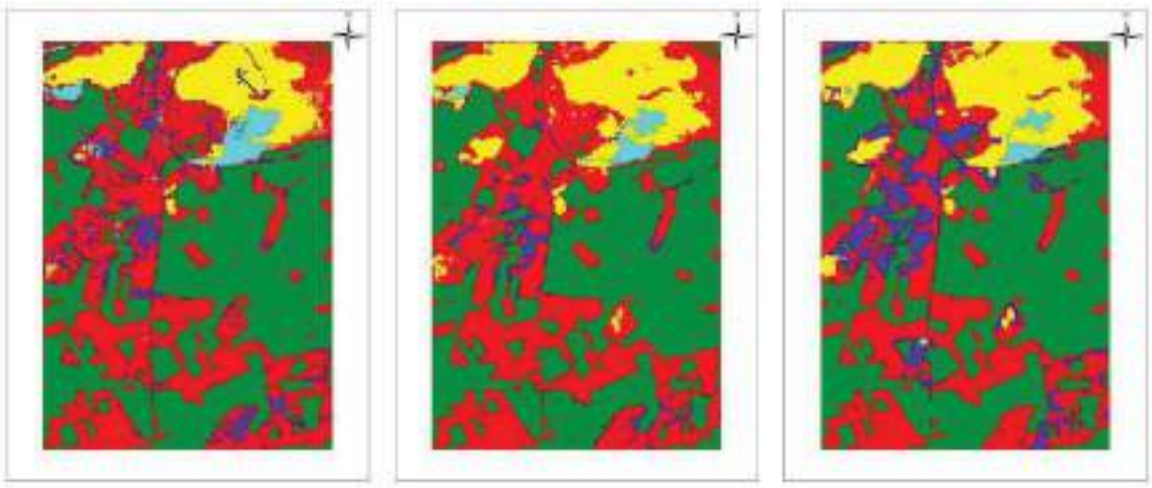
Sentinel 2A uydu görüntüsü Sentinel Application Platform (SNAP) yazılımı ile ön işlem adımları gerçekleştirilerek bantlar 10m çözünürlüğe örneklenmiştir. Güncel arazi kullanımının belirlenmesi için uydunun çalışma alanından geçtiği 14 Mayıs 2018 tarihinde arazi çalışması yapılmış ve bitkiye ait fenolojik bilgiler ile birlikte tarımsal ürün deseni belirlenerek konum bilgileri elde edilmiştir. Görüntüde arazide belirlenen konumsal görüntü sınıflandırma ve doğruluk analizi için kullanılmıştır. Görüntünün sınıflandırılmasında 13 adet bant kullanılarak üç piksel tabanlı sınıflandırma yöntemi uygulanmış ve karşılaştırılmıştır. Çalışma alanına ait görüntü 11,8,4 bant kombinasyonu oluşturularak Şekil 4' te verilmiştir.

Arazi çalışmasında elde edilen mevsimsel ürün deseni ayçiçeği, buğday, şeker pancarı ve meradan oluşmaktadır. Ayrıca çalışma alanı içerisinde açık taş ocağı da yer almaktadır. Sınıfları belirlerken bölgede bulunan bitki türlerinden şeker pancarı ve ayçiçeğinin ilk evresinde olmasından dolayı yansıma değerleri birbirine benzer

çıkmıştır. Sınıflandırma sonucu oluşan haritalar Şekil 5'te gösterilmiştir. Sınıflandırma sonucunda üretilen haritanın doğruluk analizi için araziden elde edilen konum bilgileri kullanılarak test verileri ile hata matrisi oluşturulmuş. Her bir sınıflandırmaya ait doğruluk ve kappa istatistik değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 2).



Şekil 4: Sentinel 2A uydu görüntüsü 11,8,4 (Kırmızı, Yeşil, Mavi) bant kombinasyonu.



Şekil 5. Ayçiçeği, Buğday, Şeker Pancarı, Taş Ocağı, Mera
Haritalar soldan sağa sırasıyla Maksimum Olabilirlik, Yapay Sinir Ağları ve Destek Vektör Makineleri.

5. SONUÇLAR

Ayçiçeği bitkisinin gelişim evrelerini izleyerek verim tahmini yapılmasına yönelik arazi kullanımının üretilmesi amaçlanan bu çalışmada ilk evre için arazi kullanım haritası farklı görüntü sınıflandırma yötemleri ile elde edilmiştir. Çalışma alanımızda ayçiçeği ile birlikte yoğun olarak buğday bitkisi bulunmaktadır. Uydu görüntüsünün alındığı tarihte ayçiçeği ve şeker pancarı bitkisi gelişim evresinin ilk yapraklanmaya başladığı zaman aralığına denk gelmektedir. Buğday bitkisi ise gelişim evresini tamamlamış ve hasat zamanına yaklaşmıştır. Buğdayın gelişim evresinin bu dönemde diğer bitkilerden farklı olması görüntü sınıflandırmada kolaylıkla tespit edilmesini sağlamıştır. Bunun aksine ayçiçeği ve şeker pancarı bitkisinin bu evrede sınıflandırılmasında aynı zamanda merayla da karıştığı gözlemlenmiştir. Bu sebeple ayçiçeği bitkisinin ilk evresinde farklı bitki türleri ve mera arazi ile karıştığı görülmüştür. Sınıflandırma yöntemlerinden maksimum olabilirlik yöntemi %90 doğruluğun altında kalmıştır. Diğer iki sınıflandırma yöntemi %90'nın üzerinde doğruluk sağlasada en iyi sonuç Yapay Sinir ağları yöntemi ile elde edilmiştir (Çizelge 2). Maksimum olabilirlik sınıflandırma yöntemi yaklaşık %85 doğruluk verirken DVM yöntemi maksimum olabilirlik yöntemine göre yaklaşık %7 daha fazla doğruluk sağlamaktadır. Sinir ağları yönremi ise maksimum olabilirlik yöntemine göre yaklaşık %9 doğruluk sağlarken SVM yöntemine göre yaklaşık %2 daha iyi sonuç vermiştir. Çalışmanın ilerleyen aşamasında ayçiçeğinin sonraki evreleri de izlenecek ve

bitkinin hangi evresinde daha iyi ayırt edilebileceğin tespit edilmesi araştırılacaktır. Bu amaçla haziran ve temmuz aylarında da arazi çalışması yapılmış olup agustos ayında yapılacak son arazi çalışması ile çok zamanlı mekansal analizi gerçekleştirilecektir.

Çizelge 1: 3 Farklı sınıflandırma yöntemi için doğruluk sonuçları.

	Maksimum olabilirlik	Sinir Ağları	Destek Vektör Makineleri
Doğruluk %	85.2909	94.6213	92.3161
Kappa %	0.7857	0.9196	0.8859

TEŞEKKÜR

Yazarlar, arazi çalışmasında katkıda bulunan Doç. Dr. Füsun Balık Şanlı'ya, Arş. Gör. Dr. Ali İhsan Şekertekin'e ve Mustafa Akçakoca'ya teşekkür eder.

KAYNAKLAR

Adam, E., Mutanga, O., Odindi, J., Abdel-Rahman, E.M, 2014, Land-use/cover classification in a heterogeneous coastal landscape using RapidEye imagery: evaluating the performance of random forest and support vector machines classifiers, *International Journal of Remote Sensing*, 35, 3440-3458.

Ayhan, E, Kansu, O., 2009, Uzaktan Algılamada Sınıflandırma Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği, Ankara.

Bağdatlı, M.C., Ok, A.Ö., Ok. A.Ö., Erdoğan, O., Albut, S., Oğuz. H.İ., 2016, Görüntü Sınıflandırması Yoluyla Göktürk-2 Görüntüsünden Tarımsal Ürün Deseninin Belirlenmesi: Nevşehir - Sarıhıdır Köyü Kızılırmak Sağ Sahil Bandı Tarım Arazileri Pilot Uygulaması. *UZAL-CBS Sempozyumu*, Adana, syf: 194-201.

Çevik, K.K., Dandıl, E., 2012. Yapay Sinir Ağları İçin Net Platformunda Görsel Bir Eğitim Yazılımının Geliştirilmesi. *Bilişim Teknojileri Dergisi* 5, 1, 19-28.

ESA, 2018., Technical Guides Sentinel 2 Msi. https://sentinel.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/msi-instrument/ [01.08.2018].

Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Ayçiçeği Raporu 2017. http://koop.gtb.gov.tr/data/58e5f4451a79f54dd851b457/2016%20Ay%C3%A7i%C3%A7e%C4%9Fi%20Raporu%20son%20hali.pdf [01.08.2018].

Haykin S., 1999. Neural networks: Acomprehensive foundation. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

Kavzoğlu T., Çölkesen İ. 2010, Destek vektör makineleri ile uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında kernel fonksiyonlarının etkilerinin incelenmesi. *Harita Dergisi*, Temmuz 2010, 144:73-82

Kumar P., Gupta D.K., Mishra V.N., Prasad R., 2015, Comparison of support vector machine, artificial neural network, and spectral angle mapper algorithms for crop classification using LISS IV data, *International Journal of Remote Sensing*, 36-6,1604-1617.

Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., 2000. Remote Sensing and Image Interpretation, John Wiley&Sons Inc., New York

Lu, D., Weng, Q., 2007. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance, *International Journal of Remote Sensing.* Vol. 28,No. 5, 10 March 2007, 823–870.

Öztemel, E., 2003. *Yapay Sinir Ağları*. Palmiye Yayıncılık, 47-49.

Sağıroğlu, S., Besdok, E., Erler, M., 2003. *Muhendislikte Yapay Zeka Uygulamaları*, Ufuk Kitabevi, İstanbul.

TUIK 2017 http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001 [01.08.2018].

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6730

ÇUKUROVA TARIMSAL ÜRÜN DESENİNİN GELECEĞE YÖNELİK MODELLENMESİ

Anıl AKIN[1], Nurdan ERDOĞAN[2], Süha BERBEROĞLU[3], Ahmet ÇİLEK[4], Akif ERDOĞAN[5], Cenk DÖNMEZ[6], Onur ŞATIR[7]

[1]Dr.Öğr.Üyesi., Bursa Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Bursa anil.tanriover@btu.edu.tr
[2]Dr.Öğr.Üyesi.,İzmir demokrasi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, İzmir, nurdan.erdogan@idu.edu.tr
[3]Prof.Dr., Çukurova Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Adana, suha@cu.ed.tr
[4]Arş.Gör.Dr., Çukurova Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Adana, acilek@cu.edu.tr
[5]Dr.Öğr.Üyesi.,Çukurova Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Adana, maerdogan@cu.edu.tr
[6]Doç.Dr., Çukurova Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Adana, cdonmez@cu.edu.tr
[7]Doç.Dr.,Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Van, osatir@yyu.edu.tr

ÖZET

Gerçek dünyada karmaşık yapıdaki ilişkilere sahip sistemlerin ya da süreçlerin, incelenebilir, anlaşılabilir ve analitik olarak yönetilebilir şekilde sadeleştirilmiş sunumları olarak tanımlanan modeller, son yıllarda alan kullanım/arazi örtüsü değişimlerine yönelik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Mekânsal , çok ölçekli ve dinamik modelleme yaklaşımlarının kullanımıyla oluşturulan alan kullanım/arazi örtüsü değişim modelleri, geleceğe yönelik alternatif senaryoların ortaya konmasında etkin araçlardır. Bu kapsamda çalışma, Çukurova'da en değişken alan kullanım sınıflarından biri olan tarımsal alanlarda ürün deseninin alan kullanım/arazi örtüsü değişim modelleri ile geleceğe yönelik modellenebilirliğinin test edilmesi amaçlamıştır. Konumsal alan kullanım/arazi örtüsü değişim modelleri kentleşme, ormansızlaşma, tarımsal alanlardaki artış ya da azalış vb. genel arazi örtüsü/kullanımı değişimlerinin modellenmesinde oldukça başarılı sonuçlar vermektedir. Bununla birlikte tarımsal ürün desenindeki değişkenlik, bu alanlarda tahmini güçleştirmektedir.

Çalışmada, mekânsal olmayan analiz modülü ve belirgin konumsal analiz modülü olmak üzere iki temel araca sahip CLUE-s modeli kullanılmıştır. İlk aşamada, bütün arazi örtüsü sınıfları için alansal değişimi hesaplarken ikinci aşamada, raster temelli sistem içerisinde arazi kullanım taleplerini/dağılımları arazi kullanım değişimleri analizlerine entegre edilmiştir. Çalışmada doğal alan, mısır, pamuk, diğer tarım, orman, su ve yerleşim olmak üzere yedi adet alan kullanımı/arazi örtüsü sınıfı belirlenmiştir. Araştırma alanında en dikkat çeken alan kullanım/arazi örtüsü değişimleri, mısır ve yerleşim alanları sınıflarında yaşanan artış ile diğer tarım sınıfındaki azalmadır. Alan kullanım/arazi örtüsü dokusunun modellenmesinde arazi kabiliyet sınıfları, barajdan olan uzaklık, yükseklik, derinlik, eğim, lagünden ve akarsu kollarından olan uzaklık, nüfus, ortalama sıcaklık, ortalama yağış, yollardan olan uzaklık, tuzluluk ve yerleşimlerden olan uzaklık olmak üzere üzere 12 adet yersel değişken kullanılmıştır. Her bir arazi örtüsü/alan kullanımı ile yersel değişken arasındaki ilişkiler regresyon analizi ile hesaplanmış ve doğrulu ROC analizi ile değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçları değerlendirildiğinde, kullanılan yersel değişkenler ile oluşturulan modelin tarımsal ürün deseninde yaşanan değişimleri açıklamada yetersiz olduğu görülmüştür. Bu durumun en önemli nedenlerinden birisi Türkiye gibi belirli bir tarım politikası olmadığı ve tarımsal ürün deseninin günübirlik seçimler ile sürekli olarak değişkenlik gösterdiği alanlarda modelleme çalışmalarının efektif bir şekilde gerçekleşmesinin zorluğudur.

Anahtar Sözcükler: Çukurova, tarım, modelleme, CLUE-s

ABSTRACT

MODELLING the ÇUKUROVA AGRICULTURE YIELD PATTERN for the FUTURE

Complex relationships and processes in real world can be more understandable, intelligible and analytically manageable by modelling. Nowadays, modelling studies are effectively used in land use/land cover change projections. Land use/land cover change models are mostly have spatial, multi-scaled and dynamic structure and they are an effective tool for testing the potential effects of future scenarios. In this frame the study aims to test and analyse the modelling effectiveness of agricultural yield pattern which is of the most changeable land use class with the land use/land cover modelling approach. Urbanization, defrostration, gain and losses in agricultural lands can be very effectively modelled with the land use/land cover models. However, the change in yield pattern reduces the predictive accuracy of the modelling.

For the study, CLUE-s modelling approach was used. The model is sub-divided into two distinct modules, namely a non-spatial demand module and a spatially explicit allocation procedure. The non-spatial module calculates the area change for all land use types at the aggregate level. Within the second part of the model these demands are translated into land use changes at different locations within the study region using a raster-based system. Seven land use/land cover classes was determined within the study including; natural land, corn, cotton, agriculture (combined agricultural lands), forest, water

and settlement. Most considerable change was the increase in corn the settlement classes and decrease in other agricultural lands. 12 spatial variables including land ability classes, distance from dam, elevation, soil depth, slope, distance from lagoon and river network, population, average temperature, average precipitation, distance from transportation and settlement and soil saltness were used in land use/land cover modelling. The relationships between land use classes and the spatial variables were evaluated with the regression analysis. The model accuracy was determined with the ROC analysis. The results have showed that the defined spatial variables were inadequate to clarify the change in agricultural yield pattern. One the basic reason for this is that the Turkey has no regular agricultural policy and the yield pattern changes according to diversified needs which make the future prediction studies ineffective.

Keywords: Çukurova, agriculture, modelling, CLUE-s

1. GİRİŞ

Doğal peyzajın, tarım, otlatma, ormancılık, sanayileşme, kent gelişimi ve ulaşım ağları gibi doğrudan insan kullanımları kapsamında dönüştürülmesi nedeniyle dünya yüzeyinin %50'si değişime uğramıştır. Ayrıca, bu değişimler dünya yüzeyinin %90'ından fazlasını etkilemiştir (Entwisle, 2005).
Bu noktada, alan kullanım/arazi örtüsü değişimlerinin neden-sonuç ilişkileri kapsamında tanımlanması, açıklanması, geleceğe yönelik tahmini, etkilerinin değerlendirilmesi ve çözüm önerilerinin getirilmesine olanak tanıyan etkin araçlara gereksinim duyulmaktadır. Gerçek dünyada karmaşık yapıdaki ilişkilere sahip sistemlerin ya da süreçlerin, incelenebilir, anlaşılabilir ve analitik olarak yönetilebilir şekilde sadeleştirilmiş sunumları olarak tanımlanan modeller, son yıllarda alan kullanım/arazi örtüsü değişimlerine yönelik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Briassoulis, 2000; Dökmeci, 2005).
Son yıllarda alan kullanım/arazi örtüsü değişimlerine yönelik çok sayıda model geliştirilmiştir. Geliştirilen her modelin kendine özgü bir yaklaşımı vardır. Çalışmanın amacı, alanın ölçeği, konumu ve niteliği, modeli geliştirenlerin bilimsel altyapısı modelleri farklı açılardan özgün kılmaktadır. Çalışmada, literatürde bulunan modeller arasından Clue-s modeli tercih edilmiştir. Clue-s modelinin tercih edilme sebebi, literatürde fiziksel (doğal çevre elemanları) ve sosyo-ekonomik yapının entegrasyonunda sağlamış olduğu başarıdır. Ayrıca model, tarımsal ürün deseni değişimi çalışmalarında da kullanılabilmektedir. Modelin bir avantajı istenilen miktarda yersel değişkenin/yönlendirici faktörün kullanılmasına olanak sağlamasıdır. Bu çalışma ile Türkiye'nin tarımsal üretim açısından en verimli ovalarından biri olan Adana, Çukurova'da, oldukça çeşitlilik gösteren tarımsal ürün deseni değişiminin 2050 yılı için modellenebilirliğinin test edilmesi hedeflenmiştir.

1.1. CLUE-s Modeli

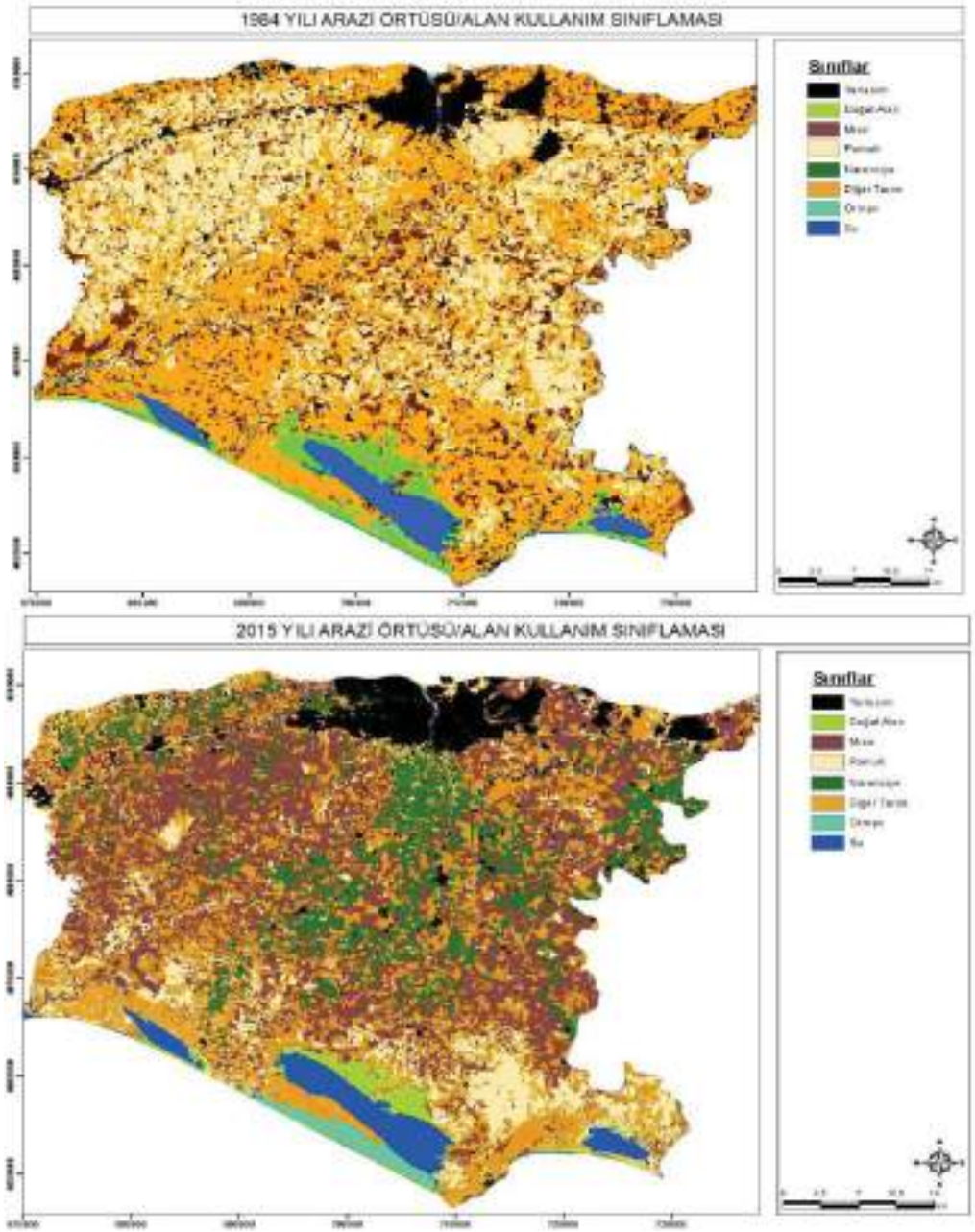
Çalışmada kullanılan CLUE-s (Conversion of Land Use and its Effects at Small regional extent), makro ölçekteki çalışmalar için geliştirilen CLUE modelinin, yerel ve bölgesel ölçeklerdeki çalışmalarda uygulanabilmesi doğrultusunda geliştirilmiştir (Verburg ve ark., 2007; Veldkamp and Fresco 1996). CLUE-s modeli 2 ana bölümden oluşmaktadır. Yersel/mekânsal olmayan analiz modülü ve belirgin konumsal analiz modülü (Şekil 1). İlk modül, bütün arazi örtüsü sınıfları için alansal değişimi hesaplarken ikinci modül, raster temelli sistem içerisinde arazi kullanım taleplerini/dağılımlarını arazi kullanım değişimleri analizlerine entegre eder (Verburg, 2007). Mekânsal olmayan talep bölümünde, değişim alanı her bir alan kullanım/arazi örtüsü şekli için ayrı ayrı belirlenmektedir Talep modülünde, basit eğilim analizlerinden karmaşık ekonomik modellere kadar çok farklı teknikler kullanılabilmektedir. Bu teknikler arasında yapılacak seçimde, en önemli alan kullanım/arazi örtüsü değişiminin doğası etkili olmaktadır.
Tekrarlayan bir yapıya sahip olan mekânsal değer atama bölümü, mekânsal analiz ve dinamik modelleme tekniklerinin birleşiminden oluşmaktadır. Mekânsal analizde, alan kullanım/arazi örtüsünün mekânsal dağılımı ile bu dağılımı etkileyen yönlendirici faktörler arasındaki ilişkiler ortaya konmaktadır. Bu aşamada, lojistik regresyon analizi kullanılmaktadır. CLUE-s modelinin; (i) yersel politikalar ve kısıtlamalar, (ii) arazi kullanımı dönüşümleri, (iii) arazi kullanım talepleri, (iv) yersel özellikler olmak üzere dört farklı gereksinimi vardır (Luo at al., 2010).

1.2. CLUS-s Model Basamakları

1.2.1. Arazi Örtüsü/Alan Kullanım Sınıflaması

Çalışmada 1984 ve 2015 yıllarına ait arazi örtüsü/alan kullanım sınıflaması, obje tabanlı yöntem ile gerçekleştirilmiştir. Obje tabanlı sınıflama, görüntüdeki formu, yansıma özelliklerini ve tekstürü dikkate alarak komşu pikselleri anlamlı bölgeler halinde gruplandırır. Segmentasyon işlemi olan bu uygulamada istenirse çalışma için uygun olan bantlar ağırlıklandırılabilir. Yerleşim (konut alanları, endüstriyel alanlar), doğal alanlar (kumullar, kumul vejetasyonu, tuzlu düzlükler), mısır, pamuk, soya, narenciye, diğer tarım (mevsimlik sebze ve

meyveler, kuru tarım), orman ve su olmak üzere dokuz adet sınıf belirlenmiştir. Fakat modelleme sürecinde soya ve narenciye, diğer tarım sınıfına kaydırılmış ve yedi adet sınıf için 2050 yılı tahmin görüntüsü oluşturulmuştur **(Şekil 1).**



Şekil 1. 1984-2015 yılları arazi örtüsü/alan kullanım haritası.

1.2.2. Arazi örtüsü/alan kullanım taleplerinin belirlenmesi

CLUE-s modelleme yaklaşımında "mekânsal olmayan talep" olarak isimlendirilen bölümde, alan kullanım/arazi örtüsünde gelecekte meydana gelebilecek değişimler, miktar olarak belirlenmektedir. Bu aşamada, doğrusal eğilim analizlerinden, kapsamlı ekonomik modellemelere kadar çok değişik yöntemler kullanılabilmektedir. Her bir alan kullanım/arazi örtüsü şekli için yıllık olarak belirlenen talep değişimleri, mekânsal değer atama (simülasyon) sürecinin doğrudan girdisi olarak kullanılmaktadır. 1984-2015 yılları arasında meydana gelen değişim eğilimleri nitel ve nicel olarak belirlenmiştir. Belirlenen değişime doğrusal eğilim analizi uygulanarak, 2050 yılına kadar her bir yıl için olabilecek alan kullanımları miktar olarak hesaplanmıştır. Diğer bir ifadeyle bir değişkenin, geçmişte almış olduğu değerler ile gelecekte alacağı değerler, tahmin edilmiştir (Çizelge 1).

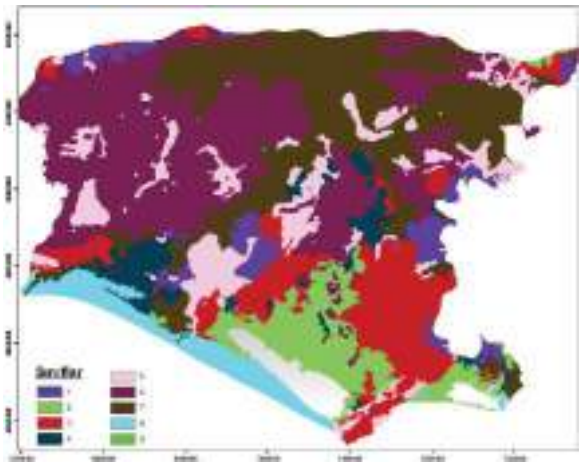
Çizelge 1. 2014-2050 yılı mekânsal talep değerleri (ha).

	İbreli	Yapraklı	Mera	Açık Alan	Yerleşim	Tarım	Diğer
2014	394116.75	35183.2512	12323.25	1114000.35	18252	266508.006	117306
2015	399669	36114.6575	12180	1103203.75	18957	270259.225	117306
2016	405221.25	37046.0638	12036.75	1092407.15	19662	274010.444	117306
2017	410773.5	37977.4701	11893.5	1081610.55	20367	277761.663	117306
2018	416325.75	38908.8764	11750.25	1070813.95	21072	281512.882	117306
2019	421878	39840.2827	11607	1060017.35	21777	285264.101	117306
2020	427430.25	40771.689	11463.75	1049220.75	22482	289015.32	117306
2021	432982.5	41703.0953	11320.5	1038424.15	23187	292766.539	117306
2022	438534.75	42634.5016	11177.25	1027627.55	23892	296517.758	117306
2023	444087	43565.9079	11034	1016830.95	24597	300268.977	117306
2024	449639.25	44497.3142	10890.75	1006034.35	25302	304020.196	117306
2025	455191.5	45428.7205	10747.5	995237.75	26007	307771.415	117306
2026	460743.75	46360.1268	10604.25	984441.15	26712	311522.634	117306
2027	466296	47291.5331	10461	973644.55	27417	315273.853	117306
2028	471848.25	48222.9394	10317.75	962847.95	28122	319025.072	117306
2029	477400.5	49154.3457	10174.5	952051.35	28827	322776.291	117306
2030	482952.75	50085.752	10031.25	941254.75	29532	326527.51	117306
2031	488505	51017.1583	9888	930458.15	30237	330278.729	117306
2032	494057.25	51948.5646	9744.75	919661.55	30942	334029.948	117306
2033	499609.5	52879.9709	9601.5	908864.95	31647	337781.167	117306
2034	505161.75	53811.3772	9458.25	898068.35	32352	341532.386	117306
2035	510714	54742.7835	9315	887271.75	33057	345283.605	117306
2036	516266.25	55674.1898	9171.75	876475.15	33762	349034.824	117306
2037	521818.5	56605.5961	9028.5	865678.55	34467	352786.043	117306
2038	527370.75	57537.0024	8885.25	854881.95	35172	356537.262	117306
2039	532923	58468.4087	8742	844085.35	35877	360288.481	117306
2040	538475.25	59399.815	8598.75	833288.75	36582	364039.7	117306
2041	544027.5	60331.2213	8455.5	822492.15	37287	367790.919	117306
2042	549579.75	61262.6276	8312.25	811695.55	37992	371542.138	117306
2043	555132	62194.0339	8169	800898.95	38697	375293.357	117306
2044	560684.25	63125.4402	8025.75	790102.35	39402	379044.576	117306
2045	566236.5	64056.8465	7882.5	779305.75	40107	382795.795	117306
2046	571788.75	64988.2528	7739.25	768509.15	40812	386547.014	117306
2047	577341	65919.6591	7596	757712.55	41517	390298.233	117306
2048	582893.25	66851.0654	7452.75	746915.95	42222	394049.452	117306
2049	588445.5	67782.4717	7309.5	736119.35	42927	397800.671	117306
2050	593997.75	68713.878	7166.25	725322.75	43632	401551.89	117306

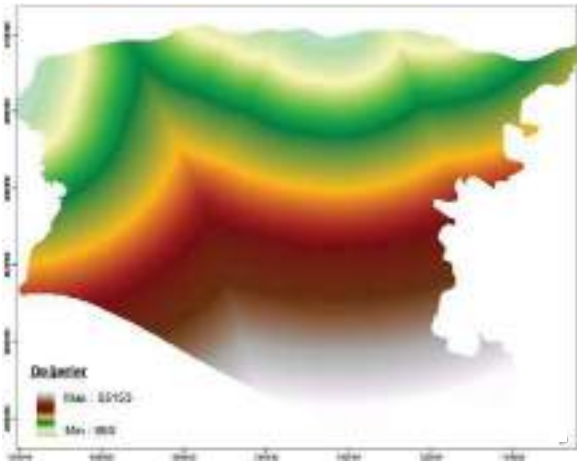
1.2.3. CLUE-s Yönlendirici Faktörler

Alan kullanım/arazi örtüsü değişimlerine yönelik doğru politika ve plan kararlarının alınabilmesi için, alan kullanım/arazi örtüsü değişimlerinin nitel ve nicel olarak ortaya konması, değişimin altında yatan nedenlerin, diğer bir ifadeyle yönlendirici faktörlerin (driving factors) anlaşılması gerekmektedir. Yönlendirici faktörler, alan kullanım/arazi örtüsü değişimlerine neden olan ve değişimin yönü ile miktarını belirleyen faktörlerdir (Hersperger and Bürgi, 2007). Çalışmada, arazi kabiliyet sınıfları, barajdan olan uzaklık, yükseklik, derinlik,

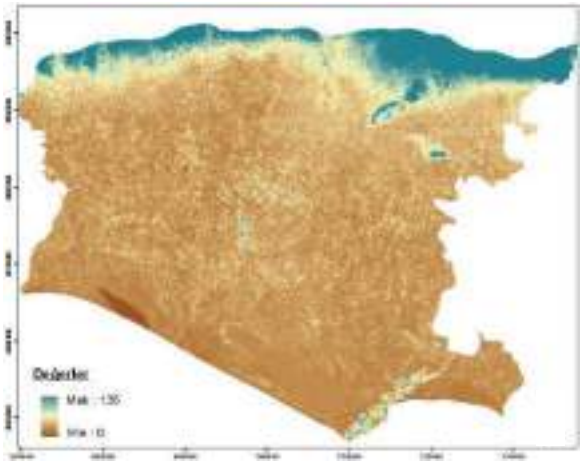
eğim, lagünden ve akarsu kollarından olan uzaklık, nüfus, ortalama sıcaklık, ortalama yağış, yollardan olan uzaklık, tuzluluk ve yerleşimlerden olan uzaklık olmak üzere üzere 12 adet yersel değişken kullanılmıştır (Şekil 2).



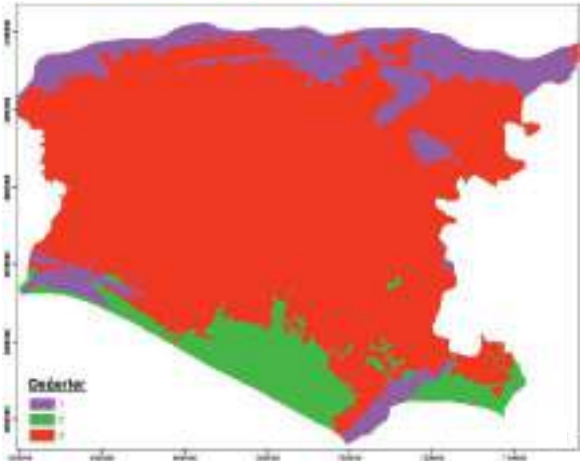
AKK



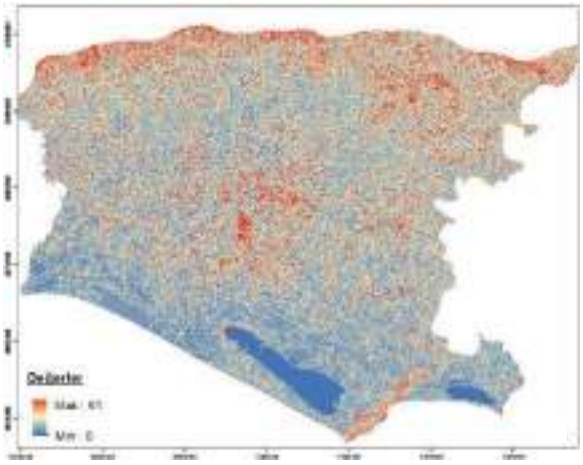
Barajdan olan uzaklık



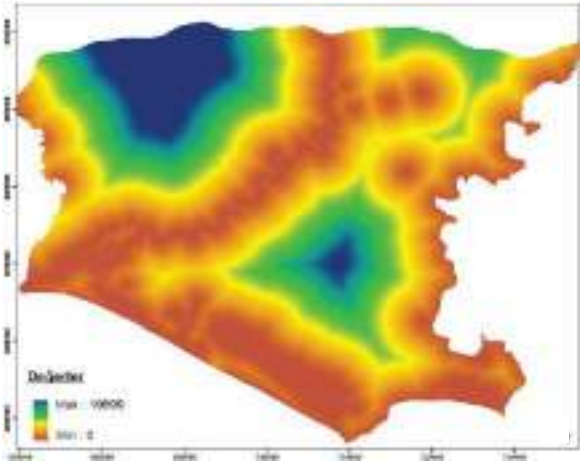
Yükseklik



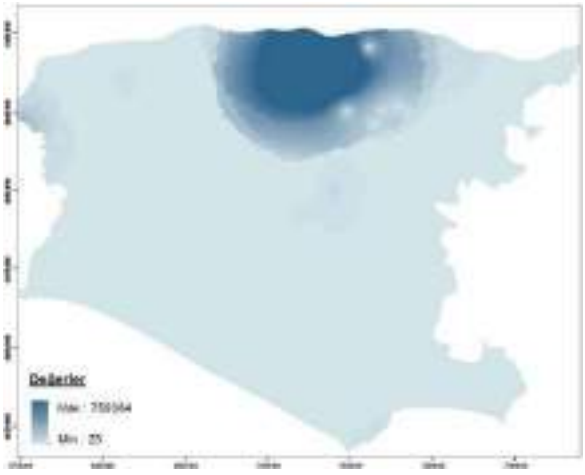
Derinlik



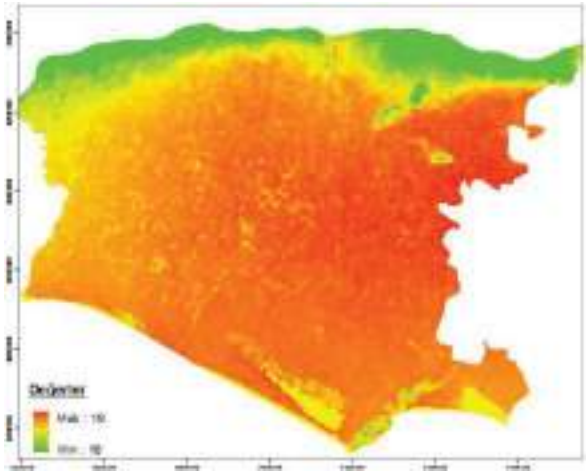
Eğim



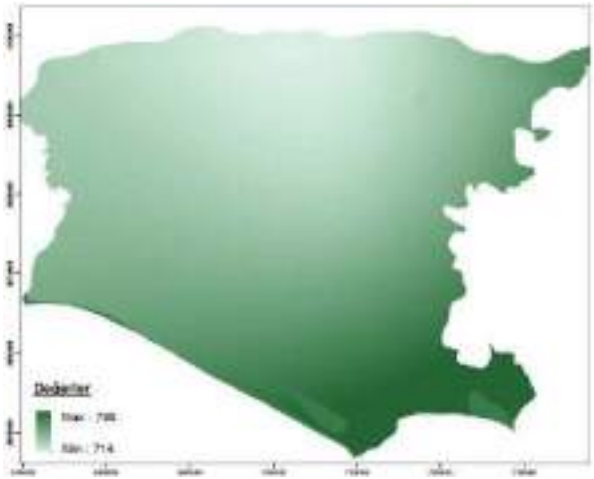
Lagünden ve akarsu kollarından uzaklık



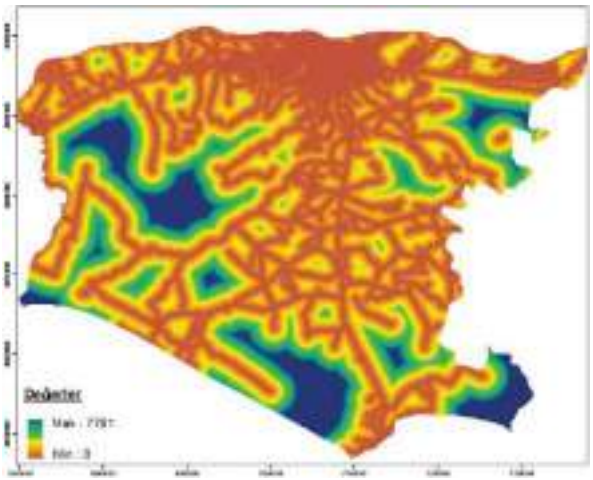
2012 Nüfus



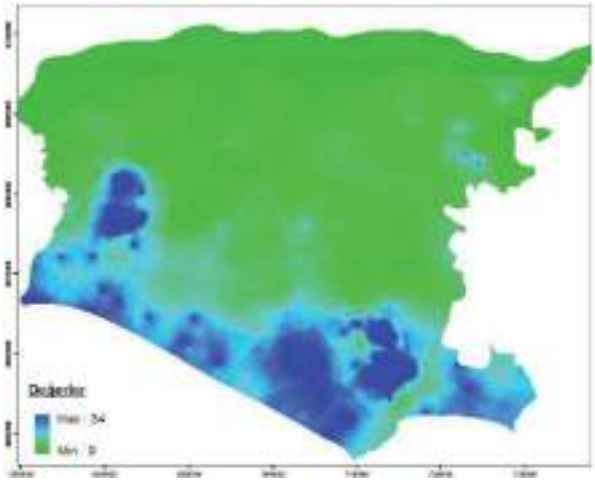
Ortalama Sıcaklık



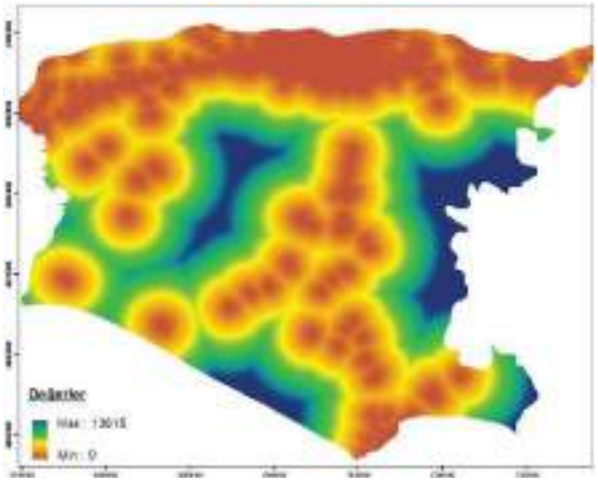
Ortalama Yağış



Yollardan olan uzaklık



Tuzluluk



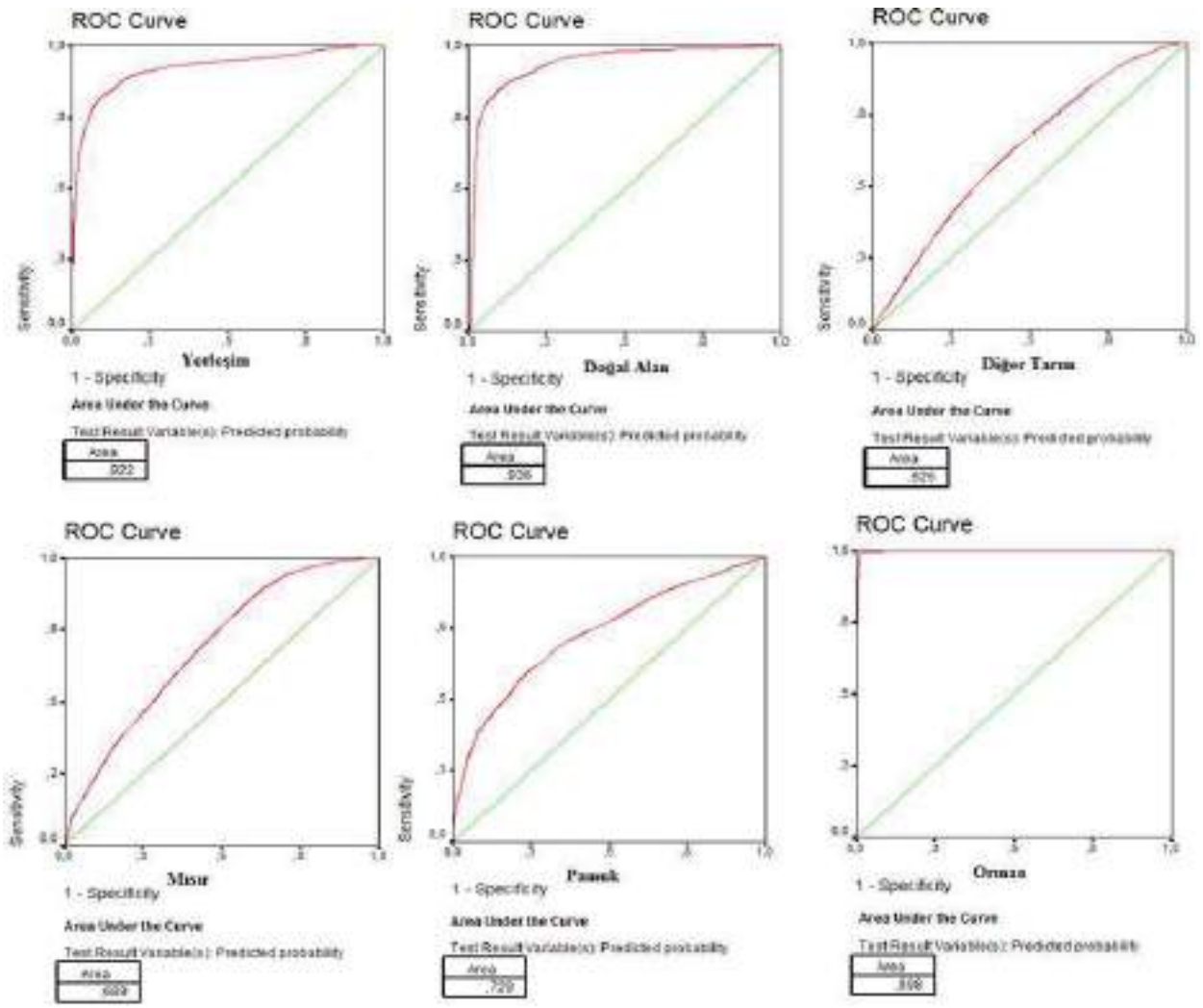
Yerleşimlerden olan uzaklık

Şekil 2. CLUE-s yönlendirici faktöler.

1.2.4. Olasılık Haritalarının Oluşturulması

Alan kullanım/arazi örtüsü değişim modellerinin temel aşamalarından birisini, alan kullanım/arazi örtüsü yapısı ile bu yapıyı etkileyen yönlendirici faktörler arasındaki ilişkilerin sayısal olarak belirlendiği "mekânsal analiz" bölümü oluşturmaktadır. İstatistiksel tekniklerin kullanıldığı bu aşamada, genellikle regresyon analizleri uygulanmaktadır (Erdoğan, 2011).

Lojistik Regresyon Analizinin amacı, en az değişkeni kullanarak, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi en iyi uyuma sahip olabilecek şekilde tanımlayabilen ve kabul edilebilir bir model oluşturmaktır (Oğuzlar, 2005). Diğer bir ifadeyle regresyon analizinin amacı, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi, bu ilişkiyi en iyi şekilde temsil edecek doğru denklemi bularak belirlemektir. Lojistik Regresyon yöntemi ile her bir alan kullanım/arazi örtüsü sınıfının, önceki bölümde tanımlanan yersel değişkenler ile ilişkisi belirlenmiştir. CLUE-s modelleme yaklaşımında, mekânsal analiz güncel alan kullanım/arazi örtüsü dokusuna dayalı olarak gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle Lojistik Regresyon Analizi, 2015 yılı alan kullanım/arazi örtüsü haritası referans alınarak, her bir alan kullanım/arazi örtüsü sınıfı için ayrı ayrı uygulanmıştır. Analizdeki bağımlı değişken, arazi örtüsü/alan kullanım haritasındaki sınıflardır. Her bir sınıf, tek bir bağımlı değişkeni temsil etmektedir. Bunun için sınıflama görüntüsüne Boolean (var-yok) yaklaşımı uygulanmıştır. Bağımsız değişkenler ise, iklim, yükseklik gibi verilerdir. Her bir sınıf için öncelikli ve önemli değişkenleri belirlemek için önce Stepwise yöntemi uygulanmış, sonrasında her bir yersel değişken için uygun katsayı değeri ve sabit değer hesaplanmıştır.



Şekil 3. Arazi Örtüsü/alan kullanımı ROC eğrileri ve değerleri.

1.2.5. Dönüşüm Kuralları

Araştırma, alan kullanım/arazi örtüsü yapısına yönelik olarak mekânsal analiz sonucunda belirlenen ilişkiler dışında, araştırma alanındaki alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının özellikleri, bu sınıfların karşılıklı ilişkileri ve alan kullanım/arazi örtüsü değişimlerini kısıtlayan, engelleyen ya da destekleyen durumları modelleme sürecine dahil edebilmek için karar kuralları belirlenmiştir. Karar kuralları; dönüşüm elastikiyetleri ve dönüşüm matrisleri olmak üzere iki şekilde belirlenmiştir. Araştırmada, modelleme sürecinin ön uygulamalarında, dönüşüm elastikiyetlerinde, sadece kentsel yapıların dönüşümü engellenmiş ve "1" değeri verilmiştir. Diğer alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarında, dönüşüm elastikiyetlerine "0" değeri verilmiş ve son değerler modelin ön uygulamalarının değerlendirilmesi sonucunda, Çizelge 2'deki gibi belirlenmiştir. Bu değerlere göre, kentsel yapılar sınıfıdan sonra, diğer alan kullanım/arazi örtüsü şekillerine dönüşümü en zor alan kullanım/arazi örtüsü sınıfı su sınıfı olarak belirlenmiştir. Su sınıfı (Akarsu kolları ve Akyatan Lagünü), modelde koruma katmanı olarak belirlenmiş, modelleme sürecinden çıkarılmıştır. Bununla birlikte, modelleme sürecinde, geçmişten günümüze olan değişim eğilimleri dikkate alınmış, sadece mısır gibi teşvik verilen ürünler için belli bir alan tahmini yapılmıştır. Burada 1'e doğru yaklaştıkça dönüşüm olasılığı azalmaktadır. Alanın özelliğine göre bu değerler kesirli sayılarda olabilmektedir. Bununla birlikte yerleşim sınıfına "1" değerinin verilmesi, sınıflama sırasında meydana gelen sınıflama hatalarının etkisini de minimize etmiştir.

Çizelge 2. Arazi örtüsü/alan kullanımı dönüşüm elastikiyetleri

	Yerlesim	Dogalalan	Misir	Pamuk	Digertarım	Orman	Su
Dönüşüm Elastikiyetleri	1	0	0	0	0	0	1

Dönüşüm matrislerinde, başlangıçta alan kullanım/arazi örtüsü sınıflarının birbirlerine olan dönüşümlerine kısıtlama getirilmemiş, fakat sonraki uygulamalarda, mısıra yönelik teşvik uygulaması ya da pamuk ekiminin son yıllarda önem kazanmasından dolayı, bu iki sınıfın diğer sınıflara olan dönüşümü kısıtlanmıştır. Aksi taktirde, model sadece geçmiş eğilimleri dikkate alarak bu alanlarda küçülme öngörmüştür (Çizelge 3).

Dönüşüm elastikiyetlerinden farklı olarak dönüşüm matrisi sadece 0 ve 1 değeri alabilir. 0 dönüşümün gerçekleşemeyeceği sınıfları, 1 ise dönüşüme uygun sınıfları temsil etmektedir.

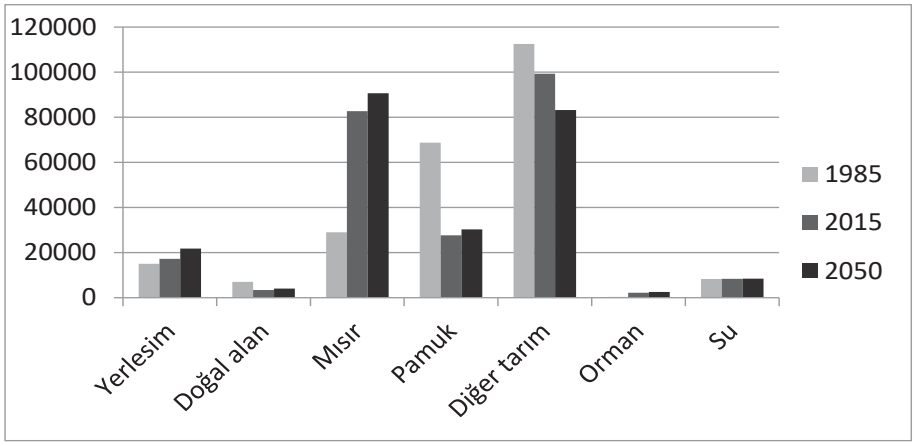
Çizelge 3. Arazi örtüsü/alan kullanımı dönüşüm matrisi.

	Yerleşim	Doğal alan	Mısır	Pamuk	Diğer tarım	Orman	Su
Yerleşim	1	0	0	0	0	0	0
Doğal alan	1	1	1	1	1	1	1
Mısır	0	0	1	1	0	0	1
Pamuk	0	0	1	1	0	0	1
Diğer tarım	1	1	1	1	1	1	1
Orman	1	1	1	1	1	1	1
Su	0	0	0	0	0	0	1

2. SONUÇLAR

2.1. 2050 yılı Tahmin Sonucu

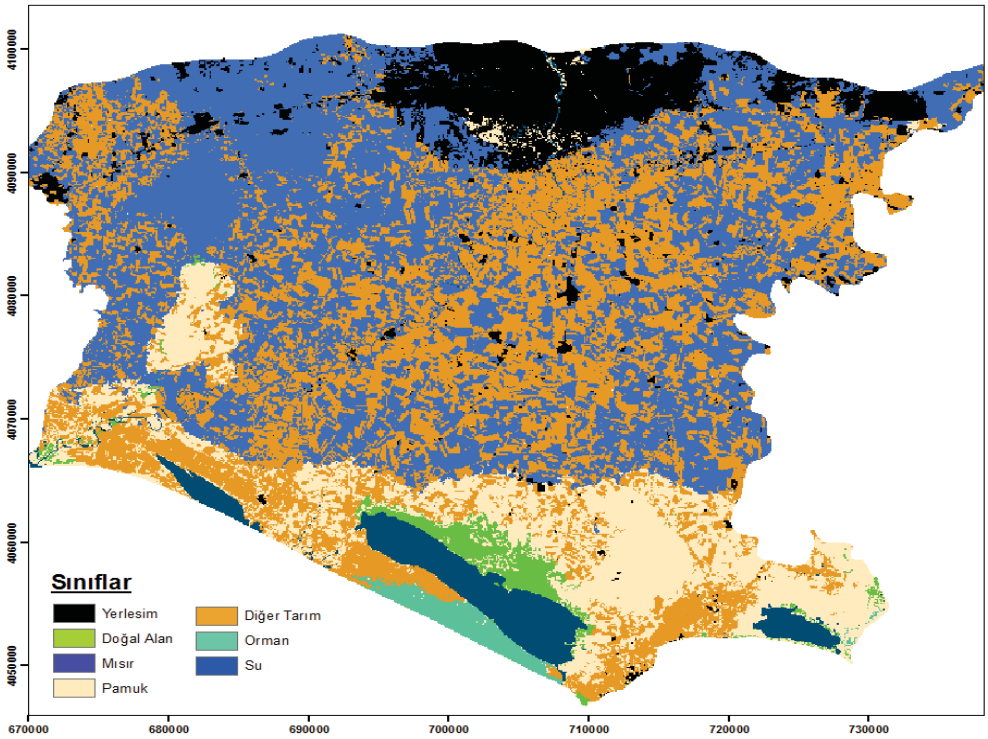
2050 yılı tahmin haritası yedi adet arazi örtüsü/alan kullanımı sınıfı dikkate alınarak oluşturulmuştur. Bunun nedenleri arasında her bir tarım ürünü için (soya, karpuz vb.) tanımlayıcı değişkenlerin olmamasıdır. Bu nedenle alanın en önemli tarımsal ürünü olan mısır ve pamuk için tahmin çalışması gerçekleştirilmiştir. İlk model çalışmasında, dokuz adet tarımsal ürün modele entegre edilmiş fakat arzu edilen sonuç alınamamıştır. Bunda modelin sistemlerinin hiyerarşik yapısına ve arazi örtüsü/alan kullanımı ile konumsal faktörlerin ilişkisine oldukça duyarlı bir yapısı olması etkili olmuştur. Tanımlayıcı değişkenler, her bir ürün için ayırt edilebilecek istatistiksel değerler üretememiş, model 2050 yılı için tahmin sonucu oluşturamamıştır. Bu nedenle bazı sınıflar birleştirilmiştir. Bununla beraber, özellikle pamuk için tuzluluk oldukça baskın bir tanımlayıcıdır ve model sonuçlarında da bu açık bir şekilde görülmektedir. 1984-2050 yılları arasındaki 65 yıllık zaman periyodunda gözlemlenen ve beklenen değişimler hektar (ha) olarak Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Arazi örtüsü/alan kullanım değişimleri (ha).

Alanda en dikkat çeken değişimler, mısır sınıfındaki artış, yerleşim alanlarının artması ve diğer tarım sınıfındaki azalmadır. Bunun nedeni, yerleşim alanlarının en çok tarımsal alanlar üzerinde gelişim göstermesidir. Özellikle Adana ili merkezden çepere doğru hızlı bir büyüme göstermiş ve alanın güneyinde kalan tarım toprakları niteliğini kaybetmiştir. Diğer tarım sınıfındaki azalmanın bir nedeni de soya ve alanda var olan diğer tarım ürünlerinin mısıra ve pamuğa olan dönüşümüdür. Mısır ve pamuk hariç diğer tüm tarım ürünleri diğer tarım kategorisi altında birleştirildiğinden, ürünler içerisindeki dönüşüm, bu sınıfta azalma olarak etkisini göstermiştir. 2015 yılı başlangıç yılı olarak kabul edildiğinde, 2050 yılı için 21770 ha alanın yerleşime dönüşeceği öngörülmüştür. Yani 4498 ha yeni yerleşim alanı beklenmektedir. Doğal alanlarda 672 ha'lık bir azalma beklenmektedir. Bu alanlarda en çok tarımsal faaliyetler için bozulmaya uğramaktadır. Özellikle Ağyatan Lagünü'nün kuzey bölümleri tarımsal faaliyetler için zarar görmektedir. Mısır, 1984-2015 yılları arasında 53717 ha'lık bir artış göstermektedir. 2050 yılı için7928 ha'lık bir artış beklenmektedir. Bu artışa paralel olarak pamuk sınıfında 1984-2015 zaman periyodu için 41036 ha'lık bir azalma söz konusudur. 2050 yılı için ise 2600 ha'lık bir artış beklenmektedir. 1984-2015 zaman periyodu için orman sınıfındaki artışın nedeni, Akyatan Lagünü'nün hemen alt bölümünde, kumul alanlar üzerinde yapılan ağaçlandırma çalışmasıdır. Su sınıfı, korunan alan olarak model dışı bırakılmıştır. Dolayısıyla herhangi bir değişim gözlemlenmemiştir. 2050 yılı tahmin haritası Şekil 5'te verilmiştir.

Konumsal alan kullanım/arazi örtüsü değişim modelleri genel arazi örtüsü/kullanımı değişimlerinin modellenmesinde oldukça başarılı sonuçlar vermektedir. Bununla birlikte tarımsal ürün desenindeki değişkenlik, bu alanlarda tahmini güçleştirmektedir. Çalışma sonuçları değerlendirildiğinde, 12 adet yersel değişken ile oluşturulan modelin tarımsal ürün deseninde yaşanan değişimleri açıklamada yetersiz olduğu görülmüştür. Bu durumun en önemli nedenlerinden birisi Türkiye gibi belirli bir tarım politikası olmadığı ve tarımsal ürün deseninin günübirlik seçimler ile sürekli olarak değişkenlik gösterdiği alanlarda modelleme çalışmalarının efektif bir şekilde gerçekleşmesinin zorluğudur. Özellikle Çukurova'da tarımsal ürün desenin sürekli değişim ve çeşitlilik göstermesi modelin tahmin verimliliğini düşürmüştür. Bu durum herhangi bir ürüne yönelik gelecek rekolte tahminlerinin de doğru bir şekilde yapılmasını engellemektedir.



Şekil 5. 2050 yılı arazi örtüsü/alan kullanım haritası (ha).

KAYNAKLAR

Briassoulis, H., 2000, Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modelling Approaches, *The Web Book of Regional Science,* Regional Research Institute, West Virginia University, http://www.rri.wvu.edu/WebBook/Briassoulis/contents.htm (Erişim tarihi: 09 Ocak 2009)

Dökmeci, V., 2005, Planlamada Sayısal Yöntemler, *İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınevi*, ISBN: 975-561-260-2, İstanbul, 174s.

Entwisle, B., 2005, Population, Land Use, and Environment : Research Directions, *National Academies Pres,* Washington, DC.

Erdoğan, N., 2011, İzmir İli Örneğinde Peyzaj Değişim Senaryolarına Yönelik Modelleme Yaklaşımı: Clue-S. *Ege Üniversitesi, Peyzaj mimarlığı anabilim dalı, Doktora Tezi.*

Heistermann, M, Müller C. and Ronneberger, K., 2006, Land in sight? Achievements, deficits and potentials of continental to global scale landuse modeling, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 114: 141–158.

Luo, G., Yin, C., Chen, X., Xu, W. and Lu, L., 2010, Combining system dynamic model and CLUE-s model to improve land use scenario analyses at regional scale: A case study of Sangong warershed in Xinjiang, China,*Ecological Complexity* 7 (2010): 198–207.

Oğuzlar, A., 2005, Lojistik Regresyon Analizi Yardımıyla Suçlu Profilinin Belirlenmesi, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 19 (1):21-35.

Veldkamp, A., Fresco, L.O., 1996, CLUE: A conceptual model to study the conversion of land use and its effects. *Ecological Modeling,* 85, 253-270.

Verburg, P.H. and Overmars, K.P., 2007, Dynamic simulation of land-use change trajectories with the CLUE-s model. 321-338, Modelling Land Use Change: Progress and applications, Koomen, E., Stillwell, J., Bakema, A.and Scholten, H.J. (Eds.), ISBN: 978-1-4020-5647-5, *The GeoJournal Library Volume 90, Springer, Dordrecht, The Netherlands, 398p.*

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6109

DİJİTAL YÜZEY MODELİNDEN TURUNÇGİL MEYVE AĞAÇLARININ TESPİTİ, ÇIKARIMI VE KÜMELENMESİ: BÜTÜNLEŞİK BİR SİSTEM

Ali Özgün OK[1], Aslı ÖZDARICI OK[2]

[1]Doç. Dr., Nevşehir H.B.V. Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Bölümü, 50300, Nevşehir, ozgunok@nevsehir.edu.tr
[2]Doç. Dr., Ankara H.B.V. Üniversitesi, Tapu Kadastro Yüksekokulu, 06450, Ankara, asliok@gazi.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, turunçgil meyve ağaçlarının tek bir Dijital Yüzey Modeli (DYM) girdi verisinden bireysel olarak tanınmasına yönelik tespit, çıkarım ve kümeleme aşamalarını içeren yeni bir bütünleşik yaklaşım sunulmuştur. Turunçgillerin tespiti aşaması için bu meyve ağaçlarının dairesel şekil yapısı ile birlikte DYM'deki yerel maksimum bilgisini olasılıksal olarak birleştiren yeni bir yöntem kurgulanmıştır. Tespit edilen ağaç sınırlarının çıkarımı amacıyla her ağaç bölgesi için negatif büzülme eğilimli Chan-Vese aktif çevrit yöntemi uygulanmıştır. Bu aşama ile sınırları çıkarılan turunçgil meyve ağaçları, bu çalışmada geliştirilen üçüncü ve son aşama olan kümeleme ile otomatik olarak gruplara ayrılmıştır. Kümelere ayırma işleminde ağaç özellikleri, dikim parametreleri ve çevresel komşuluk ilişkileri gözetilerek birleştirici hiyerarşik kümeleme (ortalama bağlantı kümeleme metodu) yöntemi kullanılmıştır. Yöntem, yakın çevresindeki kümelerden farklı karaktere ve yapısal ilişkiye sahip bireysel veya kümesel (ağaç) nesne yapılarını ortaya çıkarmaktadır. Önerilen yöntemin performansını test etmek için Türkiye'nin en verimli narenciye bahçelerinden birini içeren Mersin ilinin kuzey kısmından 3 bölge seçilmiştir. Önerilen bütünleşik yaklaşım için hesaplanan piksel-tabanlı genel F_1 skor değeri %92'dir. Bu sonuç literatürde var olan üç farklı yöntem sonucu ile de karşılaştırılarak önerilen yaklaşımın başarılı performansı açıkça ortaya konulmuştur. Değerlendirmeler, geliştirilen yaklaşımın DYM'den narenciye ağaçlarının kümelere ayrılması konusunda oldukça başarılı sonuçlar üretebildiğini göstermiştir.

Anahtar Sözcükler: çıkarım, İHA dijital yüzey modeli, kümeleme, tespit, turunçgiller

ABSTRACT

DETECTION, EXTRACTION AND CLUSTERING OF CITRUS FRUIT TREES FROM DIGITAL SURFACE MODEL: AN INTEGRATED APPROACH

In this study, we presented a new integrated approach including the detection, extraction and clustering steps for the recognition of individual citrus fruit trees from a single Digital Surface Model (DSM) input data. A new probabilistic method combining the circular shape of these fruit trees with the knowledge of local maximum in the DSM has been utilized for the detection stage of citrus fruits. The Chan-Vese active contour method with a negative contraction bias was applied for each tree region in order to extract the borders of the detected trees. The citrus fruit trees whose borders were extracted with this step were automatically divided into groups by the third and final clustering stage developed in this study. Agglomerative hierarchical clustering (average linkage clustering method) method was utilized considering the properties of trees, planting parameters and peripheral neighborhood relations during the clustering process. The method revealed individual or clustered (tree) object structures having distinctive character and structural relationship than nearby clusters. Three test sites were selected from the northern part of Mersin province to test the performance of the proposed approach, which contains one of the most productive citrus gardens of Turkey. The overall pixel-based F_1 score computed for the proposed integrated approach was 92%. This result was also compared with the results of three different methods in the literature and the successful performance of the proposed approach was clearly demonstrated. The assessments have shown that the developed approach can produce quite successful results from DSM for the clustering of citrus trees.

Keywords: extraction, UAV digital surface model, clustering, detection, citrus trees

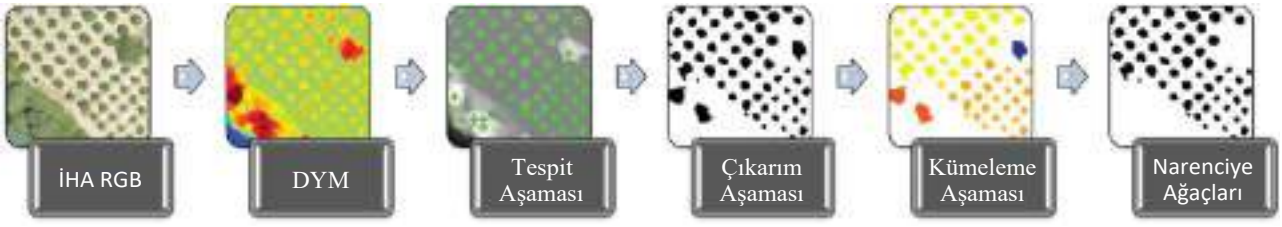
1. GİRİŞ

Dünyada turunçgiller meyve üretimi olarak çok önemli bir yere sahiptir. Bunun bir yansıması olarak Türkiye, 2017 TÜİK verilerine göre 43,500'den fazla sayıda turunçgiller meyve ağacıyla 4,7 milyon tondan fazla üretim yapabilen Akdeniz civarındaki üretim potansiyeli en yüksek ülkelerden birisidir (TÜİK 2017). Bu bağlamda Türkiye, Akdeniz havzasındaki ülkeler ele alındığında turunçgil ihracat gelirleri en yüksek ülkelerden birisidir. Fakat tüm bu coğrafi avantajlarına ve üretim potansiyeline rağmen, ülkemizin turunçgil meyve üretimine ait önceliklerini tanımlayacak, gelecekte daha büyük hedeflere ulaşması hedeflenen turunçgil üretimini ve planlamasını ülke çapında ele alan detaylı bir stratejik planı hâlâ oluşturulamamıştır. Bunun belki de birincil sebebi, narenciye üretimi yapılan

bölgelere ilişkin düzenli aralıklarla sürekli izlenebilir ve güncellenebilir bir sistemin henüz oluşturulamamış olmasıdır. Her ne kadar Narenciye Bilgi Sistemi (NARBİS) projesi kapsamında ülkemizin turunçgil üretimi konusunda lider bölgelerinden olan Adana için narenciye envanterinin belirlenmesini ve analiz edilmesini sağlayacak bir Coğrafi Bilgi Sistemi altyapısı önerilmiş olsa da (Çetinkaya 2010), bu sistem bildiğimiz kadarıyla henüz tam anlamıyla faal olarak hayata geçirilememiştir. Bunun yanı sıra, önerilen sistem içerisinde narenciye ağaçları ile ilgili öznitelik bilgileri (ürün çeşidi, ağaç yaşı, anaç türü vb.) veri tabanında parsel bazında alansal olarak tutulmakta ve bireysel ağaç yapıları özelinde bilgiler (çap, çevre, yükseklik, gövde konumu vb.) yer almamaktadır.

Çok yüksek çözünürlüklü görüntülerden otomatik yöntemlerle bireysel ağaçların çıkarımı konusu uzaktan algılama ve görüntü işleme çalışmalarının uğraştığı önemli konulardan birisidir. Bireysel ağaç tespiti konusunda önerilen otomatik yöntemler arasında büyük çoğunlukla bir dijital yüzey modeli (DYM), normalize dijital yüzey modeli (nDYM) veya taç yükseklik modeli (TYM) verilerini girdi olarak tercih eden yöntemler öne çıkmaktadır. Yapılan çalışmalardan bireysel ağaç tespitine yönelik çalışmaların temelini görüntü bölütleme yöntemlerinin (örn. Hyyppa vd., 2001; Wolf ve Heipke, 2007) oluşturduğu görülmektedir. Bu yöntemin, başlangıç noktası üretimi (örn. Hirschmugl 2007), lokal maksimum bulma (örn. Popescu ve Wynne, 2004; Swetnam ve Falk, 2014; Dalponte vd., 2015), bölge büyütme (örn. Zhen vd., 2015) gibi popüler yöntemlerle birlikte kullanılarak desteklendiği de gözlenmektedir. Bunun yanı sıra bireysel ağaç tespiti çalışmalarında kullanılan diğer yöntemler arasında görüntü sınıflandırma (örn. Dalponte vd., 2014) ve morfolojik analizler (örn. Heinzel vd., 2011) gelmektedir.

İnsansız hava araçlarının (İHA) sivil amaçlar için kullanımı, çok yüksek kalitede yer örnekleme mesafesi (YÖA) sunması ve ilk yatırım maliyetinin karşılanabilir seviyelerde olması nedeniyle hızla artmaktadır. Çok üst seviyede detay içeren (YÖA < 4 cm) ve yüksek bindirme oranlarına (> %75) sahip renkli İHA görüntülerinden (RGB) minimum seviyede hata barındıran yüksek kalitede DYM üretmek artık standart bir hâle gelmiştir. Bu nedenle bu çalışmada, turunçgil meyve ağaçlarının tek bir DYM girdi verisinden bireysel olarak tanınmasına yönelik tespit, çıkarım ve kümeleme aşamalarını içeren yeni bir bütünleşik yaklaşım sunulmaktadır (Şekil 1). Turunçgillerin tespiti aşamasında, bu meyve ağaçlarının dairesel şekil yapısı ile beraber DYM'deki yerel maksimum (LM) bilgisini olasılıksal olarak birleştirerek kullanan yeni bir yöntemden yararlanılmıştır (Ok ve Özdarıcı Ok, 2018a). Tespit edilen ağaçların sınırlarının çıkarımı amacıyla ilgi ve etki bölgeleri üretilmiş ve her ağacın etki bölgesinde negatif büzülme eğilimli Chan-Vese aktif çevrit yöntemi uygulanmıştır (Ok ve Özdarıcı Ok, 2018b). Bu aşamada, ayrıca iki temel strateji yardımıyla farklı ağaçlara ve nesnelere ait olabilecek hatalı bölgelerde elde edilen bireysel ağaç sınırları incelenerek mümkün mertebe filtrelenmiştir. İlk iki aşama sonucunda sınır çıkarımı yapılan turunçgil meyve ağaçları, bu çalışmada geliştirilen üçüncü ve son aşama olan kümeleme işlemi ile ağaç özellikleri, dikim parametreleri ve çevresel komşuluk ilişkileri gözetilerek otomatik olarak gruplara ayrılmıştır. Kümeleme işlemi için birleştirici hiyerarşik kümeleme (ortalama bağlantı kümeleme metodu) yöntemi kullanılmıştır. Bu sayede yakın çevresindeki kümelerden farklı karaktere ve yapısal ilişkiye sahip bireysel veya kümesel nesne yapıları ortaya çıkarılmış ve böylece turunçgiller dışında kalan diğer nesneler (başka ağaç türleri, insan yapımı vb.) küme bazında elimine edilerek bu nesnelerden kaynaklanan hatalar en alt düzeye indirilmiştir. Çalışma bölgesi olarak Akdeniz Bölgesi kıyısında Türkiye'nin en verimli narenciye bahçelerini içeren Mersin ilinin kuzey kısmından 3 test alanı seçilmiştir. Önerilen yaklaşımın başarısını net olarak ortaya koyabilmek amacıyla elde edilen sonuçlar literatürde güvenirliği kanıtlanmış üç farklı yöntemin sonuçları ile de karşılaştırılmıştır.



Şekil 1. Turunçgil meyve ağaçlarının tek bir DYM'den elde edilmesi için geliştirilen bütünleşik sistem.

Bölüm 2'de geliştirilen bütünleşik sistemin detaylarına, Bölüm 3'te test alanlarına ve Bölüm 4'te ise kullanılan bazı kritik parametrelerin analizine yer verilmiştir. Bölüm 5'te geliştirilen sistemin sonuçları tartışılmıştır. Son bölümde (Bölüm 6) ise çalışmadan elde edilen sonuçlar özetlenmiştir.

2. YÖNTEM

Geliştirilen bütünleşik sistemin ilk aşamasını ağaçların dairesel şekil yapısı ile beraber DYM'deki LM bilgisini olasılıksal olarak birleştiren tespit aşaması oluşturmaktadır. İkinci aşamayı tespit edilen ağaçların sınırlarının çıkarımı oluşturmaktadır. Üçüncü ve son aşamada ise tespit edilen ve sınırları çıkarılan ağaçların ağaç özellikleri, dikim parametreleri ve çevresel komşuluk ilişkileri gözetilerek farklı kümelere ayrılması gerçekleştirilmiş ve bu sayede turunçgil ağaçlarının diğer nesnelerden ayrılması sağlanmıştır.

2.1 Ağaçlarının Tespiti

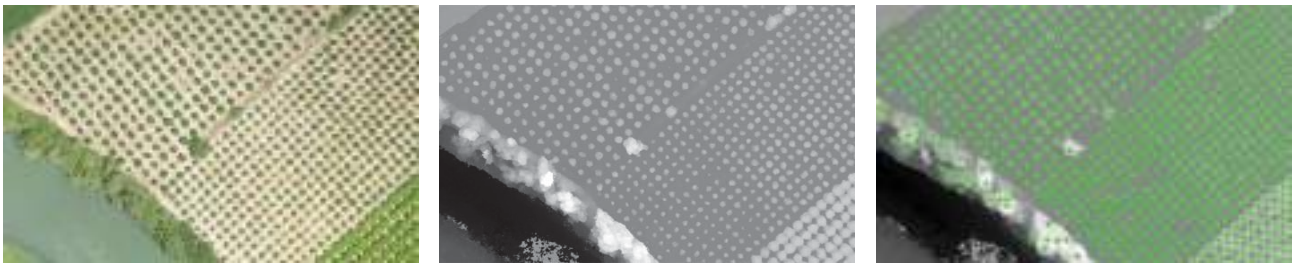
Ağaçlarının tespiti aşamasında kullanılan özgün yöntem yazarların yakın tarihte yaptığı bir çalışmada detaylarıyla açıklanmıştır (Ok ve Özdarıcı Ok, 2018a). Bu nedenle, çalışmanın bu kısmı burada kısaca özetlenmiştir. Tespit aşaması, çok-düzeyli genişletilmiş maksimum dönüşümü ile olasılıksal LM bölgelerinin hesaplanmasıyla başlamaktadır. Klasik genişletilmiş maksimum dönüşümü tek bir yükseklik eşik değeri (h) kullanırken, çok-düzeyli genişletilmiş maksimum dönüşümü ise bir dizi (n) yükseklik eşik değerini kullanarak (h_i, i=1, 2, ..., n olmak üzere) olasılıksal LM bölgelerinin hesaplanmasına imkân tanımaktadır:

$$p_{LM} = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} regionalmax_{h_i}[rec(J,I)]}{n} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \quad (1)$$

Formülde yer alan $rec(J,I)$ terimi art arda gri tonlamalı jeodezik genişletme ifadesini tanımlamaktadır. Bu terimde yer alan I girdi verisi DYM'yi, J ise DYM'den belirli bir i değerindeki yükseklik eşik değeri olan h_i nin farkını (DYM-h_i) belirtmektedir. Formüldeki $regionalmax$ ifadesi jeodezik genişletme işlemi uygulanmış DYM'deki bölgesel maksimum alanların bulunmasını ifade ederken γ terimi ise kullanıcı tanımlı bir duyarlılık parametresini belirtmektedir. p_{LM} de daha parlak pikseller LM'de daha yüksek olasılığa sahip alanları göstermekte ve bu bilgi, birleştirilmiş yönelim simetri görüntüsünün üretimi sırasında kullanılmaktadır:

$$O_r^A = \sum_{i=1}^{m} \left(\left\lfloor \frac{(O_r)^{\alpha_i}}{max\{(O_r)^{\alpha_i}\}} \cdot p_{LM} \right\rfloor * G_\sigma \right) \quad (2)$$

Eş. 2'de yer alan O_r^A belirli bir yarıçap r için seçilen ışınsal simetri düzeyi parametre sayısına (m) bağlı olarak elde edilen birleştirilmiş yönelim görüntüsünü ifade etmektedir. Yine eşitlikte her bir ışınsal simetri düzeyi α_i ile tanımlanırken O_r ise R = $\{r_{min}, r_{min+1}, \ldots, r_{max}\}$ olmak üzere her bir r yarıçap için DYM'ye ait yönelim görüntüsüdür. G_σ terimi ise sabit bir σ değerine sahip iki boyutlu Gauss filtresini tanımlamaktadır. Hesaplanan birleştirilmiş yönelim görüntüsü (O_r^A) DYM'ye ait yönelim-tabanlı simetriyi R'deki belirli bir yarıçap değeri r için yansıtmaktadır. Bu nedenle, R'deki tüm r değerleri için yukarıdaki işlemler tekrar edilmiş ve tüm birleştirilmiş yönelim görüntüleri toplanarak ($O_S = \sum_R O_r{}^A$) DYM'ye ait LM ile ağırlıklandırılmış yönelim simetri görüntüsü (O_S) üretilmiştir. Ardından narenciye ağaçlarına ait ilgi bölgeleri oluşturmak amacıyla kontrolsüz çok-düzeyli eşik belirleme yöntemi uygulanmış ve elde edilen ilgi alanındaki her bir ağaç merkezi (gövdesi) çıkarılmıştır. Kaba hatalı merkez noktaları temizlemek için ise tüm merkez noktalar arasında ayrıntılı mesafe taraması gerçekleştirilmiştir.



(a) (b) (c)

Şekil 2. Test Alanı #1 için tespit edilen (ağaç) nesneler. (a) İHA görüntüsü, (b) yöntemin tek girdisi DYM (beyaz renk görece yüksek kot, siyah renk ise görece alçak kot) ve (c) tespit edilen (ağaç) nesnelerinin merkez konumları.

2.2 Ağaçlarının Sınırlarının Çıkarımı

Ağaçlarının sınırlarının çıkarımı aşamasında kullanılan özgün yöntem yazarların yakın tarihte yaptığı bir başka çalışmada (Ok ve Özdarıcı Ok, 2018b) detaylarıyla açıklandığından çalışmanın ilgili bölümü burada kısaca özetlenmiştir. Çalışmanın bu aşamaya ait kısmını Bölüm 2.1'de üretilen ağaç merkezlerinden etki bölgeleri elde etmek oluşturmaktadır. Bunun için ilk olarak merkez noktaların tamamına Watershed dönüşümü uygulanarak etki bölgelerinin sınırları bulunmuştur. Komşu sınır pikselleri tarafından çevrelenen tüm dallanma noktaları izlenerek nesneden nesneye mesafeyi tanımlamak için mesafe dönüşümü görüntüsü üretilmiştir. Devamında, elde edilen etki bölgelerinde narenciye ağaç sınırlarının bulunabilmesi için bölge-tabanlı aktif çevrit modeli uygulanmıştır:

$$argmin_c \{\lambda_1 \int_{inside(c)} |I(p) - \mu_1|^2 dp + \lambda_2 \int_{outside(c)} |I(p) - \mu_2|^2 dp + \rho\, Len(C) + \nu\, Area(C)\} \quad (3)$$

Formül 3'te yer alan *C*, kapalı bir çevritin sınırını tanımlamaktadır. μ_1 ve μ_2 ise sırasıyla çevritin içindeki ve dışındaki ortalama piksel değerlerini ifade etmektedir. *Len* ve *Area* operatörleri sırasıyla çevritin uzunluğunu ve çevritin içindeki alanı temsil etmektedir. λ_1 ve λ_2 parametreleri sırasıyla iç ve dış terimleri ağırlıklandırırken ρ terimi çevrite ait düzleştirme düzeyini tanımlamaktadır. υ terimi, kullanılacak katsayı işaretine (pozitif veya negatif) bağlı olarak dışa doğru büyümek veya içe doğru büzülmek için çevrit eğilimini kontrol eden parametredir. *I* görüntüyü (DYM) ifade etmektedir.

Bu aşamada etki bölgesindeki evrimi başlatmak için gerekli ilk kontur sınırları için o etki bölgesini oluşturmak için kullanılmış olan ilgi alanının sınırları kullanılmıştır. Bu sayede her bir etki bölgesi için çevritin evriminin bağımsız olarak gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Aktif çevrit evriminin uygulaması, Whitaker (1998) tarafından önerilen seyrek-alan düzey-kümesi metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu işlemi, olabilecek hatalı tespitleri önlemek amacıyla çalışma için geliştirilen ve sırasıyla (i) bulunan bir ağaç sınırı içine düşen yükseklik değerleri ile o ağaca ait ilgi alanına içine düşen yükseklik değerlerini bir güven düzeyi (örn. %95) dikkate alınacak şekilde yüzdelik dilimler hesaplatılarak karşılaştıran ve (ii) yarıçaplar açısından bir karşılaştırma yapmak için çıktı çevritlerinin daireselliğini araştıran iki farklı işlem aşaması takip etmektedir.



(a) (b) (c)

Şekil 3. Test Alanı #1 için sınırları çıkarılan (ağaç) nesneler (a) Yöntemin girdisi olan DYM ve nesnelerin merkez konumları (yeşil renk), (b) sınırları çıkarılan (ağaç) nesneler (beyaz renk) ve (c) sınırları çıkartılan (ağaç) nesnelere ait yeni merkez konumları (yeşil renk).

2.3 Ağaçlarının Kümelenmesi

Bu çalışmada geliştirilen üçüncü ve son aşama olan kümeleme işlemi ile ilk iki aşama sonucunda sınır çıkarımı yapılan nesneler (ağaçlar) için, ağaç özellikleri, dikim parametreleri ve çevresel komşuluk ilişkileri gözetilerek otomatik kümeleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu sayede turunçgiller dışında kalan diğer nesneler (başka ağaç türleri, insan yapımı vb.) küme bazında elimine edilerek farklı nesne türlerinden kaynaklanan hatalar en alt düzeye indirilmiştir.

Bu çalışmada (toplam *K* sayıda) çıkarımı yapılan her (ağaç) nesnenin bilgisi (Şekil 3b) ve yine her nesneye ait merkez (gövde) konum bilgisinden (Şekil 3c) kümeleme işleminde kullanılmak üzere toplamda 7-boyutlu özellik verileri ($\mathbf{X} = [\mathbf{X}_1\, \mathbf{X}_2\, \ldots\, \mathbf{X}_7]$) özgün bir şekilde üretilmiştir. İlk özellik verisini ($\mathbf{X}_1 = \mathbf{r}_k{}^C = [r_1{}^C\, r_2{}^C\, \ldots\, r_K{}^C]^T$; k=1, 2, …, *K*), elde edilen her nesnenin sınırına karşılık gelen dairenin yarıçap bilgisi oluşturmaktadır:

$$r_k^c = \left(\sqrt{4.n_k/\pi}\right)/2 \quad (4)$$

Eş. 4'te r_k^C, bir *C* nesnesi içindeki alan ile aynı sayıda pikseli (n_k) çevreleyen dairenin yarıçapını belirtmektedir. Bu sayede kümeleme işlemi sırasında birbirinden görece farklı yarıçap değerlerine (küçük veya büyük) sahip nesnelerin farklı kümelere ayrılması sağlanmıştır.

İkinci özellik verisini ($X_2 = d_{1k}^C = [d_{11}^C d_{12}^C \dots d_{1K}^C]^T; k = 1,2, \dots, K$) ise elde edilen her (ağaç) nesnenin sınırına yine etrafındaki (ağaç) nesnelerin sınırları dikkate alınarak hesaplanan iki-boyutlu mesafelerin en yakını (d_{1k}^C) oluşturmaktadır:

$$d_{1k}^C = min_M(d(m_i, b_k^j)) \tag{5}$$

Eş. 5'te bir *C* nesnesine ait *j*. sınır pikseli $\boldsymbol{bb}_{kk}{}^{jj}$ ile ifade edilirken **M** ise *C* nesnesi hariç olmak üzere veride bulunan tüm diğer nesneleri, $\mathbf{m}_i$ ise **M**'de yer alan herhangi bir **m** nesnesinin *i*. sınır pikselini tanımlamaktadır. Yine Eş. 5'te verilen d (.) ise görüntü üzerinde iki-boyutlu yakınlık ölçütü hesabında kullanılan Öklid uzaklığını ifade etmektedir. Bu özellik sayesinde (ağaç) nesne kapalılığı yoğun (görece yakın mesafe) veya seyrek (görece uzak mesafe) yapıların tanımlanması sağlanarak farklı kümelere ayrılması tasarlanmıştır.

Üçüncü özellik verisi ($X_3 = d_{2k}^C = [d_{21}^C d_{22}^C \dots d_{2K}^C]^T; k = 1,2, \dots, K$) nesnelerin (gövde) konumları dikkate alarak kurgulanmıştır:

$$d_{2k}^C = min_M(d(m_i, b_k^j)) \tag{6}$$

Eş. 6'da bir *C* nesnesine ait (gövde) pikseli konumu $\mathbf{c}_k$ ile ifade edilirken **M** ise *C* nesnesi hariç olmak üzere veride bulunan tüm diğer nesneleri, $\mathbf{m}_q$ ise **M**'de yer alan herhangi bir **m** nesnesinin merkez (gövde) pikseli konumunu belirtmektedir. Yine verilen d (.) ise görüntü üzerinde iki-boyutlu yakınlık ölçütü hesabında kullanılan Öklid uzaklığını ifade etmektedir. Bu üçüncü özellik verisi, farklı dikim özelliklerine (görece sık veya ayrık dikim) sahip nesne yapılarını ortaya çıkarmaktadır.

Son dört özellik verisi ($\mathbf{X}_4$, $\mathbf{X}_5$, $\mathbf{X}_6$ ve $\mathbf{X}_7$) ise her (ağaç) nesnenin merkez (gövde) konumunun $\mathbf{c}_k = [x_k\, y_k]$ görüntüyü oluşturan düzlemin boyutlarına göre rölatif olacak şekilde pozisyonlarını tanımlamaktadır:

$$X_4 = x_k^c = [x_1^c x_2^c \dots x_K^c]^T \tag{7}$$

$$X_5 = y_k^c = [y_1^c y_2^c \dots y_K^c]^T \tag{8}$$

$$X_6 = x_{img} - x_k^c = \left[x_{img} - x_1^C \;\; x_{img} - x_2^C \dots \; x_{img} - x_K^C\right]^T \tag{9}$$

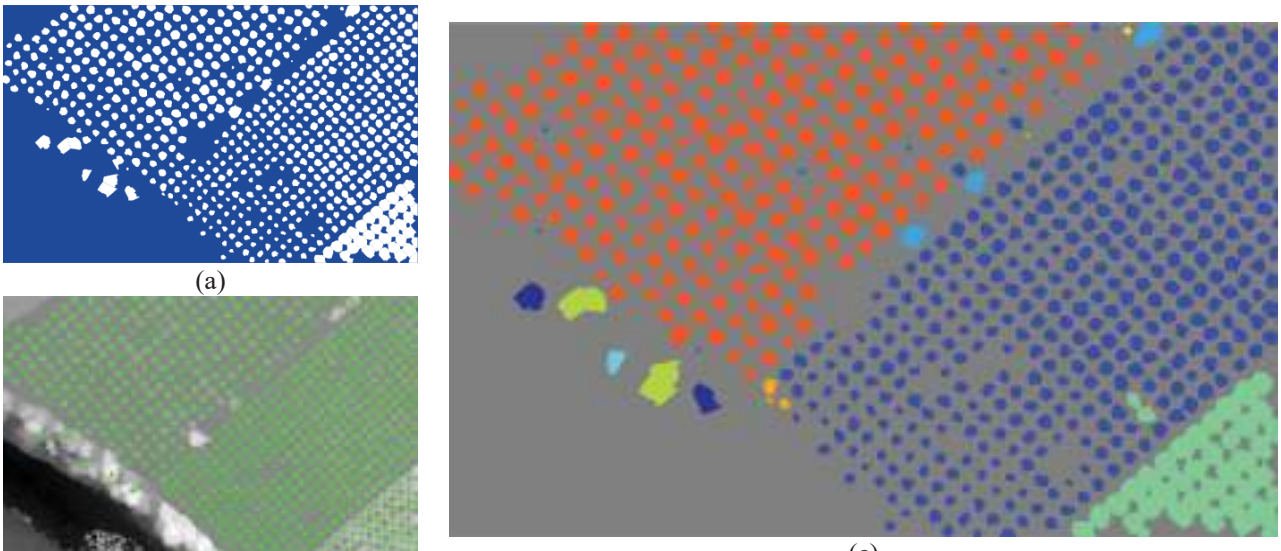
$$X_7 = y_{img} - y_k^c = \left[y_{img} - x_1^C \;\; y_{img} - x_2^C \dots \; y_{img} - x_K^C\right]^T \tag{10}$$

Eş. 9 ve 10'daki x_{img} ve y_{img} sırasıyla DYM verisindeki bir satır ve sütundaki toplam piksel sayısını ifade etmektedir. Bu sayede görüntü düzleminde birbirlerine göre görece yakın konumda bulunan (ağaç) nesnelerin aynı kümeye atanma imkânı olabilmektedir.

Kümeleme işlemi, verilerdeki farklı küme/grup yapılarını ortaya çıkarmak için uygulanan sayısal yöntemleri ifade etmektedir. Bu işlem sonucunda, kümeleme işlemi sırasında kullanılan veri özelliklerine göre her kümenin homojen bir yapıda olması sağlanırken kümelerin birbirleri arasında mümkün olduğunca heterojen yapıda olması beklenir. Kümele yöntemleri Hiyerarşik ve Hiyerarşik Olmayan kümeleme yöntemleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Hiyerarşik Kümeleme, çoğunlukla tek bir grup elemanı barındıran kümelerden başlayarak kümeleri ardı ardına birleştirerek oluşturma sürecidir ve bu yöntemlere genel olarak Birleştirici Hiyerarşik Kümeleme yöntemi adı verilir. Birleştirici hiyerarşik kümeleme yöntemleri, ilk adımda verideki tüm elemanların birbirleri arasındaki mesafelerin/uzaklıkların hesaplanması ile başlar. Bu sayede verideki her elemanın arasındaki benzerlik ya da farklılıklar ortaya çıkartılmış olur. Bu mesafelerin hesaplanmasında kullanılabilecek ölçütler girdi verisi özelinde farklılık gösterecek şekilde literatürde (örn. Öklid, Standartlaştırılmış Öklid, Manhattan, Mahalanobis, Cosine, Pearson korelasyon) tanımlanmıştır. Verideki tüm elemanların birbirleri arasındaki mesafelerin/uzaklıkların hesaplanması ile başlanan birleştirici hiyerarşik kümeleme yönteminde ikinci adımda her eleman kendine en kısa mesafede (veya en benzer) olan eleman ile birleştirilir. Bu adımdan sonra oluşturulan her küme birden fazla eleman içerebileceğinden sonraki adımlardaki birleşimlerin hesaplanmasında kullanılacak olan mesafelerin/uzaklıkların küme benzerliklerini ya da farklılıklarını içermesi gerekmektedir. Bu nedenle yine literatürde kümeler arası mesafelerin hesaplanması için tanımlanmış yöntemler (örn. Tek Bağlantı, Ortalama Bağlantı, Tam Bağlantı, Ağırlık Merkezi Bağlantı, Ward

Hiyerarşik vb.) bulunmaktadır. Küme birleştirme işlemi, tüm veriler tek bir kümede toplanana kadar yinelemeli bir şekilde devam eder ve birleştirilen kümelere ait özellik bilgileri ve birleştirme işlemi sırasında kullanılan mesafeler kaydedilir.

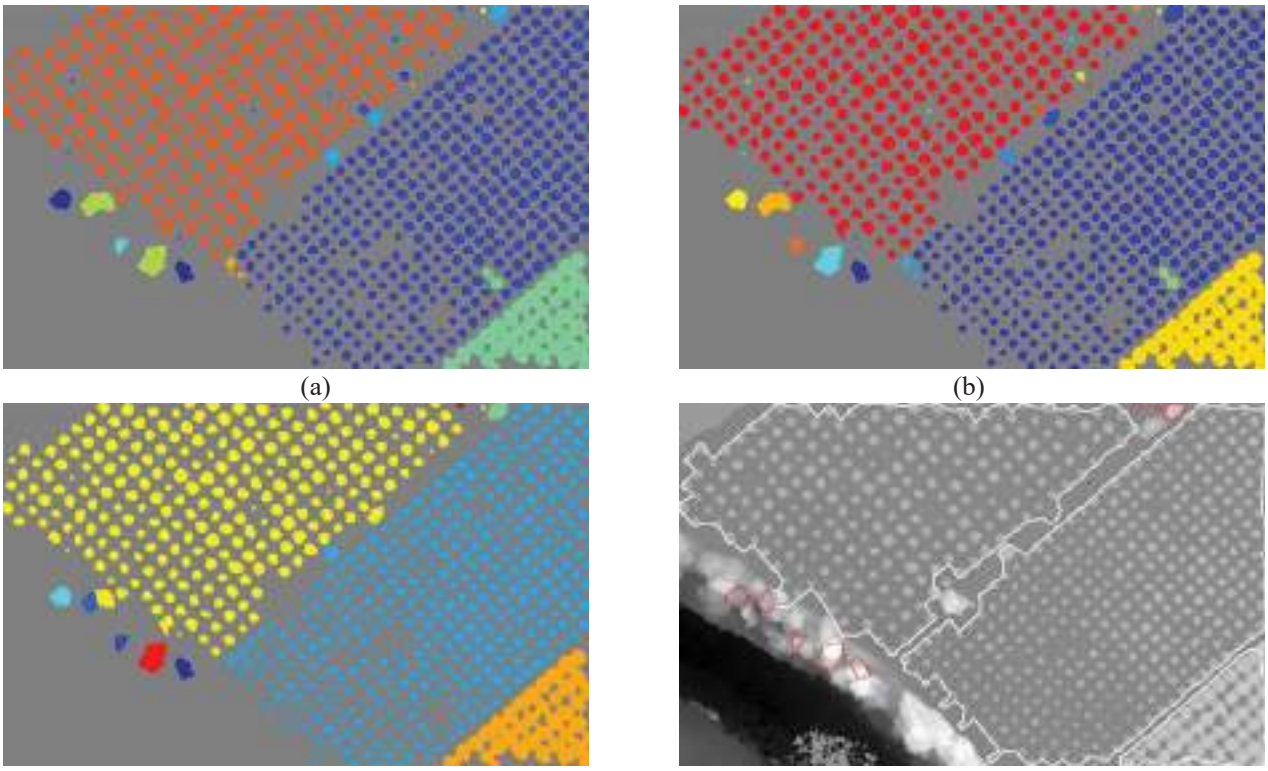
Şekil 4'te 7-boyutlu özellik verileri kullanılarak Birleştirici Hiyerarşik Kümeleme yöntemi sonucunda Test Alanı #1 için elde edilen kümeleme sonucu verilmiştir (Kullanılan parametreler ile ilgili bilgi Bölüm 4'te verilmiştir). Şekil 4c'den görüleceği üzere, kümeleme sonucu genel olarak başarılı olmasına rağmen bazı durumlarda karışmalar veya hatalı kümeye atanmış nesneler bulunabilmektedir (örn. dikim hattına uygun dikilmiş olsa bile yarıçap olarak veya sınır mesafesi uzaklığı bakımından çevresindeki nesnelerden çok farklı olan nesneler gibi). Bu hataları mümkün olduğunca azaltmak amacıyla bu çalışmada dikim özelliklerini de dikkate alan yeni bir *böl-birleştir-temizle* stratejisi önerilmiştir. Bu stratejinin ilk adımı olan küme bölme işleminde her küme ayrı ayrı ele alınarak herhangi bir elemanının veya elemanlarının bir eşik mesafesini (3m) aşıp aşmadığı kontrol edilmektedir. Eğer bir küme içerisinde bu mesafeyi aşan bir elaman veya elamanlar grubu var ise bunlar kümeden ayrılmakta ve bu elemanlardan yeni kümeler oluşturulmaktadır. Böylece her kümenin ağaç dikim mesafesi bakımından kendi içinde tutarlı olması garanti edilmektedir (Şekil 5b). Geliştirilen stratejinin ikinci adımı olan birleştirme işleminde ise en az sayıda elemana sahip kümeden başlanarak yinelemeli bir şekilde (küme elemanlarının dikim mesafeleri gözetilerek belirlenen 8m uzaklık kullanılarak) küme merkezlerinin yakın komşuluğundaki diğer küme merkezleri etiketleri incelenmektedir. Yakın komşuluk hesabında k-en yakın komşuluk (Friedman vd., 1977) yöntemi kullanılmış ve her küme için (kendi küme etiketine sahip olanlar hariç olmak üzere) en az 2 veya daha fazla komşusunun aynı küme etiketine sahip olma kriteri aranmıştır. Her yineleme sonucunda tüm küme bilgileri güncellenerek yinelemeler toplamda belirli sayıda elemana (en fazla 20) sahip tüm kümelerde herhangi bir değişiklik olmayana kadar devam ettirilmiştir. Bu ikinci adım tüm görüntüde bir düzleştirme etkisi sağlamakta ve hatalı kümelere atanmış olan elemanları mümkün olduğunca azaltmaktadır (Şekil 5c). Stratejinin son adımında ise önce tüm kümelere ait dışbükey örtüleri hesaplatılarak kümelerin sınırları oluşturulmakta ve bu sınırlar arasında bir kesişme olup olmadığı kontrol edilmektedir. Eğer küme dışbükey örtülerinde kesişme var ise sadece bu kesişmeye sebep olan elemanlar için tekrardan bir yinelemeli yakın komşuluk analizi uygulanmakta ve bu sayede tüm kümelerin dışbükey örtü ile belirlenen sınırlarının mümkün olduğunca ayrık olması garanti edilmektedir.



(a) (b) (c)

Şekil 4. Test Alanı #1 için elde edilen birleştirici hiyerarşik kümeleme yöntemi sonucu (a) İlk girdi olan (ağaç) nesneler (beyaz renk), (b) ikinci girdi olan nesnelerin merkez konumları (yeşil renk) ve (c) kümeleme sonucu (Standartlaştırılmış Öklid, Ortalama Bağlantı ve küme sayısı 10, her renk farklı bir kümeyi temsil etmektedir.).

Son olarak elde edilen kümelerin sahip olduğu eleman sayılarına bakılarak kümelerin turunçgiller meyve ağacına ait olup olmadığına (küme eleman sayısı > 5) karar verilmektedir (Şekil 5d).



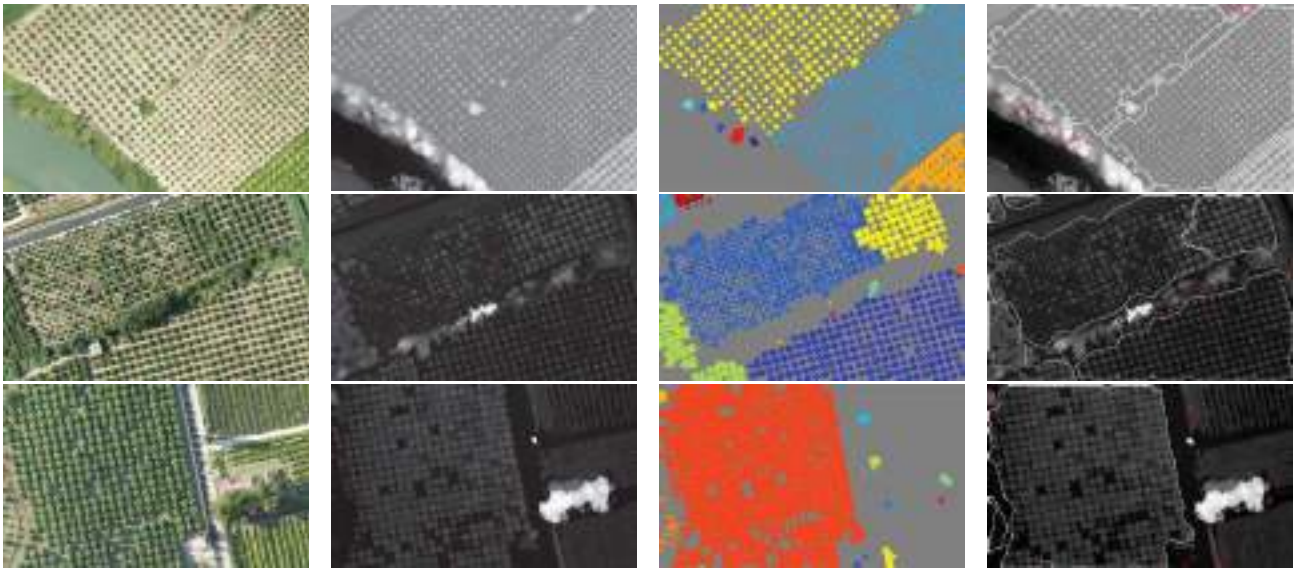
(a) (b)

(c) (d)

Şekil 5. Test Alanı #1 için *böl-birleştir-temizle* stratejisi sonucu (a) Girdi kümeleme verisi (küme sayısı 10), (b) bölme adımı sonucu (Toplam küme sayısı 25), (c) birleştirme adımı sonucu (toplam küme sayısı 12) ve (d) DYM üzerine temizleme adımı sonucu (Toplam nihai küme sayısı 3: beyaz ve kırmızı renkler sırasıyla kabul ve reddedilen kümelerin sınırlarını belirtmektedir.) (a), (b) ve (c)'de her renk farklı bir kümeyi temsil etmektedir.

3. TEST ALANLARI

Çalışma bölgesi olarak Akdeniz Bölgesi kıyısında Türkiye'nin en verimli narenciye bahçelerini içeren Mersin ilinin kuzey kısmından 3 test alanı (Şekil 6) seçilmiştir. Test verisi çok yüksek mekânsal çözünürlüklü İHA görüntülerinden elde edilmiştir. Bu amaç için kullanılan İHA, 200W elektrik motoruna sahip 1,2 m kanat genişliği olan bir hava aracıdır. Çalışmada sırasıyla %80 ve %60 boyuna ve enine bindirme oranları sağlanmıştır. İHA görüntüleri, 8 bit radyometrik çözünürlükte ve çok yüksek yer örnekleme mesafesine (≈ 3,5 cm/piksel) sahip olan doğal renk kombinasyonunda (RGB) elde edilmiştir. Test alanlarına ait DYM'ler Pix4D yazılımında (Pix4D, 2016) yer alan yarı-global eşleme yöntemi ile elde edilen yoğun nokta bulutundan (m^3 başına ortalama 40-50 nokta) üretilmiştir. DYM'de yer alan ayrıntıyı azaltmak ve uygulanan işlem yükünü hafifletmek amacıyla yer örnekleme aralığı ≈ 7 cm/piksel olacak şekilde yeniden örneklenmiştir.



Şekil 6. Test alanları ve sonuçlar. Yukarıdan aşağı sırasıyla Test Alanı #1, #2 ve #3. Soldan sağa sırasıyla İHA RGB ortogörüntü, DYM, Kümelenmiş veri (Her renk farklı bir kümeyi temsil etmektedir), turunçgiller meyve ağaçları küme sınırları (Beyaz ve kırmızı renkler sırasıyla kabul ve reddedilen kümelerin sınırlarını belirtmektedir.).

Narenciye ağaçlarının sınırlarını içeren referans veri elle üretilmiştir. Bu çalışmada, önerilen yöntemin performansını test etmek amacıyla piksel-tabanlı *Kesinlik, Geri-getirme* ve F_1 skoru adıyla anılan üç kalite değerlendirme ölçütü kullanılmıştır:

$$Kesinlik = \frac{\|DP\|}{\|DP\|+\|YP\|} \qquad Geri-Getirme = \frac{\|DP\|}{\|DP\|+\|YN\|} \qquad F_1 = \frac{2.Kesinlik\ .Geri-getirme}{Kesinlik+\ Geri-getirme} \tag{11}$$

Yukarıdaki formüllerde yer alan *DP* doğru-pozitif, *YP* yanlış-pozitif ve *YN* yanlış-negatif değerlerini ifade etmektedir. || . || operatörü bu kategorilere atanan piksel sayılarını göstermektedir. F_1 skoru ise *Kesinlik* ve *Gerigetirme* ölçütlerini eşit şekilde ağırlıklandırarak yöntemin genel performansını yansıtmaktadır.

4. PARAMETRE ANALİZİ VE SEÇİMİ

Önerilen yaklaşımın ilk iki aşaması için gerekli tüm parametreler için farklı değerler kullanılarak çok sayıda deney gerçekleştirilmiş ve her bir parametrenin sonuca etkisi *Kesinlik, Geri-getirme* ve F_1 skoru değerleriyle araştırılarak optimum parametre kombinasyonuna ulaşılmıştır (Ok ve Ok-Ozdarici, 2018a, Ok ve Ok-Ozdarici, 2018b).

Bu çalışmanın özgün olan üçüncü aşamasını içeren kümeleme işlemi için gerekli olan elemanlar arası uzaklık ölçme ve kümeler arası mesafe ölçme yöntemleri için kullanılan en uygun iki metot, bu konuda kullanılan popüler metotlar dikkate alınarak hesaplanan Kofenetik korelasyon skorları incelenerek belirlenmiştir. Kofenetik korelasyon, hiyerarşik bir kümeleme sonucunda elde edilen Kofenetik mesafeler ile kümeleri oluşturmak için kullanılan özellikler arasındaki doğrusal korelasyon katsayısıdır. Böylece, oluşturulan hiyerarşik yapının, onu oluşturmak için kullanılan gözlemler arasındaki farklılıkları ne kadar başarı ile temsil ettiğini ifade etmektedir. Çizelge 1'de test edilen toplam 6 farklı elemanlar arası uzaklık ölçme yöntemi ve 5 farklı kümeler arası mesafe ölçme yöntemi için en başarılı sonuçlar elemanlar arası uzaklık ölçme yönteminin Standartlaştırılmış Öklid ve kümeler arası mesafe ölçme yönteminin ise Ortalama Bağlantı olduğu durum için elde edilmiştir. Bu durum diğer test alanları için hesaplanan Kofenetik korelasyon skorları için de benzerdir.

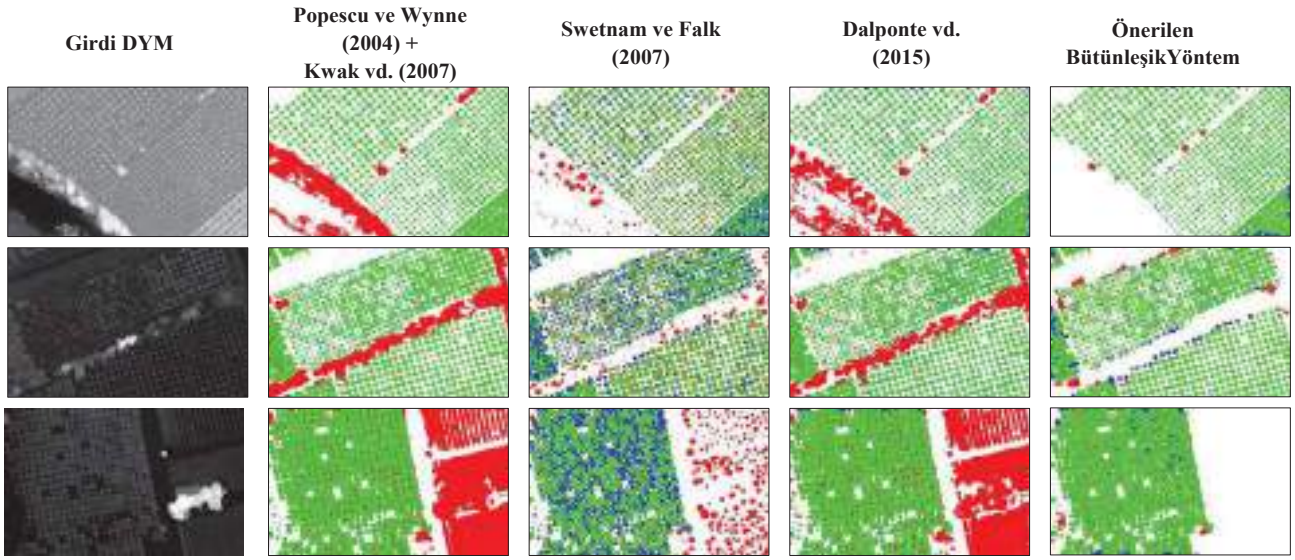
Yöntemde başlangıç küme sayısı parametresi olarak 10 seçilmiştir. Küme sayıları *böl-birleştir-temizle* aşamasında zaten veriye göre adapte edilebilir şekilde tasarlandığından bu parametrenin çok az veya çok fazla seçilmediği durumlar için benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu nedenle bu çalışmada tüm test alanları için bu parametre 10 olarak sabitlenmiştir. Fakat bu çalışmada kullanılan test alanlarına göre görece büyük veya küçük alanlar seçilmesi durumunda bu parametrenin tekrardan değerlendirilmesi gerekebilmektedir.

Çizelge 1. Test Alanı #1 için hesaplanan Kofenetik korelasyon skorları
(En uygun yöntemler 1'e yakın sonuç üretenlerdir.).

Kümeler Arası Mesafe Ölçme Yöntemleri / Elemanlar Arası Uzaklık Ölçme Yöntemleri	Tek Bağlantı	Ortalama Bağlantı	Tam Bağlantı	Ağırlık Merkezi Bağlantı	Ward Hiyerarşik
Öklid	0.24649	0.64614	0.66775	0.67675	0.68567
Standartlaştırılmış Öklid	0.69170	**0.83475**	0.68968	0.83460	0.56625
Manhattan	0.26300	0.65765	0.63648	0.66272	0.66883
Hamming	0.10655	0.74692	0.69069	0.20514	0.10193
Cosine	0.32568	0.63594	0.66399	0.57175	0.67310
Pearson korelasyon	0.26508	0.65539	0.68697	0.69106	0.68212

5. DEĞERLENDİRME

Geliştirilen yaklaşımın görsel sonuçları Şekil 7'de verilmiştir. Görsel sonuçların yanı sıra, yaklaşımın piksel-tabanlı performans sonuçları da Çizelge 2'de sunulmuştur. Önerilen yaklaşıma ait genel kesinlik, geri-getirme ve F_1 skoru performans değerlerinin tamamında %90 ve üzerinde bir piksel-tabanlı sonuç elde edilmiştir. Bu da yaklaşımın oldukça başarılı sonuçlar ürettiğini kanıtlamaktadır.



Şekil 7. Test alanları ve görsel sonuçlar. Yukarıdan aşağı sırasıyla Test Alanı #1, #2 ve #3. Yeşil, kırmızı ve mavi renkler sırasıyla doğru-pozitif, yanlış-pozitif ve yanlış-negatif pikselleri tanımlamaktadır.

Sunulan yöntemin sonuçları literatürde güvenilirliği kanıtlanmış üç farklı ağaç bulma yöntemi sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Burada bu üç yöntemin başarılı olarak çalıştırılabilmesi için test alanlarına ait normalize DYM üretilmiş ve yöntemlere girdi verisi olarak kullanılmıştır. Karşılaştırmada ilk göze çarpan gerçek, sunulan yöntemin elde edilen genel *Kesinlik* ve F_1 skorları dikkate alındığında tüm yöntemlere göre açık ara iyi sonuçlar üretmiş olduğudur. Bu anlamda hesaplanan toplam F_1 skorları dikkate alındığında geliştirilen yöntem diğer yöntemlere göre %7,3 ile %23,6 oranlarında değişen daha iyi piksel-tabanlı sonuç elde etmiştir. Elde edilen geri-getirme oranları dikkate alındığında önerilen yöntem diğer yöntemlere nazaran daha az başarılı gibi gözükse de aslında neredeyse elde edilen bütün geri-getirme değerleri %90 ve üzeridir. Bu da oldukça tatmin edici şekilde turunçgiller meyve ağaçlarının bulunduğunu ispat etmektedir. Ağaç bulma konusunda kabul görmüş yöntemlerle karşılaştırma sonucunda yöntemin kesinlik ve geri-çağırma ölçütleri arasında oldukça iyi bir denge sağlayarak üstün bir performans sergilediği sonuçlardan görülmektedir.

Çizelge 2. Literatürde güvenirliği kanıtlanmış üç farklı ağaç bulma yöntemi ile önerilen yöntemin piksel-tabanlı sonuçları. Her ölçüt için elde edilen en başarılı sonuç koyu renk ile ifade edilmiştir.

Veri seti	Piksel-tabanlı Performans (%)											
	Popescu ve Wynne (2004) + Kwak vd. (2007)			Swetnam ve Falk (2007)			Dalponte vd. (2015)			Önerilen BütünleşikYöntem		
	Kesinlik	Gerigetirme	F_1	Kesinlik	Gerigetirme	F_1	Kesinlik	Gerigetirme	F_1	Kesinlik	Gerigetirme	F_1
#1	70.9	**92.2**	80.2	70.6	78.1	74.2	68.2	85.0	75.7	**98.5**	90.6	**94.4**
#2	75.2	**94.3**	83.7	71.8	66.3	69.0	73.0	90.4	80.8	**92.1**	89.9	**91.0**
#3	57.1	97.0	71.9	72.5	63.3	67.6	57.3	**97.1**	72.1	**88.8**	93.8	**91.2**
Genel	67.0	**94.6**	78.4	71.6	68.9	70.2	65.5	91.0	76.2	**92.7**	91.4	**92.0**

6. SONUÇ

Çalışmada, turunçgil meyve ağaçlarının tek bir DYM girdi verisinden bireysel olarak tanınmasına yönelik tespit, çıkarım ve kümeleme aşamalarından oluşan yeni bir bütünleşik yaklaşım sunulmuştur. Turunçgillerin tespiti aşamasında, bu ağaçların dairesel şekil yapısı ile birlikte DYM'deki yerel maksimum bilgisi kullanılmış ve tespit edilen ağaçların sınırlarının çıkarımı amacıyla her ağacın etki bölgesinde negatif büzülme eğilimli Chan-Vese aktif çevrit yöntemi uygulanmıştır. İlk iki aşama sonucunda sınır çıkarımı yapılan turunçgil meyve ağaçları, bu çalışmada geliştirilen üçüncü ve son aşama olan kümeleme işlemi ile ağaç özellikleri, dikim parametreleri ve çevresel komşuluk ilişkileri gözetilerek otomatik olarak gruplara ayrılmıştır. Kümeleme işlemi için birleştirici hiyerarşik kümeleme (ortalama bağlantı kümeleme metodu) yöntemi kullanılmıştır. Bu sayede yakın çevresindeki kümelerden farklı karaktere ve yapısal ilişkiye sahip bireysel veya kümesel nesne yapıları ortaya çıkarılmış ve bu yolla turunçgiller dışında kalan diğer nesneler (başka ağaç türleri, insan yapımı vb.) küme bazında elimine edilerek bu nesnelerden kaynaklanan hatalar en alt düzeye indirilmiştir. Çalışma bölgesi olarak Türkiye'nin en verimli narenciye bahçelerinin yer aldığı Akdeniz Bölgesi'nde yer alan Mersin ilinin kuzey kısmından 3 test alanı seçilmiştir. Önerilen yaklaşımın başarısını net olarak ortaya koyabilmek için elde edilen sonuçlar literatürde güvenilirliği kanıtlanmış üç farklı yöntemin sonuçları ile de karşılaştırılmıştır. Hesaplanan toplam F_1 skor değerleri dikkate alındığında öne sürülen yöntemin %92'in üzerinde bir sonuç elde ettiği gözlenmiştir. Değerlendirmeler, önerilen yaklaşımın DYM'den narenciye ağaçlarının hem bireysel hem de ağaç özellikleri, dikim parametreleri ve çevresel komşuluk ilişkileri gözetilerek otomatik olarak gruplara ayrılması konusunda oldukça başarılı sonuçlar üretebildiğini göstermiştir. Bu özellikleri ile çalışmanın bu konuda çalışan bilim insanlarına ve karar vericilere ışık tutacağı öngörülmektedir.

Gelecek çalışmalarda, elde edilen küme bilgilerinden yararlanılarak tespit edilememiş olan turunçgil ağaçlarının yeniden kazanımı üzerinde çalışılacaktır. Bu sayede geliştirilen bütünleşik sistemin geri-getirme oranların bir kademe daha ileriye götürülebileceği öngörülmektedir. Ayrıca yöntemin daha geniş alanları kapsayan görüntülerde denenmesi de planlanmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir [Proje Numarası 114Y671]. Yazarlar olarak, proje çalışmalarındaki katkılarından dolayı Dr. Emre Başeski'ye ve arazi çalışmalarındaki katkılarından dolayı ATAY Mühendislik Genel Müdürü Hürcan ATAY'a ve SATLAB Geosolutions şirketine teşekkürlerimizi sunarız. Ayrıca, arazi ve referans veri üretimindeki çalışmalarından dolayı lisans öğrencileri Süleyman TOPRAK'a ve Esengül ZEYREK'e teşekkür ederiz.

Bunun yanı sıra yazarlar olarak Dr. Michele Dalponte ve Dr. Tyson L. Swetnam'a yaklaşımı ile ilgili kodları[1,2] paylaştığı ve kodlarla ilgili yardımlarından ötürü teşekkürlerimizi sunarız. Popescu ve Wynne (2004) ve Kwak vd. (2007) yaklaşımına ait kaynak kodlar Matthew Parkan tarafından geliştirilmiş olup Digital Forestry Toolbox[3] ta yer almaktadır.

[1] https://cran.r-project.org/web/packages/itcSegment/index.html
[2] https://sites.google.com/a/email.arizona.edu/tyson-swetnam/code
[3] http://mparkan.github.io/Digital-Forestry-Toolbox/

KAYNAKLAR

Çetinkaya, U. B., 2010. Adana Aşağı Seyhan Ovasında Narenciye Bilgi Sistemleri (NARBİS) Oluşturulması. *Yüksek Lisans tezi*. Çukurova Üniversitesi, Adana. 109 sayfa.

Dalponte, M., Ørka, H.O., Ene, L.T., Gobakken, T., ve Næsset, E., 2014. Tree Crown Delineation and Tree Species Classification in Boreal Forests using Hyperspectral and ALS Data. *Remote Sensing of Environment*, 140(1): 306-317.

Dalponte, M., Reyes, F., Kandare, K., ve Gianelle, D., 2015. Delineation of Individual Tree Crowns from ALS and Hyperspectral Data: A Comparison among Four Methods. *European Journal of Remote Sensing*, 48(8): 365382.

Friedman, J. H., Bentely, J., ve Finkel, R. A., 1977. An Algorithm for Finding Best Matches in Logarithmic Expected Time, *ACM Transactions on Mathematical Software*, 3.3: 209-226.

Heinzel, J.N., Weinacker, H., ve Koch, B., 2011. Prior-knowledge-based Single-tree Extraction. *International Journal of Remote Sensing*, 32(17): 4999-5020.

Hirschmugl, M., Ofner, M., Raggam, J., ve Schardt, M., 2007. Single Tree Detection in Very High Resolution Remote Sensing Data. *Remote Sensing of Environment*, 110(4): 533-544.

Hyyppa, J., Kelle, O., Lehikoinen, M., ve Inkinen, M., 2001. A Segmentation-Based Method to Retrieve Stem Volume Estimates from 3-D Tree Height Models Produced by Laser Scanners. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 39(5): 969-975.

Kwak, D.-A., Lee, W.-K., Lee, J.-H., Biging, G. S., ve P. Gong, 2007. Detection of Individual Trees and Estimation of Tree Height Using LiDAR Data. *Journal of Forest Research*, 12(6): 425-434.

Ok, A.O., ve Ozdarici-Ok, A. 2018a. Combining Orientation Symmetry and LM Cues for the Detection of Citrus Trees in Orchards from a Digital Surface Model. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, (basımda).

Ok, A.O., ve Ozdarici-Ok, A. 2018b. 2-D Delineation of Individual Citrus Trees from UAV-based Dense Photogrammetric Surface Models. *International Journal of Digital Earth*, 11(6): 583-608.

Pix4D, 2016. https://pix4d.com. [Erişim tarihi: 02.08.2018]

Popescu, S.C., ve Wynne, R.H., 2004. Seeing the Trees in the Forest: Using Lidar and Multispectral Data Fusion with Local Filtering and Variable Window Size for Estimating Tree Height. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 70(5): 589-604.

Swetnam, T.L., ve Falk, D.A., 2014. Application of Metabolic Scaling Theory to Reduce Error in Local Maxima Tree Segmentation from Aerial LiDAR. *Forest Ecology and Management*, 323(6): 158-167.

TÜİK., 2017. Bitkisel Üretim İstatistikleri. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001 [Erişim tarihi: 08.05.2017].

Whitaker, R. T., 1998. A Level-Set Approach to 3d Reconstruction from Range Data. *International Journal of Computer Vision*, 29(3): 203-231.

Wolf (né Straub), ve B.M., Heipke, C., 2007. Automatic Extraction and Delineation of Single Trees from Remote Sensing Data. *Machine Vision and Applications*, 18(5): 317-330.

Zhen, Z., Quackenbush, L.J., Stehman, S.V., ve Zhang, L., 2015. Agent-based Region Growing for Individual Tree Crown Delineation from Airborne Laser Scanning (ALS) Data. *International Journal of Remote Sensing*, 36(7): 1965-1993.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6121

UZAKTAN ALGILAMA GÖRÜNTÜLERİNDEN TARIMSAL KURAKLIĞIN BELİRLENMESİ

Ali Levent Yağcı

Dr., İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Harita Mühendiliği Bölümü, 35620, Çiğli, İzmir, alilevent.yagci@ikc.edu.tr

ÖZET

Tarımsal kuraklık belirli zaman aralıklarında tekrarlayan bir dogal afettir ve global tarıma, gıda güvenliğine ve ekonomiye ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Uzaktan algılama teknolojisi son yıllarda uzaydan tarımsal kuraklığın belirlenmesinde popüler bir araç olmuştur. Tarımsal kuraklığın belirlenmesi, yersel bitki sağlık durumlarının analizi ile gerçekleştirilmektedir. Normalize edilmiş bitki indeksi (Normalized Difference Vegetation Index; NDVI), yüksek biyokütkleye (biomass) sahip bitki örtüsü bölgelerdeki zaafına rağmen, bitki örtüsünün sağlık durumunu ölçen bitki indekleri içinde en çok kullanılanıdır. Bu çalışmada, uzaktan algılama verisinden hesaplanan bitki indeklerinin, tarımsal kuralığın belirlenmesindeki potensiyeli gösterilecektir. Türkiye'nin Ege Bölgesi ve Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) yapılan ön analiz sonuçları bu özette sunulacaktır.

Anahtar Sözcükler: MODIS, NDVI, tarımsal kuraklık

ABSTRACT

AGRICULTURAL DROUGHT MONITORING FROM REMOTELY-SENSED IMAGES

Agricultural drought is a major recurring natural disaster, which often poses a serious threat to global agriculture, food security, and economy. Satellite remote sensing has become a popular tool to identify agricultural drought through analysis of terrestrial vegetation health conditions. Of the vegetation indices, Normalized Difference Vegetation index is a leading index to monitor terrestrial vegetation conditions despite its shortcomings at high biomass regions. In this study, the potential of remotely-sensed vegetation indices in monitoring agricultural drought conditions will be demonstrated. The results of preliminary analysis carried out in Aegean region of Turkey and USA will be presented in this paper.

Keywords*:*, MODIS, NDVI, agricultural drought

1. GİRİŞ

Kuraklık belirli sıklıklarla tekrarlayan bir doğal afettir ve iklim değişkenliğinin kaçınılmaz bir doğal sonucudur. Genelde, kuraklık tarımsal üretimin sekteye uğramasına ve su kaynaklarında azalmaya yol açar. Böylelikle, hem direk olarak hem de dolaylı yoldan ekonomiye negatif bir etkide bulunur.

Kuraklık, Amerikan Meteoroloji Birliği (American Meteorological Society; AMS) tarafından 4 genel başlıkla sınıflandırılmıştır: meteorolojik, tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik (American Meteorological Society 2013). İlk üç kuraklık tipi fiziksel, hidrometeorolojik ve biolojik parametreler ile tanımlanmasına karşın, dördüncüsü kuraklığın topluma etki etmesiyle ilgilidir. Bu çalışmanın konusu olan tarımsal kuraklık, yağış miktarının mevsim normallerinin altına düşmesinin hemen ardından görülen yüksek su kaybı (terleme ve buharlaşma yoluyla) ve düşük toprak neminin, bitki örtüsü ve tarım ürünlerinin durumuna olumsuz etki etmesi olarak tanımlanır. Kuraklığın, 'şiddet', 'süre' (başlangıç ve bitiş arasında geçen süre) ve 'mekânsal kapsam' gibi 3 tane karakter özellikleri vardır (Wilhite 2000). Bunlar kuraklık harita veya sonuçlarında mutlaka olması gereken unsurlardır.

Uzaktan algılama teknolojisi, yersel istasyonlarda toplanan meteorolojik verilerden elde edilen geleneksel kuraklık belirleme yöntemlerine göre bazı avantajlar barındırmaktadır. Bu avantajlar uzaktan algılama sensörlerinin bitki örtüsü durumunu günlük olarak raporlaması ve yeryüzünün heryerinde günlük örnekleme yapmasıdır. Tarımsal kuraklık, tanımda da belirtildiği gibi, büyük ölçekte bitki örtüsünün sağlık durumunu olumsuz olarak etkilenmesidir ve uzaktan algılama verilerinden elde edilen bitki indekleri bitkilerin durumunu izlemek için kullanılmaktadır. Ayrıca, uyduların yeryüzünün her kısmında örnekleme yapması, kuraklığın mekânsal kapsamının belirlenmesi için birebirdir. Bundan dolayı, son yıllarda uzaktan algılama teknolojisi tarımsal kuraklığın belirlenmesinde popüler bir araç olmuştur.

Uzaktan algılama yoluyla tarımsal kuraklık belirlemenin öncü uygulamaları Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) adlı sensör verisinin kullanılması ile başlamıştır (Kogan 1993). Bu uygulamalardan sonra AVHRR sensörünün bazı dezavantajları nedeniyle, tarımsal kuraklık çalışmaları Aqua ve Terra uydularının üzerinde bulunan Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) sensörü ile toplanan veriler ile hız kazanmıştır.

Bu çalışmada MODIS uydu verisinden elde edilen bitki örtüsü ve kuraklık indisleri ile tarımsal kuraklığın belirlenmesi için kullanılacaktır. Çalışma alanı olarak, Türkiye'nin Ege Bölgesi ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD) seçilmiştir.

1.1 Kullanılan Veriler

Bu çalışmada kullanılan uygu görüntüleri Terra uydusunun üzerine monte edilmiş "the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer" (MODIS) tarafından toplanmıştır. Bu kullanılan MODIS uydu görüntülerinin kodu MOD13A2 olarak adlandırılmıştır. 2000-2018 yılları arasındaki görüntüler The Land Processes Distributed Active Archive Center'ın websitesinden (LP DAAC; https://lpdaac.usgs.gov/) indirilmiştir. Bu 16 günlük komposit görüntülerin mekânsal çözünürlüğü 1km'dir. Uydu görüntüleri ile gelen kalite kontrol katmanlarına bakılarak bulutlu ve düşük kalitedeki gözlemler kuraklık indeksi hesaplamasından çıkarılmıştır. Bu aşama çok önemli bir aşamadır ve mutlaka kuraklık indeksi çalışmalarında göz önünde bulundurulmalıdır.

1.2 Çalışmada Kullanılan İndeksler

Bu çalışmada, bitki örtüsünün durumunu göstermesi Normalize edilmiş bitki indeksi (Normalized Difference Vegetation Index; NDVI) ve tarımsal kuralığın belirlenmesi için de Bitki Durumu İndeksi (Vegetation Condition Index; VCI) kullanılmıştır. NDVI sadece bitki örtüsünün durumunu gösterdiği için, tarımsal kuraklığın belirlenmesi için tek başına yeterli değildir ve bu yüzden NDVI-tabanlı VCI kuraklık indeksi geliştirilmiştir (Kogan 1993). Bu indis dünyanın birçok yerinde gerçekleştirilen çalışamalarda tarımsal kuraklığı başarılı bir şekilde saptamış ve haritalamıştır (Deng et al. 2013; Yagci et al. 2012; Yagci et al. 2011; Kogan 1995). NDVI ve VCI sırasıyla aşağıda gösterilen denklem 1 ve 2 ile hesaplanır.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{\text{NIR} + \text{RED}} \quad (1)$$

$$VCI_{ij} = \frac{NDVI_{ij} - NDVI_{min}}{NDVI_{max} + NDVI_{min}} \text{ x } 100 \quad (2)$$

Denklem 1 ile hesaplanan kuraklık indeksi değerleri aşağıda Çizelge 1'de verilen gözlenen kuralığın şiddetine göre farklı kategoriler altında sınıflandırılır. İstinai kuraklık en şiddetli kuraklık ve anormal kuraklık ise en düşük şiddetli kuraklık biçimidir. Bu sınıflandırma Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan (ABD) yarı-resmi Amerikan Kuraklık İzleme Dairesi'nin (United States Drought Monitor, USDM) önerdiği yüzdelik dilimlerden oluşturulmuştur (Svoboda et al. 2002; The National Drought Mitigation Center 2016).

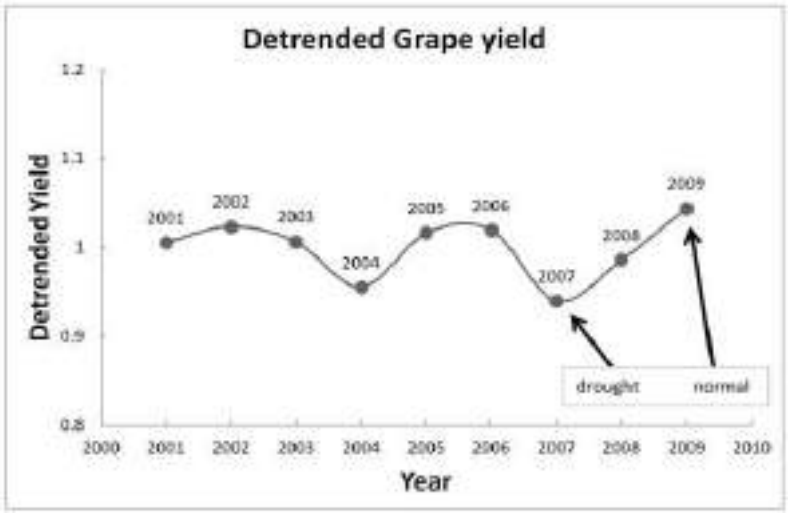
Çizelge 1 - Kuraklık haritaları oluşturulurken kullanılan kuraklık sınıflandırması.

VCI Değeri	Kuraklık Sınıfı
0-2	İstisnai Kurak
3-5	Aşırı Kurak
6-10	Şiddetli Kurak
11-20	Orta Kurak
21-30	Anormal Kuruk
31-100	Normal

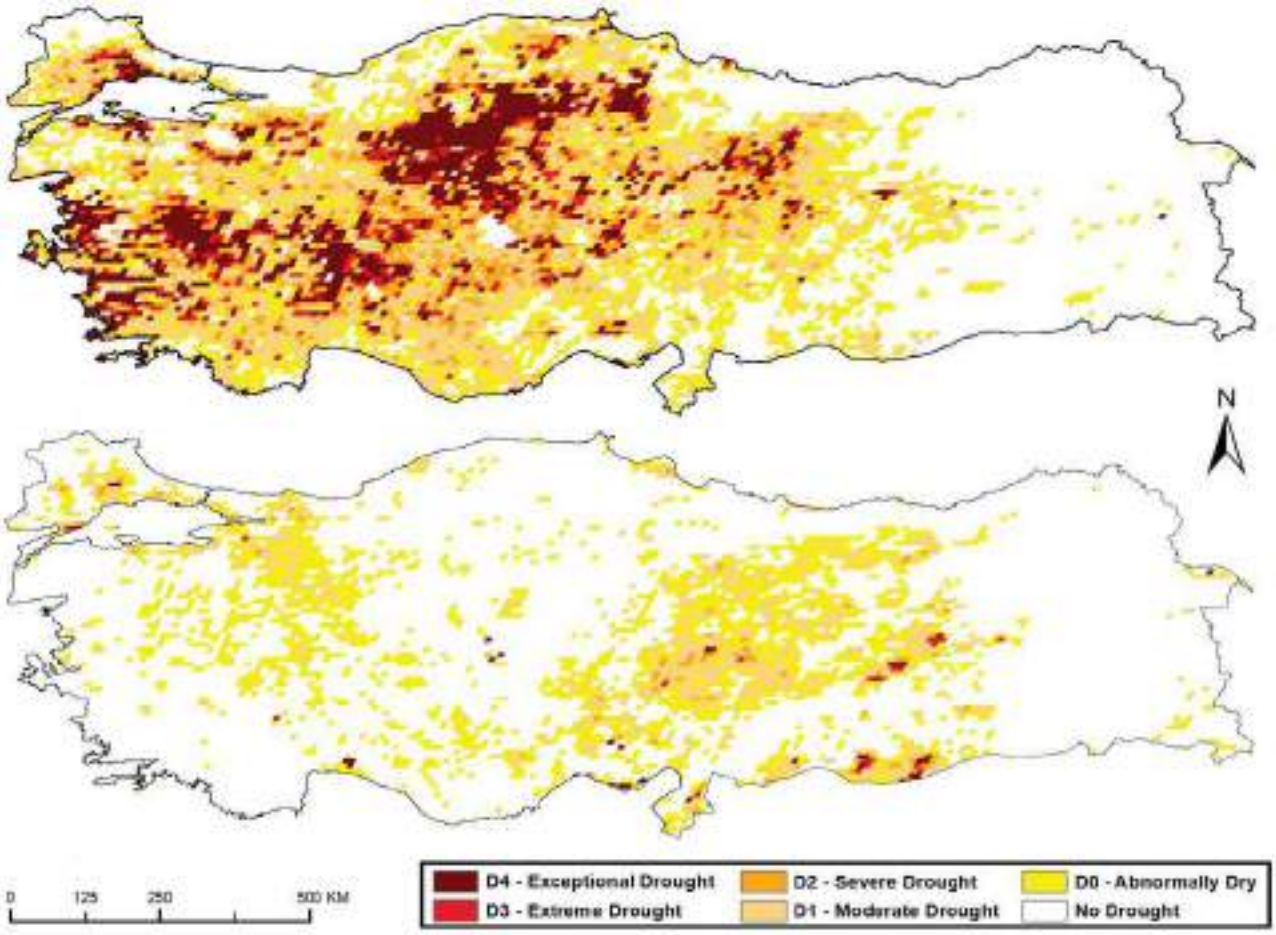
2. DEĞERLENDİRME

VCI kuraklık indeksinden elde edilen tarımsal kuraklık bilgisinin doğrulama çalışmaları, Türkiye ve Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) yapılmıştır. Ayrıca Türkiye'nin Ege Bölgesindeki çalışmada, kuraklık haritaları üzüm verimi (Şekil 1) ile ABD'deki çalışmada ise yarı-resmî Amerikan Kuraklık İzleme Dairesi'nin (United States Drought Monitor, USDM) sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. 2007 ve 2009 yıllarında Türkiye genel kuraklık haritası 26 Haziran - 11 Temmuz tarih aralığı için Şekil 2'de ve 12 Temmuz - 27 Temmuz aralığı içim Şekil 3'de verilmiştir. Bu haritanın Ege Bölgesi üzerine yakınlaştırılmış kuraklık haritası Şekil 4'te ve ABD sonuçları ise Şekil 5'te betimlenmiştir. Buna göre, 2007 yılında Türkiye'nin batı ve iç kısımlarında şiddetli kuraklık olduğu görülmüştür. Buna paralel 2007 yılında Ege Bölgesi'nde üzüm verimi 10 yıllık bir aralığın en düşük değerini almıştır. 2009 yılında ise herhangi kuraklık durumu görülmemiştir. Aynı şekilde Eğe Bölgesi'nin üzüm rekoltesinde herhangi bir düşüş görülmemiştir. Şekil 4'teki Ege bölgesi kuraklık haritasında bölgenin batı kısmında yoğunlaşan bir kuraklık

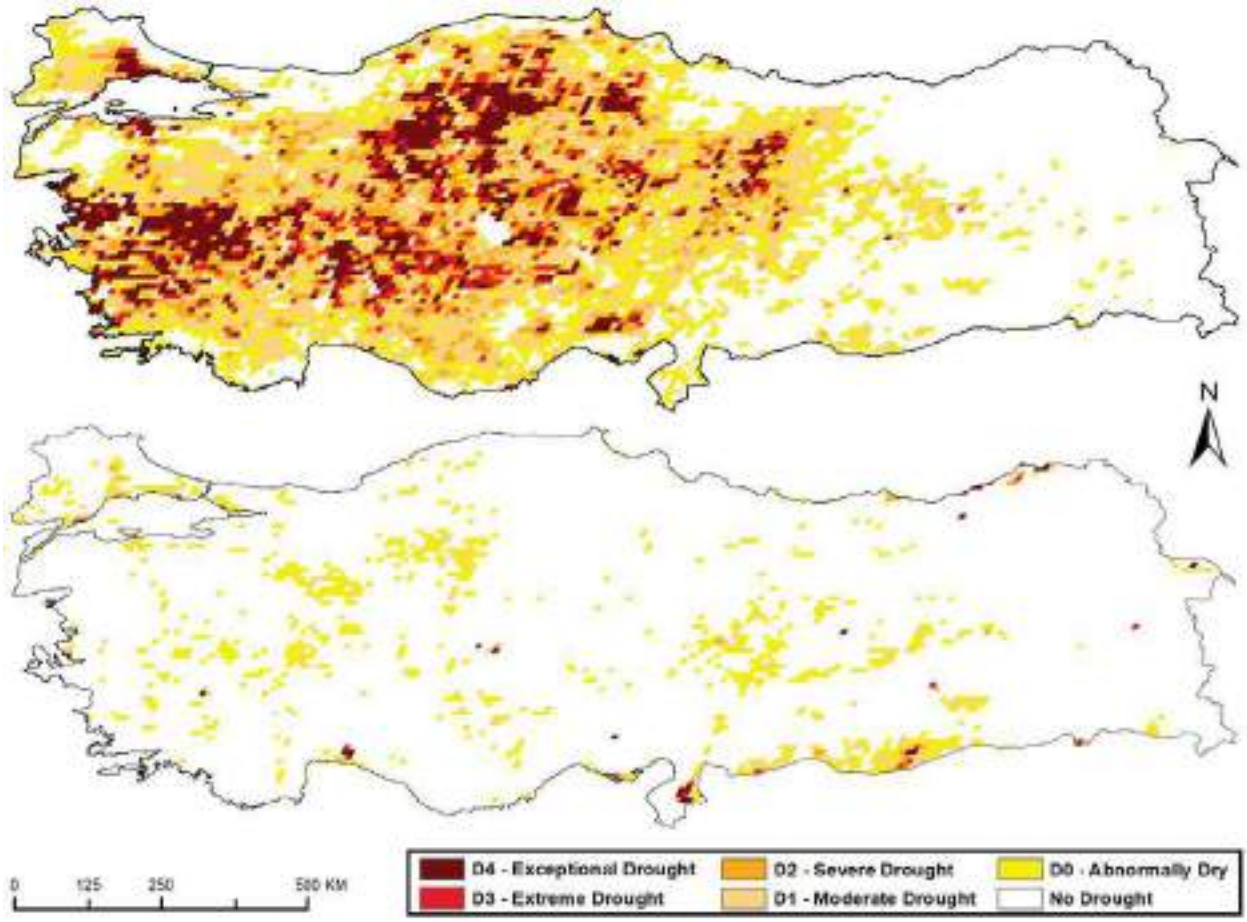
olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4). Ayrıca, VCI-tabanlı kuraklık haritası USDM kuraklık haritası ile görsel olarak çok iyi çakışmaktadır (Şekil 5).



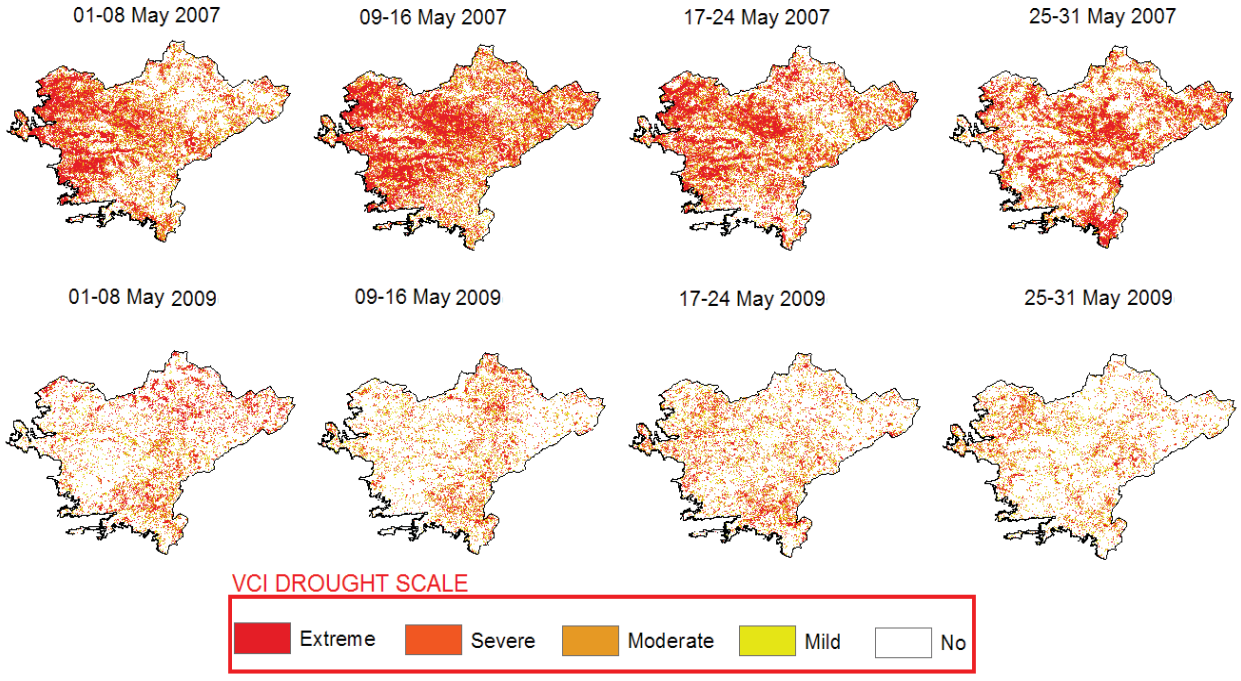
Şekil 1. 2001-2009 yılları arasındaki Türkiye Ege Bölgesi'ndeki trendden arındırılmış üzüm verimi (Yagci et al. 2011).



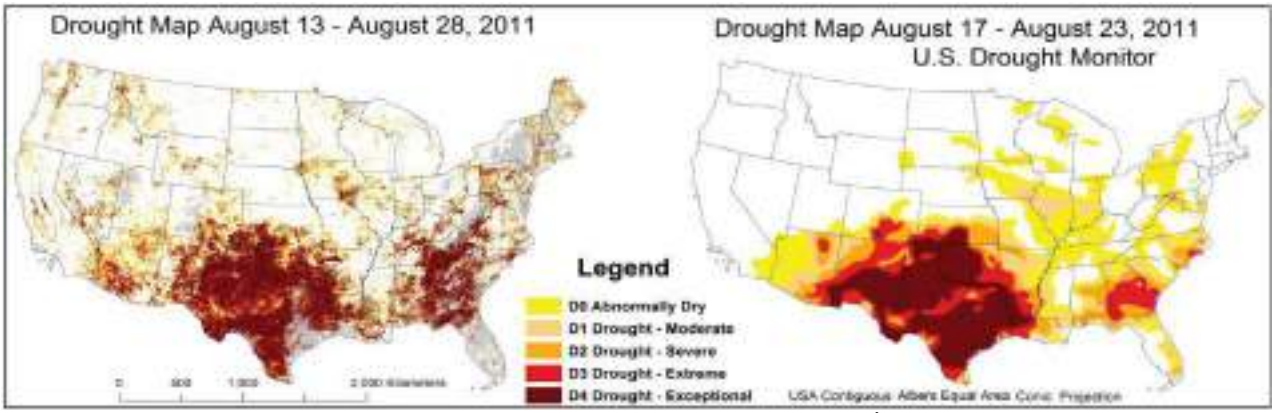
Şekil 2. 26 Haziran - 11 Temmuz tarih aralığı için 2007 ve 2009 yılları Türkiye Kuraklık Haritaları.



Şekil 3. 11 Temmuz - 27 Temmuz tarih aralığı için 2007 ve 2009 yılları Türkiye Kuraklık Haritaları.



Şekil 4. 2007 ve 2009 yılları Türkiye Ege Bölgesi için Tarımsal Kuraklık Haritaları (Yagci et al. 2011).



Şekil 5. VCI-tabanlı tarımsal kuraklık haritası (solda) ve Amerikan Kuraklık İzleme Dairesi'nin (United States Drought Monitor, USDM) kuraklık haritası (Sağda) (Deng et al. 2013).

3. SONUÇ

VCI kuraklık indeksinin dünyanın birçok yerinde yapılan çalışamalarda, tarımsal kuraklığı başarılı bir şekilde saptamış olduğu belirtilmiştir (Deng et al. 2013; Yagci et al. 2012; Yagci et al. 2011; Kogan 1995). Bu çalışmalara paralel olarak bu indeks 2007 yılındaki Türkiye'deki ve 2011 yılındaki ABD'deki tarımsal kuraklığın izlenmesi için seçilmiştir. 2007 yılında üzüm veriminde çok büyük düşüş yaşanmıştır. VCI-tabanlı haritalar bu bölgede şiddetli bir kuraklık olduğunu doğru olarak göstermiştir. ABD'deki çalışmada ise bu indeksten üretilen harita, yaygın şekilde kullanılan USDM kuraklık haritası ile mekânsal kapsam ve şiddet olarak çok iyi uyuşmaktadır. Bu çalışmaların paralelinde, bu indeks ülkemizde gerçekleşmiş kuraklık yıllarını belirlemede kullanılabilir. Aynı zamanda güncel olarak kuraklığın izlenmesinde de kullanılabilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmalara katkıda bulunan, George Mason Üniversitesindeki Center for Spatial Information Science and Systems (CSISS) adlı araştırma merkezinden Liping Di, Meixia Deng, Weiguo Han ve Chunming Peng ve mali katkılarından dolayı George Mason Üniversitesine teşekkürü borç bilirim.

KAYNAKLAR

American Meteorological Society. 2013. *Drought*. An Information Statement. American Meteorological Society. https://www.ametsoc.org/index.cfm/ams/about-ams/ams-statements/statements-of-the-ams-in-force/drought/.

Deng, Meixia, Liping Di, Weiguo Han, Ali Levent Yagci, Chunming Peng, and Gil Heo. 2013. "Web-Service-Based Monitoring and Analysis of Global Agricultural Drought." *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 79 (10): 929–943. doi:10.14358/PERS.79.10.929.

Kogan, F. 1993. "Development of Global Drought-Watch System Using NOAA/AVHRR Data." *Advances in Space Research* 13 (5): 219–222. doi:10.1016/0273-1177(93)90548-P.

Kogan, F. 1995. "Application of Vegetation Index and Brightness Temperature for Drought Detection." *Advances in Space Research* 15 (11): 91–100. doi:10.1016/0273-1177(95)00079-T.

Svoboda, Mark, Doug Lecomte, Mike Hayes, Richard Heim, Karin Gleason, Jim Angel, Brad Rippey, et al. 2002. "The Drought Monitor." *Bulletin of the American Meteorological Society* 83 (8): 1181–1190. doi:10.1175/1520-0477(2002)083<1181:TDM>2.3.CO;2.

The National Drought Mitigation Center. 2016. "Drought Severity Classification." *United States Drought Monitor*. http://droughtmonitor.unl.edu/AboutUSDM/DroughtClassification.aspx.

Wilhite, Donald A. 2000. "Drought as a Natural Hazard: Concepts and Definitions." In *Drought: A Global Assessment*, edited by Donald A. Wilhite, 1st ed., 3–18. Hazards and Disasters. London: Routledge.

Yagci, Ali Levent, Liping Di, Meixia Deng, Weiguo Han, and Chunming Peng. 2011. "Vegetation Index Based Technique for Global Agricultural Drought Monitoring." In *5th International Conference on Recent Advances in Space Technologies - RAST*, 137–141. Istanbul, Turkey: IEEE. doi:10.1109/RAST.2011.5966808.

Yagci, Ali Levent, Liping Di, Meixia Deng, Genong Yu, and Chunming Peng. 2012. "Global Agricultural Drought Mapping: Results for the Year 2011." In *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 3764–3767. Munich, Germany: IEEE. doi:10.1109/IGARSS.2012.6350498.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7005

JEOLOJİK VE JEOMORFOLOJİK YAPININ TOPRAKLARIN SPEKTRAL YANSIMA ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

Özge DEMİRTAŞ[1], Yusuf KURUCU[2], M. Tolga ESETLİLİ[3]

[1]Zir. Müh., Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi, Uzaktan Algılama ve CBS Laboratuvarı, 35100, İzmir, demirtas.ozge0@gmail.com

[2]Prof. Dr., Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 35100, İzmir, ykurucu@gmail.com

[3]Doç. Dr., Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 35100, İzmir, tolga.esetlili@ege.edu.tr

ÖZET

Toprağın elektromanyetik enerjiyi yansıtma derecesini en çok etkileyen özelliği renk ve nem içeriğidir. Bunun yanında mineral kompozisyonu yansımayı etkileyen diğer önemli özelliğidir. Toprak minerallerinden örneğin hematit (Fe_2O_3) toprağa kırmızımsı renk verirken, geotit (FeOOH) sarı rengini, kalsit ($CaCO_3$) ve kuvars açık, humus ise koyu rengini vermektedir. Sonuç olarak toprakların genetik köken aldıkları jeolojik materyal ve jeomorfolojik özellikleri onların yansıtma karakteristiklerinde etkili olmaktadır. Toprakların topografik konumları da yansıma şiddeti üzerine etkilidir. Düz- düze yakın eğimli araziler ile güneşe bakan ya da gölgede kalan eğimli yüzeylerin tüm toprak özelliklerinden bağımsız olarak yansıtma şiddetlerinde farklılık vardır. Bu araştırmada jeolojik ana materyali ve jeomorfolojik yapısı bilinen çalışma alanındaki toprakların fizyografik konumları ve toprak özelliklerine göre elektromanyetik enerjiyi yansıtma davranışları incelenmiştir. Araştırma benzer jeolojik yapıya sahip Haymana (Ankara) ve Bünyan (Kayseri) ilçesi arazilerinde gerçekleştirilmiştir. Her iki çalışma alanında da volkanik materyallerin ve bunların yer yer örttüğü, killi-kireçli, çakıllı çökellerden oluşmuş göl tabanı düzlükleri, bu düzlüklerdeki hafif aşınma çukurlukları (depresyonik alanlar) ve terasları bulunmaktadır. Bu jeomorfolojik birimler üzerinde oluşan toprakların boyut ve çeşit bakımından mineral kompozisyonunda farklılıklar vardır. Araştırmada benzer jeomorfolojik birimler üzerinde oluşmuş toprakların üzerlerinde bitki örtüsü yok ya da ihmal edilebilecek düzeyde iken Landsat-8 ve Sentinel-2 görüntüleri ile yansıtma karakteristikleri incelenmiştir. Toprakların yansıma karakteristikleri iki temel amaç için kullanılabilmektedir. Ürün deseninin yüksek doğruluk oranıyla belirlenebilmesi ve gelişiminin izlenebilmesi için üzerinde bulunduğu toprağın yansıtmaya etkilerinin bilinmesi gerekmektedir. Özellikle bitkilerin fenolojik evrelerinin başlarında ya da toprağı örtme oranı düşük iken toprağın piksel sayısal değerine etkisi yüksek olabilmektedir. Bir diğer önemli amaç ise toprak haritalarının yapılabilmesinde çok bantlı sensörler tarafından kaydedilmiş uydu görüntülerinin kullanılabilmesidir. Bu araştırmada, Orta Anadolu bölgesinde farklı jeomorfolojik birimler içerisinde yer alan 184 adet test parseli seçilmiştir. Araştırma parsellerinin üzerinde yer aldığı göl tabanı düzlüğü, lav düzlüğü, teras üstü düzlüğü, yamaç arazi, alüvyal araziler, etek araziler ve depresyonik alanlar olmak üzere 7 farklı fizyografik birim üzerinde çalışılmıştır.

Anahtar Sözcükler: toprak, yansıyan enerji, jeomorfoloji, Sentinel 2, Landsat 8

ABSTRACT

THE EFFECTS ON GEOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS IN SOIL REFLECTION VALUES

The most influential feature of the earth's electromagnetic energy reflectance properties are its color and moisture content. In addition, mineral composition is another important feature that affects reflection values of surface soil. Geotite (FeOOH) gives yellow color, calcite ($CaCO_3$) and quartz are light and humus gives dark color, while the soil minerals such as hematite (Fe_2O_3) give a reddish color to the soil. As a result, geological and geomorphological origins of the soil are effective in their reflection characteristics. Topographic locations of lands also influence the reflection values. There is a difference in the reflectance values of the flat surfaces, sunny side of sloppy areas and also shaded lands, regardless of the soil properties. In this study, the electromagnetic energy reflection behaviors were investigated according to physiographic units and soil characteristics of the study area where the geological parent material and geomorphological structure are known. The research was carried out on the regions of Haymana (Ankara) and Bünyan (Kayseri) with similar geological structure. Both study sites have volcanic materials and lacustrine flats of clayey-lime, pebbly sediments, where they are locally cover each other, eroded face, depressions (depressive areas) and terraces in these plains. There are differences in mineral composition in terms of size and variety of soils formed on these geomorphological units. In the study, electromagnetic energy reflectance characteristics of the soils was formed on similar geomorphological units, were examined with Landsat-8 and Sentinel-2 images taken when the plant cover was absent or negligible. The reflection characteristics of soils can be used for two main purposes. The first is to know the effect of reflecting the soil on which the agricultural crop pattern can be determined with high accuracy and to monitor the improvement. Especially at the beginning of the phenological stages of plants or when the rate of covering the soil is low, the effect on the digital value of the soil can be high. Another important purpose is to be able to use satellite images that recorded by multi-band sensors to make soil maps. In this study, 184 test plots of different geomorphological units were selected in Central Anatolia. Seven different

physiographic units have been studied, including lacustrine flats, lava basin, terrace surface, hillside lands, alluvial lands, colluvial lands and depressions.

Keywords: soil, reflected energy, geomorphology, Sentinel 2, Landsat 8

1. GİRİŞ

Çıplak toprak yansıma değerleri toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinden (renk, bünye, organik madde, nem, kireç içeriği, mineral bileşeni vb.) etkilenmektedir. Anakayanın ayrışmasıyla oluşan toprakların yaklaşık %45i inorganik mineral madde, geriye kalan bölümü ise organik madde (~%1-3), toprak suyu ve gazdır. Yansımayı etkileyen en önemli toprak özellikleri, toprak nem içeriği, tekstürü, stürüktürü ve demir oksit içeriğidir (Hoffer, 1978; Stoner ve Baumgardner, 1981). Bu faktörler birbiriyle ilişkilidir ve toprağın spektral yansıması, bu faktörlerin kombinasyonunun kümülatif bir özelliğidir (Baumgardner *vd.*, 1986; Irons, Weismiller ve Peterson, 1989).

Her bir fizyografik birimin oluşumundaki farklılıklar beraberinde farklı toprak özelliklerinin de oluşmasına neden olmaktadır. Topoğrafyayı oluşturan tüm fizyografik birimler üzerindeki topraklar içerdikleri mineraller bakımından bir bütünsellik gösterir(Shanwal *vd.*, 1989). Toprakların haritalanması amacıyla uydu görüntülerinin kullanılabilmesi için, farklı toprakların yansıttıkları enerjinin dalga boyları ve şiddetinin bilinmesi gerekmektedir. Toprak rengi, nem ve mineral içeriğine bağlı olarak değişen yansıtma karakteristikleri dikkate alınarak toprakların haritalanabilirliği incelenen bu araştırmada volkanik ve sediment kökenli jeolojik ana materyaller üzerinde oluşmuş topraklar materyal olarak seçilmiştir. Bu amaçla, toprakların hem renk hem de jeolojik ve jeomorfolojik birimlerinin elektromanyetik enerjinin farklı dalga boylarının yansıtılmasında yaptığı etkiler incelenmiştir. Araştırma alanı olarak seçilen Haymana (Ankara) ve Bünyan (Kayseri) ilçelerinin jeolojik yapısı yaşlı çökeller üzerine gelişen volkanizmaya bağlı olarak yer yer eğimli veya düze yakın topografik yapıdaki lav akıntıları görülmüştür. Killi, kireçli ev yer yer çakıllı eski çökeller üzerinde göl tabanı düzlükleri, bunların üzerinde hafif aşınmış depresyonik alanlar, teraslar, hafif tepelik alanlarda etek araziler ile daha dik eğimli yamaç fizyografik birimler yer almaktadır. Tepelik araziler en yaşlı terasların aşınıp şeklinin değişmesi ile oluşmuştur. Toprak renkleri Munsell renk kartı ile belirlenmiştir. Araştırmada farklı toprakların çok bantlı yansıma değerlerinin belirlenmesi için ise her bir jeomorfolojik birim sınırlarının örttüğü piksellerinin her bant için ortalamalarını hesaplayabilen AGROVISIO®© yazılımı kullanılmıştır.

2.UYGULAMA

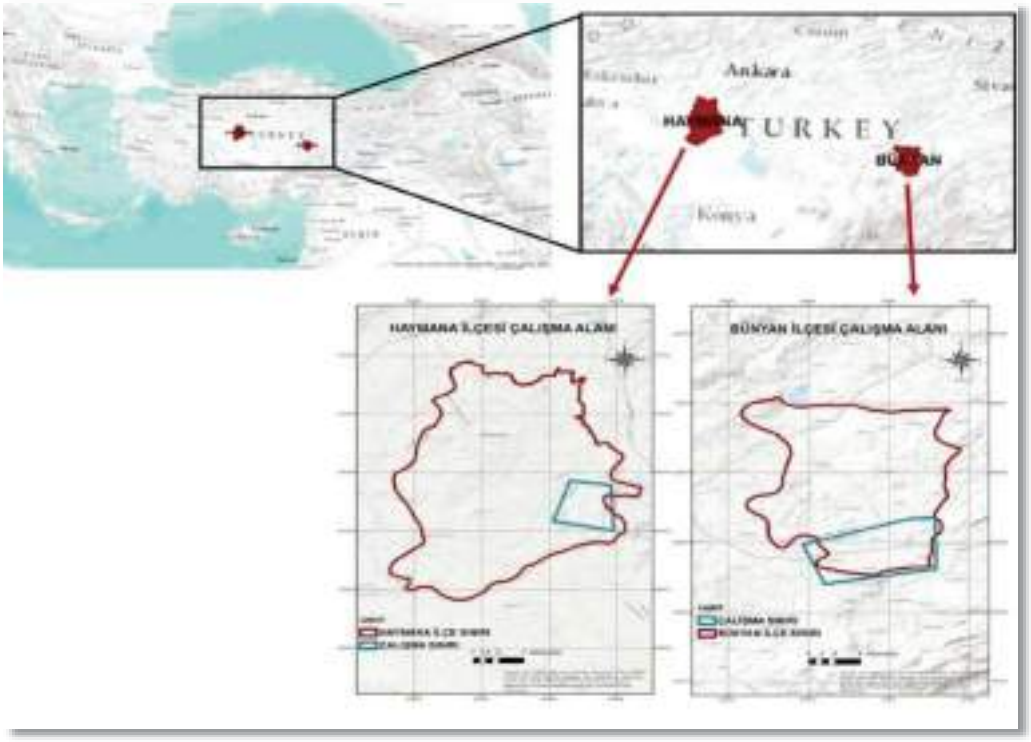
İki ayrı çalışma alanına ait Landsat-8 ve Sentinel-2A uydu görüntüleri servis sağlayıcı firmanın internet erişiminden indirilmiştir. Google Earth ortamında yükseklik ve eğim değerleri göz önünde bulundurularak çalışma alanlarının fizyografik birimleri tahminlenmiştir. Daha sonra yapılan arazi gözlemleri ile bu birimler doğrulanmış ve detaylı çizilmiştir. Çalışma alanlarına ait alınan uydu görüntülerinin tarihi, toprak yüzeyinde bitki örtüsünün en az olduğu dönemler içerisinde seçilmiştir. Arazi gözlemleri ile de desteklenen 7 farklı fizyografik birimin (göl tabanı düzlüğü, lav düzlüğü, teras üstü düzlüğü, yamaç arazi, alüvyal arazi, etek arazi ve depresyonik arazi) üzerinde en küçüğünden en genişine ~0.2 -20 hektar alana sahip 184 ayrı test parselinin ortalama piksel sayısal değerleri belirlenmiştir. Elde edilen ortalama piksel sayısal değerleri fizyografik birimler detayında karşılaştırılmıştır.

2.1. Araştırma Alanları

Çalışma alanı olarak Haymana ilçesinin güneydoğusunda kalan Balçıkhisar, Pınarbaşı, Bostanhöyük, Kutluhan, Altıpınar ve Sazağası köylerini kapsayan yaklaşık 150 bin dekarlık (14981,61 ha) bir alan ile Bünyan ilçesine bağlı Akmescit, Yünören, Karadayı, Elbaşı, Köprübaşı ve Samağır köylerinin içinde bulunduğu yaklaşık 290 bin dekarlık (28988,10 ha) bir başka alan seçilmiştir (**Şekil 1**).

Ankara ilinin 70 km kadar güneyinde yer alan Haymana ilçesi, yaklaşık 1300 m rakıma sahiptir. İlçe topraklarının büyük çoğunluğunu Haymana Platosu oluşturur(Wikipedia, 2018). Fliş fasiyesinin (çökel istif) hakim olduğu ilçe arazilerinde serpantin ve radyolarit serinin varlığı söz konusudur. Orta Anadolu masifi kenarında orojenik hareketler boyunca çöküntü meydana gelmiştir. Orojenik hareketlerin devamı, deniz diplerinin yükselip alçalması ile alg ve diğer organizmalar resifi için gerekli şartları sağlamıştır(Lokman ve Lahn, 1983). Volkanik yığıntılardan oluşan ilçedeki dağlar, sarp şekilli ve kayalıktır. Bu dağlar arasında nispeten açık boyunlar ve derin vadiler vardır (Erol, 1961).

Kayseri ilinin 40 km kadar kuzeydoğusunda yer alan Bünyan ilçesi, yaklaşık 1400 m rakıma sahiptir. Daha çok kalker-tüf ve metrelerce kalınlıktaki sert ve kütlevi travertenlerden oluşan Bünyan düzlüğünde sık olarak kalker konkresyon, kalkerli kum-kil-çakıl tabakalarına rastlanır (İzbırak, 1949).



Şekil 1. Araştırma alanlarının Türkiye'deki konumu.

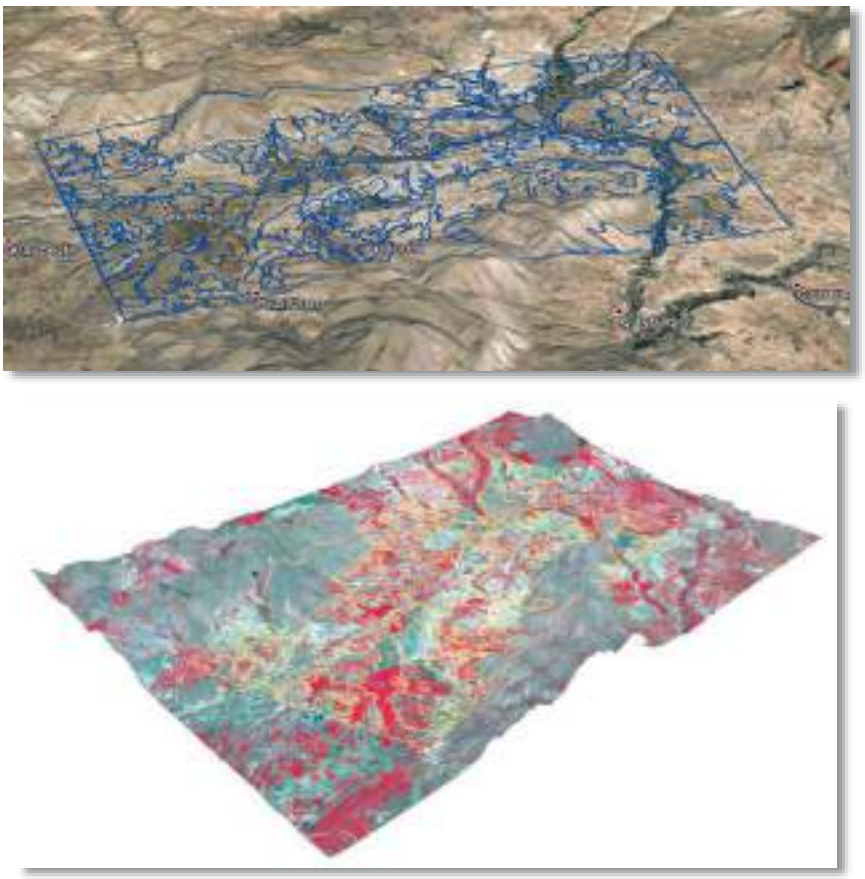
Bünyan düzlüğünün birçok yerinde konglomera haline gelmiş fluviatil-laküstr, çakıl-kum örtüsü yer almaktadır, ayrıca lav örtüsü görülmektedir (**Şekil 2**). Bu lav örtüsü her yerde akarsularla yarılmış, vadiler daha alttaki konglomera-çakıl tabakası içinde açılıp genişlemişlerdir (İzbırak, 1949).



Şekil 2. Bünyan ilçesi çalışma alanından bir görünüm.

2.2. Fizyografik Birimlerin Belirlenmesi

Arazi gözlemleriyle tespit edilen fizyografik birimler, Google Earth ortamında detaylandırılarak yeniden düzenlenmiştir. Sayısal yükseklik modeli (DEM) ile de desteklenen 3 boyutlu uydu görüntüleri ile doğruluk arttırılmıştır (**Şekil 3**).



Şekil 3. Bünyan ilçesi çalışma alanındaki farklı fizyografik birimleri(üstte) ve DTEM üzerine giydirilmiş uydu görüntüleri(altta).

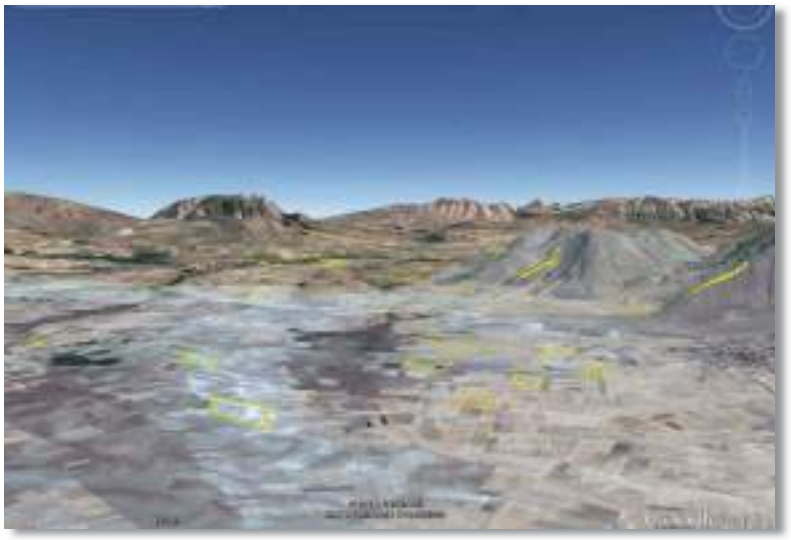
2.3. Yansıma Değerlerinin Belirlenmesi

Araştırmada, ortalama sayısal piksel değerlerinin hesaplanmasında kullanılan görüntülerin seçiminde dikkat edilen önemli iki özellik olmuştur. Bunlardan birincisi, araştırmanın amacı toprak yansıma değerlerine ulaşmak olduğu için bitki örtüsünün olmadığı ya da en az olduğu tarihlerdeki görüntülerin seçimidir. İkincisi ise kesinlikle görüntü seçim tarihimizi sınırlandıran atmosfer koşullarıdır. Bu özelliklerden dolayı, bitki örtüsünün en aza indiği, uydu görüntüleri kalitesi açısından bulutluluğun olmadığı 2017 Kasım ayı Sentinel-2A ve Landsat-8 uydu görüntüleri bu araştırma için servis sağlayıcı firma internet erişiminden indirilmiştir. İndirilen Sentinel-2A ve Landsat-8 uydu görüntülerinin çerçeve tanımı **Çizelge 1**'de verilmiştir.

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan Landsat-8 ve Sentinel-2A uydu görüntülerinin konumsal bilgileri.

	Path (landsat8)	Row (landsat8)	Tile number (sentinel2)	Orbit number (sentinel2)
Haymana	177	177/33	T36SVJ	R064
Bünyan	175	175/33	T36SYH	R021 and R121

Toplam 7 farklı fizyografik birimde yer alan 184 adet toprak birim sınırları ArcGIS yazılımı kullanılarak çizilmiştir. Arazi gözlemleri ile yerinde incelenen toprak poligonları farklı uydu görüntüleri kullanılarak sınır düzeltmeleri yapılmıştır (**Şekil 4**). Uydu görüntüleri ile vektör verinin birlikte çalışıldığı Agrovisio yazılımı ile test poligonlarının içinde kalan piksellerin ortalama sayısal değerleri (DN) hesaplanmıştır.



Şekil 4. Farklı fizyografik birimlerdeki test alanının kabartmalı görüntü üzerinde gösterimi (Google Earth).

Test alanlarının büyük çoğunluğunu göl tabanı düzlükleri ve yamaç araziler oluşturmaktadır. Test alanlarının fizyografik birimlerce dağılımı **Çizelge 2**'de belirtilmiştir.

Çizelge 2. Araştırmada seçilen test parsellerinin fizyografik birimlere göre dağılımı.

FİZYOGRAFİK BİRİM	TEST PARSEL SAYISI
ALLÜVYAL ARAZİ	24
DEPRESYONİK ALAN	19
ETEK ARAZİ	16
GÖL TABANI DÜZLÜĞÜ	53
TERAS	19
YAMAÇ ARAZİ	43
LAV DÜZLÜĞÜ	10

3. BULGULAR

Araştırma alanı toprak yapısında gözlemlenen renk farklılıkları, toprakların mineral içerikleri ile hem doğrudan hem de dolaylı olarak ilişkilidir. Bölgedeki magmatik kayaçlar üzerinde oluşan toprakların özellikle köken aldıkları hematit, olivine ve piroksen minerallerine bağlı olarak magnezyum, demir, mangan ve alanda bulunan diğer mafit minerallerin içeriklerine bağlı olarak koyu renklidirler. Çökeller ise çok açık renkli kireçli-killi materyallerden oluşmuştur. Yer yer çakıllıdırlar. Her iki jeolojik yapı üzerinde oluşan toprakların kil içeriği yüksek olabilmektedir. Kil içeriklerine bağlı olarak su tutma kapasiteleri fazla ve dolayısıyla renkleri daha koyu olabilmektedir. Özellikle göl tabanı düzlüklerindeki aşınma ile oluşan depresyonik (çukur) alanlarda hem organik madde hem de kil birikimi olmuştur. Topraklarda organik madde içeriği de kil gibi su tutma kapasitesi yüksek materyaldir. Buna bağlı olarak

güneş enerjisini absorbe etme oranları diğer topraklara göre yüksek olmaktadır. Bu grup araziler, yüksek nem içeriğine bağlı olarak çoğu bölgede uydu görüntülerinin her bandında düşük piksel sayısal değerlerine (koyu renk) sahip olduğu görülmüştür. Göl tabanı teraslarının düze yakın eğimli üstleri aşınma ve toprak işlemeye bağlı olarak çok açık renkli kireçli ana materyal parçalarının yüzeye çıktığı bölgeler olarak görülmüştür. Benzer şekilde terasların yanal yüzeyleri (yamaçları) aşınmaya bağlı olarak nerdeyse topraksız yüzey şekline gelmiş, açık renkli killi kireçli ana materyalleri yüzeyde gözlenmiştir. Ülkemizin bu özellikli jeolojik ve jeomorfolojik özelliğe sahip bölgelerinde de göl tabanı teras ve yamaçlarında benzer şeklide çok açık renkli kireçli ve killi materyallerin yüzeyde gözlenmektedir. Bu yüzeylerin yaptığı yansıma değerlerinin tüm bantlarda en yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bu toprak ve jeolojik yapıya sahip yüzeylerin, Sentinel 2 ve Landsat 8 uydu görüntülerinin tüm bantlarında yapmış oldukları yüksek yansıtma özellikleri, toprak haritalama amacıyla kullanılabilecek önemli ipucu olarak görülmüştür.



Şekil 5. Göl tabanı düzlüklerinde çevresine göre koyu renkli depresyonik alanların görünümü.

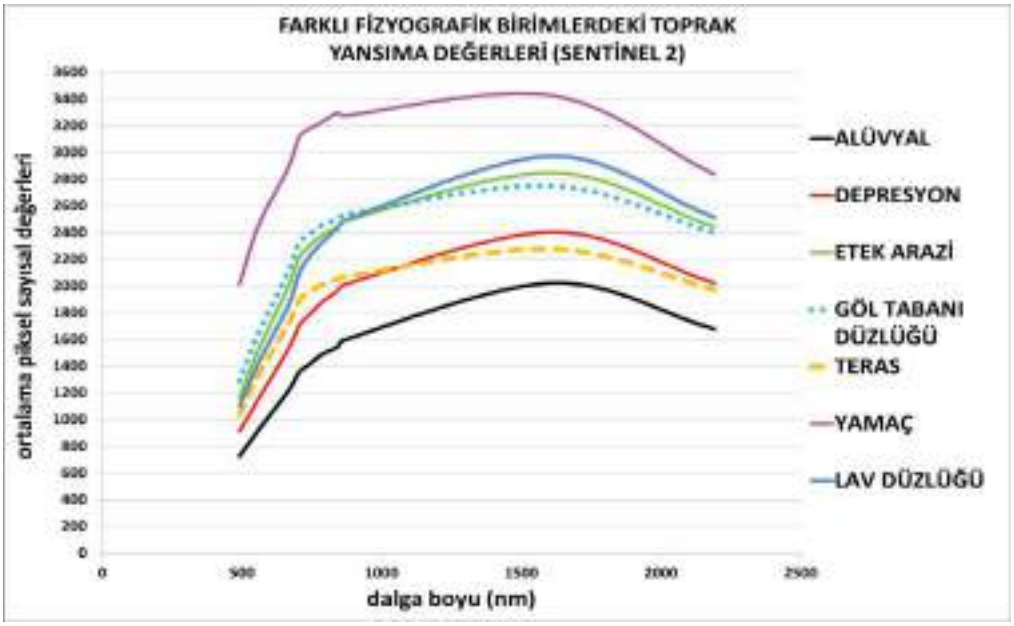


Şekil 6. Arazi gözlemlerinde tespit edilmiş kireç içeriği yüksek açık renkli hafif eğimli yamaç arazi görünümü.

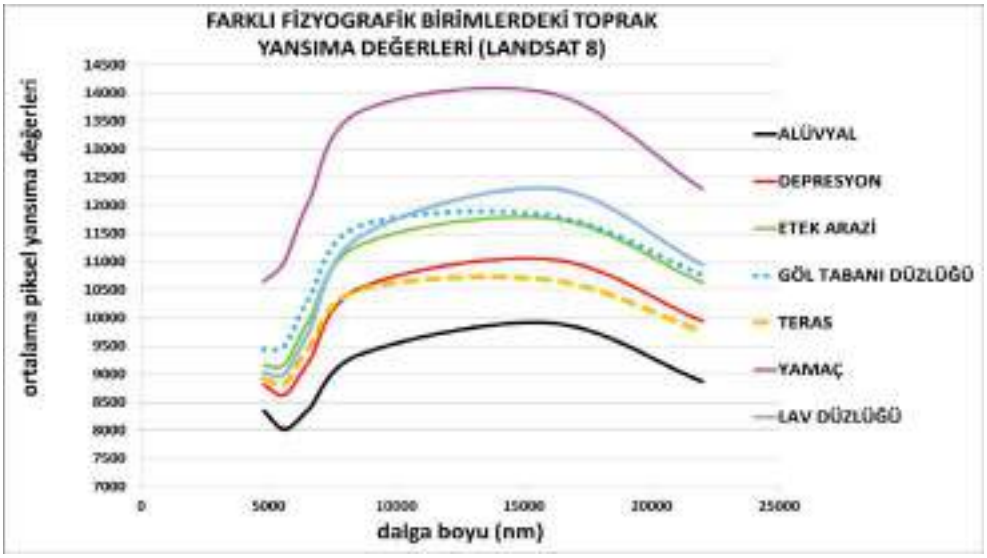
Topraktaki organik madde, toprak spektral özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Organik madde artışının, yansıma şiddetinde azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Organik madde, görünür, NIR ve SWIR bölgesi boyunca toprakların spektral yansımalarına etki etmektedir. Birçok araştırmacı, uzaktan algılama tekniği açısından yoğun olarak organik maddeyi araştırmıştır. Yansıma ya da soğurma özellikleri organik madde içeriğindeki yapısal maddeler ile yakından ilişkilidir (Elvidge, 1990; Chen ve Inbar, 1994). Depresyonik alanlar ve lav düzlükleri daha çok absorbsiyon özellikleri ile ayırt edilebilmektedir. Toprakların nemli olduğu bir diğer jeomorfolojik birim ise alüvyal düzlükler olarak belirlenmiştir. Bu toprakların derelere bitişik taşkın düzlükleri fizyografik birimi şeklinde ve karışık mineral dokuya sahip oldukları görülmüştür. Kil içerikleri yüksek olmamakla birlikte, bulundukları en düşük kotlu arazi seviyesi ve suyoluna yakın olması nedeniyle nem içerikleri yüksektir. Bu araziler üzerinde oluşan toprakların, kireçli ana materyallerin yüzeylediği bölgelere göre daha koyu renk ile ayırt edilebildiği görülmüştür.

Farklı fizyografik birimler üzerinde oluşan toprakların absorbe ya da yansıtma özellikleri mineral dokularına da bağlı olarak bazı bantlarda yüksek olduğu saptanmıştır. Ancak genel olarak bantlardaki artış ve azalışlar birbirleri ile uyumludurlar (**Şekil 7**). Toprak haritalarının oluşturulmasında jeolojik yapı ve jeomorfolojik birimlerin ayırt edilmesi oldukça önemlidir. Jeolojik yapının toprak oluşumunu ve mineral özellikleri etkileyen temel bir etmen olduğu bilinmektedir. Bunun yanında ayrışan materyallerin ya da oluşan toprağın birikmesi ya da taşınması (erozyon), toprak içi su hareketlerinin oluşmasına olanak veren özellik ise jeomorfolojik birimlerdir. Bu durum toprakların haritalanması çalışmalarında jeolojik ve jeomorfolojik yapının öncelikle ayırt edilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu çalışmada killi–kireçli sediment kökenli yapının yüzeye çıkmasına neden olan eğimli topografik

yapısı erozyon nedeniyle tüm bantlarda yüksek yansıma şiddetine sahip olduğu belirlenmiştir. Sürekli nemli ya da diğer fizyografik gruplara göre daha nemli olan alüvyal düzlükler, teras üstü düzlükleri ve depresyonik fizyografik yapıya sahip araziler ise diğerlerine göre daha çok absorbans özelliklerine sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu çalışmada, bantlar arası karşılaştırma yapmakta mümkün olmuştur. Aynı özelliklere sahip olmasına rağmen çıplak toprak yüzeylerinden, görünür bölge bantlarının en düşük, SWIR bantların ise diğer bantlara göre daha yüksek yansıtılma değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Bu durum, toprak haritası çalışmalarında SWIR bantların kullanılmasının önemli olduğunu göstermektedir.



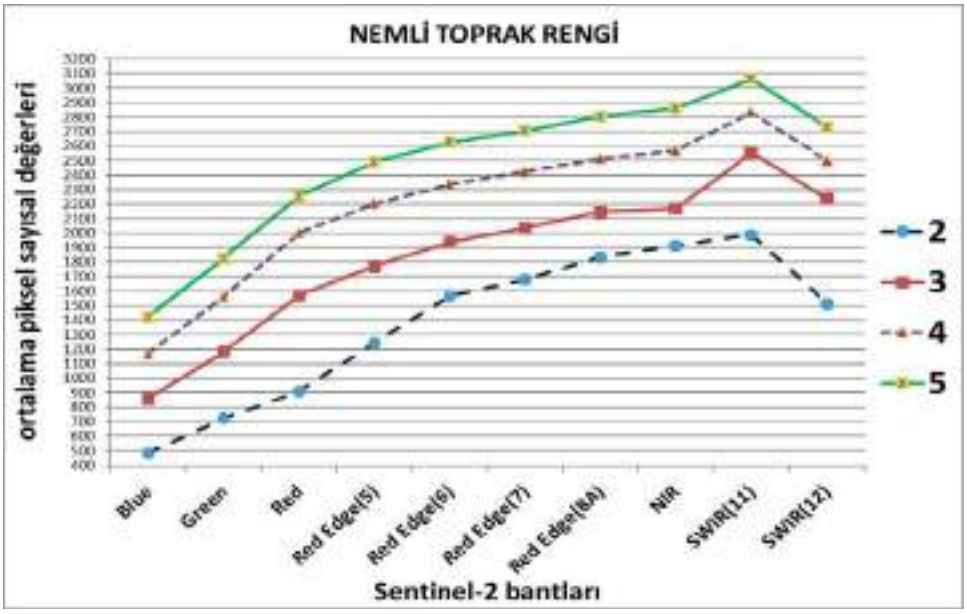
Şekil 7. Sentinel 2 uydu görüntüsünde farklı fizyografik birimlerdeki toprakların yansıma değerleri.



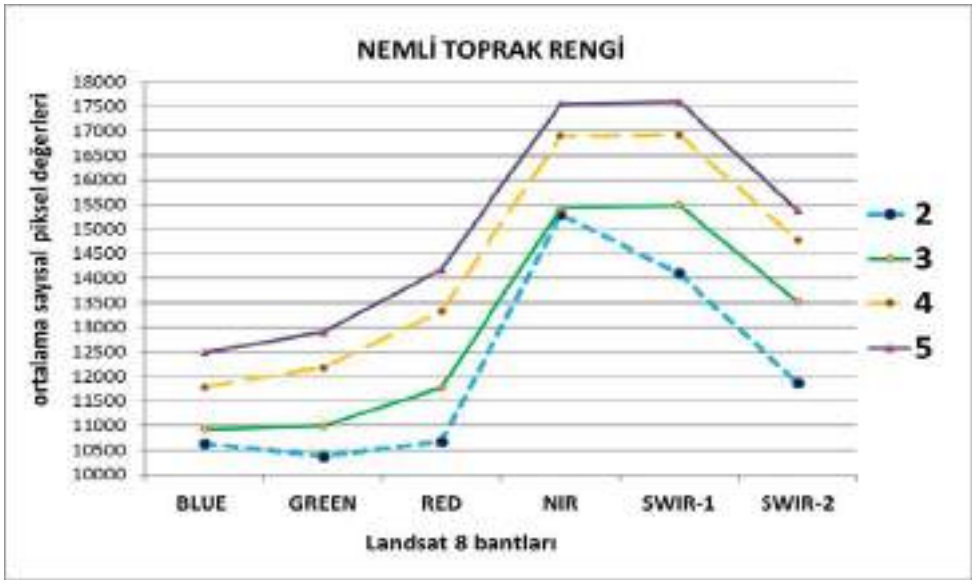
Şekil 8. Landsat 8 uydu görüntüsünde farklı fizyografik birimlerdeki toprakların yansıma değerleri.

Toprakların renkleri Munsell renk kartı ile nemli ve kuru olarak ölçülmüştür. Munsell renk kartında koyudan açık renklere doğru artan sayısal değerler ile değişen bir hiyerarşi bulunmaktadır. Bu sıralama aynı zamanda renk ile doymuşluğu da tanımlamaktadır. Araştırmada rengin koyuluğunu dereceleyen sayısal tanımlamaları (value) dikkate alınarak renk tonu sınıflandırması yapılmıştır. Buna göre 2 en koyu, 5 en açık renk tonlarını tanımlamıştır. Her bir renk tonunun farklı dalga boyundaki elektromanyetik enerjinin yansıtma özellikleri ve ilişkileri istatistiksel olarak incelenmiştir. Munsell renk kartındaki her iki derece birleştirilerek toplamda 8 olan renk okuması 4 grup altında

toplanarak incelenmiştir. Her iki uydu görüntüsünün sahip olduğu bantların toprak nemine karşı tepkileri incelendiğinde görünür bölge bantlarının toprak nemine ve koyu rengine karşı absorbans yönünde çok duyarlı olduğu görülmüştür. Buna karşın, NIR ve SWIR bantları oluşturan enerjinin ise açık renk ve kuru toprak yüzeylere sahip arazilerde yüksek düzeyde yansıtıldığı belirlenmiştir (**Şekil 9, 10**).
Sonuçlar incelendiğinde, her bir fizyografik birimin birbirinden farklı ama her birinin de uydu bantları açısından doğrusal bir değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Nemli renkleri Munsell renk kartı ile belirlenen test alanındaki toprakların renginin açık olanlarının yüksek yansıma karakteristiğinde olduğu, koyu renkli olanların ise düşük piksel sayısal değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 9. Sentinel-2 uydu görüntüsünde farklı nemli toprak renklerine sahip olan toprakların yansıtma karakteristikleri (Munsell renk kartına göre 2-5 arasında koyudan açığa derecelendirilmiştir.).



Şekil 10. Landsat-8 uydu görüntüsünde farklı nemli toprak renklerine sahip olan toprakların yansıtma karakteristikleri (Munsell renk kartına göre 2-5 arasında koyudan açığa derecelendirilmiştir.).

4. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (ProjeNumarası: 2018-ZRF-022) ve Tarım Sigortaları Havuzu (TARSİM) tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Baumgardner, M. F., Silva, L. F., Biehl, L. L. And Stoner, E. R., 1985. Reflectance properties of soils, *Advances in Agronomy*, 38: 1-44.

Chen, Y. and Inbar, Y., 1994. *Chemical and spectroscopic alanalysis of organic matter transformation during composting in relation to compost maturity, Science and Engineering of Composting: Design, Environmental, Microbiology and Utilization Aspects*, HAJ Hoitinkand H M Keener, eds., Renaissance Publications, Worthington, Ohio, pp. 551-600.

Elvidge, C.D., 1990. Visible and near infrared reflectance characteristics of dry plant materials, *International Journal of Remote Sensing*, 11: 1775-1795.

Erol, O., 1961. *Kurakçöl ve güneybatısındaki havzaların hidrojeolojisi*, (Hydrogeology of thebasins of Kurakçöland in thesouth of it). DSİ. Yeraltısuları Dairesi Arşivi Rapor No. 8211; Ankara.

Hoffer, R.M., 1978. Biological and physical considerations in applying computer aided analysis techniques to remote sensor data in Remote Sensing: The quantitative Approach, Ed. Mc Graw-Hill, 232-289.

Irons, J. R., Weismiller, R. A. ve Peterson, G. W., 1989. Soil Reflectance, pp. 66–106.

İzbırak, R., 1949. Bünyan Çevresinde Jeomorfoloji Gözlemleri ve Bünyan Kasabası, pp. 387-423.

Lokman, K. and Lahn, E., 1983. Haymana Bölgesi Jeolojisi, Geologie de la Region De Haymana (Ankara Vil.), *Nautilus*, pp. 292-299.

Shanwal, A. V., Ghosh, S. K., Karwasra, S. P.S., Jain, A. K. and Singh, Vijender, 1989. Confirmation of soil physiographic units through soil mineralogy studies in Yamuna alluvial plain, India", *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 17(1), pp. 7–11.

Stoner, E. R. and Braumgardner M. F., 1981. Characteristics Variation in reflectance of surface soils, *Soil Science Society of American Journal*, 45: 1161-1165.

Wikipedia, 2018. Haymana. https://tr.wikipedia.org/wiki/Haymana, [Erişim Tarihi: 26.07.2018].



19 Eylül 2018

15:30-17:10

SALON M1

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6301

ORTA ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE ARAZİ ÖRTÜSÜ/ARAZİ KULLANIMI SİMÜLASYONU (2025-2055)[1]

Merve Ersoy Mirici[1], Süha Berberoğlu[2]

[1]Dr., mrversoy@gmail.com
[2]Prof.Dr., Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 01330, Balcalı, Adana, suha@cu.edu.tr

ÖZET

Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı (AÖ/AK) değişimleri zamansal ve mekânsal ölçeklerin tümünde önemli bir çevresel problem olarak kabul edilmektedir. AÖ/AK sebebi ile oluşan çevresel değişimler ve bu değişimlere bağlı bozunumlar biyolojik çeşitlilik kaybı, iklim değişikliği, su, toprak ve hava kirliliği olmak üzere günümüz insan nüfusunun en büyük çevresel kaygılarının temel kaynaklarından biridir. Bu nedenle toplumsal ihtiyaçların karşılanmasında temel kaynakların üretimi ve tüketimi sürdürülürken AÖ/AK, değişimlerinin negatif ve pozitif etkilerinin belirlenmesi ve izlenmesi arazi planlama ve politika üretilmesi aşamalarında önemli bir öncelik haline gelmiştir. Bu çalışmanın amacı orta çözünürlüklü uydu görüntüleri ve yardımcı değişkenleri kullanarak Çok Katmanlı Algılayıcı-Markov Zinciri (MLP-MC) entegrasyon modeli yardımı ile Mevcut Eğilim senaryosu temel alınarak kırsal peyzajlardaki olası değişimleri modellemektir. Çalışma alanı Türkiye'nin Doğu Akdeniz Havzası'nda yer alan yukarı Seyhan Havzası'nın ormanlık kesimi olarak belirlenmiştir. Modelleme çalışması için temel alınacak üç AÖ/AK (1990-2003-2014) haritası Landsat TM/ETM+/OLI verilerinden yararlanılarak hibrit sınıflama yöntemine göre sınıflandırılmıştır. Arazi sınıfları arasındaki temel dönüşümlerin elde edilmesi ve Mevcut Eğilim senaryosu ile 2025 ve 2055 yıllarına ait modellemelerin uygulanması için IDRISI TerrSet Land Change Modeller (LCM) yazılımından yararlanılmıştır. MLP-MC entegrasyonu aracılığı ile 1990 ve 2003 AÖ/AK haritalarından 2014 AÖ/AK haritası mevcut eğilime göre tahmin edilmiştir. 2014 yılına ait gözlenen ve modellenen AÖ/AK haritaları karşılaştırılarak Kappa İndeks Değerlendirmesi (KIA) 0.78 düzeyinde elde edilmiştir. MLP etken faktörleri olarak; i)yükseklik, ii) eğim, iii) bakı, iv)bozunumdan uzaklık, v)yoldan uzaklık, vi)sudan uzaklık, viii) kırsal yerleşimden uzaklık ve viii) evidence likelihood verileri kullanılmıştır. Elde edilen validasyon sonucundan yararlanarak 2025 ve 2055 AÖ/AK haritaları üretilmiştir. MLP-MC modelleme sonucuna göre 2014 yılında %45.44 oranında gözlenen orman örtüsü 2025 yılında %53.14 ve 2055 yılında %54.29 olarak tahmin edilmiştir. Buna ek olarak çalışma alanında açık alanların büyük ölçüde orman ve tarım alanlarına dönüştüğü tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: arazi kullanımı/arazi örtüsü (AK/AÖ), çok katmanlı algılayıcı, değişim tespiti, hibrit sınıflama tekniği, Markov zinciri

ABSTRACT

LAND COVER/LAND USE SIMULATION USING MEDIUM RESOLUTION SATELLITE IMAGES (2025-2055)

Land Cover/Land Use (LULC) change has been recognized as an important driver of change on all spatial and temporal scales as well as emerging as a key environmental issue and on a regional scale is one of major research endeavours in global change studies. These changes encompass the greatest environmental concerns of human population today, including climate change, biodiversity loss and pollution of water, soils and air. Detecting and monitoring the negative consequences of LULC while sustaining the production of essential resources has therefore become a major priority of planners and policymakers. The purpose of this study is to simulate future rural landscape changes under Business-As-Usual (BAU) scenarios based on the Multi-Layer Perceptron Markov Chain (MLP-MC) integration model that using medium resolution satellite images and ancillary data. The study area is determined as Eastern Mediterranean Region and Upper Seyhan Basin in Turkey. Three LULC maps (1990-2003-2014) were classified from Landsat TM/ETM+/OLI by using hybrid classification method. Major transitions wre modeled to predict the BAU scenarios for years 2025 and 2055 using Land Change Modeler (LCM) in IDRISI TerrSet software. The LULC maps of 1990 and 2003 were employed to predict the BAU scenarios for 2014 using MLP-MC method. The predicted result was compared with observed LULC map of 2014 to validate method using Kappa Index of Agreement (KIA) and its resulted as 0.78. The MLP driven forces has beeb used by; i) elevation, ii) slope, iii) aspect, iv) distance from degradation, v) distance from road, vi) distance of water, vii) distance of rural settlements and viii) evidence likelihood. Finally, based on the result, the future LULC change prediction for 2025 and 2055 was performed. According to result of MLP-MC modeling, the forest cover that is observed 45.44% in 2014 was modelled in 2025 and 2055 respectively by 53.14% and 54.29%. Additionally, the baregorund considerably has been transform to forest and agricultural area.

Keywords: land use/land cover (LULC), multi-layer perceptron, change detection, hybrid classification, Markov chain

[1] Bu bildiri "Küresel İklim Değişikliği Çerçevesinde Doğu Akdeniz Bölgesi Ekosistem Hizmetlerinin Karbon Temelli Modellenmesi" isimli doktora tezinden üretilmiştir.

1. GİRİŞ

Arazi örtüsündeki değişim ve dönüşümler ekosistem hizmetlerini doğrudan etkilemektedir. Bu doğrultuda geçmiş, güncel ve gelecek peyzajlara yönelik öngörüde bulunarak koruma ve yönetim stratejilerinin geliştirilmesi için gelecek arazi örtüsüne ait tahmin ve modellemeler birçok açıdan yarar sağlamaktadır. Teknolojik ilerleme daha karmaşık yapıdaki gelecek arazi örtüsü ve kullanımlarına ait simülasyonları (benzetim) ve modellemeleri olanaklı duruma getirmiştir (Liu, 2009). Günümüzde arazi kullanımlarına ilişkin modelleme çalışmalarında sıklıkla tercih edilen yöntemler; Hücresel Özişleme, Yapay Sinir Ağları, Markov Zincirleri, Lojistik Regresyon, Etmen Tabanlı Modeller ve SLEUTH Modelleridir (Bozkaya 2013; Çağlıyan ve Dağlı 2016; Cengiz ve Yılmaz 2016; Kumar vd. 2014; Tanrıöver 2011; Berberoğlu, 2010).

Bu modellemelere ek olarak hibrit yaklaşımlar sıklıkla tercih edilmektedir. Hibrit yaklaşımların kullanıcıya sunduğu en önemli avantaj, yöntemlerin birbirlerinde olmayan özellikleri tamamlayabilmesidir. Nitekim Markov Zinciri, konumsal modelleme çalışmalarında tek başına kullanılmamaktadır (Arsanjani vd. 2013; Huang vd. 2015). Birbirleri ile çalışabilen hibrit entegrasyonlar; (i) Hücresel Özişleme-Markov Zinciri, (ii) Hücresel Özişleme-SLEUTH, (iii) Lojistik Regresyon-Markov Zinciri, (iv) Yapay Sinir Ağları-Markov Zinciri olmak üzere farklı uygulamalarda görmek mümkündür (Dadhich ve Hanaoka, 2010; Gonzales vd. 2002; Mishra ve Rai, 2016).

Bu araştırmada Yapay Sinir Ağları (YSA) modellerinden biri olan Çok Katmanlı Algılayıcı (Multi-Layer Perceptron-MLP) ve Markov Zinciri (MC) model entegrasyonu kullanılarak belirlenen çalışma alanında geçmiş ve güncel Arazi Örtüsü/ Arazi Kullanımı (AÖ/AK) yardımıyla gelecek AÖ/AK modellemesi gerçekleştirilmiştir.

2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı ülkemizin güneyinde yer alan Adana ili ve yukarı Seyhan Havzası'nın kesiştiği bölgede yer almaktadır. Çalışma alanının kuzeyinde Kayseri, doğusunda Kahramanmaraş ve Osmaniye, batısında ise Niğde ve Mersin illeri bulunmaktadır. Alan orman alanlarının yoğunlaştığı Yukarı Seyhan Havzası'nın alt kesiminde bulunmaktadır. 7368,62 km^2 büyüklüğündeki çalışma alanı 37º00'-38º25' kuzey enlem ile 34º52'-36º25' doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 1). Çalışma alanında deniz seviyesinden itibaren yapraklı ağaç türlerini takip eden ibreli türler ve bunların karışımlarını görmek mümkünüdür (Mirici vd. 2016).



Şekil 1. Çalışma alanının konumu.

3. MATERYAL

Modellenin temel girdilerinden olan geçmiş ve güncel AÖ/AK sınıflama haritaları için Landsat 5 TM ve Landsat 8 OLI/TIRS uydu verisi kullanılmıştır. Araştırmada farklı üç tarihe ait arazi örtüsü sınıflamasında üç temel veri kaynağı kullanılmıştır (Çizelge 1). Landsat görüntüleri USGS EROS açık erişim sisteminden elde edilmiştir. Yöntem hiyerarşisinde veri işleme ve veri üretme aşamalarında ERDAS 9.1, ENVI 4.7, eCognition Developer ve ArcGIS 10.3.1 yazılımlarından yararlanılmıştır. Gelecek AÖ/AK modellemesinde IDRISI TerrSet yazılımı Land Change

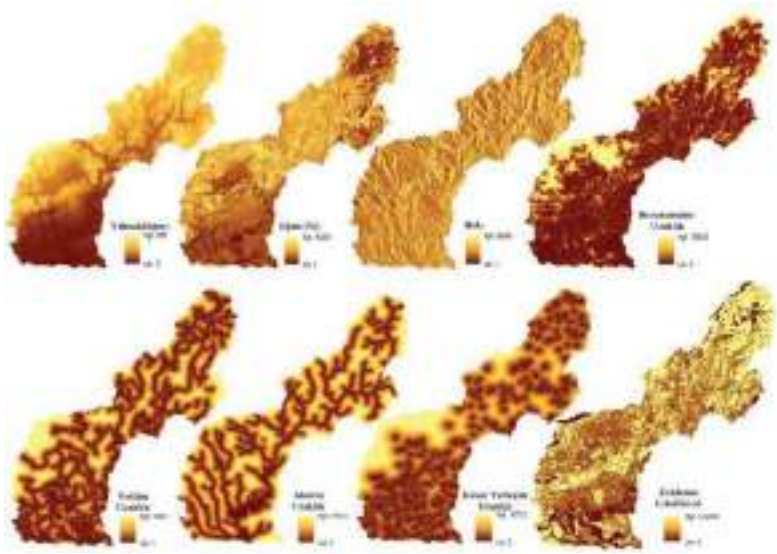
Modeller (LCM) modülü kullanılmıştır. AÖ/AK haritaları için 30 m çözünürlük, WGS84 projeksiyonu ve UTM-36 kuzey yarım küre zonu esas alınmıştır.

Çizelge 1. Uydu görüntüleri metadata.

Algılayıcı Tipi	Görüntü Tarihi	Eksen No	Satırlar	Bantlar	Radyometrik Çözünürlük	Mekansal Çözünürlük
TM	29.08.1990	175	33/34	1,2,3,4,5,7	8	30
TM	17.08.2003	175	33/34	1,2,3,4,5,7	8	30
OLI TIRS	13.09.2014	175	33/34	2,3,4,5,6,7	16	30

Çalışmada kontrolsüz sınıflama, karar ağacı sınıflama ve obje tabanlı sınıflama yöntemleri bir arada kullanılarak hibrit sınıflama yaklaşımı uygulanmıştır. Bu yaklaşım sonucunda 1990-2003-2014 yılları AÖ/AK haritaları üretilmiştir. Karar ağacı sınıflamasında Çizelge 1'de verilen görüntü tarihlerine ait görünür bandlar, NIR, SWIR, NDVI, NDWI, taselled cap, yükseklik, orman var-yok haritası ve meşcere haritaları kullanılmıştır. Buna ek olarak tarım sınıflamalarının yüksek doğrulukta üretilebilmesi amacı ile ilgili yıla ait birden fazla uydu görüntüsü ile obje tabanlı sınıflama uygulanmıştır. Bu doğrultuda tarımsal ürün deseni değişimini dikkate alan 2014 yılı için 4 farklı tarihli görüntü (24 Mart 2014-28 Haziran 2014-31 Ağustos 2014-13 Ağustos 2014), 2003 yılı için 4 farklı görüntü (29 Nisan 2003–30 Haziran 2003–17 Ağustos2003-18 Eylül 2003) ve 1990 yılı için bir uydu görüntüsü (29 Ağustos 1990) ile tarım alanlarının sınıflama işlemi gerçekleştirilmiştir (Mirici 2017).

Gelecek AÖ/AK simülasyonunda temel verileri geçmiş ve güncel AÖ/AK verileridir. Temel sınıflandırma verilerinin yanı sıra gelecek dönüşümlerinin belirlenmesinde kullanılan MLP sinir ağları modeli etken faktörleri (girdi veriseti) Şekil 2'de gösterilmiştir.

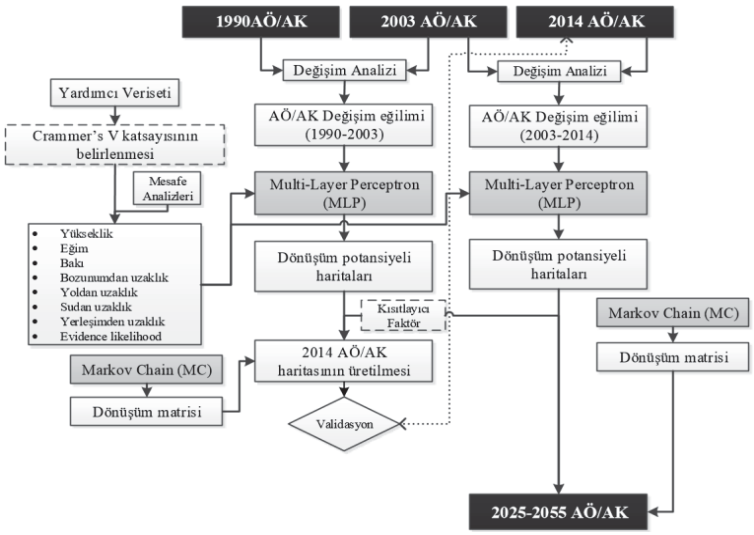


Şekil 2. MLP sinir ağları modeli girdi veriseti (etkin faktörler).

Evidence likelihood, LCM modülü altında değişim analizi çıktıları ile üretilen piksellerin kısmi frekansına dayalı dönüşüm verisidir (Mas vd. 2013). Bozunumdan uzaklık verisi ise açık alan, tarım ve yerleşimden Öklid uzaklık verisidir.

4. YÖNTEM

Çalışmada MLP-MC yöntemi ile gelecek AÖ/AK simülasyonu için kullanılan yöntem hiyerarşisi Şekil 3'te aktarılmıştır. Modelleme sonrası Kappa değerlendirme indeksi (Kappa Index of Agreement-KIA) sonucunda elde edilen örtüşme düzeyi dikkate alınarak gelecek simülasyonu üretilmiştir.



Şekil 3. Çalışmanın yöntemi.

4.1.Değişim Analizi

Değişim analizi, arazinin sahip olduğu özniteliğin farklı zamanlarda gözlemlenerek farklılıkların ortaya konulması işlemidir. Günümüzde en sık tercih edilen değişim analizlerinden biri sınıflandırma sonrası değişim analizidir. Sınıflama sonrası değişim analizi, farklı tarihlere sahip görüntülerin ayrı ayrı sınıflandırılması sonrası çapraz sınıflama ile değişimin ortaya konulması işlemidir. Bu çalışmada 1990, 2003 ve 2014 yıllarına ait hibrit sınıflandırma yöntemine göre üretilen AÖ/AK haritaları sınıflandırma sonrası değişim analizi yöntemi ile değerlendirilmiştir.

4.2.Markov Zinciri (MC)

İlerleyen zaman sürecinde önceden kestirilemeyecek durumlar, stokastik (rastgele) süreç olarak isimlendirilmektedir. Bir stokastik süreç X=(Xt:tϵT) kümesinden meydana gelmektedir. Burada T; zamanı göstermektedir. Böylece X_t bir sistemin t zamandaki durumunu ifade etmektedir. X'in alabileceği tüm durumların oluşturduğu (E) kümesi X'in durum uzayını gösterir. Eğer durum uzayında; Ei→Ej durumuna geçmiş ise sistem geçişi gerçekleştirmiştir. Bir Markov Zinciri (Markov Chain-MC) (Bhat, 1972; Gihman, 1975; Kemeny ve Snell, 1976; Yavuz, 1992);

X={Xn; n ϵ (0,1,2,….) ise;

$$P(X_{n+1} = j \mid X_0 = a, X_1 = b \dots, X_n = i) \quad (1)$$

$$P(X_{n+1} = j \mid X_n = i)$$

Eşitlik 1 ile ifade edilen Markov özelliğine sahip bir stokastik süreçtir. *i* durumundaki bir sürecin bir dönem sonra *j* durumuna dönüşmesi ihtimali;

$$P(X_n = j \mid X_{n-1} = i) = P_{ij} \quad (2)$$

Satırları P_{ij} olasılıklarından oluşan matrise "geçiş matrisi" denir. Geçiş matrisi, Markov Zincirinin istatistiksel yapısını açıklayan en önemli veridir.

$$0 < P_{ij} < 1 \; ve \; \sum_j P_{ij} = 1, (i = 1,2,3 \dots n) \quad (3)$$

MC, belirli zaman periyodları arasındaki arazi kullanım sınıflarındaki değişimden yararlanarak gelecek arazi kullanım kategorilerinin geçiş olasılıklarını belirlemektedir. Zincir arazi kullanım değişimine neden olan değişkenleri dikkate almadığından gelecek simülasyonlarında tek başına etkili değildir. Bu nedenle MC ile entegre çalışan farklı algoritmalar ile çevresel değişkenler modelleme sürecine dahil edilmektedir (Berberoğlu vd. 2016; Cengiz ve Yılmaz, 2016; Öztürk, 2013). Bu çalışmada MC ve MLP yapay sinir ağları entegrasyonundan yararlanılmıştır.

4.3.Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Çok Katmanlı Algılayıcı (MLP)

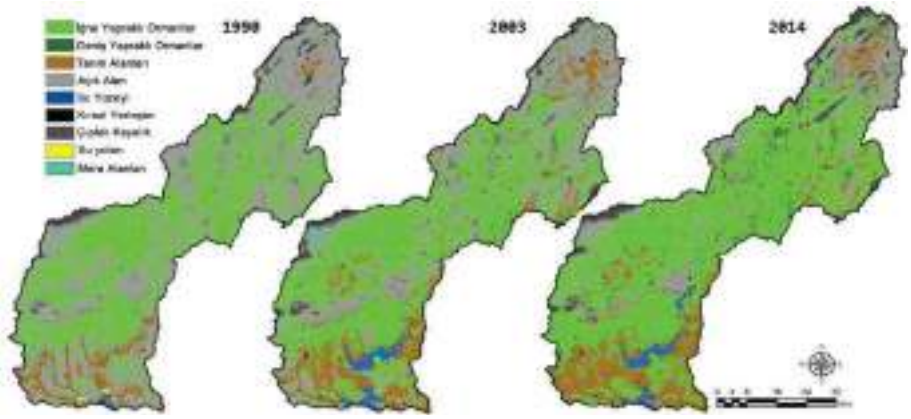
Yapay Sinir Ağları (YSA), insan beyni ve nöronların çalışma prensibini esas alarak uzaktan algılama ve sınıflama çalışmalarında kullanılan bir algoritmadır. Bu algoritma, öğrenme yolu ile yeni bilgiler üretebilme ve keşfedebilme reaksiyonlarının otomatik olarak gerçekleştirilmesi amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleri olarak da nitelendirilmektedir. Bu işlem için girdi, ara ve çıktı katmanlarından yararlanılmaktadır. Girdi katmanı ağa aktarılan bilgilerin derlendiği aşamadır. Sisteme dahil edilen görüntüler girdi katmanında herhangi bir işlem yapılmadan gizli katmana aktarılır ve sayısı kullanıcı tarafından belirlenen gizli katmanda bilgi işleme süreci gerçekleştirilir. Bilgi işleme süreci, bilgilerin ağın ağırlık değerleri kullanılarak çıktıya dönüştürmesi işlemidir. Girdiler için doğru ağırlıkların tespit edilebilmesi işlemi, ağın eğitilmesine bağlıdır. Ağın eğitimi sırasında her öğrenme döngüsünde ağ yeniden biçimlenerek öğrenme kurallarına göre ağırlıklarını revize etmektedir. Bu işlemler ağ eğitim setindeki örneklerin tamamı için doğru çıktı üretilinceye kadar tekrarlanmaktadır (Civco 1993; Berberoğlu 2000).

Çok Katmanlı Algılayıcı doğrusal olmayan problemlerin çözümünde en sık kullanılan YSA modellerinden biridir. MLP-MC entegrasyonu, girdi, ara katmanlar ve çıktı bölümünden oluşan ve geleceğe yönelik tahmin üreten modeldir (Bozkaya, 2013; Çağlıyan ve Dağlı, 2016). IDRISI TerrSet yazılımında LCM, MLP ile MC modellerinin entegrasyonu sağlayan bir modüldür. LCM aracılığı ile geleceğe yönelik arazi örtüsü modellemesi için temel aşamalar; (i) geçmiş-güncel AÖ/AK sınıflama haritalarına ait değişim analizinin ortaya konulması, (ii) AÖ/AK sınıflarının dönüşüm potansiyellerinin modellenmesi ve (iii) hedeflenen gelecek arazi örtüsünün tahmin edilmesidir.
İlk aşamada MLP sinir ağları yaklaşımı ile dönüşüm potansiyelleri belirlenmektedir. Dönüşüm modeli ise alt-model değişkenlerinin üretilmesi, etkin (çevresel) faktörlerin test edilmesi ve dönüşüm potansiyellerinin tahmin edilmesi aşamalarından meydana gelmektedir. MLP işlem sürecinde üretilen dönüşüm potansiyelleri MC aracılığı ile modellenmiştir.

5. BULGULAR

5.1.Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı (AÖ/AK) Sınıflama Haritaları (1990-2003-2014)

Çalışmada kontrolsüz sınıflama, karar ağacı sınıflama ve obje tabanlı sınıflama yöntemleri bir arada kullanılarak hibrit sınıflama yaklaşımı uygulanmıştır. Bu yaklaşım sonucunda 1990-2003-2014 yılları AÖ/AK haritaları üretilmiştir. Sınıflama CORINE 3. düzey sınıflama sistemi esas alınarak kategorilendirilmiştir. Buna göre AÖ/AK sınıfları iğne yapraklı ormanlar, geniş yapraklı ormanlar, karışık tarım alanları, açık alanlar (bitki örtüsü olmayan), su yüzeyi, kırsal yerleşim, çıplak kayalıklar, su yolları ve mera alanları olmak üzere 9 kategoriden oluşmaktadır (Çizelge 2, Şekil 4).



Şekil 4. 1990-2003-2014 AÖ/AK sınıflama sonuç haritaları.

Çizelge 2. 1990-2003-2014 AÖ/AK sınıflandırma sonucu alansal ve yüzde dağılım bulguları.

Arazi Örtüsü Sınıfları	1990 (km^2)	1990 Alan (%)	2003 (km^2)	2003 Alan (%)	2014 (km^2)	2014 Alan (%)
İğne Yapraklı	2125,98	28,85	2462,80	33,42	3182,57	43,19
Geniş Yapraklı	67,03	0,91	96,41	1,31	165,65	2,25
Tarım Alanı	301,10	4,09	843,83	11,45	1233,05	16,73
Açık Alan	4607,08	62,52	3575,58	48,52	2277,92	30,91
Kırsal Yerleşim	26,86	0,36	43,26	0,59	45,20	0,61
Çıplak Kayalık	192,45	2,61	212,17	2,88	323,70	4,39
Su Yüzeyi	36,25	0,49	129,07	1,75	136,02	1,85
Mera	3,67	0,05	4,91	0,07	3,76	0,05
Su yolları	8,21	0,11	0,59	0,01	0,74	0,01
TOPLAM	7368,62	100	7368,62	100	7368,62	100

Geçmiş tarihli sınıflama sonuçlarını kapsayan 1990 ve 2003 yıllarına ait AÖ/AK haritalarında baskın sınıfların açık alan, iğne yapraklı orman ve karışık tarım alanları olduğu belirlenmiştir. Güncel döneme ait 2014 AÖ/AK haritasında açık alan %30,91, iğne yapraklı orman %43,19 ve karışık tarım alanları %16,73 düzeyinde tespit edilmiştir. Bu doğrultuda araştırma havzasında ormanlaşmanın gerçekleştiğini söylemek mümkündür.

5.2.AÖ/AK Değişim Analizi

Arazi örtüsü sınıflarının nereden-nereye (from-to) dönüşümü çapraz sınıflama tablosu yardımı ile üretilmiştir. Değişim analizinin ilk aşamasında 1990-2003 ve 2003-2014 yıllarına AÖ/AK sınıflama haritaları kullanılarak sınıflama sonrası değişim analizi uygulanmıştır.



(a) (b)

Şekil 5. 1990-2003 AÖ/AK sınıfları (a) kazanç ve kayıpları (%), (b) net değişimleri (%).



(a) (b)

Şekil 6. 2003-2014 AÖ/AK sınıfları (a) kazanç ve kayıpları (%), (b) net değişimleri (%).

Çalışma alanındaki başlıca AÖ/AK değişimleri, (i) iğne yapraklı ve geniş yapraklı ormandan açık alana dönüşüm, (ii) açık alandan iğne yapraklı orman sınıfına dönüşüm ve (iii) açık alandan tarım alanlarına dönüşümdür.

5.3.Doğruluk Analizi

AÖ/AK sınıflama haritalarına ilişkin doğruluk analizi Cohen (1960) tarafından geliştirilen KIA katsayısı temel alınarak değerlendirilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. 1990-2003-2014 AÖ/AK sınıflama sonuçları doğruluk analizi.

Arazi Örtüsü Sınıfları	1990		2003		2014	
	ÜD	KD	ÜD	KD	ÜD	KD
İğne Yapraklı	78.0	97.9	90.3	87.9	86.2	90.3
Geniş Yapraklı	88.9	72.7	86.4	98.3	86.1	86.1
Tarım Alanı	70.6	83.0	84.1	84.1	93.5	82.7
Açık Alan	93.8	88.4	87.2	81.7	83.3	80.6
Kırsal Yerleşim	100	100	96.6	96.6	94.7	94.7
Çıplak Kayalık	96.3	100	93.5	95.6	88.9	88.9
Su Yüzeyi	82.7	92.9	84.0	85.7	73.3	91.7
Su Yolları	82.3	83.0	85.3	87.9	85.7	94.7
Mera	-	-	70.6	85.7	84.6	84.6
Genel Doğruluk	%91		%87		%88	
Kappa (KIA)	0.89		0.85		0.87	

ÜD: Üretici Doğruluğu, KD: Kullanıcı Doğruluğu

1990 yılına ait referans verileri (120), meşcere haritası ve Google Earth aracılığı ile derlenirken 2003 yılına ait referans verileri (431) Adana Orman Bölge Müdürlüğünden temin edilmiştir. Güncel arazi örtüsü sınıflaması için referans verileri (312) arazi çalışmasında GPS ile toplanmıştır.

5.4. Çok Katmanlı Algılayıcı (MLP) Çıktıları

Gelecek AÖ/AK modelleme sürecinde arazi örtüsü sınıf geçişlerinin belirlenmesi ve açıklayıcı değişkenlerin potansiyel güçlerinin ortaya konulması için sınıf geçişlerinde değişim matrislerinden yararlanılmıştır. Modellemenin daha efektif gerçekleştirilebilmesi için temel geçişler veya temel dönüşümler esas alınmıştır. Bu konudaki çalışmalar, hedeflenen arazi örtüsüne ulaşmak amacı ile arazi değişimlerinin ortak grup altında değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır (Areendran vd. 2013; Dadhich, 2010; Eastman, 2016; Kamusoko vd. 2011; Megahed vd. 2015; Mishra ve Rai, 2016; Öztürk, 2013). Bu gruplar mevcut değişim eğilimleri (trendler) veya temel (major) değişimleri belirtmektedir. Bu çalışmada MLP sinir ağları modelinde "Temel Dönüşüm" adı altında gruplanan dönüşümler; (i) 1-6: iğne yapraklı ormandan yerleşime gerçekleşen dönüşüm, (ii) 2-6: geniş yapraklı ormandan yerleşime gerçekleşen dönüşüm, (iii) 4-6: açık alandan yerleşime gerçekleşen dönüşüm, (vi) 7-6: çıplak kayalıktan yerleşime gerçekleşen dönüşüm, (v) 4-3: açık alandan tarıma gerçekleşen dönüşüm, (vi) 3-4: tarımdan açık alanda gerçekleşen dönüşüm olarak belirlenmiştir.

Temel dönüşüm ve Şekil 2'deki etkin faktörlerin ilişkisi ise Cramer's V testi ile belirlenmiştir. Arazi örtüsü dönüşümlerinde mekânsal değişkenlerin etkisini açıklayan en yaygın yöntem Cramer's V analizi olarak ifade edilmektedir (Öztürk 2013). Cramer's V değeri 0-1 arasında değer almakla birlikte iki değişken arasındaki ilişki 0 değerine yaklaştıkça azalır, değer 1'e yaklaştıkça ilişki gücü artmaktadır (Eastman 2009). Cramer's V değeri Eşitlik 4 ile hesaplanmaktadır (Cramer, 1991).

$$V = \sqrt{\frac{x^2}{N(m-1)}} \tag{4}$$

x^2:Ki-kare
N:Popülasyon
m:Tablodaki satır veya sütunların sayısı

Şekil 2'de gösterilen etkin faktörlerin temel dönüşümler üzerindeki etkisi Çizelge 4'te belirtilmektedir. Bu aşamada değişim analizi sonucu temel dönüşüm grupları hedef değişken (bağımlı), etkin faktörler ise açıklayıcı (bağımsız) değişken olarak nitelendirilebilir.

Çizelge 4. Etkin faktörlerin Cramer's V değerleri.

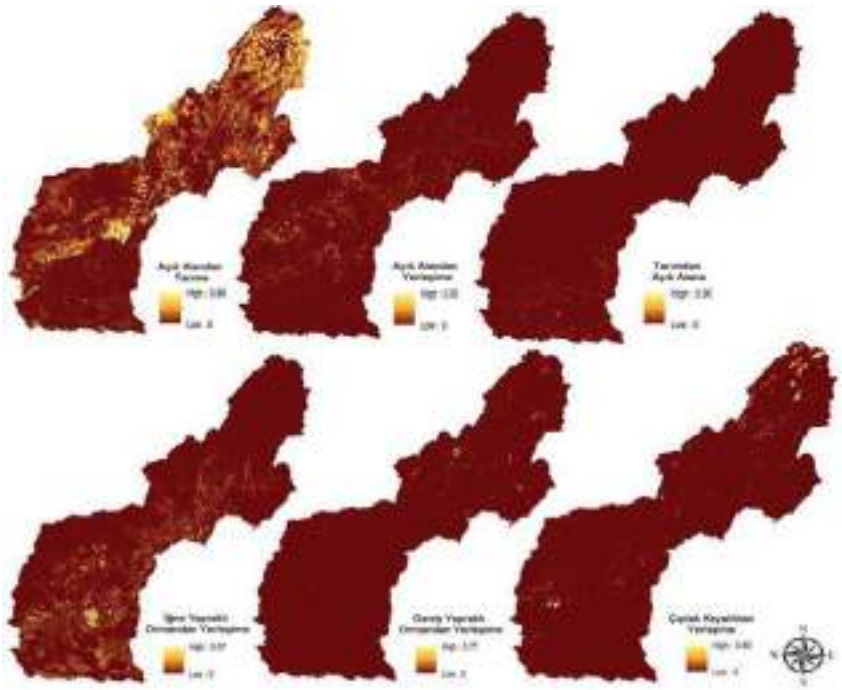
Etkin Faktörler	Cramer's V	Etkin Faktörler	Cramer's V
Yükseklik	0.62	Yoldan Uzaklık	0.49
Eğim	0.39	Akarsudan Uzaklık	0.27
Bakı	0.33	Yerleşimden Uzaklık	0.41
Bozunumdan Uzaklık	0.37	Evidence Likelihood	0.45

Modelde etkin faktörlerin test edilmesi sonrasında MLP modeli, veriseti eğitim (%50) ve test (%50) olmak üzere iki bölüme ayrılmıştır. LCM aracılığı ile üretilen MLP modelinde kullanılan parametere ve çıktılar Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. MLP model parametre ve sonuçları.

Parametre	Ölçütler	Parametre	Ölçütler
Gizli katman sayısı	17	Döngü	6000
Öğrenme oranı	0.01	Eğitim RMS	0.1571
Son öğrenme	0.001	Test RMS	0.1709
Öğrenme momentum	0.5	Doğruluk oranı	%76.10
Sigmoid sabiti	1	Performans ölçütü	0.7302
RMS	0.01		

Dönüşüm potansiyeli, aktüel modelin kabul edilebilir doğruluk ile modellenmesi sonucu gelecekte değişmesi öngörülen olasılık olarak ifade edilmektedir (Mishra ve Rai, 2016). Değişimlerden yararlanarak üretilen potansiyel dönüşüm haritaları Şekil 7'de gösterilmiştir.



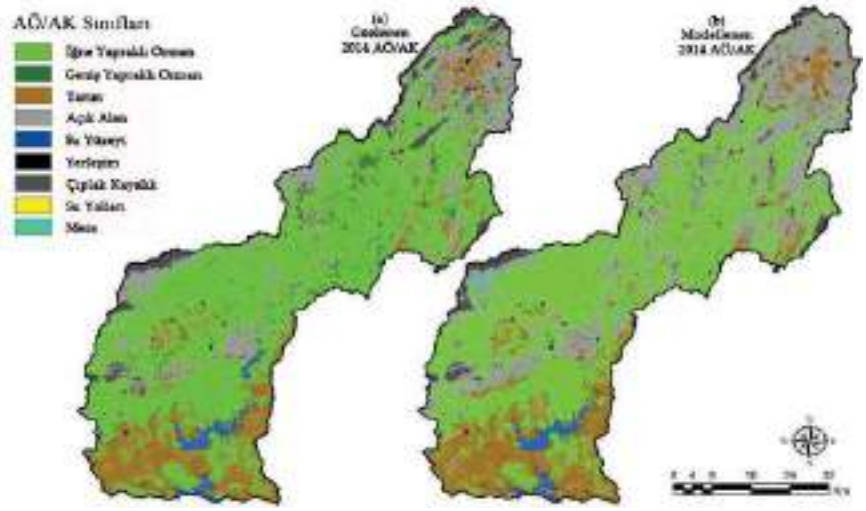
Şekil 7. Çalışma alanı dönüşüm potansiyeli haritaları.

Elde edilen dönüşüm potansiyeli haritaları 0-1 arasında değer alarak etkin değişkenler arası standardizasyonu sağlamaktadır. 0 değeri dönüşümün gerçekleşmeyeceği alanları ifade ederken, 0'dan 1'e doğru yükselen değerler dönüşüm olasılıklarının arttığı konumları işaret etmektedir. Modelde Dönüşüm potansiyellerinin belirlenmesiyle MC analizi ile hedeflenen tarihe ait geçiş olasılıkları hesaplanmaktadır. MLP modeli ile 2003-2014, 2014-2025 ve 2014-2055 yıllarına ilişkin geçiş olasılıkları matrisi MC analizi aracılığı ile üretilmiştir. Modelleme sürecine dahil

edilen son etken ise kısıtlayıcı faktörlerdir. Kısıtlayıcı faktörler, hesaplanan geçiş olasılıkları üzerinde etkisi olan bir faktördür. Bu çalışma kapsamında çalışma alanı içerisinde yer alan 'Korunan Alanlar' modelde kısıtlayıcı faktör olarak kullanılmıştır.

5.4.1. Validasyon

Çalışmada modellenen 2014 AÖ/AK haritası ile gerçek zamanlı (gözlenen) 2014 AÖ/AK haritası arasında karşılaştırma işlemi ile validasyon sağlanmıştır (Şekil 8). Buna göre modellenen 2014 AÖ/AK ve gerçek zamanlı sınıflanan 2014 AÖ/AK haritası arasındaki KIA değeri 0.78 olarak elde edilmiştir.



Şekil 8. (a) Gözlenen 2014 AÖ/AK ve (b) Modellenen 2014 AÖ/AK.

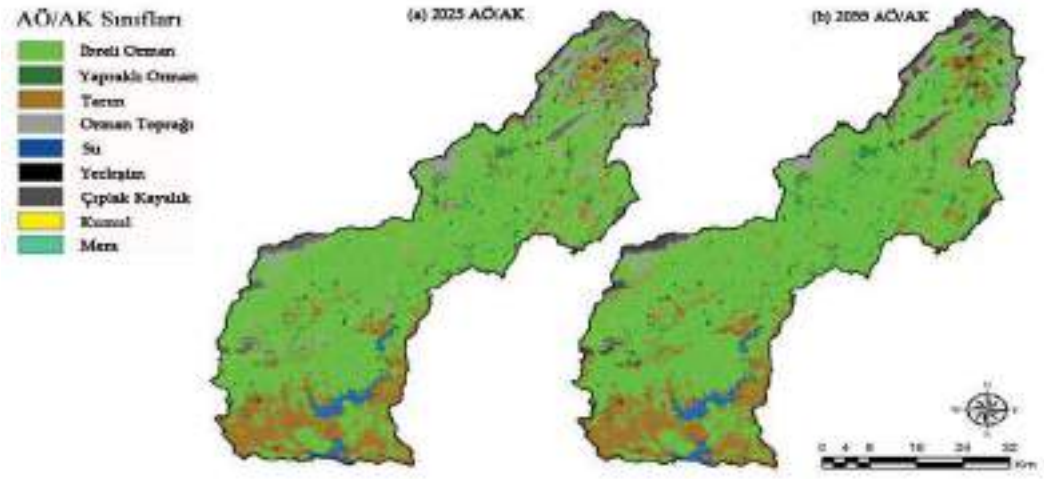
1990-2003 temel dönüşüm olasılık haritalarına ait çıktılar Alıcı İşletim Karakteristiği (Receiver Operating Characteric-ROC) analizi yardımıyla değerlendirilmiştir. ROC analizinin temel amacı belli bir olgu veya durumun modellenmesi sürecinde olasılık üreten konumsal modellerin, seçilen grid hücrelerinde meydana gelme performansını değerlendirmektir. ROC, olasılık verilerinin durumunun olup olmama (var yok) verisi ile sınanması ve buna göre tahminin performans değerinin ölçülmesi işlemidir (Akın vd. 2012; Mas vd. 2013). Bu çalışmada 2014 AÖ/AK ROC (AUC) değeri 0.89 elde edilmiştir.

6. SONUÇ VE TARTIŞMA

Geçmişten günümüze mevcut değişim eğilimleri (BAU senaryo) kullanılarak 2025 ve 2055 AÖ/AK haritaları üretilmiştir. Modellenen AÖ/AK haritaları Şekil 9, alansal ve yüzde dağılım ise Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. AÖ/AK model sonuçları alansal dağılımları (2025-2055).

AÖ/AK Sınıfı	2025		2055	
	Alan (km^2)	Alan (%)	Alan (km^2)	Alan (%)
İğne Yapraklı	3745.19	50.83	3828.41	51.96
Geniş Yapraklı	169.86	2.31	171.85	2.33
Tarım Alanı	1638.58	22.24	1733.57	23.53
Açık Alan	1296.98	17.60	1102.57	14.96
Kırsal Yerleşim	54.80	0.74	61.58	0.84
Çıplak Kayalık	319.41	4.33	329.07	4.47
Su Yüzeyi	138.37	1.88	138.02	1.87
Su Yolları	0.68	0.01	0.41	0.01
Mera	4.74	0.06	3.16	0.04
TOPLAM	7368.62	100	7368.62	100



Şekil 9. (a) 2025 AÖ/AK ve (b) 2055 AÖ/AK MLP-MC model çıktıları.

Geçmiş yıllardaki mevcut eğilim kullanılarak BAU senaryosuna göre 2025 ve 2055 yıllarına ait AÖ/AK haritaları modellenmiştir. MLP-MC modelleme sonuçlarına göre orman alanlarının 2025 yılında %53.14, 2055 yılında ise %54.29 oranına ulaşması öngörülmektedir. Bu yönü ile çalışma alanında mevcut eğilim veya BAU senaryosu altında gelecekte ormanlaşmanın artacağı öngörülmektedir. Nitekim 1990 AÖ/AK haritasında orman alanlarının %29.76 oranında yayılım gösterdiğini güncel ve gelecek dönemde bu oranın artış gösterdiğini gözlemlemek mümkündür. Çalışma alanının fitocoğrafik yapısı, tipik Akdeniz bitki örtüsü iğne yapraklı ormanlarının hakim duruma geçmesini sağlamıştır. Bu nedenle geniş yapraklı orman türleri düşük bir dağılım göstermektedir. Bu dağılım genellikle akarsu kenarlarında yoğunlaşmaktadır. Aşağı Seyhan Ovası'nı (ASO) Yukarı Seyhan Havzası'ndan (YSH) ayıran en temel özellik tarım alanlarıdır. ASO'nun temel peyzaj karakterini tarım alanları oluştururken, YSH'nin peyzaj karakterini ise orman alanları oluşturmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre ASO'dan yukarı havzaya doğru tarım alanlarının yayılarak arttığı gözlenmektedir. 1990 ile 2014 yılları arasında 24 yılı kapsayan değişim sürecinde bu sınıfın %31,61 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Bu çerçevede açık alanların orman, tarım ve çıplak kayalıklara dönüşüm potansiyeli sergilediği saptanmıştır.

Mevcut eğilimde 1990 yılında 2193 ha olan orman alanı 2003 yılında 2559.20 ha olarak genişleme göstermiş, 2014 yılında ise orman alanlarının toplam alanı 3348.22 ha'a yükselmiştir. Bu doğrultuda 24 yılı kapsayan zaman aralığında 1990 yılından 2014 yılına kadar orman sınıfında %15.67'lik bir artış tespit edilmiştir. Seyhan Havzası'nda ağaçlandırma çalışmaları ve havzanın ana kayaç yapısının karstik özellik göstermesi orman alanlarındaki artışı olumlu yönde etkilemektedir. Kireç taşı nemli ve sıcak bölgelerde oluşturduğu çatlak zeminde bitki örtüsünün gelişimini ve yağmurla gelen suyun toprak yüzeyinden yıkanarak derinlere inmesini sağlamaktadır. Bu durumun çatlaklardaki bitki-toprak-su koşullarının iyileşmesi sonucu derin kök yapıları ile tutunabilen ağaç örtülerinin oluşmasına yardımcı olduğu tahmin edilmektedir.

KAYNAKLAR

Akın, A., Berberoğlu, S., Sunar, F., 2012. Lojistik Regresyon Yöntemi ile İstanbul'da Geleceğe Yönelik Kentsel Gelişim Analizi. *V. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, Yıldız Teknik Üniversitesi.

Areendran, G., Raj, K., Mazumdar, S., Puri, K., Shah, B., Mukerjee, Medhi, K., 2013. Modeling REDD+ Baseline using Mapping Technologies: A pilot study from Balpakram-Baghmara Landscape (BBL) in Meghalaya, India. *International Journal of Geoinformatics*, 9: 61-71.

Arsanjani, J.J., Helbichb, M., Kainz, W., Bolooran, A. D., 2013. Integration of logistic regression, Markov chain and cellular automata models to simulate urban expansion. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 21: 265-275.

Berberoğlu, S., 2000. The Integration of Spectral And Textural Information Using Neural Networks for Land Cover Mapping in the Mediterranean. *Computers and Geosciences*, 26: 385-396.

Berberoğlu, S., 2010. Modeling Future Urban Growth of Adana under Various Management Policies. TÜBİTAK Projesi, COST Action C27.

Berberoğlu, S., Akın, A., Clarke, K.C., 2016. Cellular automate modelling approaches fto forecast urban growth for Adana, Turkey. A comparative approach. *Landscape and Urban Planning*, 153, 11-27.

Bhat, U. N., 1972. *Elements of Applied Stochastik Processes.* Canada. John Wiley & Sons, Inc.

Bozkaya, A. G., 2013. İğneada Koruma Alanının Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Zamansal Değerlendirilmesi ve Geleceğe Yönelik Modellenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Cengiz, S., Yılmaz, B., 2016. Malatya'da Arazi Kullanımı/Örtüsünnün Modellenmesi, 2025-2045 Arazi Kullanımı/Örtüsü Simülasyonu. *6.Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu,* Adana.

Civco, D., 1993. Artificial neural networks for land-cover classification and mapping. *International Journal of Geographical Information Systems*, 7: 173-186.

Cohen, J., 1960. A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educational and Phsychological Measurment*, 20: 37-46.

Cramer, H., 1991. *Mathematical methods of statistics*. Princeton: Princeton University Press.

Çağlıyan, A., Dağlı, D., 2016. Arazi Kullanımında Simülasyon Modelleri ve Entegre Kullanımları. *TÜCAUM 2016 Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*, Ankara.

Dadhich, P. N., Hanaoka, S., 2010. Markov Method Integration with Multi-Layer Perceptron Classifier for Simulation of Urban Growth of Jaipur City. *6th WSEAS International Conference.* Japan.

Eastman, J.R., 2009. *IDRISI Taiga, guide to GIS and remote processing Worcester*. Clark University.

Eastman, J. R., 2016. *TerrSET Manual*. United States. Clark University.

Gihman, I. I., 1975. *The Theory of Stochastik Processes* II. Berlin. Springer-Verlag.

Gonzales, R. M., Reyes, M., Paringit, E. C., 2002. Integration of Multi-agent Simulation (MAS) Techniques with Remote Sensing for Coastal Land Use Change Modeling. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium.*

Huang, J., Wu, Y., Gao, T., Zhan, Y., Cui, W., 2015. An Integrated Approach based on Markov Chain and Cellular Automata to Simulation of Urban Land Use Changes. *Applied Mathematics & Information Science*s, 9: 769-775.
Kamusoko, C, Oono, K, Nakazawa, A, Wada, Y, Nadaka, R, Hosokawa, T, Morike, H., 2011. Spatial Simulation Modelling of future Forest Caove Change Scenarios in Luangprabang Province, Lao PDR. Forest, 2: 707-729.

Kemeny, J.G., Snell, J. L., 1976. *Finite Markov Chain.* New York. Springer-Verlag.

Kumar, S., Radhakrishnan, N., Mathew, S., 2014. Land use change modelling using a Markov model and remote sensing. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 5: 145-156.

Liu, Y., 2009. Modelling Urban Development With Geographical Information Systems And Cellular Automata. *CRC Press, Taylor & Francis Group*.

Mas, Jean-François, Filho, B. Soares, P., Robert G., Gutiérrez, M. F., Rodrigues, H., 2013. A Suite of Tools for ROC Analysis of Spatial Models. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2, 869-887.

Megahed, Y, Cabral, P, Silva, J, Caetano, M., 2015. Land Cover Mapping Analysis and Urban Growth Modelling Using Remote Sensing Tecniques in Greater Cairo Region. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4, 1750-1769.

Mirici, M. E., Şatır, O, Berberoğlu, S., 2016. Yukarı Seyhan Havzası Arazi Örtüsü Değişiminin Hibrit Sınıflama Yaklaşımı İle Tahmin Edilmesi. *VI. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, Adana.

Mirici, M. E. 2017. Küresel İklim Değişikliği Çerçevesinde Doğu Akdeniz Ekosistem Hizmetlerinin Karbon Temelli Modellenmesi. *Doktora Tezi.* Çukurova Üniversitesi, Adana.

Mishra, V. N., Rai, P. K., 2016. A remote sensing aided Multi-Layer Perceptron-Markov chain analysis for land use and land cover change prediction in Patna district (Bihar), India. *Arabian Journal of Geosciences*, 4.

Öztürk, D., 2013. Hücresel Otomat-Markov Zinciri Yöntemiyle Samsun Kıyı Alanlarındaki Mekansal Değişimin Modellenmesi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*. Ankara.

Tanrıöver, A. A., 2011. Adana Kentsel Gelişiminin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Modellenmesi. *Doktora Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Adana.

Yavuz, H., 1992. Değişik Yaşlı Meşcerelerde Büyümenin Markov Zincirleri Yöntemi ile Analiz Edilmesi. *Doktora Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi. Trabzon.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6504

GÖKTÜRK-2'NİN MUTLAK VE ÇAPRAZ RADYOMETRİK KALİBRASYON KATSAYILARININ BELİRLENMESİ

İsmail Hakkı DEMİRHAN[1], Ziya TELATAR[2]

[1]TÜBİTAK UZAY, ODTÜ Yerleşkesi, 06800, Ankara, hakki.demirhan@tubitak.gov.tr
[2]Prof. Dr., Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, 06830, Ankara, Ziya.Telatar@ankara.edu.tr

ÖZET

Uydulardaki sensörlerin enerjileri, zemin yüzeyden yayılan veya yansıyan gerçek enerjiden farklı olabilir. Bu durum, enerjiye etki edebilecek olan yükseklik, atmosferik koşullar ve güneşin açısından kaynaklanır. Bu nedenle, yerin gerçek ışınırlığı veya yansıtımını elde etmek için, radyometrik hatalar düzeltilmektedir. Bir sensör, uydu görüntüsüne ait her bir piksel için elektromanyetik radyasyonun yoğunluğunu bir sayısal değer (DN) olarak kaydeder. Uydu görüntülerinin sayısal değerlerinden kaynaklı hataları azaltmak veya düzeltmek için radyometrik düzeltme uygulanır. Sayısal değerlerin ışınırlık veya yansıtım gibi daha anlamlı ve gerçek birimlere dönüştürülmesine ise radyometrik kalibrasyon denir. Radyometrik kalibrasyonla elde edilen görüntü standart ölçekte tanımlanarak diğer sensörlerden alınan görüntülerle karşılaştırılabilir seviyeye gelmektedir. Radyometrik kalibrasyon, uyduların sensörlerine ait bilgilere ulaşmak ve verilerin güvenirliliğini ve devamlılığını adına kritik öneme sahiptir. Bu bakımdan radyometrik kalibrasyon çalışmalarının bir uydunun ömrü boyunca düzenli olarak yapılması gerekmektedir.

Bu bildiride, 2015 ve 2016 yıllarında Tuz Gölü'nde gerçekleştirilen Göktürk-2'nin yansıtım temelli mutlak ve çapraz radyometrik kalibrasyonundan bahsedilmektedir. 2015 ve 2016 yılında Tuz Gölü'nde gerçekleştirilen kampanya ile Tuz Gölü'nün kıyısından spektroradyometre ile toplanan spektral ölçümler kullanılmıştır. Yer koordinatları bilinen 50 noktadan toplanan spektral ölçümler, 6S ışınım benzetim simülatörü ile atmosfer üstü (AÜ) spektral veriye dönüştürülmüştür. 2015 ve 2016 yılı verileri ile elde edilen atmosfer üstü spektral verilerden Göktürk-2 uydusunun tüm bantlarına ait kazanç değerleri analiz edilmiştir. Aynı zamanda 2015 yılı verileri ile Landsat 8 uydusuna göre yapılan çapraz radyometrik kalibrasyon çalışması, literatürdeki benzer bir çalışma ile karşılaştırılmış ve benzer bir başarım yakalandığı gösterilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Göktürk-2, Landsat 8, mutlak ve çapraz radyometrik kalibrasyon

ABSTRACT

DETERMINATION OF ABSOLUTE AND CROSS RADIOMETRIC CALIBRATION COEFFICIENTS FOR GÖKTÜRK-2

The energies of the satellite sensors may differ from the actual energy emitted or reflected from the ground surface. This is caused by the altitude at which the energy can be effected, the atmospheric conditions and solar angle. For this reason, radiometric errors are corrected to obtain the true radiance or reflectance of the ground. A sensor records the intensity of the electromagnetic radiation for each pixel of the satellite image as a digital number (DN). Radiometric correction is applied to reduce or correct errors resulting from the digital numbers of satellite images. The conversion of digital numbers into more meaningful and real units such as radiance or reflectance is called radiometric calibration. The image obtained by radiometric calibration is defined at the standard scale and is comparable to the images from other sensors. The radiometric calibration has critical importance to get information about the sensors of the satellites and for the reliability and continuity of the satellite data. Therefore, radiometric calibration studies need to be done regularly throughout the lifetime of a satellite.

In this paper, the reflectance-based absolute and cross-radiometric calibration of Göktürk-2 carried out at Tuz Gölü in 2015 and 2016 is mentioned. With the campaign in 2015 and 2016, spectral measurements collected by spectroradiometer were used along the coast of Tuz Gölü. The spectral measurements collected from 50 points which has ground coordinates were converted to top of atmosphere (ToA) spectra with the 6S radiative transfer simulator. The gain values of all the bands of Göktürk-2 satellite were analyzed from the atmospheric spectral data obtained from 2015 and 2016 data. At the same time, the cross-radiometric calibration study in accordance with the Landsat 8 satellite using the SBAF method was compared with a similar study in the literature and it was shown that a similar success was attained.

Key words: Göktürk-2, Landsat 8, absolute and cross radiometric calibration

1. GİRİŞ

Göktürk-2, yerli imkânlarla tasarlanmış olan yüksek çözünürlüklü bir yer gözlem uydusudur. Göktürk-2 görüntüleri, kamu kurum/kuruluşları ile Türk Silahlı Kuvvetleri tarafından, yer gözlem ve inceleme/araştırma amaçlı kullanılmaktadır. 2012 yılında fırlatılan Göktürk-2 uydusu aktif olup görevini sürdürmektedir. Göktürk-2 ve RASAT uydularının radyometrik kalibrasyon faaliyetleri, TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü tarafından GEOPORTAL Projesi kapsamında çapraz, bağıl ve mutlak radyometrik kalibrasyon olmak üzere üç alanda devam etmektedir.

2. UYGULAMA

Çalışmada, 2015 ve 2016 yıllarında Tuz Gölü arazisi üzerinden geçen Göktürk-2 ve Landsat 8 uydularından eş zamanlı alınan görüntü çiftleri kullanılarak Göktürk-2 uydusunun iki yıla ait mutlak ve çapraz radyometrik kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. 11.09.2015 ve 11.08.2016 tarihinde ilgili bölgeden geçen Göktürk-2 uydusu ile 10.09.2015 ve 11.08.2016 tarihinde bölgeden geçen Landsat 8 uydusunun geçiş tarihleri yakın olduğu için kampanyaların düzenlenme ve görüntülerin çekim tarihi bu doğrultuda belirlenmiştir. Aynı zamanda Landsat 8 ve Göktürk-2 görüntü çiftleri kullanılarak 2015 yılında Tuz Gölü'nde gerçekleştirilen yansıtım temelli çapraz radyometrik kalibrasyon çalışması yapılmıştır. Çapraz radyometrik kalibrasyon uygulanırken Tuz Gölü'nden alınan yersel spektral ölçümler aracılığıyla, sensörler arasındaki bağıl spektral tepki (RSR) farklılıklarını gidermek için spektral bant ayarlama faktörü (SBAF) yöntemi uygulanmıştır.

2.1. Göktürk-2'nin Mutlak Radyometrik Kalibrasyon Katsayılarının Belirlenmesi

10-11 Eylül 2015 tarihinde, Tuz Gölü'nün kıyısından arazi çalışmasına uygun havuzun orta kısımlarına uzanan yersel ölçüm hattı belirlenmiştir. Göktürk-2 ve Landsat 8'e ait her iki uydu görüntüsü yerel olarak 10:53 ve 11:21 saaatleri arasında yaklaşık 24 saatlik bir fark ile atmosferik/mevsimlik farklılıkları minimize edebilmek için Tuz Gölü test sahasını alacak şekilde çekilmiştir. Göktürk-2 ve Landsat-8 uydularının Dünya ve Güneş'e göre konumları **Çizelge 1** ile görülmektedir. Çalışmanın bir hafta öncesinde test alanına yakın bir yere kurulan güneş fotometresi ve meteoroloji istasyonu ile atmosferik parametrelerin ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 1. Göktürk-2 ve Landsat-8 uydularının Dünya ve Güneş'e göre konumları.

	Tarih	Zaman	Güneş Zenit	Güneş Azimut	Uydu Zenit	Uydu Azimut
GK-2	11.09.2015	10.53	42.4°	137,1°	4.8°	231,4°
L8	10.09.2015	11.21	38.2°	147.4°	Ayakucu	Tanımsız
GK-2	11.08.2016	10:46	36.2°	122°	4.2°	229.3°
L8	11.08.2016	11:21	30.3°	135.6°	Ayakucu	Tanımsız

İki arazi çalışmasının tarihi; zamana bağlı hataların en aza indirgenmesi amacıyla Göktürk-2 ve Landsat 8 uydularının ortak geçiş zamanlarına göre ayarlanmıştır. Aynı zamanda, ortak geçiş tarihi belirlenirken uyduların yükseklik (elevation) açısının olabildiğince 90°'ye yakın olanı tercih edilmiştir. Bu durum, uydunun zenit açısına yansıdığından ve ilgili parametre 6S ışınım benzetim simülatörü tarafından kullanıldığından dolayı kalibrasyon katsayılarını doğrudan etkileyebilmektedir.

2015 ve 2016 yılında Tuz Gölü'nde Göktürk-2 uydusunun geçişi öncesinde ve sonrasında toplanan yersel spektral imzaların tümü, test ve analiz amacıyla çalışmada kullanılmıştır. Yerden toplanan spektral imzalar ve atmosferik ölçümler kullanılarak her spektral ölçümün atmosfer üstündeki (AÜ) yansıtım ve ışınırlık değerleri 6S ışınım benzetim simülatörü çalıştırılarak hesaplanmıştır (6S Radiative Transfer Model). Hesaplanan AÜ ışınırlık değerleri kullanılarak (1) denkleminden Göktürk-2 uydusunun her bandının kazanç ve öteleme değerleri hesaplanmıştır. (Demirhan ve Sakarya, 2016) çalışmasında 6S ışınım benzetim simülatörü aracılığıyla yersel spektral imzalardan elde edilen atmosfer üstü/altı imzalar gösterilmiştir. Göktürk-2'nin mutlak radyometrik kalibrasyon çalışmasına ait 6S simülatör girdileri **Çizelge 2** ile görülmektedir.

$$Işınırlık = Kazanç * Sayısal\ Değer\ (DN) + Öteleme \quad (1)$$

Çizelge 2. Göktürk-2'nin mutlak radyometrik kalibrasyon çalışmasına ait 6S simülatör girdileri.

Çalışma Yılı	2015	2016		2015	2016
Ozon (cm.atm)	0.281	0.287	**Hedef Yükseklik (m)**	907	907
AOT (550 nm)	0.247	0.179	**Sensör Yükseklik (km)**	700	700
Su buharı (g/cm^2)	2.5	2.3	**Yuvarlanma (Roll)**	-3.91°	-3.37°
Sıcaklık (°C)	25.9	29.7	**Yunuslama (Pitch)**	-0.005°	-0.002°
Basınç (mmHg)	1015.2	1006.7	**Sapma (Yaw)**	0°	0°

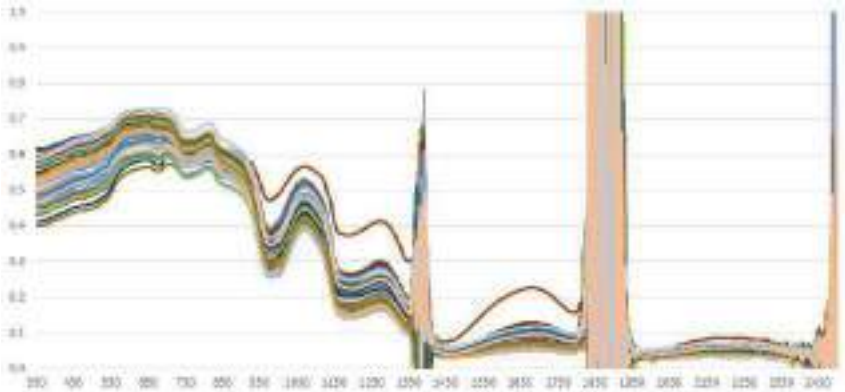
Çalışma, Tuz Gölü test sahası üzerinden her iki uydunun geçişinin öncesinde ve sonrasında spektroradyometre ve GNSS alıcısı yardımıyla ölçüm noktalarına ait koordinatların ve spektral imzaların kaydedilerek verilerin toplanması ile başlamıştır. Çalışmada, Göktürk-2 geçişi öncesinde ve sonrasında spektroradyometre ile 350-2500 nm tayfsal aralığında toplam 50 noktadan yersel spektral ölçümler alınmıştır. İlgili verilerin toplanmasının sonrasında çekilen Göktürk-2'nin tüm bantlarına ait uydu görüntülerinin coğrafi referanslaması yapılarak konumsal düzenlemesi yapılmış ve Landsat 8 uydu görüntüsü ile aynı yersel koordinatlara taşınmıştır (**Şekil 1**). Ardından ölçüm noktalarının görüntü üzerinde denk geldiği piksel değerlerinin (sayısal değer-DN) okunması sağlanarak mutlak radyometrik kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir.



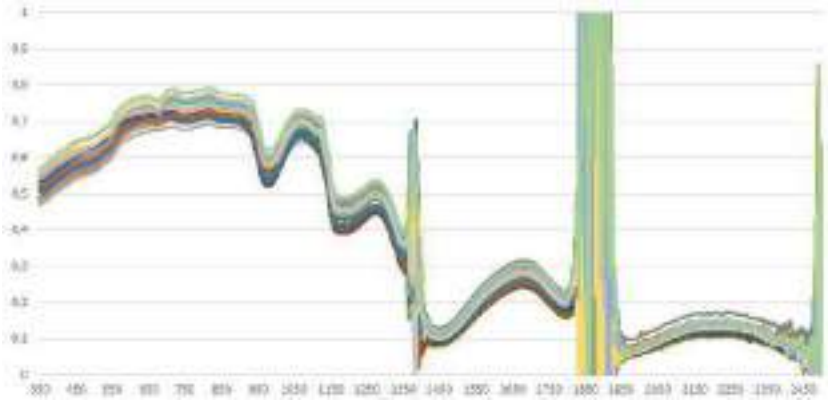
Şekil 1. 2015 (solda) ve 2016 (sağda) yıllarında Tuz Gölü'nden örnek toplanan alan (Göktürk-2).

2015 ve 2016 yılında toplam 50 noktadan alınan yersel verilerden, uydu geçişi öncesinde ve sonrasında tüm noktalara ait spektral imzalar çalışmada kullanılmıştır. 2015 yılına ait 50 spektral veriden uydu geçişi öncesi 25 ve uydu geçişi sonrası için 25'i test verisi olarak kullanılırken 2016 yılında uydu geçiş öncesi 20 ve uydu geçiş sonrası için 30 ölçüme ait spektral imzalar değerlendirmeye alınmıştır. Tüm atmosfer üstündeki yansıtım ve ışınırlık değerleri, 6S ışınım benzetim simülatörü çalıştırılarak hesaplanmıştır.

2015 ve 2016 yıllarına ait radyometrik kalibrasyon çalışmasında Tuz Gölü'nden alınan yersel spektral imzalar **Şekil 2** ve **Şekil 3** ile görülmektedir.



Şekil 2. 2015 yılına ait Tuz Gölü'ndeki yersel ölçümlere ait spektral imzalar.



Şekil 3. 2016 yılına ait Tuz Gölü'ndeki yersel ölçümlere ait spektral imzalar.

Göktürk-2'nin 2015 yılına ait pan, kırmızı, yeşil, mavi ve NIR bantlarına ait görüntüler sırasıyla, 2-8-6-2-4 kazanç faktörleri ile çekilmiştir. 2016 yılına ait Göktürk-2 görüntüsü ise kazanç faktörlerinin kazanç katsayısına olan korelasyonunu analiz etmek için 0-0-0-0-0 kazanç faktörü gözetilerek çekim yapılmıştır. Bu modlar, Göktürk-2 uydusunun yaz dönemi çekim modu olduğundan dolayı tercih edilmiştir. Göktürk-2'nin kazanç faktörlerine karşılık gelen kazanç katsayıları **Çizelge 3** ile verilmiştir.

Çizelge 3. Göktürk-2 için kazanç faktörlerine denk gelen kazanç bilgileri (Teke vd. 2016).

Kazanç Faktörü	-2	0	2	4	6	8	10
Kazanç Katsayısı	0,99	1,48	2	2,5	3	3,5	4

Göktürk-2'nin mutlak radyometrik kalibrasyonunu gerçekleştirmek üzere, 2015 ve 2016 yıllarına sayısal değerler (DN) ile AÜ ışınırlık değerleri kullanılıp öteleme değeri sıfır alınarak tüm bantlara ait kazanç değerleri hesaplanmış ve kazanç değerleri, kazanç katsayıları ile normalize edilerek her bir banda ait bant kazançları analiz edilmiştir (2), (Teke vd. 2016). Öteleme değerlerinin sıfır alınmasındaki amaç, doğrusal regresyon analizi uygulayarak tek bilinmeyen olarak kazanç değerlerini elde etmek ve daha önceki yıllarda sıfır öteleme alınarak analiz edilen kazanç değerleri ile karşılaştırmaktır. Elde edilen sonuçlar **Çizelge 4** ile görülmektedir.

$$Bant\ Kazancı = \frac{Kazanç}{Kazanç\ Katsayısı} \tag{2}$$

Çizelge 4. 2015 ve 2016 yılı verileri ile yapılan Göktürk-2'nin mutlak radyometrik kalibrasyonu sonucu elde edilen tüm bantlara ait kazanç bilgileri.

		DN	**Yansıtım**	**Işınırlık**	**Kazanç Faktörü**	**Kazanç**	**Bant Kazancı**	**Öteleme**
Pan	2015	1313	0,578	228,317	4	0,1739	0,06956	0
	2016	945	0,635	270,336	0	0,2860	0,19324	0
Kırmızı	2015	1752	0,595	210,879	2	0,1203	0,06015	0
	2016	1479	0,664	253,896	0	0,1716	0,11594	0
Yeşil	2015	1463	0,570	241,936	8	0,1653	0,04722	0
	2016	777	0,620	283,676	0	0,3700	0,25000	0
Mavi	2015	2038	0,560	251,939	6	0,1236	0,04120	0
	2016	1108	0,599	290,553	0	0,2622	0,17716	0
NIR	2015	1255	0,538	135,596	2	0,1080	0,05400	0
	2016	1295	0,671	182,310	0	0,1408	0,09513	0

2015 ve 2016 yılına ait Göktürk-2'nin geçişi öncesi ve sonrasında elde edilen multispektral sensörün bant kazançlarına ait iki yıllık veriler baz alındığında yapılan bu analiz, 0-2-4-6-8 kazanç faktörleri ile elde edilen ortalama bant kazançlarını ortaya koyması açısından önemlidir. Farklı kazanç faktörleri ile çekilen görüntülerden elde edilen bant kazançlarının kendi içerisinde korelasyonu olup olmadığı konusu tartışmaya açıktır. Bu alanda yapılan çalışmalar sürdürülerek elde edilen bant kazançlarının yıllara göre doğrulamasının yapılması ve bant kazançlarının tespit edilmesi amaçlanmaktadır. Dolayısıyla önümüzdeki yıllarda yapılacak olan mutlak radyometrik kalibrasyon çalışmaları, Göktürk-2'nin tüm bantlarına ait kazanç değerlerini ve bant kazançlarını doğrulamak adına büyük öneme sahiptir.

2.2. Göktürk-2'nin Landsat 8'e Göre Çapraz Radyometrik Kalibrasyon Analizi

Tüm uyduların sensör yapısı ve çalışma prensibi ile sensörün aynı bandındaki filtre geçirgenlikleri farklıdır. Uydularda kalibrasyon işlemi yapılırken, bantların spektral yapılarının farklı olması, kalibrasyon işleminde meydana gelebilecek sabit ve sistematik hatayı beraberinde getirir. Oluşan bu durum, uydu sensörünün kalibrasyon kalitesine yansımakta ve kalibrasyonu yapılan uydunun sensör kalitesini düşürmektedir. Bu yüzden, uyduların sensörlerine özel olan ve sensöre bağlı, bağıl spektral tepkiden (RSR) kaynaklanan farklılıklar düzeltilmelidir.

Yapılan bir çalışmada; sensörler arasında daha doğru çapraz kalibrasyonu sağlamak için multispektral sensörlerin spektral yapı farklılıklarını düzenleme ihtiyacından bahsedilmiştir. Görünür ve yakın-kızılötesi spektral bantlarda Landsat 7 (ETM+) ve MODIS sensörlerinin çapraz radyometrik kalibrasyonu, Libya 4 kalibrasyon sahası üzerinden yakın eş zamanlı gözlemler kullanılarak gerçekleştirilmiş ve SBAF yöntemi uygulanmıştır (Chandervd. 2013). SBAF yöntemi ile kalibrasyonu yapılan uyduların bağıl spektral tepkileri birbirleri ile dengelenir. Her iki uydunun sensörünün her bir bandına ait spektral aralıklar dikkate alınarak, sensörün bantları arasındaki farklılıktan kaynaklı bozulma ve yan etkiler giderilir. SBAF, (3b) eşitliği ile hesaplanmaktadır.

$$\overline{\boldsymbol{\rho_\lambda}} = \frac{\int \boldsymbol{\rho_\lambda} \times \boldsymbol{RSR_\lambda d\lambda}}{\int \boldsymbol{RSR_\lambda d\lambda}} \tag{3a}$$

$$\boldsymbol{SBAF} = \frac{\overline{\boldsymbol{\rho_\lambda}}(\boldsymbol{A})}{\overline{\boldsymbol{\rho_\lambda}}(\boldsymbol{B})} \tag{3b}$$

$$\overline{\boldsymbol{\rho_\lambda}}(\boldsymbol{A^*}) = \frac{\overline{\boldsymbol{\rho_\lambda}}(\boldsymbol{A})}{\boldsymbol{SBAF}} \tag{3c}$$

$\boldsymbol{RSR_\lambda}$ = Sensörün bağıl spektral tepkisi
$\boldsymbol{\rho_\lambda}$ = Hiperspektral AÜ yansıtım imzası
$\overline{\boldsymbol{\rho_\lambda}}(\boldsymbol{A})$ = A sensörü için simüle edilmiş AÜ yansıtım
$\overline{\boldsymbol{\rho_\lambda}}(\boldsymbol{B})$ = B sensörü için simüle edilmiş AÜ yansıtım
$\overline{\boldsymbol{\rho_\lambda}}(\boldsymbol{A^*})$ = SBAF kullanarak A sensörü için kompanse edilmiş AÜ yansıtım

Bu çalışmada, 10.09.2015 ve 11.09.2015 tarihlerinde bir gün arayla çekilen Göktürk-2 ve Landsat 8 (USGS) uydu görüntüleri kullanılmıştır. Göktürk-2 görüntüsünün Landsat 8 görüntüsüne göre coğrafi referanslaması yapılarak ölçüm noktalarına ait sayısal değerleri toplanmıştır. Göktürk-2 geçişinin öncesinde ve sonrasında Tuz Gölü üzerinde 50 noktadan toplanan spektral ölçümler, 6S ışınım benzetim simülatöründen geçirilerek AÜ yansıtımları hesaplanmıştır. Spektral ölçüm noktalarının Landsat 8 görüntüleri üzerinde denk gelen sayısal değerleri ve Landsat 8 kalibrasyon katsayıları kullanılarak çapraz radyometrik kalibrasyon gerçekleştirmek için kullanılan AÜ yansıtım değerleri hesaplanmıştır. Çalışmada iki uyduya ait tüm kıyaslamalar yansıtım temelli yapılmış olup aynı bölgenin sensör seviyesinde elde edilen ışınırlıklarına göre AÜ yansıtımlarına geçilmiştir.

Landsat 8'in metadatasında bulunan kalibrasyon parametreleri ve Landsat 8 görüntüsünden toplanan sayısal değerler kullanılarak (1) eşitliği aracılığı ile sensöre giden spektral ışınırlık değerleri elde edilmiş, (4) eşitliği kullanılarak AÜ yansıtım değerlerine geçilmiştir. Her iki uydu görüntüsünden elde edilen AÜ yansıtım değerleri kullanılarak, yansıtım temelli çapraz radyometrik kalibrasyon gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, (3a) eşitliğindeki hiperspektral AÜ yansıtım değeri yerine, Tuz Gölü'nde toplanan yersel yansıtım ölçümlerinin, 6S ışınım benzetim simülatörü aracılığı ile atmosfer üstüne taşınan AÜ yansıtım değerleri kullanılmıştır. Aynı zamanda, ilgili eşitlikte RSR ve AÜ yansıtım değeri olarak, ilgili spektral aralıktaki değerin her 1'nm deki karşılığı kullanılmıştır.

$$\rho_\lambda = \frac{\pi * L_\lambda * d^2}{E_{SUN_\lambda} * \cos\theta} \tag{4}$$

$\boldsymbol{E_{SUN_\lambda}}$**:** Birim zamanda yer yüzeyinin birim alanına gelen enerji (Birim ışınırlık)
$\boldsymbol{L_\lambda}$**:** Spektral ışınırlık
$\boldsymbol{d}$**:** Dünya güneş arası mesafe
$\boldsymbol{\theta}$**:** Güneşin dikey ile yaptığı açı
$\boldsymbol{\rho_\lambda}$**:** Atmosfer üstündeki yansıtım (birimsiz)

Çapraz radyometrik kalibrasyon, Tuz Gölü üzerinden spektroradyometre ile toplanan 50 noktanın 6S ışınım benzetim simülatöründen geçirilmiş AÜ yansıtım değerlerine göre uygulanmıştır. Göktürk-2 ve Landsat 8 uydularının 5 bandının dalgaboyu aralığına göre elde edilen 1 nm'deki bağıl spektral tepki değerleri ile 6S ışınım benzetim simülatöründen geçirilen ve her bir 1 nm'de elde edilen AÜ yansıtım sonuçları çarpılmış ve tüm bantların bağıl spektral tepkilerinin (RSR) toplamına bölünmüştür (3a). Tüm bantlara göre; alınan simüle edilmiş Göktürk-2 ve Landsat 8 AÜ yansıtım değerleri, (3b) eşitliğinde belirtildiği gibi kendi içerisinde oranlanarak 5 banda ait SBAF değerleri elde edilmiştir. İki uydunun AÜ yansıtım değerlerine göre elde edilen SBAF değerleri gözetilerek, SBAF yöntemi uygulanmadan önce ve uygulandıktan sonra elde edilen AÜ yansıtım farkları analiz edilmiştir.

2015 yılı araştırma bulgularına göre; SBAF yönteminin uygulanması sonrasında, AÜ yansıtım yüzde farkın 5 bant (pan, kırmızı, yeşil, mavi ve NIR) için %3'lük dilim içerisine girdiği görülmüştür. Bu durum diğer çalışmamızda, %5 olarak elde edilmiştir (Demirhan vd. 2017). 2015 yılı verilerine SBAF yönteminin uygulanması sonucu, en yüksek optimizasyon %4,4 ten %2,3'e düşen yeşil bantta görülmüştür. Mavi ve kırmızı bantlar için de SBAF yönteminin uygulanmasının sonuçlara başarılı olarak yansıdığı görülebilmektedir. Analiz sonuçlarına göre, çapraz kalibrasyon katsayıları arasındaki standart sapma yaklaşık %2 olmuştur. Bu durum, 2016 verilerine ait sonuçlarda %3 şeklindedir (**Çizelge 5**).

Çizelge 5. Göktürk-2'nin Landsat 8'e göre çapraz radyometrik kalibrasyonu sonuçları.

Bant	GK-2 AÜ Yansıtım	L8 AÜ Yansıtım	GK-2 Simüle Edilmiş AÜ Yansıtım	L8 Simüle Edilmiş AÜ Yansıtım	SBAF	SBAF Sonrası Düzeltilmiş GK-2 AÜ Yansıtım	SBAF Öncesi AÜ Yansıtım Yüzde Fark	SBAF Sonrası AÜ Yansıtım Yüzde Fark
Pan	0,543	0,500	0,545	0,557	0,978	0,515	0,730	2,934
Mavi	0,438	0,443	0,508	0,510	0,995	0,439	-1,291	-0,872
Yeşil	0,458	0,478	0,527	0,537	0,980	0,467	-4,429	-2,351
Kırmızı	0,556	0,547	0,572	0,556	1,028	0,540	1,463	-1,299
NIR	0,551	0,557	0,560	0,588	0,952	0,578	-1,205	-3,710

2015 yılında yapılan çapraz radyometrik kalibrasyon çalışması kapsamında elde edilen yüzde fark oranının 2016 yılında elde edilen değerlerden daha düşük bir yüzdelik dilime girdiği görülmektedir. SBAF yönteminin uygulanmadan önceki durumunda, AÜ yansıtıma ait yüzde farkın tüm bantlar için %4'ün içerisinde kaldığı ve SBAF yöntemi uygulanması sonucu mavi bantta %1'in altına düştüğü görülmektedir. Kırmızı, yeşil ve mavi bantta gözlenen AÜ yansıtım farkı, iki uydu sensörünün bağıl spektral tepkilerinin (RSR) birbiri ile yakın bir bant genişliğinde olduğunu göstermektedir. NIR ve pan bandı ile görülen yüzde farkta oluşan sapma ise iki uydunun ilgili iki bandına ait bağıl spektral tepkilerindeki (RSR) farklılığı göstermesi açısından önemlidir.

3. SONUÇ

Bu bildiride, 2015 ve 2016 yıllarında Tuz Gölü kampanyası kapsamında gerçekleştirilen Göktürk-2'nin mutlak ve çapraz radyometrik kalibrasyonuna ait sonuçlar sunulmaktadır. Elde edilen sonuçlar, iki yıla ait farklı kazanç faktörü ile çekilen Göktürk-2'nin mutlak radyometrik kalibrasyon yöntemi ile belirlenmiş kazanç değerlerinin sunulması açısından önemlidir. İki yıl için elde edilen bant kazancı değerleri, ileriki yıllara ait mutlak radyometrik kalibrasyon çalışmalarından elde edilecek kazanç değerleriyle doğrulanacak ve, kazanç faktörleri ile bant kazançları arasındaki ilişki çözülmeye çalışılacaktır. Benzer şekilde aynı kazanç faktörü ile çekilmiş Göktürk-2 görüntüleri kullanılarak elde edilen kalibrasyon katsayıları; kazanç faktörleri ile kazanç değerleri arasındaki korelasyonu ortaya koymak adına kritik öneme sahiptir.

2015 yılı verileri kullanılarak gerçekleştirilen Göktürk-2'nin çapraz radyometrik kalibrasyon çalışması, literatürde olan ve 2016 yılı verileri ile gerçekleştirilen Göktürk-2'nin çapraz radyometrik kalibrasyon çalışmasını doğrulaması adına yapılmıştır. 2015 yılına ait veriler kullanılarak gerçekleştirilen çapraz radyometrik kalibrasyon çalışmasında elde edilen Göktürk-2 AÜ yansıtım sonuçlarının, Landsat 8 uydusunun AÜ yansıtım değerlerine yakın olması (%3), Göktürk-2 uydusunun sensör başarısını ortaya koyması açısından önemlidir. Elde edilen sonuçlar ile iki uydunun her bir bandına ait bağıl spektral tepki (RSR) eğrilerindeki farkı gözetildiğinde, kendi içerisinde tutarlı olduğu ve RSR eğrileri arasındaki farkın, yüzde farka istatistiksel olarak yansıdığı ortaya çıkmıştır. 2015-2016 yıllarına ait Tuz Gölü verileri kullanılarak gerçekleştirilen SBAF yönteminin çapraz radyometrik kalibrasyon çalışmalarında uydunun kalibrasyon kalitesini etkileyen önemli bir metot olduğu yapılan bu çalışmayla bir kez daha anlaşılmıştır.

TEŞEKKÜR

Uydu Görüntü İşleme ve Geoportal Oluşturma Projesi (GEOPORTAL) kapsamında 2015 ve 2016 yılında düzenlenen Tuz Gölü kampanyasına ait yersel ve atmosferik verileri sağladıkları için TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü'ne ve Göktürk-2 görüntülerini çeken Hava Kuvvetleri Komutanlığı personeline teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

6S Radiative Transfer Model, [Online] http://6s.ltdri.org/pages/run6SV.html, [04.10.2017].

USGS, https://earthexplorer.usgs.gov/, Erişim Tarihi: 24.09.2017.

Chander, G., Mishra, N., Helder, D. L., Aaron, D. B., Angal, A., Choi, T., Xiong, X., Doelling, D. R., 2013, Applications of Spectral Band Adjustment Factors (SBAF) for Cross-Calibration. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 3, 51, 1267-1281.

Demirhan, İ. H., Sakarya, U., 2016, Hiperspektral Uydu Kamerasının Yerden Mutlak Radyometrik Kalibrasyonu İçin Ön Araştırma Sonuçları. UZAL-CBS, Adana.

Demirhan, İ. H., Deveci, H. S., Sakarya, U., 2017, Radiometric Cross-calibration of Göktürk-2 with Landsat 8. Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2017 25th, (s. 1-4).

Teke, M., Demirkesen, C., Haliloğlu, O., İmre, E., 2016, Göktürk-2 Uydusunun Bağıl ve Mutlak Çapraz Radyometrik Kalibrasyonu. *Harita Dergisi*, 155.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.5911

EŞDEĞER ANALİZ YÖNTEMİ İLE BELİRLENEN ZEMİNİN BÜYÜTME DEĞERLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK HARİTALANMASI: ESKİŞEHİR ÖRNEĞİ

Ebru CİVELEKLER[1], D. Volkan OKUR[2], Kâmil B. AFACAN[3]

[1]Doktora Öğrencisi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, ecivelekler@gmail.com
[2]Doç. Dr., İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, vokur@ogu.edu.tr
[3]Dr. Öğr. Üyesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, kafacan@ogu.edu.tr

ÖZET

Tekrarlı yükler altındaki yapılarda hasara neden olan önemli faktörlerden bir tanesi yerel zemin özellikleridir. Taşıma gücü kaybı, sıvılaşma, oturma gibi zemin problemlerinin temel nedeni deprem sırasında bu özelliklerinin değişimidir. Özellikle zemin büyütmesi, anakaya derinliği, zemin tabakalarının kalınlığı ve cinsi, zeminin dinamik özellikleri, tabakaların süreksizliği ve bölgenin topografik yapısı gibi parametrelerden etkilenmektedir. Bu çalışmada yerel zemin koşullarının zemin büyütmesine etkisini incelemek amacıyla, Kocaeli-Yarımca deprem verisi kullanılarak bir boyutlu dinamik analizler yapılmıştır. Bu amaçla öncelikle bölgede yapılmış olan 40 farklı sondaj verisi değerlendirilerek yerel zemin özellikleri belirlenmiştir. Belirlenen yerel zemin özelliklerinin dinamik davranışa etkisini incelemek için DEEPSOIL yazılımı kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucu her sondaj için farklı büyütme değeri elde edilmiştir. Elde edilen bu büyütme değerleri Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak haritalanmıştır. Deprem hasarlarının azaltılmasına yönelik çalışmalar kapsamında Eskişehir şehir merkezi için güvenli yerleşim alanlarının belirlenmesi planlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Eskişehir, eşdeğer analiz, yerel zemin koşulları, zemin büyütmesi, zemin davranış analizi

ABSTRACT

SOIL AMPLIFICATION MAPS DETERMINED BY EQUIVALENT LINEAR METHOD USING GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS: ESKISEHIR CASE

Local soil conditions are one of the most important factors that cause damages at structures under dynamic loads. During an earthquake the reason of soil related problems such as loss of bearing capacity, liquefaction, settlement, etc are just mainly the changes in local soil conditions Soil amplification in particular is affected by these parameters such as bedrock depth, soil type and layer thicknesses, dynamic characteristics of the soil, the discontinuities in soil layers and the topographical properties. In this study, one-dimensional dynamic analysis was performed by using Kocaeli-Yarımca ground motion data to examine the effect of local ground conditions on soil amplification. For this purpose, the local soil characteristics were determined for 40 different borings in the region. Equivalent linear models were run using DEEPSOIL software in order to examine the effect of specified local soil properties on dynamic behavior. As a result of the analysis, different amplification values were obtained for each borings. These amplification values were mapped using Geographic Information Systems (GIS). It is crucial to determine the amplification values of the soil before starting the design studies of buildings in countries where large earthquakes are seen frequently. Therefore, this study is a pioneering work on the reduction of damages due to earthquakes and determining of safer settlement area for Eskisehir city center.

Keywords: Eskişehir, equivalent analysis, local soil conditions, soil amplification, soil behavior analysis

1. GİRİŞ

Günümüzde nüfus artış hızına bağlı şehirlerin hızlı büyümesi nedeniyle yeni yerleşim alanları kurulmaktadır. Bu yerleşim alanların bir kısmının tektonik olarak aktif yerlerde veya yakınında bulunması planlama aşamalarında deprem tehlikesinin de göz önüne alınması gereğine işaret eder.

Türkiye aktif deprem kuşaklarından bir tanesinde yer almakta olup, özellikle 1999 yılında Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun etkisiyle meydana gelen Kocaeli ve Düzce depremleri, Türkiye'nin en yoğun nüfus ve sanayisine sahip Marmara Bölgesi'nde ekonomik ve sosyal anlamda çok büyük kayıplara sebep olmuştur. 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi sırasında Eskişehir şehir merkezinde de bir bina yıkılmış ve birçok binada hasar oluşmuştur.

Büyük depremler sonrasında yapılan çalışmalarda, yerel zemin koşullarının farklılaşmasının yapısal hasarlarda da farklılığa neden olduğu belirlenmiştir. Buna ilk örnek kayıtlardan birisi MacMurdo'nun (1824) olup, 1819 Cutch (Hindistan) depremi ile ilgili olarak "doğrudan kaya üzerine oturtulan yapılardaki hasarın, temeli kayaya kadar inmeyen yapılardaki hasardan az olduğu" gözleminde bulunmuştur (MacMurdo, 1824).

Bir depremde yapının maruz kalacağı deprem kuvvetleri belirlenirken, yapıların üzerinde olduğu zeminin tabakalarının, deprem özelliklerini nasıl değiştirdiğinin belirlenmesi gerekmektedir. Yerel zemin özellikleri, bazı

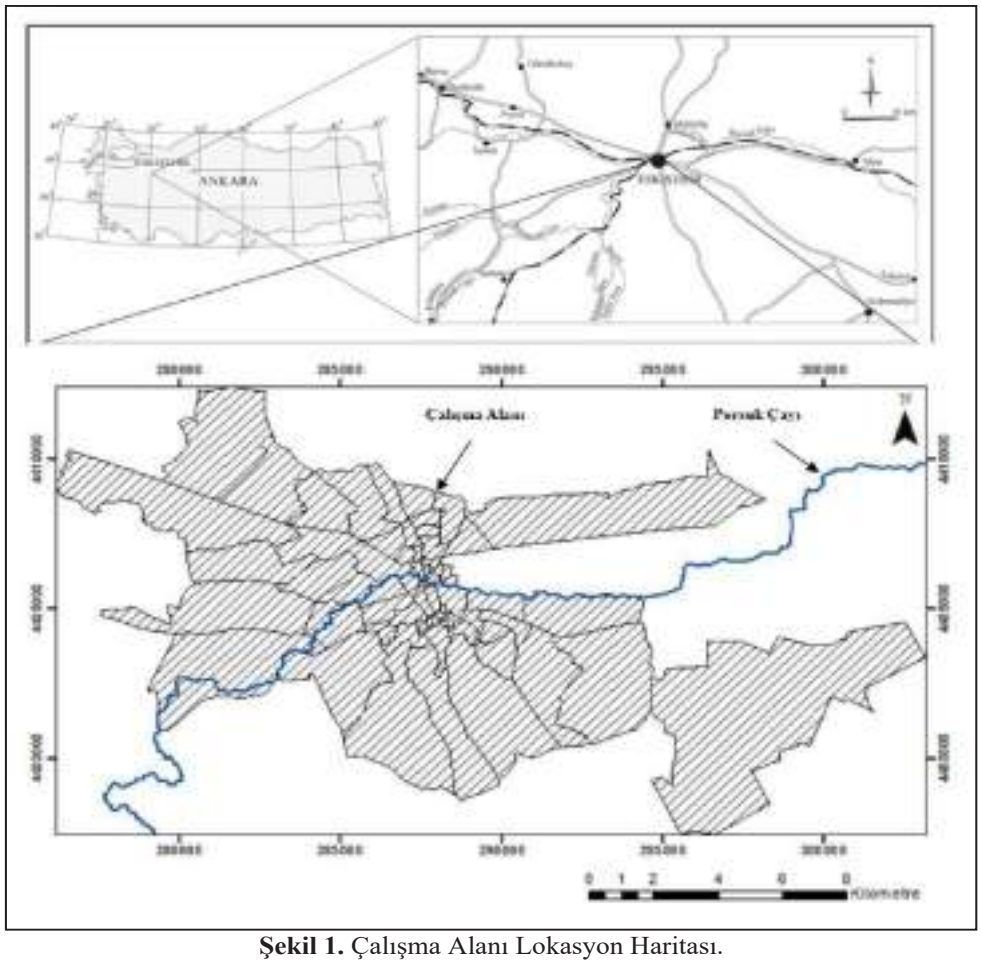
zemin tabakalarında deprem kuvvetlerinin büyümesine, bazı tabakalarda ise azalmasına yol açabilir. Zemin büyütmesi olarak tanımlanan bu olayı açıklamaya çalışırken çok karmaşık olabilen farklı tabakalara sahip zeminin profilinin özelliklerini yansıtabilecek bir basitleştirmeyi yapmak gerekebilir. Yapılan araştırmalar, zemin yüzeyinden itibaren 30 m içinde kalan zemin ve kaya tabakalarının bu açıdan önemli olduğunu göstermektedir. Bu sebeple 30 m içinde kalan ortalama kayma dalga hızı Vs_{30} hesaplarda kullanılmaktadır (NEHRP, 2003).

Dünyada ve ülkemizde deprem zararlarını en aza indirebilmek için çeşitli yöntemler geliştirilmekte ve kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin başında bölgenin deprem tehlike durumunu belirlemek ve mevcut planların buna göre hazırlanması gelmektedir. Bu amaçla kent ölçeğinde yapılacak olan imar planlamalarında kullanılmak üzere, sağlıklı kentleşme ve güvenli yapılaşma için kentsel mikrobölgeleme çalışmaları yürütülmektedir. Kentsel mikrobölgeleme çalışmalarından elde edilen verilerin depolanması, coğrafi veri formatında değerlendirilmesi, analiz edilmesi ve yorumlanmasında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknikleri etkin bir araç olarak kullanılmaktadır (Avdan ve Alkış, 2011).

Zeminlerin tabakalanma durumlarının farklılaşması, deprem yer hareketinin yapıya aktarılma şeklini ve büyüklüğünü, dolayısıyla yapıya gelecek dinamik yükleri etkilemektedir. Bu çalışmanın temel amacı, daha önceki çalışmalarda bölge için yapılmamış olan bir boyutlu eşdeğer lineer analiz yöntemi kullanılarak Eskişehir şehir merkezini kapsayan alüvyon zemin için zemin büyütmesi değerleri elde etmek ve bu değerleri kullanıcıların yararına sunmak anlamında, CBS teknikleri ile konuma dayalı olarak haritalamaktır. Yapılan haritalamayla birlikte bölge için konuma bağlı olarak hesaba katılması gereken büyütme değerlerinin kolayca hesaba katılabilmesi hedeflenmiştir.

2. ÇALIŞMA ALANININ GENEL ÖZELLİKLERİ

Çalışma alanı 1/25.000 ölçekli i25a4 pafta içerisinde olup 4395000-4410000 kuzey enlemleri ile 275000-305000 doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Bölgede Eskişehir iline güneybatıdan giren ve şehrin merkezinden geçerek şehrin doğusundan çıkan Porsuk Nehri bulunmaktadır (Şekil 1).

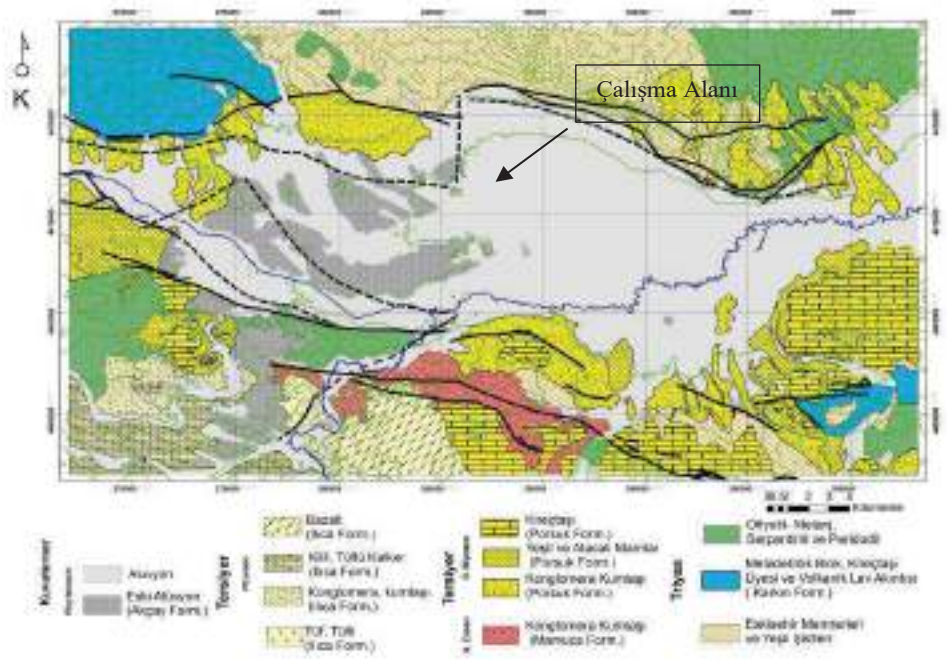


Şekil 1. Çalışma Alanı Lokasyon Haritası.

2.1. Çalışma Alanının Jeolojisi ve Depremselliği

2.1.1. Çalışma Alanının Jeolojisi

Eskişehir ovasının jeolojik özelliklerini belirlemek amacıyla birçok çalışma yapılmıştır (Gözler vd.; 1985, Ölmez ve Yücel 1985, Yıldırım ve Gürsoy 1985, Gözler vd.; 1996, Altunel ve Barka 1998; Ocakoğlu vd.; 2005). Bu çalışmalara göre Eskişehir il sınırlarında yayılım göstermiş formasyonlar gençten yaşlıya doğru Alüvyon, Akçay Formasyonu, Ilıca Formasyonu, Porsuk Formasyonu, Mamuca Formasyonu ve Karkın Formasyonudur (Şekil 2).



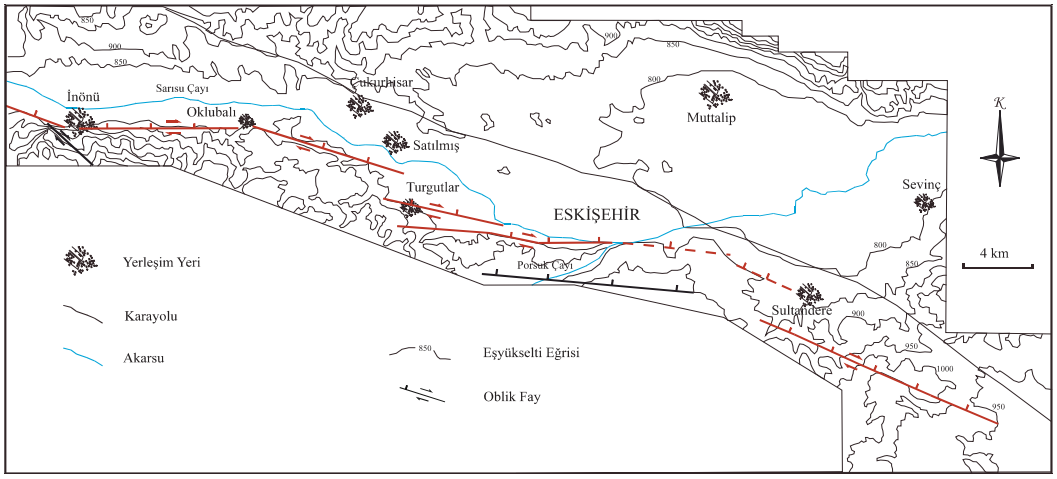
Şekil 2. Çalışma Alanının Jeoloji Haritası (Tün, 2013).

Porsuk Çayı, Eskişehir il merkezine girmeden il merkezinin güneybatısında Sarısu deresi ile birleşmektedir. Bu iki derenin getirdiği çökeller Eskişehir ilinin zeminini oluşturmaktadır. Çalışma alanında yayılım gösteren Kuvaterner yaşlı alüvyon zeminde bulunan malzeme kil, silt, kum ve çakıl seviyelerinden oluşmaktadır. Alüvyon zemin detaylı incelendiğinde genel olarak yüzeyden 5-6 m'ye kadar kil-silt seviyeleri bulunurken, 5-6m'den sonra ise kil-silt dereceli olarak azalarak yerini kum ve çakıla bırakmaktadır. Yüzeyden itibaren 6 m'de bulunan kil-siltin büyük bölümü yüksek plastisiteli kil ve siltten oluşmakta; daha alt seviyelerde ise killi-siltli kum bulunmaktadır (Akdeniz ve ark. 2011).

2.2.2. Çalışma Alanının Depremselliği

Eskişehir ili Triyas sonunda kapanan Tetis okyanusunun meydana getirdiği tektonizma sonucu oluşan İzmir-Eskişehir-Ankara zonunda kalmaktadır. Bu tektonizmalar sonucu Eskişehir'de bir fay zonu meydana gelmiştir. Bu fay zonu İnönü-Oklubalı-Turgutlar-Sultandere hattı boyunca ilerler (Şekil 3). Eskişehir fay zonu Sultandere ile İnönü arasında birbirini takip eden segmentler hâlinde devam etmektedir (Altunel ve Barka, 1998).

Eskişehir fay zonunda İnönü-Çukurhisar segmenti ve Turgutlar-Eskişehir segmenti olmak üzere iki adet segment bulunur. İnönü-Çukurhisar segmenti; İnönü-Oklubalı arasında doğu-batı doğrultulu uzanırken Oklubalı-Turgutlar arasında BKB-DGD doğrultulu uzanmaktadır. Fay, İnönü'nün güneyinde iki kola ayrılmaktadır. K142° doğrultulu sağ yönlü doğrultu atımlı güney kol Triyas yaşlı kireçtaşlarında yaklaşık dik bir yüzey oluşturur ve bu yüzeydeki fay çiziklerinin hemen hemen yatay olması bu kol üzerindeki hareketin sadece doğrultu boyunca olduğunu, yani hareketin normal bileşeninin olmadığını göstermektedir. Fay, Çukurhisar'ın güneyinde kuzeye eğimli yayvan bir topoğrafya sunan Miyosen birimlerinde 1 m ile 3 m arasında değişen topografik farklılıklar oluşturur (Şekil 3) (Altunel ve Barka, 1998).



Şekil 3. Eskişehir ve Çevresinin Tektonik Haritası (Altunel ve Barka, 1998).

Ayrıca bölgede bindirme fayları, normal faylar ve doğrultu atımlı faylar olmak üzere 3 türlü fay sisteminin bulunduğuna işaret edilmektedir (Gözler ve ark. 1996). Tüm bu çalışmalar göz önüne alındığında çalışma alanı ve çevresinde gözlenen faylar içinde sadece Eskişehir'in güneyinden geçen, Eskişehir fay zonunun aktif olduğu görüşü araştırmacılar tarafından kabul edilmektedir (Koçyiğit, 2005).

3. ZEMİN BÜYÜTME ANALİZLERİ

Çalışma alanındaki zemin tabakalarının, deprem yükleri altında zemin yüzeyindeki davranışa etkisini belirlemek amacıyla yerel sismik tehlike çalışmaları kapsamında zemin büyütme analizleri yapılır. Bu analizlerde izlenen adımlar şöyle sıralanabilir (Ansal vd., 2011).

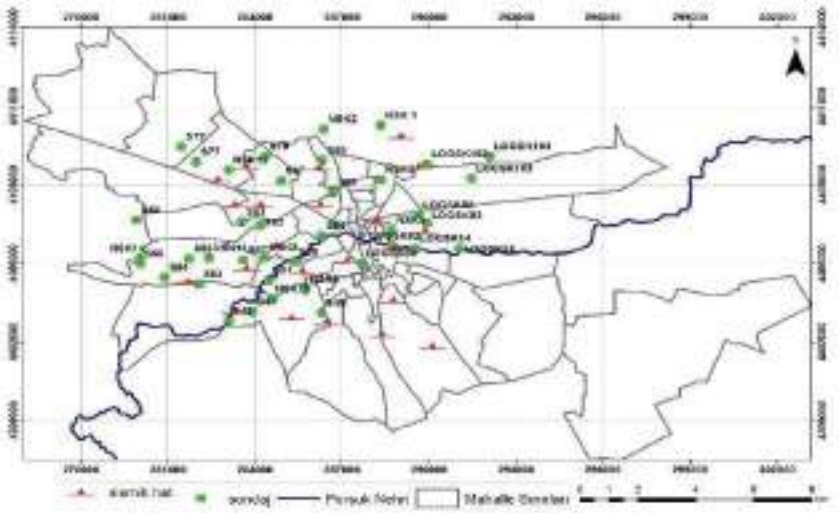
1. Zemin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi: Geoteknik, jeolojik ve jeofiziksel incelemelere dayalı olarak sahadan alınan zemin numuneleri üzerinde laboratuvar deneyleri ve buna bağlı olarak temsili zemin profillerinin seçilmesidir. Kayma modülünün derinlikle değişimini temsil eden kayma dalgası hız (V_s) profilinin ve kayma modülü ile sönüm oranı değerlerinin şekil değiştirme genliği ile değişimleri de belirlenir.

2. İvme-zaman kayıtlarının seçimi: Saha için sismik tehlike analizi yapılarak öngörülen depremin büyüklüğü, olası depremin sahaya olan uzaklığı, faylanma mekanizması ile uyumlu olan kayıtlardan seçilmelidir (Ansal ve Tönük, 2007). Bunun yanı sıra sismik tehlike çalışmasında belirlenmiş en büyük ivme ve ivme spektrumu ile de uyumluluk aranmalıdır. Tasarım depremine uyumluluk, kaydedilmiş ivme büyüklüklerinin sabit bir katsayı kullanılarak ölçeklendirilmesi ile sağlanabilir. Genellikle yer hareketinin modellenmesi sahada farazi olarak yüzeylenmiş anakayanın varlığı kabul edilerek yapılır.

3. Zemin büyütme analizleri: Dinamik zemin özelliklerini temsil eden parametrelerin tanımlanmasındaki belirsizliği göz önüne almak üzere, analizler genellikle bu parametrelerin ortalama (en iyi tahmin) değerleri kullanılarak yapılır. Yüzeydeki deprem özellikleri için hesaplanan en büyük ivme değerleri ve ivme davranış spektrumları istatistiksel olarak değerlendirilerek mühendislik tasarımına yönelik en büyük ivme değeri ve ivme davranış spektrumu geliştirilir.

Zemin büyütme analizi yapmak için zeminlerin gerilme-şekil değiştirme ilişkilerinin tanımlanmasında ve dalga yayılım denkleminin hesaplanmasında kullanılan yöntemlerde yapılan basitleştirici varsayımlara bağlı olarak değişen çeşitli yöntemler mevcuttur. Yerel zemin davranışının tek boyutlu dalga yayılımı analizleri basit olmalarının yanı sıra güvenli tarafta kalan sonuçlar verdikleri inancıyla oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tür analizlere dayanarak tasarlanmış pek çok proje depremlerde yeterli dayanımı göstermiştir (Ansal vd., 2011).

Bu çalışmada sahaya özel yüzey deprem özellikleri, temsili zemin profilleri için bir boyutlu eşdeğer lineer zemin büyütme analiz yöntemi için DeepSoil 6.1 programı kullanılarak belirlenmiştir. İnceleme alanında daha önceden yapılmış bir proje kapsamında 40 adet sondaj ve aynı bölgede arazide yapılan sismik çalışmalardan elde edilmiş gerçek kayma dalgası hızı değerleri kullanılarak bir boyutlu analizler yapılmıştır (Güney vd., 2013) (Mutlu, 2012) (Şekil 4).



Şekil 4. Çalışma Alanı Sondaj ve Sismik Hat Lokasyon Haritası.

3.1. Bir Boyutlu (1-B) Analizler:

Daha önceki çalışmalarda bir boyutlu dinamik davranış analizleri, DeepSoil (2004) programı ile EERA (2000) gibi programlar kullanılarak her bir kesit üzerinde arazide ki zemin formasyonları göz önünde bulundurularak seçilen noktalarda yapılmıştır (Selçuk vd., 2007). Bu noktalar için, zemin profili, tabaka kalınlıkları ve malzeme parametreleri tanımlanmıştır. Bu çalışmada Eskişehir şehir merkezinde yayılım gösteren alüvyon zemin için eşdeğer lineer analiz yöntemiyle değerlendirmeler yapılmıştır.

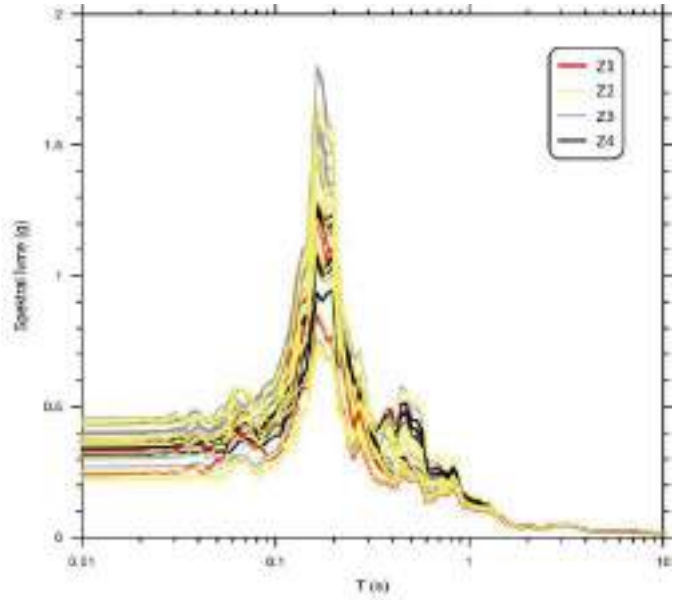
Analizleri yapabilmek için zeminin indeks özelliklerinin tanımlanmasının dışında dinamik özelliklerini tanımlamak gerekir, bu da malzemelerin kayma modülü azalımının farklı kayma birim deformasyon seviyelerinde doğru modellenmesini gerektirir. Yapılan çalışmalarda kum ve kil tabakalarının kayma modülü azalım eğrileri tanımlanırken Darendeli (2001) ilişkileri kullanılmıştır. Dinamik analizler Anadolu Üniversitesinin 080240 no.lu proje çalışmasından elde edilen 40 sondaj noktası için tabakalar zemin sınıfı, zeminin birim hacim ağırlığı değerleri ve zeminin kayma dalgası hızı değerleri kullanılarak yapılmıştır. Şekil 5'te modellenen örnek bir sondaj kesiti gösterilmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. DeepSoil Programında Kullanılan Veriler.

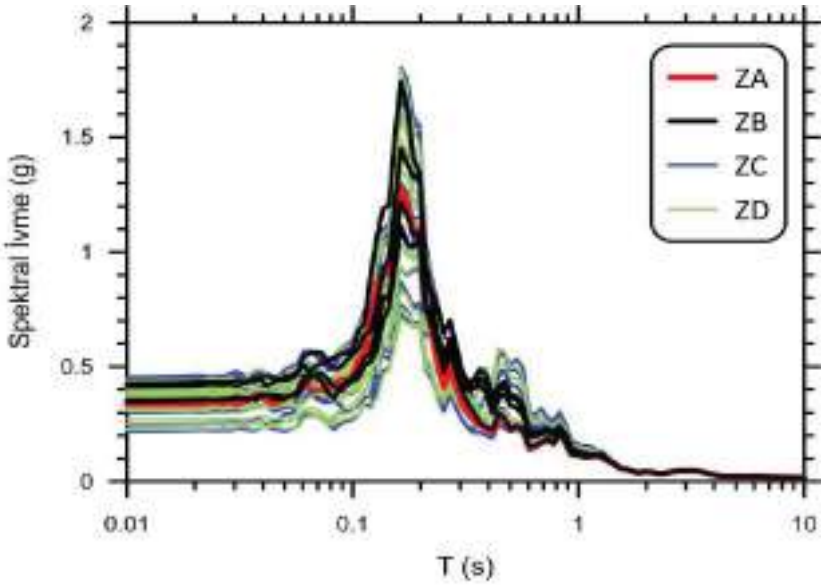
Çalışmada anakaya seviyesinde 1999 M_w=7.4 Kocaeli-Yarımca istasyonundan elde edilmiş deprem kayıt verisi seçilerek bir boyutlu analiz metoduyla zemin tabanına uygulanmış ve yüzeydeki davranış incelenmiştir. Elde edilen

verilerin değerlendirilmesinde deprem yönetmelikleri tarafından belirlenen zeminin farklı sınıflandırılması dikkate alınmıştır. Çalışma kapsamında incelenen ulusal ve uluslararası deprem yönetmeliklerinde, zeminin dinamik özelliklerinin belirlenerek yapı-zemin etkisinin değerlendirilmesi gerekliliği belirtilmektedir. Bu çalışmada elde edilen veriler günümüze yakın tarihlerde kullanılan Türkiye Deprem Yönetmeliği 2007 ve 2016'ya göre değerlendirmeler yapılmıştır. 2007 Deprem Yönetmeliği'ne göre yerel zemin özellikleri belirlenen sondajlar Z1, Z2, Z3 ve Z4 olarak 4 farklı yerel zemin grubundan oluşmaktadır (TBDY, 2007). Yerel zemin özelliklerine göre elde edilen spektral ivme grafiklerine bakıldığında bölgenin daha çok Z2 ve Z3 grubu zemin sınıfının ağırlıkta olduğu ve en büyük spektral ivmelerin bu zemin sınıflarında oluştuğu görülmüştür (Şekil 6).



Şekil 6. Türkiye Deprem Yönetmeliği 2007'ye göre ayrılmış Sondajların Spektral İvme Değerleri.

Türkiye Deprem Yönetmeliği 2016'ya göre ayrılan yerel zemin sınıfı özelliklerine göre sondajların daha çok ZC ve ZD grubu zemin özelliklerine sahip olduğu belirlenmiştir (TBDY, 2016). Bu Yönetmelik'e göre sondajların spektral ivme değerlerinin başlangıçta yaklaşık 0.3 değerlerinden, 1.8 gibi maksimum değerlerine ulaştığı görülmektedir (Şekil 7).



Şekil 7. Türkiye Deprem Yönetmeliği 2016'ya göre ayrılmış Sondajların Spektral İvme Değerleri.

3.2. Sahaya Özel Zemin Büyütme Sonuçlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak Değerlendirilmesi

CBS, dünya üzerinde var olan nesnelere ve meydana gelen olaylara ait bilgileri toplamaya, bunları bilgisayar ortamında depolamaya, sorgulama yapmaya, istenilen format ve ölçekte haritalamaya ve analizlerini yapmaya yarayan yüksek performanslı bir bilgisayar sistemidir. Bu sistem, coğrafi konumu olan nesne ve olaylara ait tüm verilerin toplanmasının ve depolanmasının yanı sıra güncelleştirilmesini, sorgulanmasını, sentezlenmesini ve yeni seçenekler üretilmesini çok kısa bir sürede yapabilecek nitelikte bir teknolojik sistemler bütünüdür (Tosun ve Orhan, 2007).

CBS teknikleri ile her bir coğrafik nesne için veri girilebilmesi, bu veriler üzerinde değişik türde sorgulamalar yapılabilmesi ve haritalar üretilebilmesi özelliği kullanıcılara önemli kolaylıklar sağlamakta ve kullanım alanlarını arttırmaktadır. Araştırmacılar ve uygulamacılar, ortaya çıkan gereksinimler karşısında yazılımlarda çeşitli değişiklikler yaparak amaçları doğrultusunda kullanma imkânına sahip olabilmektedirler (Orhan, 2005).

Geoteknik mühendisliğinde CBS kullanılarak yapılan analizler ve haritalar, çalışma alanındaki zemin özelliklerinin değerlendirilmesinde, deprem risk haritalarının oluşturulmasında ve yeni yerleşim alanları kullanıma açılmadan önce gerekli önlemlerin alınmasında etkin rol oynamaktadır.

3.2.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Jeoistatistiksel Analizler

Sismik mikrobölgeleme çalışmalarındaki en önemli nokta deprem tehlikesini belirlemeye yönelik farklı etkilerin nasıl birleştirileceği ve her bir etkinin ağırlıklarının birbirine göre hangi oranda olacağıdır. Bu işlemlerin gerçekleştirilmesine yönelik kapsamlı bir sismik tehlike ve sismik mikrobölgeleme çalışmaları için ideal bir ortam oluşturan CBS teknikleri kullanılmaktadır (Ulutaş ve ark. 2005).

Jeoistatistik, istatistiğin uygulamalı bir dalı olup, ilk olarak yerbilimlerinde karşılaşılan kestirim problemlerinin çözümüne yönelik olarak ortaya çıkmıştır. Jeoistatistiğin temeli, Tobler'in (1979) coğrafyanın temel yasası olarak tanımladığı her şey her şeyle ilgilidir fakat yakın şeyler uzak şeylerden daha ilgilidir teorisine dayanır (Yaprak, 2007).

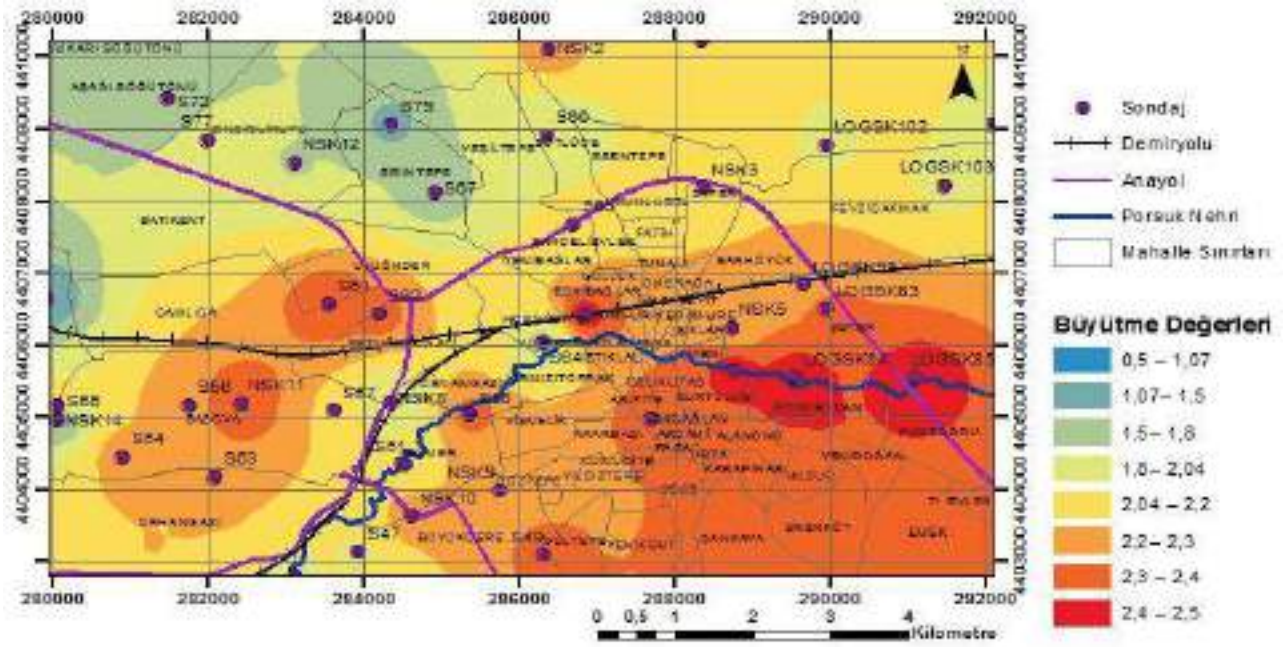
CBS'de konuma dayalı haritalar oluşturulurken, çeşitli enterpolasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler, veri olmayan konumların tahmin edilmesinde kullanılmakta ve jeoistatistiksel analiz yöntemleri olarak tanımlanmaktadır. Geoteknik çalışmalar için CBS'de jeoistatistiksel analiz yöntemlerinden en çok kullanılanlar, "Mesafenin Tersi (IDW)" ve "Kriging" yöntemleridir.

Mesafenin Tersi Yöntemi

Bu yöntemde, yakındaki bilinen bir noktanın değerini ve uzaklığını kullanarak bilinmeyen noktalardaki değerler tahmin edilir (IDW bilinen bir noktanın enterpole edilmiş değere katkısını azaltır). Yerel bir yöntemdir ve kesindir. Doğrusal olabilir veya olmayabilir. Örneklenmiş bir veri değerinin ağırlığı (etkisi) tahmin edilen değerden uzaklığı ile ters orantılıdır. Bir başka değişle, her bir örnek noktasının ağırlığı uzaklıkla ters orantılıdır (Bayraktar, 2007).

Bu çalışma kapsamında, veri dağılım modellenmesinde uzaklığa bağlı tahmin yöntemlerinden yararlanılmıştır. Bu algoritmaya göre, sınırlı bir alandaki örnekleme noktaları bölgesel interpolasyon için kullanılabilir. IDW yönteminin temel prensibi, yakınındaki örnekleme noktalarının benzer olma olasılığının daha yüksek olması prensibine dayanmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada, analiz sonucunda elde edilen verilerin konumsal örneklemeler sonrasında, örnek alınmamış noktalar için tahminler yapılmaya çalışılmıştır. Bu yöntemler içinde uzaklığın tersiyle ağırlıklandırmada örnek nokta değerlerinin ağırlıkları, uzaklığa bağlı olarak değişmektedir. Elde edilen sonuçların kendi içinde dağılımlarına bakılarak jeoistatistik modelleme tekniklerinden yararlanılmıştır.

Çalışmada konumları tanımlı 40 adet her bir örnekleme noktası kullanılarak, 1999 Kocaeli depreminin Eskişehir zemininde etkisini görebilmek amacıyla dinamik analizlerden elde edilmiş büyütme değerlerinin IDW yöntemiyle alansal olarak sayısallaştırılması yapılmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Bir boyutlu lineer analiz çalışmaları sonucunda elde edilmiş zemin büyütme değerlerinin Eskişehir şehir merkezi temsili haritası.

Elde edilen harita incelendiğinde Porsuk Nehri etrafındaki, özellikle nüfusun fazla olduğu Sazova, Ertuğrulgazi, Vişnelik mahalleleri ile Bağlar, Deliklitaş, Gökmeydan gibi mahallerde yaklaşık 2,2 ile 2,5 değerini bulan zemin büyütmeleri değerleri görülmektedir. Bu mahalleler Eskişehir'de yapılaşmanın ve yüksek katlı binaların en yoğun olduğu yerlerdir. Bu nedenle bölgedeki çok katlı yapılar belirlenen oranlardaki zemin büyütmesine maruz kalacaktır. Bu büyütme değerleri mikrobölgeleme çalışmalarında kullanılan tehlike düzeyi sınıflamasında B (orta tehlike) olarak nitelendirilmektedir (ISSMFE, 1993 ve Özçep, 2007). Bunun yanında, Aşağısöğütönü-Yukarısöğütönü mahalleleri civarının büyütme oranlarının diğerlerine kıyasla çok küçük olduğu, hatta anakayaya verilen deprem kaydının zemin tarafından yer hareketinin etkisinin büyümesi yerine, tam tersi olarak yer hareketinin etkisinin azaldığı görülmüştür (büyütmenin 1'den küçük olduğu bölgeler). Bu da zemin profilini oluşturan tabakalarının özelliklerinin değişmesinin yapının maruz kaldığı/kalacağı deprem yüklerinin ne kadar değiştiğini göstermektedir. Büyütmenin 1 seviyelerinden çok küçük mesafelerle 2 değerine yaklaştığı bölgelerin varlığı, bölgesel olarak birbirine çok yakın mahallelerde bile büyütme için ortalama bir değerin alınmasının doğru olmadığını kanıtlamıştır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada Eskişehir şehir merkezi zemininde yapılan sondaj çalışmaları ve arazide sismik çalışmalar yapılarak elde edilen kayma dalgası hızı değerleri tamamen zemini temsil eden gerçek yöntemler kullanılarak belirlenmiş verilerdir. Çalışma alanı için şimdiye kadar yapılmış zemin büyütmesi çalışmaları, başka zeminler için öne sürülmüş ampirik yöntemler kullanılarak yapılmış çalışmalardır. Ancak bu çalışmada ampirik yöntemlere gerek duymaksızın eşdeğer lineer analiz yöntemiyle zeminin dinamik özellikleri belirlenerek büyütme değerleri elde edilmiştir.

Çalışma TBDY 2016, bölüm 16'da belirtilen zeminin sahaya özel dinamik özelliklerinin belirlenmesi yaklaşımına öncülük etmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak çeşitli değişkenlere göre hazırlanan mikrobölgeleme haritaları, özellikle yeni yerleşim alanlarının belirlenmesinde ve mevcut yerleşim alanlarının zemin özelliklerinin ortaya çıkarılmasında, büyük yararlar sağlamaktadırlar. Hazırlanan haritalar, çalışma alanının genel yapısını ortaya koyduğundan, bu konuda çalışan araştırmacılara bölgenin sismitesi hakkında bilginin yanında zaman ve maliyet kazandırmaktadır. Bu nedenle bu çalışma sonucu elde edilen büyütme haritası, afet öncesi risk belirleme ve azaltma çalışmaları kapsamında, güvenli yapıların inşası için kullanılabilir veri sağlamaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırmaları, Proje no: 2017-1480 ile desteklenmektedir.

KAYNAKLAR

Akdeniz, E., Güney, Y., Pekkan, E., Avdan, U., Tün, M. ve Ecevitoğlu, B. 2011. Temel Zeminine Ait Jeo-Mühendislik Özelliklerin Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Değerlendirilmesi: Eskişehir İli, Güllük, Yenibağlar ve Bahçelievler Mahalleleri Örneği. *6. International Advanced Technologies Symposium (Iats'11).* Elazığ, Turkey.

Altunel, E. ve Barka, A. 1998. Eskişehir Fay Zonimun İnönü-Sultandere Arasında Neotektonik Aktivitesi. *Geological Bulletin of Turkey,* 41**,** 41-52.

Ansal, A. ve Tönük, G., 2007. Source and Site Effects for Microzonation. Theme Lecture, *4th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering*, Earthquake Geotechnical Engineering, Editör: K.Pitilakis, Bölüm4, 73-92, Springer.

Ansal, A., Tönük, G., Kurtuluş, A. 2011. Zemin Büyütme Analizleri ve Sahaya Özel Tasarım Depremi Özelliklerinin Belirlenmesi, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı 11-14 Ekim 2011, ODTÜ Ankara.

Avdan, U. ve Alkış, A., 2011. Doğal Afetlere Yönelik Bütünleşik Konumsal Veri Tabanı Modelinin Geliştirilmesi, *Electronic Journal of Map Technologies*, 2011. 3(1): p. 17-26.

Bayraktar, B. 2007. Zemin Özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında Mesafenin Tersi ve Kriging Yöntemiyle Kestirimi, *Yüksek Lisans Tezi*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Bol, E., Arel, E. ve Önalp, A. 2007. Yerel Zemin Koşullarının Deprem Hasarına Etkisi-Adapazarı Örneği. *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı,* İstanbul, Türkiye.

Building Seismic Safety Council. 2003, *NEHRP Recommended Provisions for seismic Regulations for New buildings and other Structures, Part1: Provisions, FEMA 368*, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, T. C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, http://www.deprem.gov.tr, 2007.

Gözler, M. Z., Cevher, F., Küçükyaman, A., 1985. *Eskişehir ve Civarının Jeolojisi ve Sıcak Su Kaynakları.*

Gözler, M., Cevher, F., Ergül, E. ve Asutay, H. 1997. *Orta Sakarya ve Güneyinin Jeolojisi*. *Mta Rapor***,** 87.

Güney, Y., Ecevitoğlu, B., Pekkan, E., Avdan, U., Tün, M., Kaplan, O., Mutlu, S., Akdeniz, E. ve ... 2013 ; *"Eskişehir Yerleşim Yerinde, CBS Teknikleri Kullanılarak Geoteknik, Yapı ve Jeofizik Bilgi Sisteminin Oluşturulması",* Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi, Proje No:080240.

ISSMFE, 1993. *Manual for Zonation on Seismic Geotechnical Hazards*, Published by Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering.

Koçyiğit, A., 2005. Türkiye ve yakın çevresinin neotektonik bölümlenmesi: Güneybatı Türkiye'de neotektonik rejimin gelişim tarihçesi, çok yönlü genişleme ve deprem tehlikesi*, Eskişehir Fay Zonu ve İlişkili Sistemlerin Depremselliği Çalıştayı*, Genişletilmiş Bildiri Özetleri Kitabı. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir: p. 1-2.

MacMurdo, J., 1824, *Papers relating to the earthquake which occured in India in 1819,* Philosophical Magazine, Vol. 63, pp. 105-177.

Mutlu, S. 2012. Sismik Kırılma Yöntemi ve Mikrotremör Ölçümlerinden Elde Edilen Dinamik Zemin Parametrelerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak Haritalanması, *Yüksek Lisans Tezi*, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

Ocakoğlu, F., Altunel, E., Yalçıner, Ç. 2005. *Eskişehir Bölgesinin Neotektonik Dönemdeki Tektono-Stratigrafik ve Sedimantolojik Gelişimi. Final Raporu.* Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu: Osmangazi Üniversitesi.

Orhan, A. 2005. Eskişehir İl Merkezi Güney Bölümü Temel Zemin Birimlerinin Jeo-Mühendislik Özellikleri ve Coğrafi Bilgi Sistemi'nin Uygulanması, *Doktora Tezi*, Osmangazi Üniversitesi.

Ölmez, E. Ve Yücel, B., 1985. *Eskişehir ve Yöresinin Jeotermal Enerji Olanakları,* Enerji Hammadde Etüd ve Arama Dairesi Başkanlığı: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.

Selçuk, M. E., Kılıç H., Özaydın, K, 2007, ‘’Kalın Zemin Çökellerinde Eşdeğer-Lineer Ve Nonlineer Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması ‘’, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı,* 16-20 Ekim 2007, İstanbul Sixth National Conference on Earthquake Engineering, 16-20 October 2007, Istanbul, Turkey.

Tosun, H. ve Orhan, A. 2007. *Coğrafi Bilgi Sistemi Programlarının Temel Zemininin Jeo-Mühendislik Özelliklerin Belirlenmesinde Kullanımı: Eskişehir Örneği.* ESOGÜ Müh. Mim. Fakültesi Dergisi, Eskişehir, 20(2007/2): p. 43-64.

Tün, M. 2013. Mikrobölgeleme Çalışmalarında Yer Tepkisi ve Kayma Dalga Hız (Vs) Yapısının Yorumlanması: Eskişehir Örneği. *Doktora Tezi*, Jeofizik Müh. Bölümü, İistanbul Üniversitesi.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) 2016., Yayın tarihi: 00.00.2016, Resmî Gazete No.:00000.

Ulutaş, E., Çetinol T., Güven İ.T., Tunç B., Irmak T.S.,Tunç S., Çaka D, Aşçı M., Özer, M.F. 2005. Sismik Mikrobölgeleme Çalışmalarinda CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) Kullanım Yöntemi, *Deprem Sempozyumu*, Kocaeli.

Yaprak, S. 2007. Kriging Yönteminin Geoit Yüzeyi Modellemesinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması ve Varolan Yöntemlerle Karşılaştırılması, *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yıldırım, A. ve Gürsoy, T. 1985. *Eskişehir İl Merkezi ve Yakın Çevresi Detay Jeotermal Gravite Etüdü*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6093

CBS VE BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ İLE GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNİN YERLERİNİN BELİRLENMESİ: MENEMEN ÖRNEĞİ

Hüseyin KOCA[1], Melis UZAR[2]

[1]Müh., Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul, huseyinkoca035@gmail.com
[2]Dr. Öğr. Üyesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul, auzar@yildiz.edu.tr

ÖZET

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de her geçen gün enerjiye olan ihtiyaç artmaktadır. Mevcut durumda bu ihtiyaç çoğunlukla fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Fosil yakıtların maliyeti, sınırlılığı, dışa bağımlılığı ve çevreye verdikleri zarar düşünüldüğünde, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının kaçınılmaz olduğu anlaşılır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en yaygınlarından biri de güneş enerjisidir. Güneş enerji santrallerinin yerlerinin belirlenmesi ise birçok teknik, ekonomik ve çevresel kriterlere bağlıdır. Bu çalışmada, İzmir Menemen Bölgesi için güneş enerji santrali uygunluk haritasının oluşturulması amaçlanmıştır. Çalışma bölgesi olarak Menemen'in seçilmesinin nedeni ilçenin yüz ölçümünün fazla olması ve genel olarak arazinin düşük eğimli olmasıdır. Çalışmanın ilk adımında; eğim, arazi kullanımı, akarsulara uzaklık, göllere uzaklık, yol ve demir yollarına uzaklık, enerji nakil hatlarına uzaklık olmak üzere altı kriter belirlenmiş ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi kullanılarak kriterler ağırlıklandırılmıştır. İkinci adımda ise uygun olmayan alanlar belirlenmiş ve kalan alanların uygunluk seviyeleri tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Menemen'in %34,09'luk kısmının yüksek, orta ve az uygunlukta, %65,91 kısmının ise uygunsuz olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: bulanık analitik hiyerarşi prosesi, CBS, çok kriterli karar verme, güneş enerji santrali

ABSTRACT

EVALUATION OF SOLAR POWER PLANTS LOCATION USING GIS AND FUZZY ANALYTIC HIERARCHY PROCESS - CASE STUDY OF MENEMEN

As in the whole world, energy demand is increasing day by day in Turkey. In the current state, this need is mostly supplying by fossil fuels. It is understood that the using of renewable energy sources is inevitable when considering costs, limitations, external dependence and harm to environment of fossil fuels. Solar energy is one of the most common renewable energy sources. The determination of solar power plants depends on many technical, economic and environmental criteria. In this study, it is aimed to establish a solar power plant suitability map for Izmir Menemen region. Selection of Menemen as the study area is due to fact that the area of province is too large, and the land has generally low slope. In the first step of study, six criteria were determined; slope, land use, distance to river, distance to lakes, distance to roads and railways, distance to energy transmission lines and criteria were weighted using Fuzzy Analytic Hierarchy Process. In the second step, unsuitable areas are identified and the suitability levels of the remaining areas are determined. According to results, %34,09 of Menemen were found to be in high, moderate, and low suitability and %65,91 of Menemen were unsuitable.

Keywords: fuzzy analytic hierarchy process, GIS, multi criteria decision making, solar energy plant

1. GİRİŞ

Tüm dünyada enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Nüfus artışı, sanayileşme, refah seviyesinde yükselme ve teknolojik gelişmeler bu artışta büyük bir etkiye sahiptir. Önümüzdeki yıllarda ise enerji talebi daha yoğun olacaktır. Mevcut durumda enerji ihtiyacı çoğunlukla fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Fosil enerji kaynaklarının, çevresel sorunlara yol açmaları, rezervlerinin yakın gelecekte tükenecek olmaları ve dışa bağımlılıklarından kaynaklı siyasi ve ekonomik sıkıntılar nedeniyle yenilenebilir enerjiye geçiş kaçınılmaz olmaktadır. Özellikle gelişmiş ülkelerde hidrolik, rüzgâr, jeotermal, güneş, biokütle, dalga, hidrojen vb. yenilenebilir enerji kaynaklarından başta elektrik üretimi olmak üzere çeşitli yollardan yararlanılmaktadır (Yılmaz, 2012).

Günümüzdeki teknolojik gelişmeler, farklı türde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını mümkün kılmaktadır. Güneş enerjisi ise yenilenebilir enerji kaynaklarının başta gelenlerindendir. Çünkü yeryüzüne gelen net güneş enerjisi şu anda insanların kullandıkları fosil enerji ve nükleer enerjinin 10000 katı kadardır. Yeryüzüne ulaşan güneş ışınımının %0.003'ü global elektrik talebini karşılayabilmektedir (Şahin, 2009). Güneş enerjisinin minimum maliyet ve maksimum fayda ile kullanılması için güneş enerji santrallerinin yerlerinin belirlenmesi önemli bir faktördür. Güneş enerji santrallerinin yerlerinin belirlenmesi teknik, ekonomik ve çevresel olmak üzere farklı kriterlere bağlıdır. Bu kriterlerin CBS ortamının analizinde, günümüze kadar değişik, çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılmıştır. ÇKKV yöntemlerinden biri ise Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)'dir.

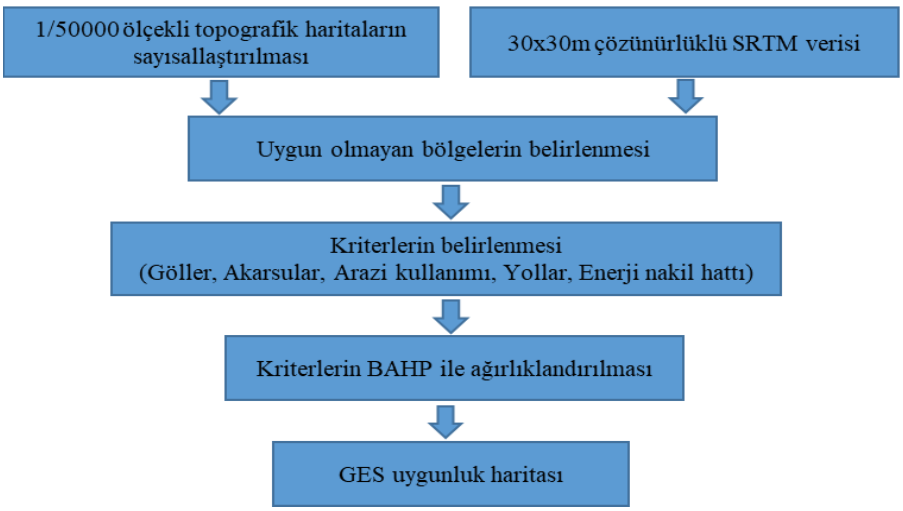
AHP kullanılarak bu alanda birçok çalışma ortaya konulmuştur. Uyan (2013)'te, Konya'nın Karapınar bölgesi için yapılan çevresel ve ekonomik kriterler olmak üzere 5 kriter belirlenmiş ve AHP kullanılarak bu kriterler ağırlıklandırılmış ve CBS ortamında yapılan analizler sonucunda güneş enerji santrali (GES) kurulumu için çalışma alanının %40,34'ünün uygun, %59,66'sının uygunsuz olduğu anlaşılmıştır. Potic vd. (2016) tarafından Sırbistan'ın doğusunda bulunan Knjazevac bölgesinin güneş enerjisi potansiyelini belirlenmek için yapılan çalışmada iklim, topoğrafya, gün dönümü ve arazi kullanımı olmak üzere 4 kriter belirlenmiştir. Arazi kullanımı, Landsat 8 uydu görüntülerinin analizleri sonucunda elde edilen veriler ile 6 sınıf olarak elde edilmiştir. Sonuç haritası ise AHP ve CBS kullanılarak oluşturulmuştur. İran'da güneş enerji santrali kurulacak alanların belirlenmesi için Noorollahi (2016) tarafından yapılan çalışmada 11 kriter ele alınmış. Kriterlerin birbirine göre üstünlükleri kesinlik arz etmediği için ağırlıklandırmada Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) kullanılmış ve CBS ortamında İran için GES uygunluk haritası oluşturulmuştur. Ayrıca, ülkenin 1057 bölgesi göz önünde bulundurularak GES için en uygun bölgeler belirlenmiştir. Garni ve Awosthi (2017) tarafından Suudi Arabistan'ın tamamı için AHP ve CBS kullanılarak yapılan çalışma sonucunda GES için en uygun alanların ülkenin kuzey ve kuzeybatı kesimleri olduğu ortaya çıkmıştır. Bu alanların belirlenmesinde yollara, enerji nakil hatlarına ve yerleşim yerlerine uzaklığın rol oynadığı anlaşılmıştır. Asakereh (2017) tarafından yapılan çalışmada ise BAHP ve CBS kullanılarak İran'ın Khuzestan şehrinde GES kurulacak alanlar belirlenmiştir. Çalışma sonucunda Khuzestan şehrinin çok büyük bir potansiyele sahip olduğu anlaşılmıştır. En kötü senaryoda dahi bu bölgede üretilecek enerjinin, 2013 yılında İran'ın tamamında üretilen enerjinin 1,75 katı olacağı hesaplanmıştır. Aynı zamanda bölgenin güney ve güneybatısına kurulacak istasyonların bu bölgedeki çölleşmeye karşılı etkili olacağı düşünülmektedir. Merrouni vd., (2018)'deki çalışmada, Fas'ın doğusunda GES kurulacak alanların belirlenmesi için iklim, su kaynakları, konum ve topoğrafya olmak üzere 4 ana kriter ve 8 alt kriter belirlenmiş, AHP ve CBS kullanılarak uygunluk haritası oluşturulmuştur. Çalışmanın sonucunda Fas'ın doğusunun %19'unu GES kurulumu için yüksek uygunlukta olduğu anlaşılmıştır.

Türkiye ise sahip olduğu coğrafi konum sayesinde güneş enerjisi bakımından birçok ülkeye göre şanslı konumdadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca hazırlanan, Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre Türkiye'nin yıllık toplam güneşlenme süresi 2741 saat, yıllık toplam gelen enerjisi 1527 kWh/m^2 olduğu tespit edilmiştir [1].

Bu çalışmada ise yıllık ortalama toplam ışınım şiddeti 1550 kWh/m^2 olan Menemen'in güneş enerji santralleri için uyguluk haritası yapılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde GES uygunluk haritası oluşturmak için izlenen yol verilmiştir. Sonraki bölümde ise önerilen metodolojiye göre uygulama adımları gerçekleştirilmiştir. Son bölümde ise sonuçlar ve öneriler verilerek çalışma tamamlanmıştır.

2. METODOLOJİ

GES uygunluk haritasının oluşturulması için 1/50000 ölçekli topoğrafik haritalar sayısallaştırılmıştır. Ayrıca bu veriye ek olarak 30x30m çözünürlüklü Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) verisi de eğim haritası oluşturmak için kullanılmıştır. İlk olarak güneş enerji santrali kurulumuna uygun olmayan bölgeler belirlenmiştir. Daha sonra güneş enerji santralinin kurulumuna etki edecek kriterler tespit edilmiş ve bu kriterler Bulanık AHP ile ağırlıklandırılmıştır. Çalışma alanının güneş enerji santrali için uygunluk seviyeleri haritası belirlenmiştir. Son adımda ise bu uygunluk seviyeleri haritasından uygun olmayan alanlar çıkarılarak sonuç haritası elde edilmiştir. **Şekil.1**'de önerilen yaklaşımın işlem adımları verilmiştir.



Şekil 1. İş akış diyagramı.

2.1 Uygun Olmayan Bölgelerin Belirlenmesi

Bir bölgede güneş enerji santrali kurulabilmesi için belirli koşulların sağlanması gerekmektedir. Bu koşullar çalışma amacına ve bölgesine göre değişiklik arz etmektedir. Bu çalışmada uygun olmayan bölgelerin belirlenmesi için, yapılan literatür araştırması sonucunda altı adet koşul kullanılmıştır. Bu koşullar;

- Yerleşim yerlerinden, yasak bölgelerden ve koruma alanlarından 500 metreden yakın olmamak (Arazi kullanımı kategorisinde toplanmıştır.),
- Göllere 400 metreden yakın olmamak,
- Eğimi %11'in altında olmak,
- Akarsulara 400 metreden yakın olmamak,
- Demir yollarına 100 metreden yakın olmamak,
- Kara yolarına 100 metreden yakın olmamaktır.

2.2 Kriterlerin Belirlenmesi

Kriterler literatür taraması sonucunda bölgenin özellikleri göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Bu kapsamda toplamda altı adet kriter belirlenmiştir. Bunlar eğim, arazi kullanımı, akarsulara uzaklık, göllere uzaklık, yollara uzaklık (kara ve demir yollarını ifade eder) ve enerji nakil hatlarına uzaklıktır.

2.2.1 Eğim

Güneş enerji santrallerinin yerlerinin belirlenmesinde en önemli faktörlerden birisidir. Genel olarak %11 üzerindeki bölgeler uygunsuz olarak kabul edilir. %4 ve altı eğim ise uygun olarak görülmektedir. Fazla eğim güneş panellerinin birbirine gölge yapmasına neden olacak ve bu da verimliliği etkileyecektir. Bunun yanında yüksek eğim, santralin kurulum maliyetini arttıracaktır (Noorollahi, E., 2016).

2.2.2 Arazi Kullanımı

Arazi kullanımı yerleşim yerlerini, yasak bölgeleri ve koruma alanlarını ifade eder. Güneş enerji santrallerinin bu bölgelere belirli mesafede olmaları gerekmektedir. Çünkü yerleşim yerleri her geçen gün büyümektedir. Uzun vadede düşünüldüğünde ise güneş enerji santrallerinin bu bölgeler içinde kalma ihtimalleri vardır. Ayrıca, güneş enerji santrali kurulması oradaki doğal yaşamı etkileyeceği için koruma alanlarından da belirli bir mesafe uzaklıkta olması gereklidir. Bu nedenle genel olarak güneş enerji santrallerinin bu bölgelere 500 metreden yakın olmaması gerektiği kabul edilir.

2.2.3 Akarsulara Uzaklık

Akarsu yatağı zamanla yer değiştirmektedir. Bu olaydan güneş enerji santrallerinin etkilenmemesi ve santrale kolay ulaşım için güneş enerji santralleri akarsulardan en az 400 metre uzaklıkta olmalıdır.

2.2.4 Göllere Uzaklık

Gölün boyutları zamanla değişmek gösterdiği için güneş enerji santrallinin göllerden en az 400 metre uzaklıkta olmalıdır.

2.2.5 Yollara Uzaklık

Kara ve demir yollarının vereceği olumsuz etki göz önünde bulundurulduğunda güneş enerji santrallerinin yollara belirli bir mesafede olması gerektiği belirtilmiştir. Genel olarak literatürde, güneş enerji santrallerinin yollara 100 metreden yakın olmaması kabul görmüştür.

2.2.6 Enerji Nakil Hattına Uzaklık

Enerji nakil hatlarının (ENH) kurulum maliyeti düşünüldüğünde GES kurulumunda en önemli kriterlerden birinin enerji nakil hatlarından olan uzaklık olduğu anlaşılır. Genel olarak kurulacak GES'in enerji nakil hattına 9000 metreden uzak olmaması istenir.

2.3 Bulanık Analitik Prosesi

AHP, Thomas Saaty tarafından ortaya atılmış olup farklı problemlerin çözümünde birçok araştırmacı tarafından kullanılmıştır. AHP birden çok kriterin söz konusu olduğu durumlarda kriterlerin önceliklendirilmesi için kullanılan ikili karşılaştırmalara dayanan bir yöntemdir (Saaty ve Vargas, 2012). Kesinlik içermeyen durumlarda ise AHP yetersiz kalmaktadır. Bu gibi durumlarda bulanık mantık yöntemi ile doğru sonuçlar elde edilmesi sağlanmaktadır.

BAHP'de, AHP'den farklı olarak ikili karşılaştırmalarda üçgensel bulanık sayılar (Triangular Fuzzy Number-TFN) kullanılmakta ve kriterlerin ağırlıklandırılması bu şekilde yapılmaktadır (**Çizelge 1**).

Çizelge 1. Kriterlerin önem derecesi.

TFN	Tanım
1,1,1	Eşit Derece Önemli
1,3,5	Biraz Daha Fazla Önemli
3.5.7	Oldukça Önemli
5,7,9	Çok Daha Önemli
7,9,11	Kesinlikle Daha Önemli

3. UYGUNLUK HARİTASININ OLUŞTURULMASI

3.1 Çalışma Alanı ve Kullanılan Veriler

Menemen, İzmir'in bir ilçesi olup merkeze 35 km uzaklıktadır. Menemen, 27,4 derece boylam ve 38,35 derece enlemdedir. Doğusu Manisa ili, batısı Foça ilçesi ve Ege Denizi, kuzeyi Aliağa ilçesi, güneyi Çiğli ilçesi ile çevrilidir. Deniz seviyesinden yüksekliği ortalama 20 m'dir. Yüz ölçüm 655 km² olup nüfusu 170 090'dır. [2]



Şekil 2. Çalışma alanı.

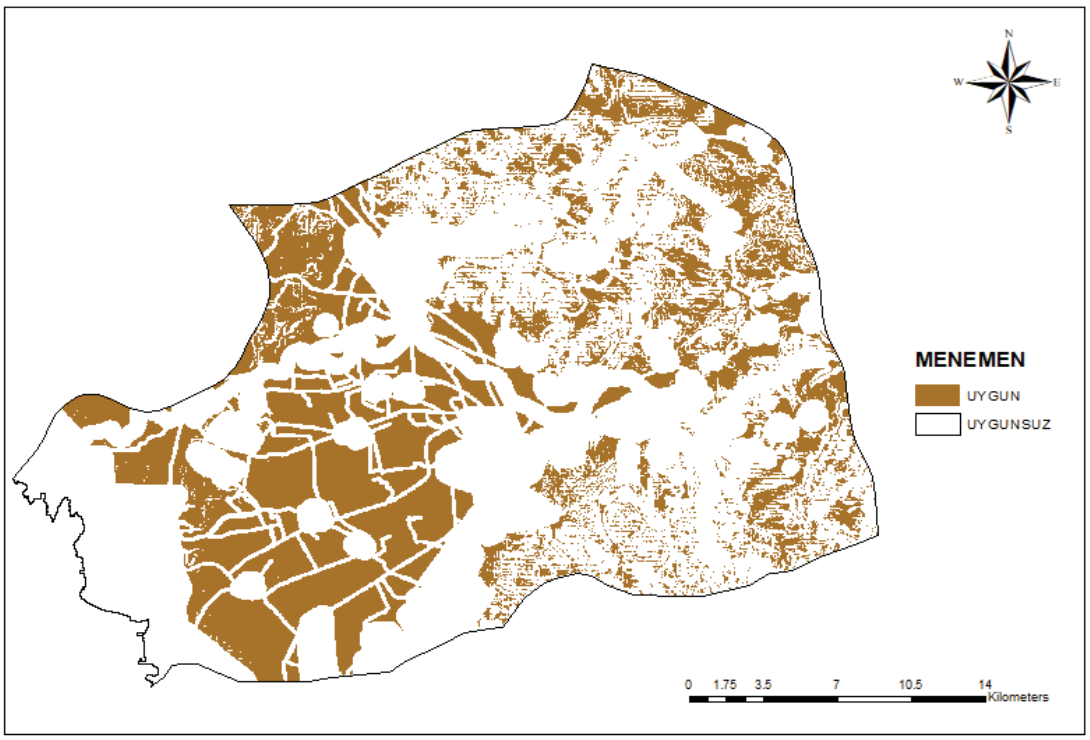
Çalışma alanında kullanılan veriler 1/50000 haritadan sayısallaştırmak sureti ile elde edilmiştir. Sayısallaştırmada ArcMAP 10.3 programı kullanılarak 5 adet katman oluşturulmuştur. Bu katmanlar:

- Göller
- Akarsular
- Arazi kullanımı
- Yollar (Kara ve demir yolları tekbir katman olarak alınmıştır.)
- Enerji nakil hattından oluşmaktadır.

Bu katmanların yanında bir de 30x30m çözünürlüklü Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) verilerinden eğim tabakası elde edilmiştir.

3.2 Uygulama

Öncelikle her bir katman için belirlenen kriterleri doğrultusunda uygunsuz alanların haritası oluşturulmuştur. Daha sonra bu haritalar birleştirilerek Menemen bölgesinde güneş enerji santrali kurulması için uygunsuz olan bölgeler **Şekil 3**'te gösterilmiştir. Bunun sonucunda Menemen'in %65,91'inin güneş enerjisi kurulmasına uygun olmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 3. Uygunsuz alanların sonuç haritası.

Çalışma alanı için güneş enerjisi kurulması için uygunsuz alanlar tespit edildikten sonra ikinci adım olarak GES için kriterler belirlenmiştir. Menemen bölgesinde enerji nakil hattına 6000 metreden uzak alan bulunmadığı görülmektedir. Bu bakımdan da bu çalışmada uygunsuz bölgelerin belirlenmesinde bu kriter kullanılmamıştır. Tüm bu kriterlerin uygunluk seviyeleri ise **Çizelge 2**'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Kriterler için uygunluk seviyeleri.

Kriter\Uygunluk	Uygunsuz	Az	Orta	Yüksek
Eğim (%)	>11	11-8	8-4	<4
Arazi Kullanımı (m)	<500	500-1000	1000-1500	>2000
Akarsulara Uzaklık (m)	<400	400-800	800-1200	>1200
Göllere Uzaklık (m)	<400	400-800	800-1200	>1200
Yollara Uzaklık (m)	<100	100-200	200-300	>300
Enerji Nakil Hatlarına Uzaklık (m)	>6000	6000-4000	4000-2000	<2000

Kriterlerin birbirine göre üstünlükleri kesinlik içermediği için bu çalışmada BAHP kullanılmıştır. Öncelikle kriterler BAHP kullanılarak ağırlıklandırılmış ve sonrasında bu ağırlıklarına göre çakıştırılarak bölgenin son uygunluk haritası oluşturulmuştur. Sözel olarak ifadeler **Çizelge 3**'teki üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmüştür. **Çizelge 3**'te Excel ortamında oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi verilmiştir. İkili karşılaştırma matrisi oluşturulurken her bir kriterin diğer kriterler ile karşılaştırması yapılmış ve mevcut kriterin önemine göre üçgensel bulanık sayılardan biri verilmiştir.

Çizelge 3. İkili karşılaştırma matrisi.

Kriter	Enerji Nakil Hattı			Eğim			Arazi Kullanımı			Yollar			Akarsular			Göller		
ENH	1	1	1	1	3	5	3	5	7	3	5	7	5	7	9	5	7	9
Eğim	1	1/3	1/5	1	1	1	1	3	5	1	3	5	3	5	7	3	5	7
Arazi Kullanımı	1/3	1/5	1/7	1	1/3	1/5	1	1	1	1	3	5	3	5	7	3	5	7
Yollar	1/3	1/5	1/7	1	1/3	1/5	1	1/3	1/5	1	1	1	1	3	5	1	3	5
Akarsular	1/5	1/7	1/9	1/3	1/5	1/7	1/3	1/5	1/7	1	1/3	1/5	1	1	1	1	3	5
Göller	1/5	1/7	1/9	1/3	1/5	1/7	1/3	1/5	1/7	1	1/3	1/5	1	1/3	1/5	1	1	1

İkili karşılaştırma matrisindeki her bir sütün değerleri **Çizelge 4**'teki gibi toplanmış ve her bir hücre kendi sütün toplamına bölünerek o hücrenin yeni değeri hesaplanmıştır. Daha sonra satırlar toplanmış ve toplam değerleri ise o satırdaki eleman sayısına bölünerek o kriterin **Çizelge 5**'teki gibi ağırlığı belirlenmiştir. BAHP sonucunda en yüksek ağırlığa sahip kriter %41,67 ile enerji nakil hattı olmuştur. Bunu sırasıyla %21,94 eğim, %15,99 arazi kullanımı, %9,92 yollar, %5,96 akarsular, %4.52 göller izlemiştir.

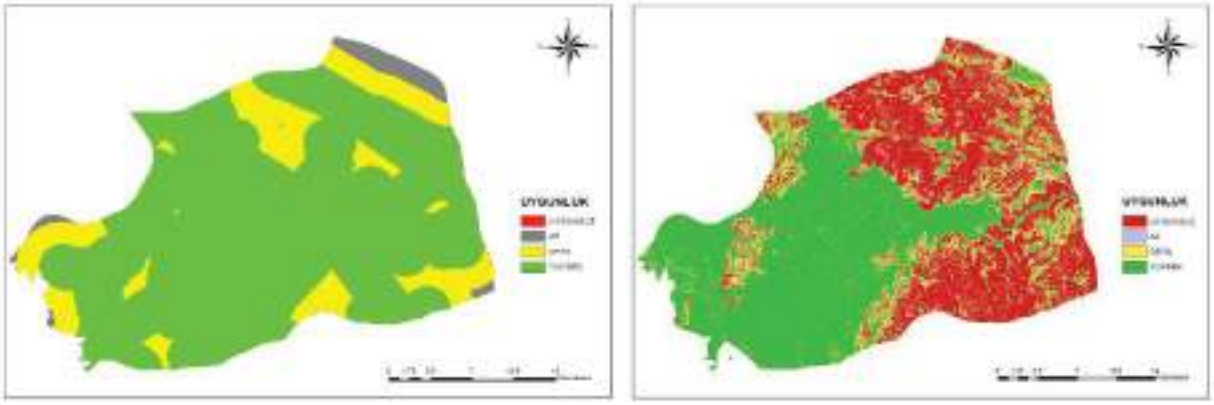
Çizelge 4. İkili karşılaştırma matrisi satır toplamları.

Kriter	Enerji Nakil Hattı			Eğim			Arazi Kullanımı			Yollar			Akarsular			Göller		
ENH	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	3.00	5.00	7.00	3.00	5.00	7.00	5.00	7.00	9.00	5.00	7.00	9.00
Eğim	1.00	0.33	0.20	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	1.00	3.00	5.00	3.00	5.00	7.00	3.00	5.00	7.00
Arazi Kullanımı	0.33	0.20	0.14	1.00	0.33	0.20	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	3.00	5.00	7.00	3.00	5.00	7.00
Yollar	0.33	0.20	0.14	1.00	0.33	0.20	1.00	0.33	0.20	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00	1.00	3.00	5.00
Akarsular	0.20	0.14	0.11	0.33	0.20	0.14	0.33	0.20	0.14	1.00	0.33	0.20	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	5.00
Göller	0.20	0.14	0.11	0.33	0.20	0.14	0.33	0.20	0.14	1.00	0.33	0.20	1.00	0.33	0.20	1.00	1.00	1.00
Toplam	3.07	2.02	1.71	4.67	5.07	6.69	6.67	9.73	13.49	8.00	12.67	18.40	14.00	21.33	29.20	14.00	24.00	34.00

Çizelge 5. Kriterlerin ağırlıkları.

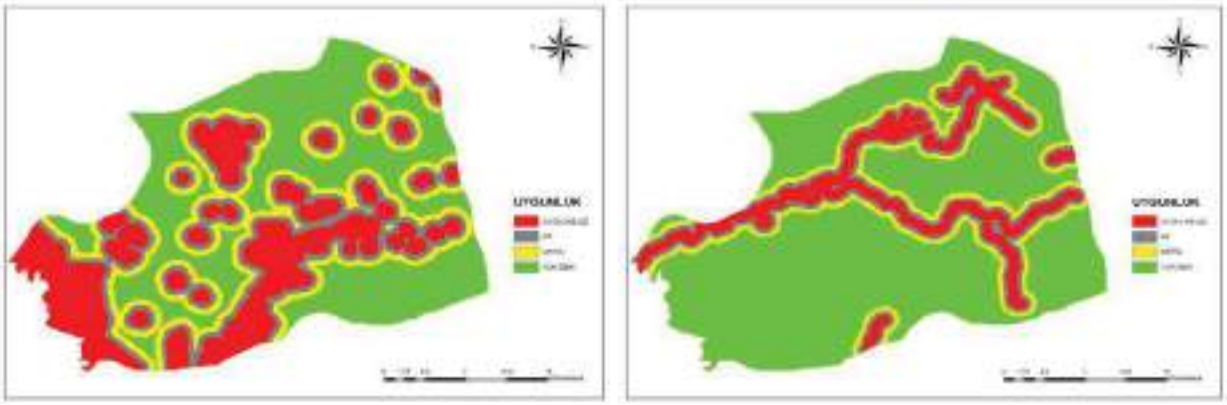
Kriter	Enerji Nakil Hattı			Eğim			Arazi Kullanımı			Yollar			Akarsular			Göller			Ağırlık	
ENH	0.33	0.50	0.59	0.21	0.59	0.75	0.45	0.51	0.52	0.38	0.39	0.38	0.36	0.33	0.31	0.36	0.29	0.26	0.42	41.67
Eğim	0.33	0.17	0.12	0.21	0.20	0.15	0.15	0.31	0.37	0.13	0.24	0.27	0.21	0.23	0.24	0.21	0.21	0.21	0.22	21.94
Arazi Kullanımı	0.11	0.10	0.08	0.21	0.07	0.03	0.15	0.10	0.07	0.13	0.24	0.27	0.21	0.23	0.24	0.21	0.21	0.21	0.16	15.99
Yollar	0.11	0.10	0.08	0.21	0.07	0.03	0.15	0.03	0.01	0.13	0.08	0.05	0.07	0.14	0.17	0.07	0.13	0.15	0.10	9.92
Akarsular	0.07	0.07	0.07	0.07	0.04	0.02	0.05	0.02	0.01	0.13	0.03	0.01	0.07	0.05	0.03	0.07	0.13	0.15	0.06	5.96
Göller	0.07	0.07	0.07	0.07	0.04	0.02	0.05	0.02	0.01	0.13	0.03	0.01	0.07	0.02	0.01	0.07	0.04	0.03	0.05	4.52
Toplam	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	100.00

Son aşamada ise **Çizelge 5**'te belirlenen ağırlıklara göre bu haritalar çakıştırılmış ve elde edilen sonuçlardan uygun olmayan bölgeler çıkarılarak Menemen için her bir kritere göre ayrı ayrı uygunluk haritaları oluşturulmuştur (**Şekil 4**). **Şekil 5**'te ise çalışma alanına ait GES kurulacak alanların uygunluk haritası verilmiştir.



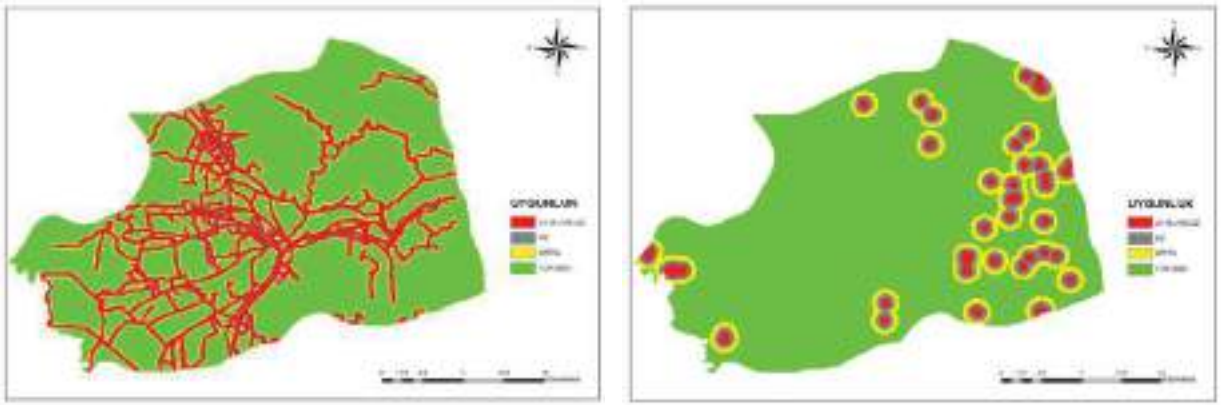
a) Enerji nakil hattı bakımından uygunluk haritası

b) Eğim bakımından uygunluk haritası



c) Arazi kullanımı bakımından uygunluk haritası

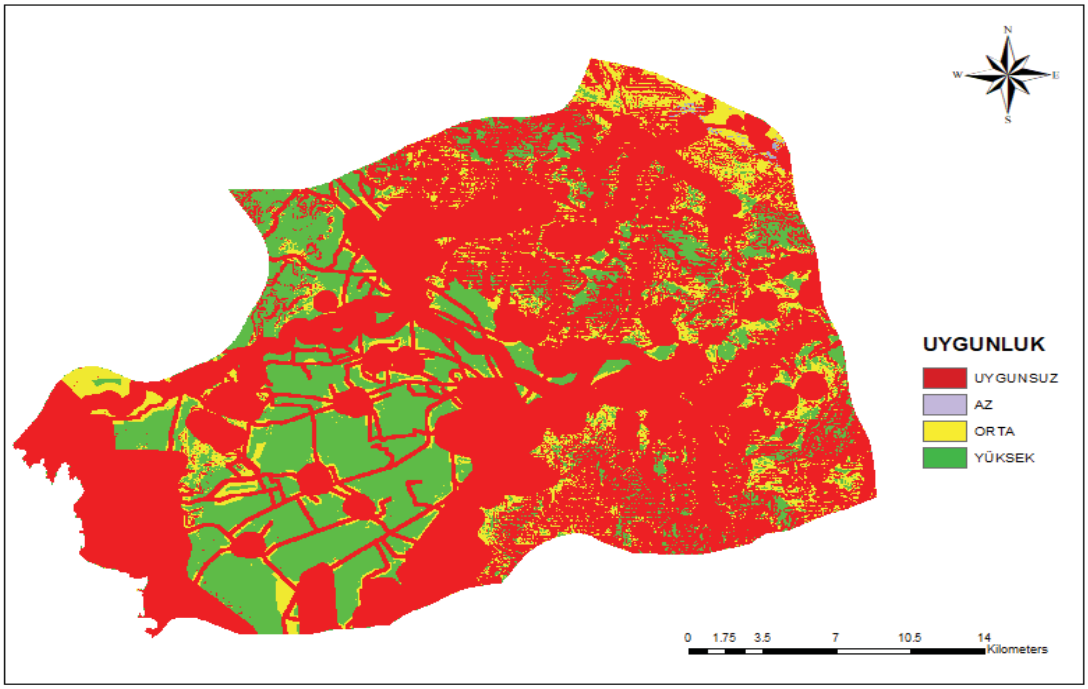
d) Akarsular bakımından uygunluk haritası



e) Yollar bakımından uygunluk haritası

f) Göller bakımından uygunluk haritası

Şekil 4. Her bir kritere göre ayrı ayrı uygunluk haritaları.



Şekil 5. Menemen için GES uygunluk haritası.

4. SONUÇLAR

Çalışma ışığında GES kurulumu için elde edilen uygunluklar **Çizelge 6**'da gösterilmiştir. Her bir kriter için ayrı ayrı ve bu kriterlerin bütünü ele alınarak elde edilen nihai uygunluklar belirtilmiştir. Sonuç olarak Menemen'in güneş enerjisi kurulumu için %65,91'i uygunsuz, %0,12'si az uygunlukta, %10,78'inin orta uygunlukta ve %23,19'unun ise yüksek uygunlukta olduğu anlaşılmıştır. Uygun alanlar genel olarak Menemen'in batısında ortaya çıkmıştır. Menemen'in genel olarak düşük eğimli oluşu ve enerji nakil hatlarının bölgenin tamamında bulunması nedeniyle yüksek uygunlukta alanlar çalışma sonucunda %23,19 çıkmıştır. Uygunsuz olarak sonuçlanan alanlarda genel olarak eğimi yüksek ve arazi kullanımı sınırlılığı vardır. Sadece yüksek uygunluklu bölgelerin yüzölçümleri, yaklaşık olarak 150 km^2'ye tekâmül etmektedir. Bu alanlara çok büyük ölçekli güneş enerji santrali kurulumu mümkündür. Bunun yanında yüksek uygunlukta çıkmayan alanlara da şebekeden bağımsız küçük ölçekli güneş enerji santralleri kurulabilir.

Çizelge 6. Uygunluk yüzdeleri.

	Uygunsuz (%)	Az (%)	Orta (%)	Yüksek (%)
Enerji Nakil Hattı	0	2,86	16,36	80,78
Eğim	32,60	9,01	11,84	46,55
Arazi Kullanımı	26,75	16,72	16,28	40,25
Yollar	15,97	11,83	8,68	63,52
Akarsular	11,91	10,04	9,05	69,00
Göller	3,08	6,66	8,41	81,85
Sonuç Uygunluk	65,91	0,12	10,78	23,19

Bu çalışmada teknik, çevresel, coğrafi ve ekonomik kriterler göz önünde bulundurularak CBS ortamında yapılan analizler ile güneş enerjisi kurulacak alanların belirlenmesinde pratik bir yöntem uygulanmıştır. Bunun yanında belirlenen kriterlerin ağırlıklandırılmasında BAHP ile ikili karşılaştırmalar yapılarak kolaylıkla sonuç elde edilmiştir. Aynı zamanda, kriterlerin birbirlerine göre üstünlükleri kesinlik arz etmediği için bulanık mantık kullanılması çalışmaya tutarlılık sağlamıştır.

TEŞEKKÜR

Harita Genel Komutanlığına, sağlamış olduğu 1/50000 ölçekli URLA K-17-c ve İZMİR K-18-d topoğrafik haritalar için teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Asakereh, A., Soleymani M., Sheikhdavoodi, M. J., 2017. A GIS-Based Fuzzy-AHP Method For The Evaluation of Solar Farms Locations: Case Study ın Khuzestan Province, Iran. *Solar Energy*, 155: 342–353.

Garni, H. Z., Awasthi, A., 2017. Solar PV Power Plant Site Selection Using A GIS-AHP Based Approach With Application in Saudi Arabia. *Applied Energy*, 206: 1225–1240.

Lin, L., Wang, C., 2012. On Consistency and Ranking of Alternatives in Uncertain AHP. *Natural Science*, 4(5): 340-348.

Merrouni, A. A., Elalaoui, F. E., Mezrhab, A., Mezrhab, A., Ghennioui, A., 2018. Large Scale PV Sites Selection by Combining GIS and Analytical Hierarchy Process. Case Study: Eastern Morocco. *Renewable Energy*, 119: 863-873.

Noorollahi, E., Fadai, D., Shirazi, M. A., Ghodsipour, S. H. , 2016. Land Suitability Analysis for Solar Farms Exploitation Using GIS and Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP)—A Case Study of Iran. *Energy*, 9(8): 643.

Potic, I., Golic, R., Joksimovic, T., 2016. Analysis of Insolation Potential of Knjaževac Municipality(Serbia) Using Multi-Criteria Approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56: 235–245.

Saaty, T. L., Vargas, L. G., 2012. *Methods, Concepts and Applications of the Analytic Hierarchy Process*. 2.basım, Springer International Publishing, New York. 1-2 sayfa.

Şahin, A. D., 2009, *1. Türkiye Güneş Enerjisi Kursu*. TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası, Ankara.

Uyan, M., 2013. GIS-Based Solar Farms Site Selection Using Analytic Hierarchy Process(AHP) ın Karapinar Region, Konya/Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28: 11-17

Yılmaz, M., 2012. Türkiye'nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi. *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi*, 4(2): 33-54.

[1] 2018. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes, [Erişim Tarihi: 29.07.2018]

[2] 2018. İzmir İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. http://www.izmirkulturturizm.gov.tr/TR,77463/menemen.html, [Erişim Tarihi: 19.05.2018]

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7042

SUMO TRAFİK SİMÜLASYONU KULLANILARAK TRAFİK DÜZENLEMELERİNİN ETKİLERİNİN GÖZLENMESİ

Can Boz[*1], *Fatih Gülgen*[2]

[1]Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, İstanbul. canboz@yahoo.com

[2]Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, İstanbul, fgulgen@yildiz.edu.tr

ÖZET

Ulaşım, yerleşik hayata geçtikten sonra insanlar için daha da önemli olmuştur. İnsanlık Sanayi Devrimi'nin ardından ulaşım ağlarını geliştirmeye, çeşitlendirmeye başlamıştır. Günümüzde ise karmaşıklaşan şehirler için yüksek maliyetli ulaşım projeleri hayata geçirilmektedir. Bu yüksek maliyetli projeler kamu harcamaları ile hayata geçirildiği için planlama aşamasında daha hassas davranılmalıdır. Bu neden ile yapılacak değişikliklerin ne gibi sonuçlarının olacağı yüksek doğruluk ile simüle edilmelidir. Yapılan değişiklerin gözlenmesi için üretilmiş MATSIM, SUMO ve VISSIM gibi çeşitli yazılımlar bulunmaktadır. SUMO (Simulation of Urban MObility) Alman Uzay Ajansı tarafından geliştirilen açık kaynak kodlu bir simülasyon programıdır. Yapılan çalışmada SUMO programı kullanılarak Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü'nün ana giriş ve bağlantılarında yapılan kavşak düzenlemesinin sonuçları irdelenmiştir.

SUMO programı ile karmaşık sistemlere gerek duymadan girdi türleri kullanılarak simülasyonun çalışabildiği gösterilmiştir. Program çıktısı olarak elde edebileceğimiz araç iz bilgisi, trafik yoğunluk bilgisi gibi veriler hem akademik hem de kamu özel sektörde kullanılabilirliğini kanıtlamıştır. Çalışma alnında ise yapılan değişikliğin trafik yoğunluğunu özellikle yoğun saatlerde %71.8 oranında azaltmıştır.

Anahtar Sözcükler: simülasyon, SUMO, kavşak düzenlemesi

ABSTRACT

Definition to Effects of Intersection Arrangement by SUMO Traffic Simulation

Transportation has become even more important for people who since the resident's life passed. Humanity has begun to develop and diversify transportation networks after the industrial revolution. Today, high-cost transportation projects for cities are getting complicated. These high-cost projects should be treated more precisely in the planning phase as they are using public expenditure. For this reason, the consequences of the changes to be made should be simulated with high accuracy. There are various softwares such as MATSIM, SUMO and VISSIM which are devoloped to observe the changes made. SUMO (Simulation of Urban Mobility) is an open source simulation program developed by the German Space Agency. The results of the Intersection Arrangement made at the main entrance and connections of the Yıldız Technical University Davutpaşa Campus were examined using SUMO.

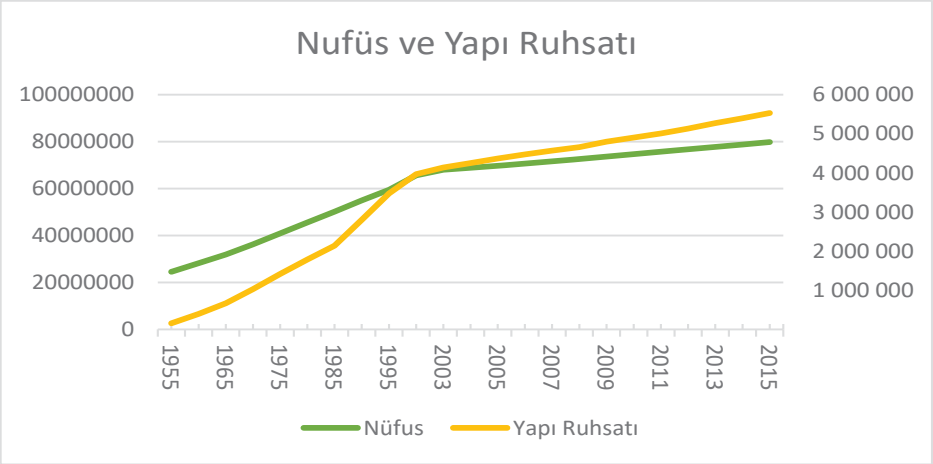
It has been shown that SUMO can run simulations using various input data types without the complex systems. The program output, such as vehicle trackers information, traffic density information, etc., proves usability in both academic and public sector. In the study area, the Intersection Arrangement intensity has decreased by 71.8% especially in peak hours.

Keywords: simulation, SUMO, intersection arrangement

1. GİRİŞ

İnsan nüfusu son 100 yılda geçmişteki yıllar da olan artış miktarından çok daha hızlı bir şekilde artmıştır. İnsan nüfusunun artması ve bununla birlikte şehirlerde yaşan insan sayısının genel nüfusa oranla yakın gelecekte kırda yaşayan insan sayısını geçeceği tahmin edilmektedir. 2000 yılında şehirde yaşayan nüfusun tüm dünya nüfusuna oranı %46.66 iken bu rakamın 2050 yılında %66.36 olacağı beklenmektedir (UN, 2014 Revision Population). Hızlı ve plansız şehir nüfusunun artması barınma ihtiyacının da artmasına neden olmaktadır. Bu ihtiyaç ise hem yoğunluk hem de alan olarak yerleşim bölgelerini arttırmaktadır. Ülkemizdeki yapı ruhsatı sayısı kaçak yapılar dahil edilmeden her geçen gün artmaktadır (Şekil 1.). Yapıların artması ile birlikte özellikle büyük şehirlerdeki ulaşım ağları karmaşıklaşmaya başlamaktadır. Daha önce kırsal alan olan ancak daha sonra yoğun yerleşim alanları olan bölgelerde yol ağları yetersiz kalmaktadır. Tüm bu nedenlerden dolayı yol ağları geliştirilmekte köprülü, ışıklı döner kavşak gibi farklı trafik çözümleri üretilmekte ve kullanılmaktadır. Trafik çözümleri üretilirken de çeşitli

simülasyonlar kullanılmaktadır. Bu sayede yapılacak olan yüksek bütçeli yatırımların sonuçları önceden öngörülebilmektedir.



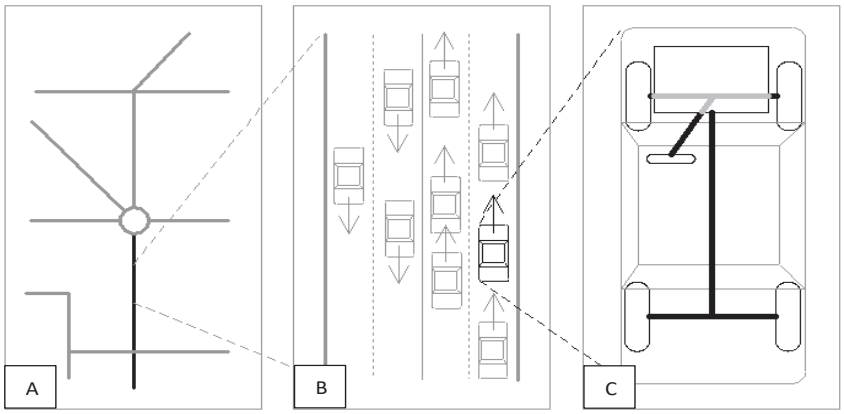
Şekil 1. Ülkemizdeki nüfus ve yapı kullanım ruhsatı sayısının yıllara göre artışı (TÜİK, 2018).

2. TRAFİK SİMÜLASYONLARI

Simülasyonların amacı gerçek hayatta karşılaştığımız doğal ya da beşerî olaylardan elde edilen modelleri kullanarak, normal hayatta karşılaşabileceğimiz diğer senaryoları üretmektir. Bu senaryo değişiklikleri rüzgâr ile sürüklenen yaprakların şehirde toplanacağı alanlar üzerine olabildiği gibi nükleer enerji santrallerindeki çekirdek ısılarındaki değişiklerin reaktöre etkileri hakkında da olabilmektedir. Trafik simülasyonları da diğer simülasyonlar gibi aynı amaca hizmet etmektedir. Trafik simülasyonları, trafik ağları ve sistemlerinin planlanması ve geliştirilmesinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Kotusevski ve Hawick, 2009).

Trafik simülasyonları macroscopic ve microscopic ve sub-microscopic olmak üzere temelde üç ana gruba ayrılmaktadır. Macro simülasyonlar çok büyük alanlarda, araçların her biri ile ilgilenmeden yoğunluk, emisyon gibi genel sonuçlar sunabilen türdeki simülasyonlardır. Micro simülasyonlar ise simülasyonda bulunan her aracın bireysel davranışlarıyla tek tek ilgilenen ve sonuçlar sunabilen simülasyon tipidir. Sub-microscopic simülasyonlar ise her bir aracın içerisindeki bileşenler ile ilgili veriler üretebilen simülasyon tipidir.

.



Şekil 2. Trafik simülasyonu tipleri a) Bacroscopic b) Microscopic c) Sub-microscopic (Krajzewicz, 2010).

Çalışmamızda kullanılan SUMO programı her bir aracın konumunu, güvenli mesafesini ve trafik ışıklarındaki reaksiyonları gibi günlük hayattaki trafikte karşılaştığımız tüm durumları içeren temelde micro ancak sonuçları üzerinde veri analizleri yapılarak macro değerler üretebileceğimiz açık kaynaklı simülasyon yazılımıdır.

Programın içerisine eklenebilecek trafik kazası, şerit daralmaları gibi işlemler ile yapılacak çalışmaların etkilerinin araç bazında gösterebilmesi, simülasyon çalışırken müdahale edilebilmesi SUMO'yu diğer yazılımlardan ayırmaktadır.

2.1 Simulation of Urban MObility

Sumo 2001 yılında Alman Uzay Ajansı(DLR) tarafından geliştirilmeye başlanmıştır. 2002 yılında yayınlanan program ile kullanıcılar trafik ağları üzerine çalışılabilecek microscopic tabanlı temel bir programa kavuşmuştur. Programın temel olarak 3 dosyayı kullanarak sonuçlar üretmektedir. Bunlar:

- Yol ağı
- Araç rotaları
- Yapılandırma

Temel dosyalara ek olarak, otobüs durakları, yol kapatma dosyaları, trafik düzenleme dosyaları simülasyona girdi olarak verilebilmektedir.

Bunun yanında SUMO geliştiriciler tarafından daha etkin kullanılması amacıyla simülasyon programına ek olarak 9 farklı bileşen geliştirilmiştir. Bu bileşenler ile diğer dosya tiplerinde olan yol ağlarını simülasyon için uygun hâle getirmek, istenilen yoğunlukta araç rotası oluşturmak, simülasyon çalışırken online olarak değişiklik yapmak, otobüs hatları ve durakları oluşturmak gibi çeşitli işlemlerin kullanıcılar tarafından daha kolay yapılabilmesini amaçlamaktadır.

SUMO açık kaynaklı bir yazılımdır. TraCI modülü ile Python programlama dili kullanılarak simülasyon içerisinde tüm bileşenlere müdahale edebilmektedir. Bu sayede çeşitlendirilebilmesi diğer simülasyon programlarına göre çok daha kolaydır.

SUMO yukarıda belirtilen tüm özellikleriyle birlikte çıktı olarak istenilen saniye sıklığında araç iz verisi, noktadan geçen araç türü ve sayısı verisi, araçların emisyon değerleri, şerit değiştirme bilgileri gibi çok çeşitli alanlarda kullanılabilecek çıktı verileri üretebilmektedir.

SUMO üzerinde oluşturulan çeşitli senaryolar internet üzerinden yayınlanmaktadır. Bunlardan en çok kullanılanları Köln, Lüksemburg be Bologna simülasyonlarıdır. Bu şehirlerde üretilmiş araç, otobüs hatları ve ışık zamanlamaları gibi birçok farklı özellik hazır olarak sunulmakta kullanıcılar istedikleri özelliklere müdahale ederek kendilerine özel araç iz verilerini elde edebilmektedirler.

3. UYGULAMA

3.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanımız İstanbul ili Esenler ilçesinde bulanan Eski Londra Asfaltı Caddesinin Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsünün güneyinde kalan kesimi olarak seçilmiştir. Bu alanın seçilmesinde ki etken, burada bulunan 3 kavşak noktasının 2016 yılında düzenlenmiş ve kavşağa bağlı olan çevre yollarda ekleme ve sadeleştirilmeler yapılmış olmasıdır. Çalışmada bu kavşaklarda yapılan değişikliklerin rastlantısal olarak oluşturulan trafik simülasyonu ile gözlenmesi ve sonuçlarının diğer çalışmalar için temel oluşturması amaçlanmıştır.



Şekil 3. Düzenleme yapılan bölgeler ve yıllar içinde değişikliklerin uydu görüntüsü a)2012 b)2017.

3.2. Yöntem

Çalışma alnın verileri hem "gönüllü coğrafi bilgi sistemi" Open Street Map(OSM) tarafından servis edilen temin edilmiş, hem de uydu görüntüler yardımı ile SUMO'nun bileşeni olan NetEdit ile çizilmiştir. OSM'den elde edilen verilerin simülasyona girdi olarak sunulabilmesi için NetConvert modülü kullanılarak gerekli tür dönüşümleri yapılmıştır.

Elde edilen iki farklı yol ağında araç rotalarının oluşturması işlemi DuaRouter modülü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Araç rotalarının oluşturulması sırasında rotalar rastlantısal olarak oluşturulmuştur.

Doğu ve orta bölümde yapılan değişikliklerde trafik ışıkları kaldırılmıştır. Bu ışıkların kaldırılmadan önceki döneminde ışık zamanlamaları bilinmediğinden bu zamanlamalar olarak en uygun aralıklar ile ayarlanmıştır.

Yoğun olmayan saatler için yapılan simülasyonda yoğunluk katsayısı 1, orta yoğun olarak belirlenen zamanda 2, çok yoğun olarak belirlenen zamanda 4 olarak belirlenmiştir. Bu değerler bu alanda yapılan diğer çalışmalar baz alınarak belirlenmiştir (D'Andrea ve Marcelloni, 2016).

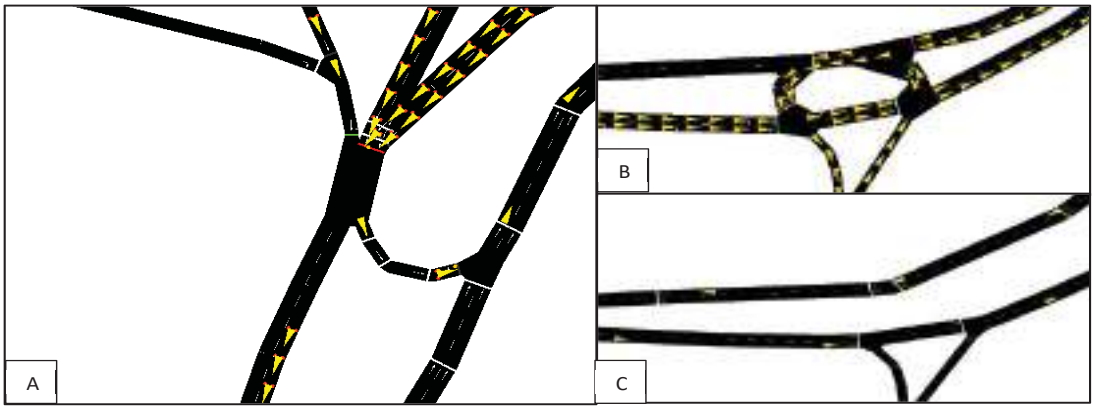
Simülasyonların sonucu olarak elde edilen araç takip verileri Python programlama dili kullanılarak ayıklanmıştır.

4. BULGULAR

Simülasyon oluşturulurken simüle edilecek son aracın iki simülasyonda da 3600. saniyede giriş yapması sağlanmıştır. Ancak kavşaklarda oluşan yoğunluklardan dolayı en son aracın simülasyonu terk ettiği süre değişmiştir. Bu zaman değişikliğine bakarak yapılan çalışmanın %71.8 oranında faydalı olduğu gözlenmektedir. Simülasyon izlendiğinde bu fark açık bir şekilde gözlenebilmektedir.

Çizelge 1. Simülasyonlara göre toplam araç sayıları ve simülasyon süreleri.

	Toplam Araç Sayısı	Simülasyon Süresi(sn)
2012 Yoğun Olmayan	3593	3726
2016 Yoğun Olmayan	3580	3593
2012 Orta Yoğun	7186	3735
2016 Orta Yoğun	7160	3630
2012 Çok Yoğun	14372	12908
2016 Çok Yoğun	14320	3639



Şekil 4. Simülasyon görüntüleri a)2012 doğu kavşağı b)2012 Orta kavşak c)2016 orta kavşak.

Simülasyonun görselleştirme bölümünden simülasyon izlenirken kavşaklardaki yığılmaların trafik ışıklarından kaynaklandığı görülebilmektedir. Özellikle araç yoğunluğu arttırılmış simülasyonlarda gerçek hayatta karşılaşılan kavşak içindeki aracın diğer yönden gelen aracın geçişini engellemesi durumu birebir gözlenmiştir.

5.SONUÇLAR

Artan nüfus ve ekonomik gelişme ile ortaya çıkan ulaşım sorunları çözümünde simülasyonlar gün geçtikçe daha da önemli hâle gelmektedir. Otonom araçların yaygınlaşacağı gelecekte araçlar trafik simülasyonlarını kendileri üretmeye başlayacak ve kullanacaktır. Günümüzde ise planlama amaçlı yapılan bu simülasyonlar kurumların ellerindeki kısıtlı bütçeler ile en fazla yararı sağlayabilmesi açısından kullanışlıdır.

SUMO kolayca kalibre edilebilmesi, çeşitli sonuç dosya türleri, Dünyada birçok geliştiricinin ürettiği kaynak kütüphaneleri ve basit kullanımı sayesinde ileri düzey mikroskobik bir trafik simülasyon programıdır. Yapılması planlanan şehir içi ulaşım değişikliklerinin sonuçları SUMO ile tahmin edilebilir. Sonuç dosya türleri sayesinde ise araç takip izleri üzerine çalışmak isteyen kişiler kendi verilerini üretebilirler.

Çalışma alanında yetkili kurumlar tarafından yapılan çalışmanın yoğun olmayan saatlerde bir farklılık yaratmasa da yoğun saatlerde %71.8 oranında azaltılmıştır. Ancak bu çalışmada alanın devamında bulunan kavşaklara oluşturulan trafik yoğunluğunun geri trafik oluşturma etkisi ele alınmamıştır.

Gelecek çalışmada çevredeki diğer kavşakların etkisi, kavşaklardan geçen araç sayılarının kurumlardan temin edilmesi, çalışma alnında bulunan minibüs duraklarında duraklama yapan araçların yoğunluğu ve zamanları simülasyona dahil edilerek simülasyonun gerçek hayata çok daha uygun veriler ürettirilmesine çalışılacaktır.

REFERANSLAR

D'Andrea, E., Mercelloni, F., 2016, Detection of Traffic Congestion and Incedents from GPS Trace Analysis, Expert System With Applications, 73:43-56.

Lee, W., Krumm, J., 2011. Trajectory Preprocessing. Zheng, Y., Zhou, X.(Ed) Computing with Spatial Trajectories, Springer International Publishing, United Kingdom, syf: 3-32.

United Nations, 2014, World Urbanization Prospects: The 2014 Revision. Department of Economic and Social Affairs, USA. 32 sayfa.

Kotusevski, G., Hawick, K., 2009. A Review of Traffic Simulation Software. Massey University

Institute of Information and Mathematical Sciences, United Kingdom. 19 Sayfa.

Krajzewicz. D., 2010, Traffic Simulation with SUMO – Simulation of Urban Mobility, Fundamentals of Traffic Simulation International Series in Operations Research and Management Science. Springer, Germany, 0884-8289, syf:269-294

Helbing, D., Hennecke, H., Shvetsov, V., Treiber, M., 2002, Micro and Macro-Simulation of Freeway Traffic, Mathematical and Computer Modeling, 35:517-547

Olstasssma, J., Tapania, A., 2011, A Review of Guidelines for Applying Traffic Simulation to Level of service Analysis, Procedia Social and Behavioral Sciences, 6:771-780

Krajzewicz, D., Hertkorn, G., Wagner, P., Rössel C., SUMO (Simulation of Urban MObility) An Open-Source Traffic Simulation, http://sumo.sourceforge.net/, [Erişim Tarihi 01.08.2018]

TUIK, 2018**,** Türkiye İstatistik Kurumu Yapı İzin İstatistikleri, http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1055, [Erişim Tarihi 01.08.2018]

TUIK, 2018**,** Türkiye İstatistik Kurumu Genel Nüfus Sayımları Göstergeleri http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1047, [Erişim Tarihi 01.08.2018]



20 Eylül 2018

09:00-10:40

SALON 2009

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6116

ADANA SEYHAN BARAJ GÖLÜ ALANININ MEVSİMSEL DEĞİŞİMİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE ANALİZİ

Niyazi ARSLAN[1], Sevim Yasemin ÇİÇEKLİ [2], Cenk DÖNMEZ [3], Aliihsan ŞEKERTEKİN [4]

[1]Doç. Dr., Çukurova Üniversitesi, Ceyhan Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 01950, Adana, narslan@cu.edu.tr
[2] Arş. Gör., Çukurova Üniversitesi, Ceyhan Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 01950, Adana, yoturanc@cu.edu.tr
[3] Doç. Dr., Çukurova Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 01330, Adana, cdonmez@cu.edu.tr
[4]Arş. Gör. Dr., Çukurova Üniversitesi, Ceyhan Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 01950, Adana, asekertekin@cu.edu.tr

ÖZET

Uzaktan algılama; ekolojik çalışmalarda, sulak alan ve sulak alan yönetimi gibi konularda yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapay Sinir Ağları (YSA), beynin son derece basitleştirilmiş bir modeli olup, uzaktan algılamada uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmada; Çukurova için son derece önem arz eden Adana Seyhan Baraj Gölün'deki sulak alanların değişiminin mevsimsel analizi için, 26 Şubat 2016, 16 Mayıs 2016, 20 Ağustos 2016, 24 Kasım 2016 tarihlerinde alınan Landsat-8 OLI/TIRS uydu görüntüleri kullanılmıştır. Çalışmada, Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemi ile sınıflandırma işlemi yapılmış; göl alanı ve diğer alanlar olmak üzere iki sınıf oluşturulmuştur. Göl alanı her bir görüntü için hesaplanmıştır. Test verilerinden yararlanarak sınıflama doğruluğu hesaplanmış ve kappa değerleri Şubat, Mayıs, Ağustos ve Kasım verileri için sırasıyla 0.9928, 0.9964, 0.9694 ve 0,8482 olarak belirlenmiştir. Göl alanında, mevsimsel olarak meydana gelen değişim, Adana için yıllık yağış miktarı ile ilişkilendirilmiştir. Çalışma sonucunda Adana Seyhan Baraj Gölü alanında mevsimsel bazda meydana gelen değişikliğin, yağış miktarı ile doğrudan ilgili olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Sözcükler: kıyı çizgisi, yapay sinir ağları (YSA), uzaktan algılama, Landsat 8, Seyhan Baraj Gölü

ABSTRACT

ANALYZING OF SEASONAL CHANGE OF ADANA SEYHAN DAM RESERVOIR AREA BY ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Remote sensing is widely used in ecological studies such as wetland management and wetland management. Artificial Neural Network (ANN) is a highly simplified model of the brain and is often used for classifying satellite images in remote sensing. In this study; Landsat-8 OLI / TIRS satellite images acquired on 26 February 2016, 16 May 2016, 20 August 2016 and 24 November 2016 were used for the seasonal analysis of the wetland changes in Adana Seyhan Dam Reservoir, which is extremely important for Çukurova region. Classification was performed by ANN method in the study including two classes namely reservoir area and other areas. The reservoir area was calculated for each image. The classification accuracy was obtained using the test data and kappa values were determined as 0.9928, 0.9964, 0.9694 and 0.8482 for February, May, August and November data, respectively. The seasonal change in the reservoir area, has been associated with annual rainfall for Adana. As a result of the study, it is concluded that the change in seasonal occasions in Adana Seyhan Dam Lake is directly related to the amount of precipitation.

Keywords: coastline, artificial neural networks (ANN), remote sensing, Landsat 8

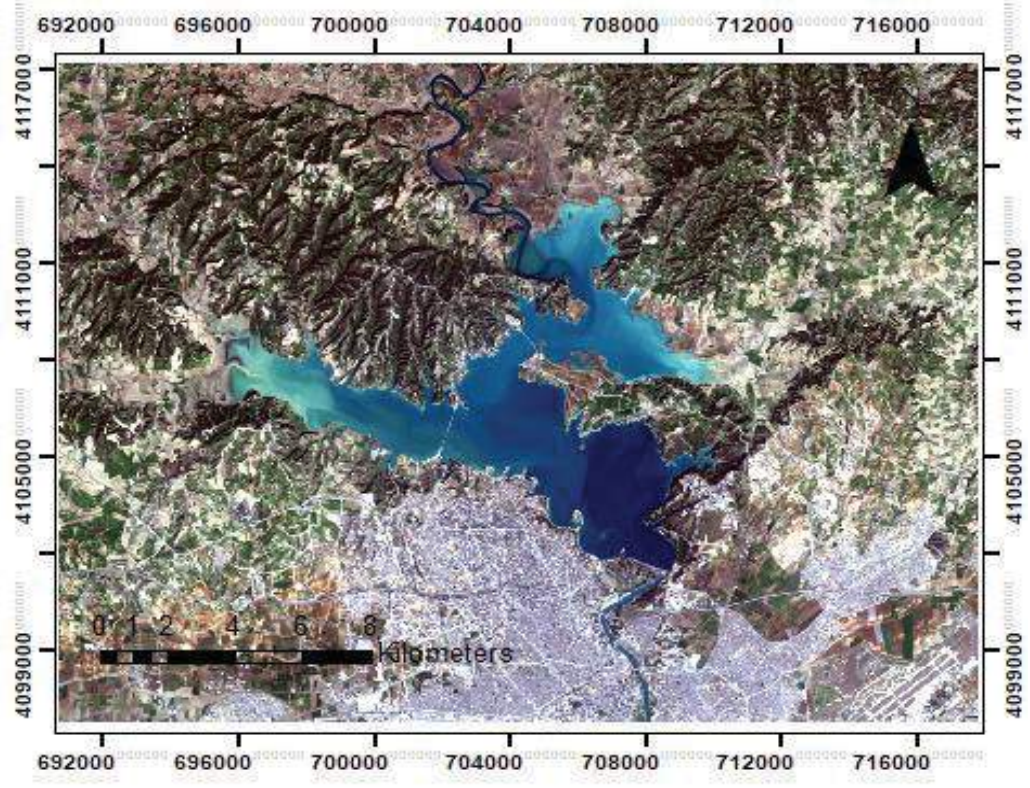
1. GİRİŞ

Nüfusun hızla artması ile su ve sulak alan yönetimi önem kazanmış, su kaynaklarının korunması ve gözlenmesi amacıyla yapılan çalışmalar hızla artmıştır. Teknolojinin gelişimiyle kıyı değişim analizlerinde uzaktan algılama biliminin kullanımı yaygınlaşmıştır. Günümüzde uzaktan algılama çevre, su, sulak alan çalışmalarında hızlı ve ekonomik çözümler sunmaktadır.

Kıyı çalışmalarında uydu teknolojilerinin kullanımı üzerine birçok çalışma bulunmaktadır. Güney ve Polat (2015), Çandarlı ve Aliağa sahilinde kıyı çizgisinin yıllara göre değişimi incelemiştir. Araştırmada kıyı çizgisindeki değişimin belirlenebilmesi için Landsat uydu görüntüleri kullanılmıştır. 1975, 1987 ve 2000 uydu görüntülerinden kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma yöntemi ile kara ve deniz alanı belirlenmiştir. Yaklaşık 153 hektar alanın denizin doldurulması suretiyle kazanıldığı tespit edilmiştir. Turgut ve Küçükönder (2016), Ceyhan havzasında yer alan Kandil, Kartalkaya, Kılavuzlu, Sır, Menzelet ve Ayvalı barajlarına ait 2015 yılı Landsat 8 görüntülerini kullanarak, NDVI, Ana Bileşenler Analizi ve ISO-DATA Kontrolsüz Sınıflama teknikleri ile sınıflandırma yapmış ve kirletici etmenlerin yayılımını tespit etmişlerdir.
Uzaktan algılama çalışmalarında Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemi sıklıkla kullanılmaktadır. Özçelik ve Arısoy (2006), İzmir, Foça'nın Aster ve Quickbird uydu görüntülerini YSA ile sınıflayarak su derinliğini tespit etmiştir. Quickbird uydu görüntüleri için daha yüksek doğruluk elde edilmiştir. Hong vd. (2004) bulutlu uydu görüntülerinin sınıflandırılması için YSA kullanmış ve sınıflandırma görüntülerini yağış tahmin etmek için kullanmışlardır.
Adana Seyhan Baraj Gölü ve çevresinde yapılmış uzaktan algılama çalışmaları bulunmaktadır. Erdoğan vd. (2014), Seyhan Baraj Gölü ve çevresine ait 12 adet LANDSAT 7 ve LANDSAT 8 görüntüsünün eğitimsiz sınıflamasını yapmış, aylık yüzey alanlarını hesaplamış, yüzey alanları ile su seviyesi ve doluluk oranı arasındaki ilişkiyi tespit etmiştir. Çiçekli ve Özkan (2016), Seyhan Baraj Gölü'nün 2015 yılının her ayı için LANDSAT 8 görüntülerini Maksimum Likelihood eğitimli sınıflama yöntemi ile sınıflandırmış ve göl alanının aylık olarak değişimini tespit etmiştir.
Bu çalışmanın amacı, Adana Seyhan Baraj Gölü alanının mevsimsel bazda değişimini gözlemlemek ve yağış miktarının göl alanına olan etkisini analiz etmektir. Ayrıca, uzaktan algılama çalışmalarında YSA yönteminin sulak alanlardaki sınıflama doğruluğu analizi gerçekleştirilmiştir.

2. ÇALIŞMA ALANI

Adana Seyhan Baraj Gölü, Adana'nın kuzeyinde, bölgeyi Seyhan Nehri'nin sebep olabileceği su baskınlarından korumak ve bölgede tarım alanlarını sulamak amacıyla inşa edilmiş toprak dolgu tipi bir barajdır (Erdoğan vd., 2014). Bu nedenle, baraj gölü bölge için büyük bir öneme sahiptir. Çalışma alanı **Şekil 1**. de gösterilmiştir.



Şekil 1. Adana Seyhan Baraj Gölü Landsat-8 OLI/TIRS Uydu Görüntüsü.

3. MATERYAL

Bu çalışmada, 26 Şubat 2016, 16 Mayıs 2016, 20 Ağustos 2016 ve 24 Kasım 2016 tarihlerinde alınmış Adana Seyhan Baraj Gölü'ne ait Landsat-8 OLI/TIRS görüntüleri kullanılmıştır. **Çizelge 1**'de Landsat-8 OLI/TIRS bantları ve özellikleri verilmiştir. Sınıflandırma işleminde mavi, yeşil ve kırmızı bantlar kullanılmıştır.

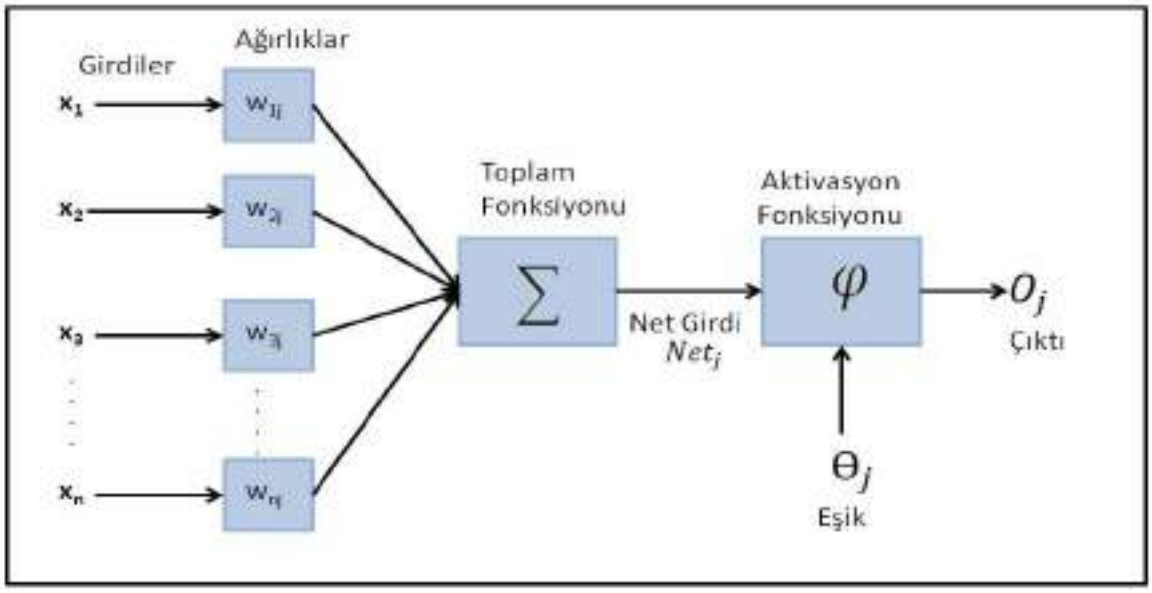
Çizelge 1. Landsat 8 OLI/TIRS bantları , dalgaboyu ve konumsal çözünürlükleri (U. S. Geological Survey 2018).

Band	Dalgaboyu (mikrometre)	Çözünürlük (metre)
Band-1 Ultra Blue (Kıyı Aerosol)	0.43-0.45	30
Band-2 Mavi	0.45-0.51	30
Band-3 Yeşil	0.53-0.59	30
Band-4 Kırmızı	0.64-0.67	30
Band-5 Yakın Kızılötesi (NIR)	0.85-0.88	30
Band-6 Kısa Dalga Kızılötesi (SWIR-1)	1.57-1.65	30
Band-7 Kısa Dalga Kızılötesi (SWIR-2)	2.11-2.29	30
Band-8 Pankromatik	0.50-0.68	15
9 Cirrus	1.36-1.38	30
Band-10 Termal Kızılötesi (TIRS-1)	10.60-11.19	100*30
Band-11 Termal Kızılötesi (TIRS-2)	11.50-12.51	100*30

4. YÖNTEM

4.1. Yapay Sinir Ağları (YSA)

Yapay Sinir Ağları (YSA), karmaşık yapılı sistemler için kullanışlı matematiksel bir modelleme aracıdır (Hamed, 2004). YSA'nın temel bileşeni nörondur (Nasr, 2012). Nöronun yapısı **Şekil 2**'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Nöronun Yapısı.

x_1, x_2, x_3....., x_n girdiler, w_{1j}, w_{2j}, w_{3j}...., w_{nj} girdilerin ağırlıklarıdır. Net Girdi eşitlik 1'de gösterilmiştir.

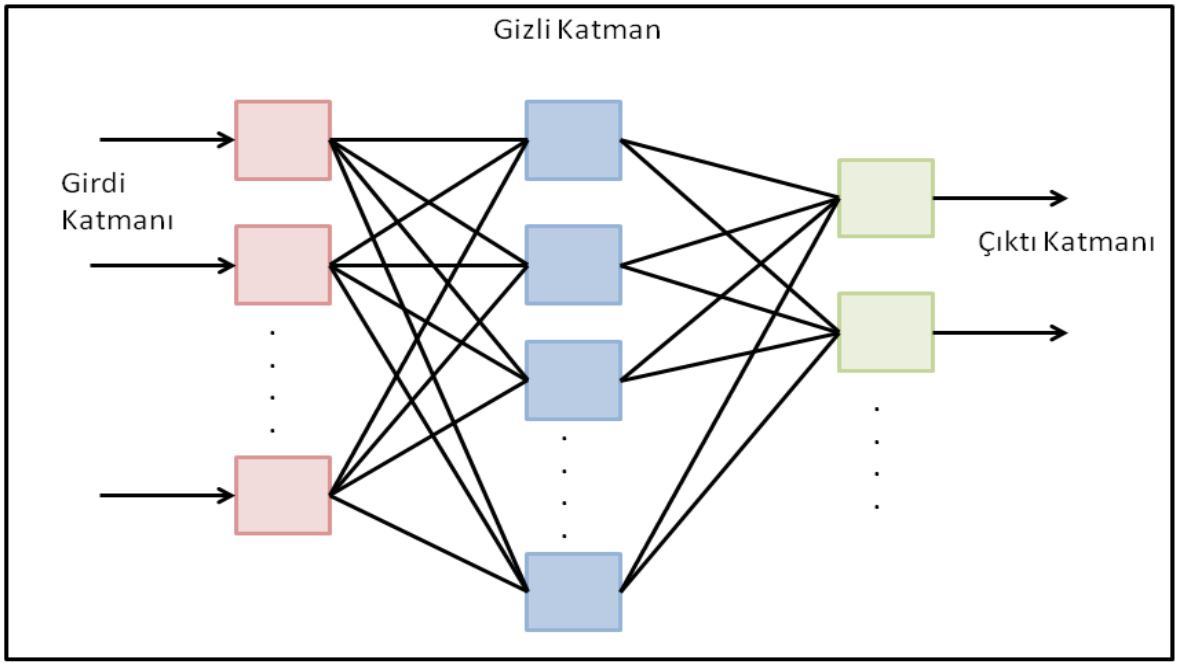
$$\text{Net Girdi} = \sum x_i \times w_{nj} \quad (1)$$

Aktivasyon fonksiyonu eşitlik 2'de tanımlanmıştır.

$$\varphi = F(x) \quad (2)$$

YSA, nöronların kombinasyonundan meydana gelir. YSA, girdi katmanı, gizli katman ve çıktı katmanı olmak üzere üç katmandan oluşur. Girdi katmanı dışarıdan girdiyi alarak gizli katmana iletir. Gizli katman, giriş katmanından gelen verileri ağırlıkla çarpar ve verileri çıkış katmanına aktarır. Çıktı katmanı, sonuçları dışarıya aktamaktadır.

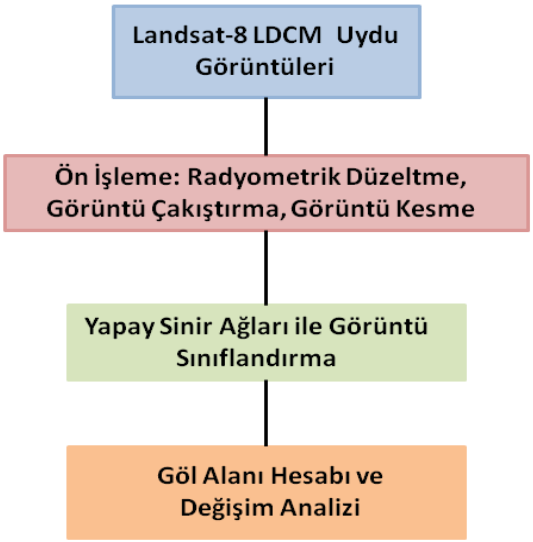
YSA'nın yapısı **Şekil 3**'te gösterilmiştir. Bu çalışmada, bir gizli katman ve lojistik Aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. 1000 iterasyon yapılmıştır. Çıktı katmanı sınıflanmış Landsat-8 görüntülerini aktamaktadır.



Şekil 3. YSA'nın Yapısı.

5. UYGULAMA

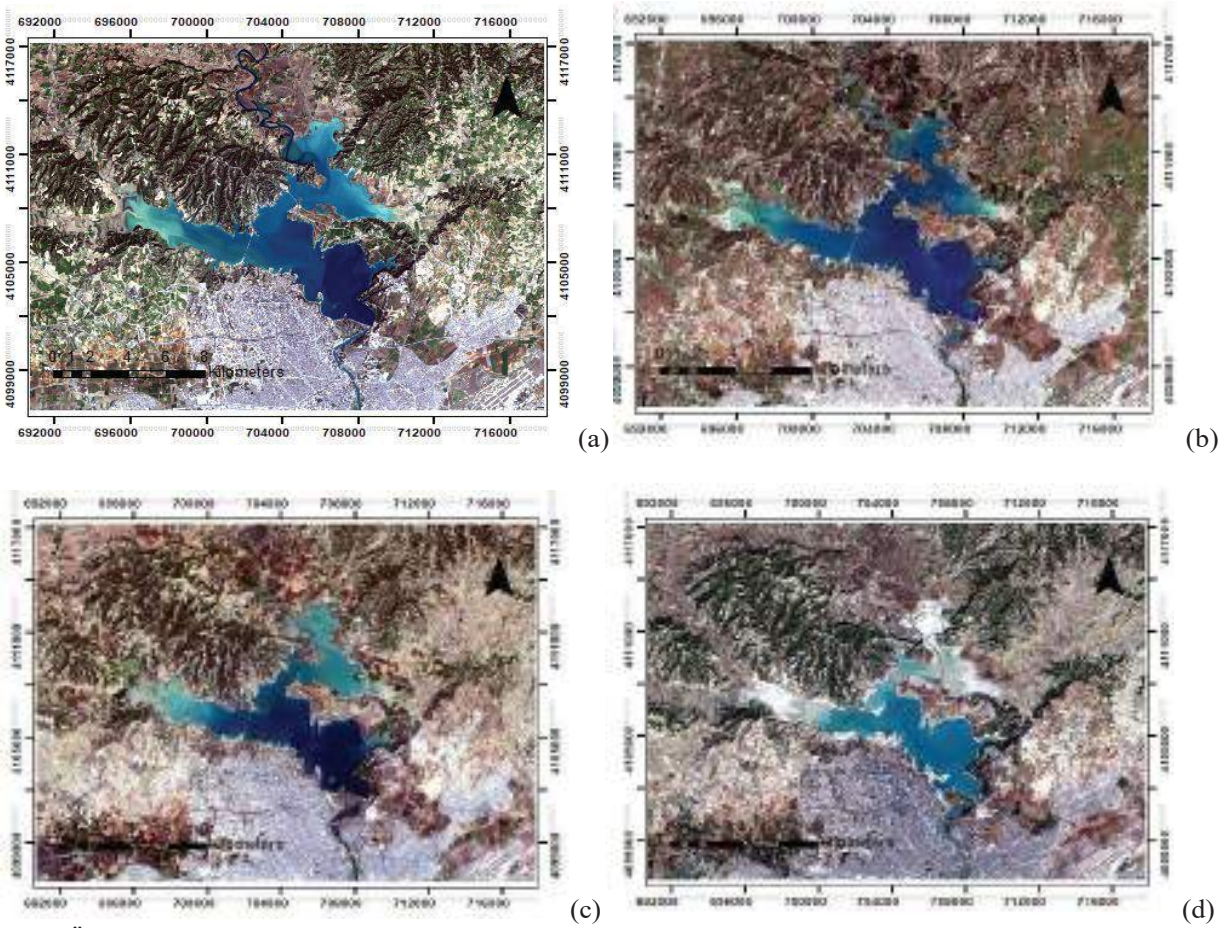
Çalışmanın iş akış diyagramı **Şekil 4**'te sunulmuştur.



Şekil 4. İş Akış Diyagramı.

5.1. Görüntü Ön-işleme

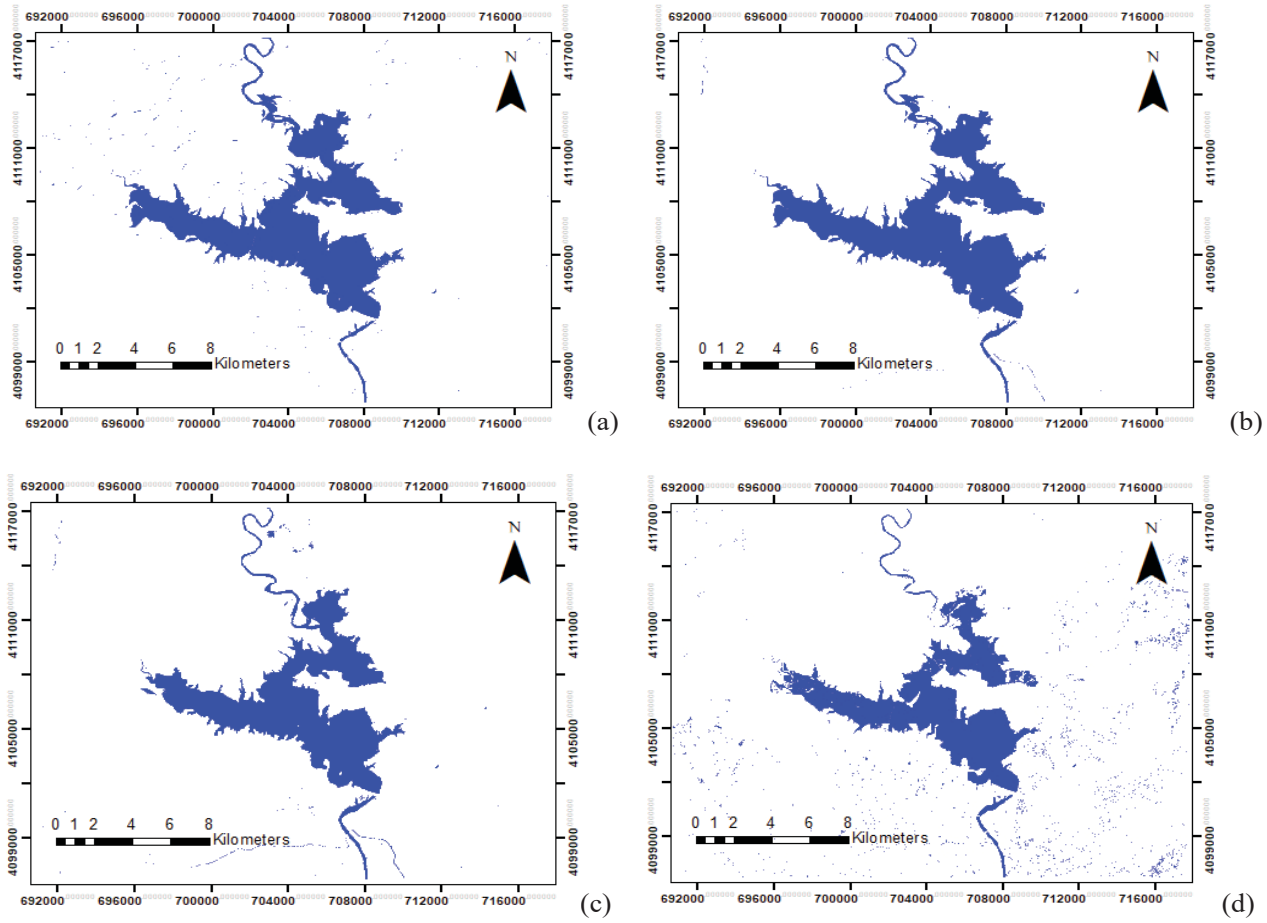
Görüntü ön-işlemede sırasıyla radyometrik düzeltme ve görüntü çakıştırma (image registration) işlemleri yapılmış, sonrasında da görüntüler çalışma alanını kapsayacak şekilde kesilmiştir. Görüntü çakıştırma işlemi; bağ noktaları olarak adlandırılan bir dizi özellik noktasını bulma ve eşleme ile yapılır. Bu noktalar kullanılarak iki görüntü arasındaki geometrik dönüşümün parametreleri hesaplanır. Görüntü çakıştırma işleminde, Şubat ayı görüntüsü baz alınarak diğer görüntüler bu görüntüyle çakıştırılmıştır. **Şekil 5**'te ön-işleme adımları sonrasında elde edilen Landsat-8 OLI/TIRS uydu görüntüleri sunulmaktadır.



Şekil 5. Ön-işleme adımları sonrasındaki çalışma alanının doğal renkli (RGB) Landsat-8 uydu görüntüleri (a) 26 Şubat 2016, (b)16 Mayıs 2016, (c) 20 Ağustos 2016, (d) 24 Kasım 2016.

5.2. YSA ile sınıflandırma

Görüntü sınıflama için YSA yöntemi kullanılmıştır. Bu adımda, görüntülerde iki sınıf oluşturulmuştur. "Göl Alanı" ve "Diğer Alanlar" oluşturulan sınıflardır. Sınıflandırılmış görüntüler **Şekil 6** 'da sunulmuştur.



Şekil 6. YSA ile sınıflandırılmış Landsat 8 uydu görüntüleri (a) 26 Şubat 2016, (b) 16 Mayıs 2016, (c) 20 Ağustos 2016, (d) 24 Kasım 2016.

5.3. Göl Alanı ve Doğruluk Analizi

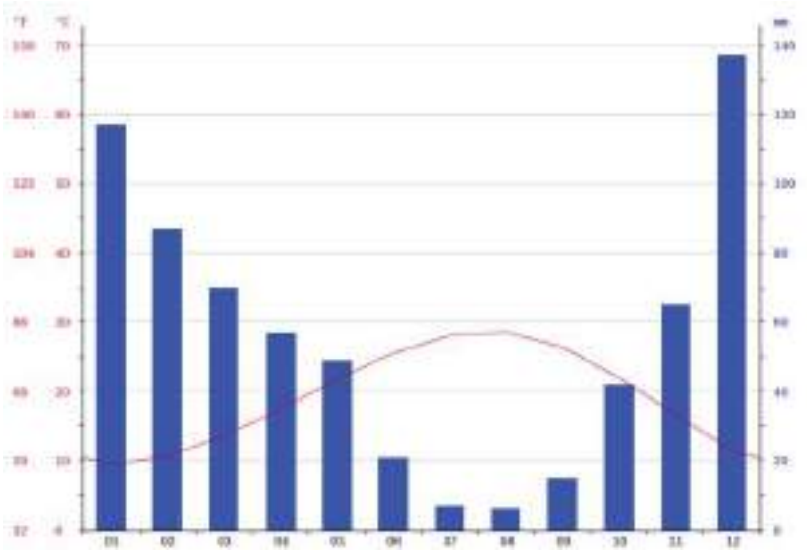
Sınıflandırılmış görüntüden yararlanarak göl alanları tespit edilmiştir (**Çizelge 2.**). Doğruluğu belirlemek için Google Earth üzerinden test verileri toplanmış ve test verilerinden yaralanarak sınıflandırma doğrulukları hesaplanmıştır. Sınıflandırma doğrulukları **Çizelge 3**'te sunulmuştur. Ayrıca, Adana için yıllık yağış ve sıcaklık grafiği **Şekil 7**'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Göl Alanları.

Görüntü	*Göl Alanı(m^2)*
Şubat	53393400.0000
Mayıs	53219700.0000
Ağustos	45834300.0000
Kasım	41831100.0000

Çizelge 3. Doğruluk analizi ile elde edilen sonuçlar.

Görüntü	*Doğruluk(%)*	*Kappa*
Şubat	99.8747	0.9928
Mayıs	99.9383	0.9964
Ağustos	99.5280	0.9694
Kasım	97.6652	0.8482



Şekil 7. Adana Yıllık Yağış/sıcaklık grafiği (Climate-Data 2018).

Akdeniz Bölgesi'ne en fazla yağış Aralık, en az yağış ise Ağustos ayında düşmektedir. Yağışın fazla olduğu dönemlerde göl alanında artış olduğu görülmektedir. **Çizelge 2**'de elde edilen sonuçlar **Şekil 7**'deki yıllık yağış miktarı ile birlikte irdelendiğinde Şubat ayında yağmur oranının fazla olması ile göl alanının 53393400 m^2 olduğu görülmektedir. Mayıs ayında yağmur miktarının Şubat ayına nazaran daha az düşmesine karşın göl alanının Şubat ile benzer seviyelerde olduğu görülmektedir. Bu durum, kar sularının erimesiyle oluşan suyun baraj gölünü doldurması ile açıklanabilir. Ağustos ayında yağış miktarının azalması ile birlikte baraj gölü alanının azaldığı belirlenmiştir. Kasım ayı için göl alanının yağmur miktarı ile uyuşmamasının nedeni; ilkbaharda kar sularının etkisi ile oluşacak taşkınların önlenmesi amacıyla barajdaki suyun tahliye edilmesidir.

6. SONUÇLAR

Çalışmada, Landsat 8 verileri kullanılarak Seyhan Baraj Gölü'nün mevsimsel değişimi incelenmiştir. Landsat 8 uydu verileri ön işleme sürecinden geçirilerek YSA yöntemi ile sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma işlemi sonucunda elde edilen göl alanı değerleri mevsimsel olarak analiz edilmiştir. Ayrıca, çalışma sonuçlarının yıllık bazda alınan yağış ve sıcaklık verileri ile olan ilişkileri incelenmiştir.

Çalışmada, YSA yöntemi ile su yapılarının sınıflandırılmasında yüksek doğruluklu sonuçlar elde edilmiştir. Yağış miktarının sulak alanlar üzerinde büyük etkisi olduğu görülmüştür. Yağışın fazla olduğu dönemlerden sonra göl alanında artış meydana gelmiştir. Yağışın az olduğu aylardan sonra, göl alanı azalmıştır. Baraj kapaklarının açıldığı dönemlerin de azalmaya neden olduğu düşünülmektedir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde uzaktan algılama teknolojisinin ve Landsat 8 verilerinin su yapılarının çıkarılmasında etkili sonuçlar sunduğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

Climate-Data, 2018, Climate: Adana, https://tr.climate-data.org/location/239/ [Erişim tarihi: 09.05.2018].

Çiçekli, S. Y., Özkan, C., 2016, Landsat 8'in Adana Seyhan Baraj Gölü Kiyi Çizgisinin Aylik Değişiminin Belirlenmesinde Kullanilmasi**,** *6. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2016)*, Adana, 1078-1082.

Erdoğan, M. A., Sönmez, F., Berberoğlu, S., 2014, Baraj Göllerinde Su Seviyelerinin Uzaktan Algılama ve CBS İle Tahmini Ve İzlenmesi: Adana Seyhan Baraj Gölü Örneği, *5. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2014)*, İstanbul.

Güney, Y, Polat, S., 2015, Uzaktan Algilama Verileri İle Kiyi Çizgisi Değişiminin Belirlenmesi: Aliağa Ve Çandarli Örneği, *Havacilik ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 8(1):11-17.

Hamed, M. M. , Khalafallah, M. G. , Hassanien, E. A., 2004, Prediction of wastewater treatment plant performance using artificial neural networks, *Environmental Modelling & Software*, 19(10): 919-928.

Hong, Y., Hsu, K. L., Sorooshian, S., Gao, X., 2004, Precipitation estimation from remotely sensed imagery using an artificial neural network cloud classification system, *Journal of Applied Meteorology*, 43(12):1834-1853.

Nasr, M. S. , Moustafa, M. A., Seif, H. A., and El Kobrosy, G., 2012, Application of Artificial Neural Network (ANN) for the prediction of EL-AGAMY wastewater treatment plant performance-EGYPT, *Alexandria engineering journal*, 51(1): 37-43.

Özçelik, C. , Arisoy, Y., 2006, Sığ sularda su derinliklerinin yapay sinir ağları kullanılarak uzaktan algılanması, *I. Uzaktan Algılama ve CBS Çalıştay ve Paneli*, İstanbul.

Turgut, A., Küçükönder, M., 2016, "Kahramanmaraş İli Barajlarinda Landsat 8 (Oli) Kullanarak Su Kalitesinin İzlenmesi", *6. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2016*), Adana, 640-649.

U. S. Geological Survey, 2018, What are the band designations, http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php [Erişim tarihi: 09.05.2018].

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6134

SENTINEL-2A ÇOK SPEKTRALI GÖRÜNTÜLERDEN İKİLİ KAR ÖRTÜSÜ HARİTALAMASI İÇİN İLK DOĞRULAMA SONUÇLARI

Semih KUTER[1], Zuhal AKYÜREK[2,3]

[1]Dr. Öğr. Üyesi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 18200, Çankırı, semihkuter@karatekin.edu.tr
[2]Prof. Dr., Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 06800, Ankara, zakyurek@metu.edu.tr
[3]Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Bölümü, 06800, Ankara

ÖZET

Kuzey yarım küredeki kış mevsimleri süresince karın yerküre yüzeyinin %40'ına yakın bir alanını kaplayabildiği düşünüldüğünde, mevsimsel kar örtüsünün kapsamı ve değişkenliğinin birçok iklimsel, hidrolojik ve ekolojik süreçte önemli rol oynadığı çok açıktır. Uzaktan algılama, 60'lı yılların ortalarından bu yana çeşitli türdeki düşük ve orta mekânsal çözünürlüğe sahip sensörlerce elde edilen zamanlı ve çok spektralı veriler yoluyla kar örtüsünün tutarlı bir şekilde izlenmesi için eşsiz fırsatlar sunmaktadır. Bu çalışmanın temel amacı, kar örtüsü haritalamasına yönelik olarak çok spektralı Sentinel-2A cihazının kullanımını araştırmak ve buna yönelik olarak yapılan doğrulama çalışmalarının ilk sonuçlarını ortaya koymaktır. Sentinel-2A ESA tarafından geliştirilmiş ve işletilen çok spektralı görüntüleyicinin adıdır. Cihaz 443 - 2190 nm aralığında ve üç farklı mekansal çözünürlüğe sahip toplam 13 spektral banta sahiptir (10 m'de 4 görünür ve yakın kızılötesi bant, 20 m'de 6 kırmızı kenar / kısa dalga-kızılötesi bant ve 60 m'de 3 atmosferik düzeltme bandı). Türkiye'nin kuzeydoğu kesiminde yer alan Yukarı Fırat Havzası, çalışma alanı olarak seçilmiştir. Fırat-Dicle havzasını besleyen en önemli kaynaklardan biri olan Doğu Anadolu'nun dağlık bölgelerindeki karla kaplı alanın modellenmesi, özellikle enerji üretimi, taşkın kontrolü, sulama ve baraj işletme çalışmalarına yönelik olarak kar erimesi miktarının tahmin edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Analizlerde Kasım 2016 ile Mayıs 2017 arasında çekilen 27 Sentinel-2A görüntüsü kullanılmıştır. Bu tarihlerdeki havza alanında bulunan 24 yer istasyonundan elde edilen kar ölçümleri doğrulama seti olarak alınmıştır. İkili kar örtüsü haritaları (kar / kar değil) Hall vd. (1995)'de tanımlanan metodoloji kullanılarak üretilmiştir. İkili sınıflandırma doğruluk metrikleri sonuçlarına göre, elde edilen Sentinel-2A ikili kar haritaları ACC (genel doğruluk) = 0.87, POD (algılama olasılığı) = 0.90 ve FAR (yanlış alarm oranı) = 0.06 değerleri ile yer istasyonu verileriyle iyi bir uyum içindedir.

Anahtar Sözcükler: ikili kar örtüsü haritalaması, kar hidrolojisi, karın uzaktan algılanması, Sentinel-2A

ABSTRACT

INITIAL VALIDATION RESULTS OF BINARY SNOW COVER MAPPING FROM SENTINEL-2A MULTISPECTRAL IMAGERY

Since snow can cover up to 40% of the Earth's land surface during the Northern Hemisphere winter, the extent and the variability of seasonal snow cover are important parameters in many climatological, hydrological, and ecological processes. Remote sensing has been providing unique opportunities for consistent monitoring of snow cover extent with timely and multispectral data acquired by various kinds of coarse and medium spatial resolution instruments since the mid-60s. This study aims to investigate the use of Sentinel-2A multispectral imagery for snow cover mapping and introduce the initial results of validation efforts. Sentinel-2A is the name of a multispectral imager developed and operated by ESA. The instrument has 13 spectral bands ranging from 443 to 2190 nm at three different spatial resolutions, i.e., 4 visible and near-infrared bands at 10 m, 6 red-edge/shortwave-infrared bands at 20 m, and 3 atmospheric correction bands at 60 m. Upper Euphrates Basin located in the north-eastern part of Turkey is selected as the study area. Modeling of snow-covered area in the mountainous regions of Eastern Turkey, as being one of the major headwaters of Euphrates–Tigris basin, has significant importance in order to forecast snowmelt discharge especially for energy production, flood control, irrigation and reservoir operation studies. 27 Sentinel-2A images acquired between November 2016 and May 2017 are used in the analysis. Snow measurements from 24 ground stations in the basin area within these dates are used as a validation set. The binary snow cover maps (i.e., snow/non-snow) are produced by using the methodology proposed in Hall vd. (1995). According to the results indicated by the binary accuracy metrics, the generated Sentinel-2A binary snow maps are in good agreement with the ground station data with ACC (overall accuracy) = 0.87, POD (probability of detection) = 0.90 and FAR (false alarm ratio) = 0.06.

Keywords: binary snow cover mapping, snow hydrology remote sensing of snow, Sentinel-2A

1. GİRİŞ

Kar, dünya yüzeyinin önemli bir fiziki ögesi olup mekânsal ve zamansal dağılımının sürekli gözlemlenmesi temel çevre araştırmaları açısından oldukça önemlidir. İklim bilimi açısından bakıldığında kar örtüsü, *i*) elektromanyetik spektrumun görünür ve kızılötesine yakın bölgelerindeki yüksek albedosu sayesinde güneşten gelen ışığın büyük miktarını yansıttığı (Hall ve Martinec, 1985) ve *ii*) zayıf ısı iletkenliği özelliğiyle bir yalıtkan madde gibi etki göstererek kış boyunca dünya yüzeyinden ısının serbest bırakılmasını engellediği için dünya ile atmosfer arasındaki enerji alışverişi süreci üzerinde doğrudan etkiye sahiptir (Zhang, 2005). Kar kütlesinde biriken su, kış mevsimi

boyunca potansiyel bir sel baskını riski taşıyan yüksek miktarda donmuş su rezervi olarak işlev görmekte olup aynı zamanda enerji ve su tedariki açısından kıymetli bir kaynak teşkil etmektedir (Akyürek vd., 2010).

Karın mekânsal dağılımı, önemli bir iklim değişkeni olarak kabul edilmektedir (Hüsler vd., 2012). Dolayısıyla karla kaplı alan (KKA)'ın doğru bir şekilde modellenmesi, kar-su eş değerinin daha iyi tahminlenmesi ve nihayetinde iklim değişikliği ve hidrolojik çalışmaların yanı sıra, atmosferik dolaşım ve hava tahmin modellerinin başarısı açısından da önemlidir (Clark vd., 2006; Hosaka vd., 2005). Saha ölçümlerine dayanan KKA analizleri (Laternser ve Schneebeli, 2003; Marty, 2008) yüksek kaliteli uzun zaman serisi verisi sağlasa da saha ölçümleri yoluyla KKA haritalanması ekonomik ve lojistik açıdan pratik değildir (Gafurov ve Bárdossy, 2009). Uzaktan algılama (UA), ilk operasyonel kar haritalamasının Amerikan Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi (National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA) tarafından yapıldığı 60'lı yılların ortalarından bu yana, çeşitli düşük ve orta mekânsal çözünürlüğe sahip sensörlerce elde edilen zamanlı ve çok spektralı verilerle kar örtüsünün istikrarlı bir şekilde izlenmesi için güçlü bir alternatif sunmaktadır (Hall ve Martinec, 1985).

UA ile üretilen kar örtüsü haritalarının güvenilirliğinin test edilmesi açısından sürekli olarak yapılacak doğrulama çalışmaları önemlidir. Dünya çapındaki kapsama alanı ve yaklaşık 30 yıllık veri kaydı ile Landsat TM ve ETM+, çoğu zaman en iyi doğrulama veri seti olarak düşünülmüş ve düşük ve orta mekânsal çözünürlüklü uydu görüntülerinden elde edilen çeşitli kar örtüsü ürünleri için algoritma geliştirme ve doğrulama çalışmalarında sıklıkla kullanılagelmiştir (Dobreva ve Klein, 2011; Hall vd., 1995; Hüsler vd., 2012; Salomonson ve Appel, 2004, 2006; Vikhamar ve Solberg, 2003). Bununla birlikte, ETM+ bantlarının kar ve kum gibi parlak hedefler için optik dalga boylarında doyması (Karnieli vd., 2004) ve SLC hatası (Zeng vd., 2013) (görüntü başına piksellerin %22'sinin taranmamasına neden olur) ETM+'ın sıkıntılı bir doğrulama kaynağı olmasına neden olmaktadır.

Türkiye'de kar kaplı alanların UA ile izlenmesi 2000 yılından bu yana farklı uydu görüntüleri kullanılarak yapılmaktadır (Akyürek ve Şorman, 2002; Ataş vd., 2016; Sürer ve Akyürek, 2012; Tekeli vd., 2005). 2005 yılından beri yürütülmekte olan EUMETSAT HSAF projesi kapsamında operasyonel günlük kar kaplı alan, etkili kar kaplı alan ve kar-su eş değeri ürünleri Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından dağlık alanlar için üretilmektedir. Proje ortağı Finlandiya Meteoroloji Enstitüsü (FMI) tarafından üretilen düzlük/ormanlık alan ürünü ile birleştirilen ürünler EUMETCAST aracılığı ile sunulmaktadır (http://hsaf.meteoam.it/). ODTÜ kar grubu tarafından yürütülen ürün geliştirme ve doğrulama çalışmalarında farklı mekânsal ve zamansal çözünürlükteki uydu görüntüleri kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, ESA (Avrupa Uzay Ajansı - European Space Agency) tarafından işletilmekte olan çok spektralı Sentinel-2A cihazının kar örtüsü haritalaması amacıyla kullanımının araştırılması ve bu doğrultuda yapılan validasyon çalışmalarına ait ön bulguların sunulması amaçlanmaktadır. Landsat ETM+ ile karşılaştırıldığında, Sentinel-2A daha yüksek mekânsal, radyometrik ve zamansal çözünürlüğe sahip olup, UA yolu ile elde edilen bölgesel ve küresel ölçekteki kar haritalarının sürekli doğrulaması amacıyla yapılacak olan çalışmalar için gelecek vadeden önemli bir veri kaynağı olarak görülmektedir. Bu amaca yönelik olarak, çalışma sahası olarak seçilen Yukarı Fırat Havzası'na ait 2016-2017 Türkiye kar sezonu için Sentinel-2A görüntülerinden üretilen ikili kar haritaları (kar/kar değil) yer istasyon verisi ile karşılaştırılarak analiz edilmiştir. Bu çalışmanın geri kalan kısmı şu şekilde düzenlenmiştir: Bir sonraki bölümde çalışma alanı, kullanılan uydu görüntü seti ve ilgili ön işleme aşamaları ile doğrulamada kullanılan yer istasyon verisi tanıtılmaktadır. Elde edilen bulgular ile ilgili ayrıntılar Bölüm 3'te verilmektedir. Son olarak, Bölüm 4'te çalışmanın sonuçları tartışılmaktadır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1 Çalışma Alanı ve Sentinel-2A Görüntüler

Sentinel-2A 443 - 2190 nm aralığında ve üç farklı mekânsal çözünürlüğe sahip toplam 13 spektral banta sahiptir (10 m'de 4 görünür ve yakın kızılötesi bant, 20 m'de 6 kırmızı kenar / kısa dalga-kızılötesi bant ve 60 m'de 3 atmosferik düzeltme bandı). Sentinel-2A spektral bantlara ait ayrıntılı bilgi Çizelge 1'de verilmektedir. Çalışma alanı olarak Türkiye'nin kuzeydoğu kesiminde yer alan Yukarı Fırat Havzası belirlenmiştir (Bkz. Şekil 1).

Fırat-Dicle havzasını besleyen en önemli kaynaklardan biri olan Doğu Anadolu'nun dağlık bölgelerindeki karla kaplı alanın modellenmesi, özellikle enerji üretimi, taşkın kontrolü, sulama ve rezervuar işletme optimizasyonuna yönelik olarak kar erimesi deşarjının tahmin edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Analizlerde Kasım 2016 ile Mayıs 2017 arasında çekilen 27 Sentinel-2A görüntüsü kullanılmıştır. Görüntülerin önişleme aşamasında ESA'nın SNAP yazılımı (SNAP, 2018) kullanılmıştır. Bu tarihlerdeki havza alanında bulunan toplam 24 yer istasyonundan elde edilen kar ölçümleri doğrulama seti olarak alınmıştır.

Çizelge 1. Sentinel-2A spektral bantlar.

[1] Bant no	[2] Dalga boyu (µm)	[3] Mekansal çözünürlük (m)
[4] Bant 1	[5] 0.430 – 0.458	[6] 60
[7] Bant 2	[8] 0.447 – 0.545	[9] 10
[10] Bant 3	[11] 0.538 – 0.582	[12] 10
[13] Bant 4	[14] 0.645 – 0.683	[15] 10
[16] Bant 5	[17] 0.694 – 0.714	[18] 20
[19] Bant 6	[20] 0.731 – 0.749	[21] 20
[22] Bant 7	[23] 0.768 – 0.796	[24] 20
[25] Bant 8A	[26] 0.848 – 0.882	[27] 20
[28] Bant 8	[29] 0.763 – 0.907	[30] 10
[31] Bant 9	[32] 0.932 – 0.958	[33] 60
[34] Bant 10	[35] 1.336 – 1.412	[36] 60
[37] Bant 11	[38] 1.542 – 1.686	[39] 20
[40] Bant 12	[41] 2.081 – 2.323	[42] 20

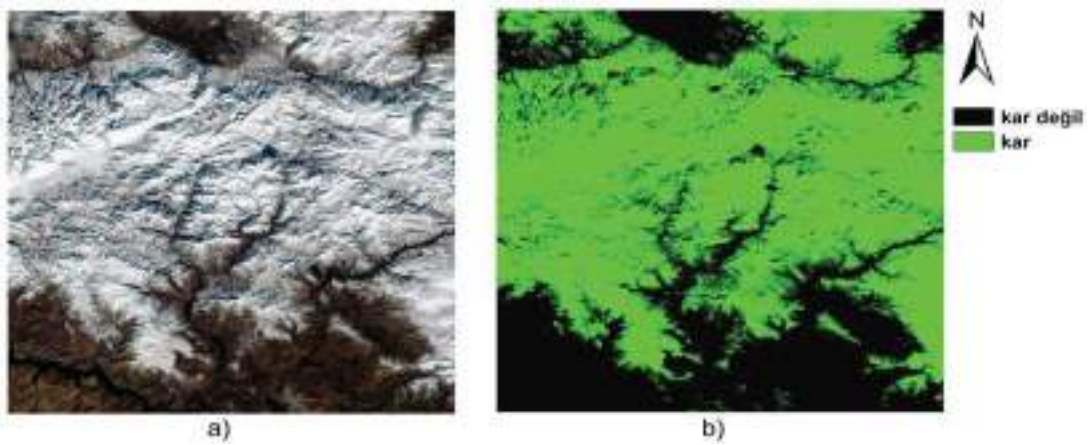


Şekil 1. Çalışma alanı.

İkili kar örtüsü haritaları (kar / kar değil) Hall vd. (1995)'de tanımlanan metodoloji kullanılarak üretilmiştir. Bu ikili kar sınıflandırma algoritmasında bir Sentinal-2A pikselinin kar olarak sınıflandırılabilmesi için bant 3 ve bant 11 reflektans değerlerinden üretilen ve Eşitlik 1'de verilen normalize fark kar indisi - normalized difference snow index (NDSI) değerinin ≥ 0.4, bant 3 reflektans değerinin ≥ %10 ve bant 8A reflektans değerinin > %11 olması koşullarının aynı anda sağlanması gerekmektedir. 9 Aralık 2016 tarihli ve T37SED karolu Sentinel-2A verisine ait RGB gerçek renk görüntü ve üretilen ikili kar haritası Şekil 2'de gösterilmektedir.

Uydu görüntü analizlerinde sıklıkla kullanılan elektromanyetik spektrumun görünür ve kızılötesi kısımlarında alçak bulutlar ve kar benzer radyometrik özeliklere sahiptir; görünür dalga boyunda her ikisi de yüksek reflektansa sahipken kızılötesi bölgede benzer termal karakteristik sergilerler. Bu durum özellikle yoğun bulut örtüsünün olduğu durumlarda kar sınıflandırmasında sıkıntı yarattığından analizlerde kullanılan görüntüler minimum bulut örtüsü olacak şekilde seçilerek USGS'in (Birleşik Devletler Jeolojik Araştırmalar - U.S. Geological Survey) ilgili web sitesinden indirilmiştir (https://earthexplorer.usgs.gov/). Çalışmada kullanılan Sentinel-2A görüntülerle ilgili ayrıntılı bilgi Çizelge 2'de verilmektedir.

$$\mathrm{NDSI}_{\text{Sentinel-2A}} = \frac{bant3 - bant11}{bant3 + bant11}. \quad (1)$$



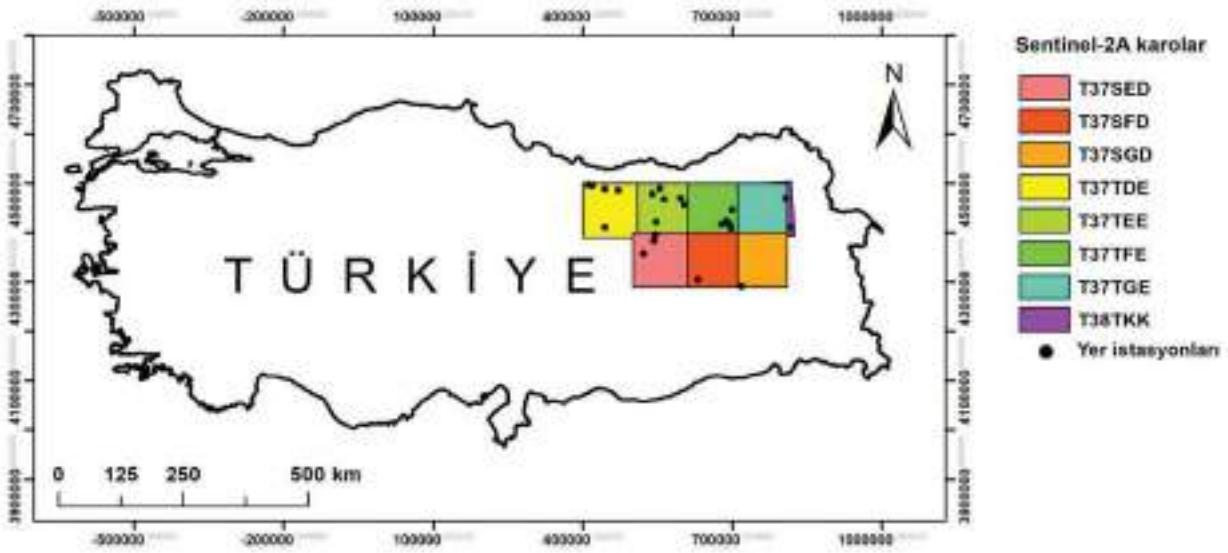
Şekil 2. 09.12.2016 tarihli T37SED Sentinel-2A: a) RGB gerçek renk görüntü b) ikili kar haritası.

Çizelge 2. Çalışmada kullanılan Sentinel-2A görüntüler.

[43]	Görüntü no	[44]	Görüntü tarihi	[45]	Karo no	[46]	Bulutluluk (%)
[47]	1	[48]	06.11.2016	[49]	T37TFE	[50]	6.45
[51]	2	[52]	06.11.2016	[53]	T37TGE	[54]	6.02
[55]	3	[56]	06.11.2016	[57]	T38TKK	[58]	5.53
[59]	4	[60]	09.12.2016	[61]	T37SED	[62]	1.72
[63]	5	[64]	19.12.2016	[65]	T37TDE	[66]	14.68
[67]	6	[68]	19.12.2016	[69]	T37TEE	[70]	30.34
[71]	7	[72]	22.12.2016	[73]	T37TDE	[74]	23.52
[75]	8	[76]	05.01.2017	[77]	T37TGE	[78]	21.03
[79]	9	[80]	05.01.2017	[81]	T38TKK	[82]	20.71
[83]	10	[84]	18.01.2017	[85]	T37TDE	[86]	25.18
[87]	11	[88]	10.02.2017	[89]	T37TDE	[90]	20.32
[91]	12	[92]	24.02.2017	[93]	T37SFD	[94]	13.01
[95]	13	[96]	24.02.2017	[97]	T37SGD	[98]	19.94
[99]	14	[100]	24.02.2017	[101]	T37TFE	[102]	2.46
[103]	15	[104]	24.02.2017	[105]	T37TGE	[106]	0.74
[107]	16	[108]	24.02.2017	[109]	T38TKK	[110]	0.94
[111]	17	[112]	06.03.2017	[113]	T37SGD	[114]	12.36
[115]	18	[116]	06.03.2017	[117]	T37TGE	[118]	30.26
[119]	19	[120]	06.03.2017	[121]	T38TKK	[122]	25.98
[123]	20	[124]	09.03.2017	[125]	T37TEE	[126]	7.49
[127]	21	[128]	09.03.2017	[129]	T37TFE	[130]	12.04
[131]	22	[132]	29.03.2017	[133]	T37SED	[134]	12.86
[135]	23	[136]	29.03.2017	[137]	T37TDE	[138]	16.23
[139]	24	[140]	29.03.2017	[141]	T37TEE	[142]	20.40
[143]	25	[144]	28.04.2017	[145]	T37SED	[146]	21.68
[147]	26	[148]	28.04.2017	[149]	T37TFE	[150]	30.34
[151]	27	[152]	25.05.2017	[153]	T37TFE	[154]	8.20

2.2 Yer Verisi

Kar derinliği otomatik meteoroloji istasyonları aracılığıyla MGM tarafından ölçülmektedir. 10 dakika aralıklarla ölçülen ham veriden çeşitli filtrelemeler uygulanarak günlük kar derinlikleri elde edilmektedir. Çizelge 2'de verilen görüntülerden üretilen ikili kar haritalarının validasyonu için toplam 24 yer istasyonuna ait kar ölçümleri kullanılmış olup bu istasyonların konumları ve ilgili Sentinel-2A karoları Şekil 3'te gösterilmektedir. Toplamda 61 yer verisi kullanılmıştır.



Şekil 3. Yer istasyonları ve Sentinel-2A karolarının konumları.

2.3 Sentinel-2A İkili Kar Haritalarının Yer İstasyon Verisi ile Karşılaştırılması

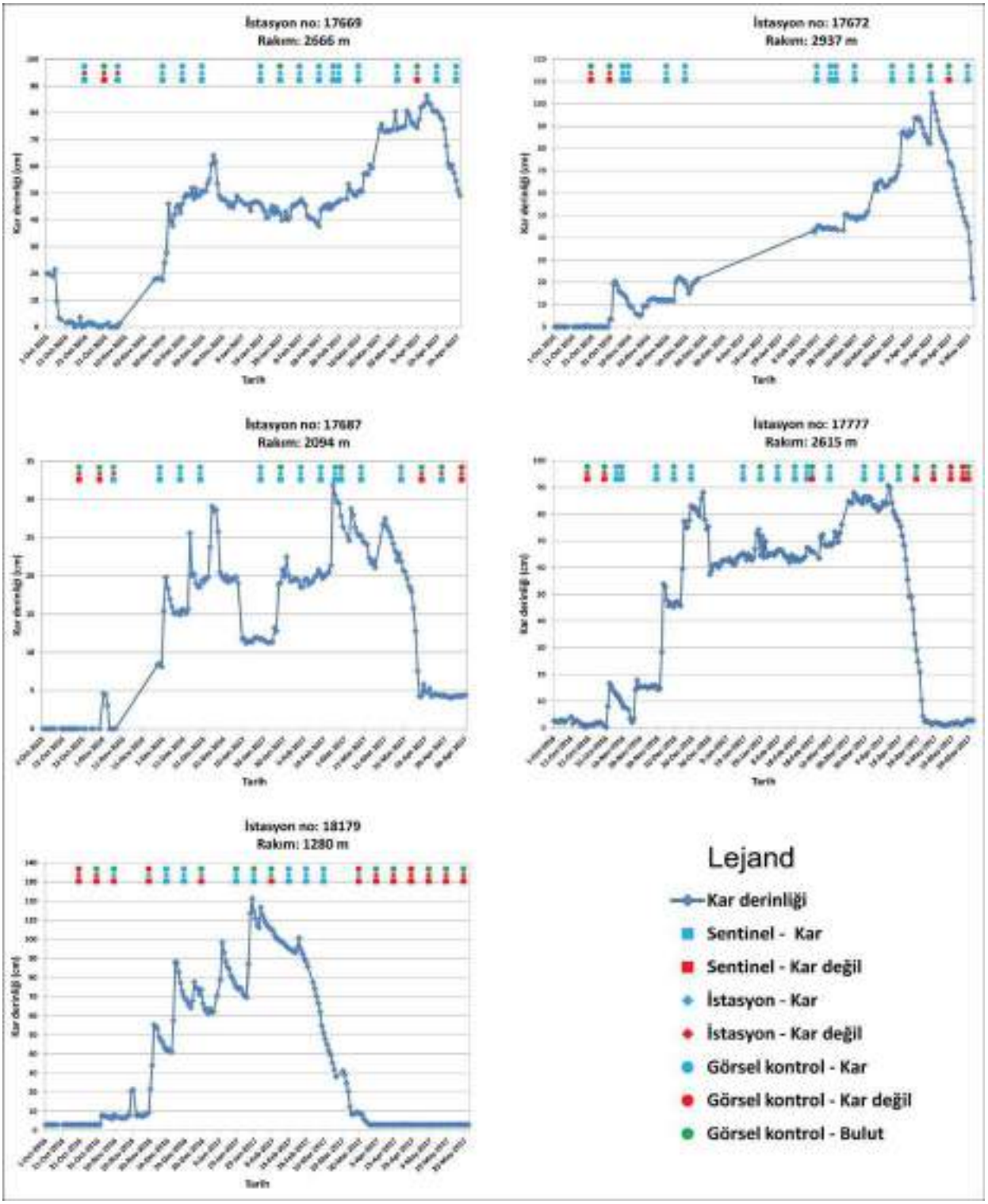
Çalışma alanındaki uydu görüntülerinden elde edilen ikili kar haritalarının yer istasyon verileriyle karşılaştırılmasında Çizelge 3'te verilen örnek ikili hata matrisi ve bu matristen üretilen ve aşağıda belirtilen performans değerlendirme metrikleri kullanılmıştır (Doswell III vd., 1990):

- Algılama olasılığı - Probability of detection (POD) = A/(A+C)
- Yanlış alarm oranı - False alarm ratio (FAR) = B/(A+B)
- Yanlış algılama olasılığı - Probability of false detection (POFD) = B/(B+D)
- Doğruluk - Accuracy (ACC) = (A+D)/(A+B+C+D)
- Kritik başarı endeksi - Critical success index (CSI) = A/(A+B+C)
- Heidke puanı - Heidke skill score (HSS) = 2(AD-BC) / [(A+C)(C+D) + (A+B)(B+D)]

Çizelge 3. İkili hata matrisi.

		Yer İstasyon Verisi		
		kar	**kar değil**	
Uydu Görüntüsü	**kar**	**HITS (A)**	**FALSE ALARMS (B)**	HITS + FALSE ALARMS
	kar değil	**MISSES (C)**	**CORRECT NEGATIVES (D)**	MISSES+ CORRECT NEGATIVES
		HITS + MISSES	FALSE ALARMS + CORRECT NEGATIVES	

Farklı rakımlarda (1280 - 2937 m) işletilen otomatik meteoroloji istasyonlarından çalışmada kullanılan 5 tanesine ait 2016-2017 kar sezonu için ölçülen kar derinlikleri ve Sentinel-2A görüntülerinin elde edildiği günlerdeki sınıflandırma sonuçları Şekil 4'te sunulmaktadır.



Şekil 4. Yer istasyonlarından elde edilen kar derinliği ve ilgili istasyon lokasyonuna ait Sentinel-2A kar sınıflandırması değerleri.

3. SONUÇLAR

Uydu görüntülerinden elde edilen ikili kar haritalarının yer istasyon verisiyle karşılaştırılmasından **Çizelge 4**'teki ikili hata matrisi elde edilmekte olup, bu hata matrisi kullanılarak hesaplanan ikili performans metrikleri ise **Çizelge 5**'te verilmektedir.

Çizelge 4. Uydu görüntüleri ve yer istasyon verilerinden elde edilen hata matrisi.

		Yer İstasyon Verisi		
		kar	**kar değil**	
Uydu Görüntüsü	**kar**	46	3	49
	kar değil	5	7	12
		51	10	

Çizelge 5. Sentinel-2A ikili kar haritaları için hesaplanan doğrulama metrikleri.

[155]	**Performans metriği**	**[156]**	**Değer**
[157]	POD	[158]	0.9020
[159]	FAR	[160]	0.0612
[161]	POFD	[162]	0.3000
[163]	ACC	[164]	0.8689
[165]	CSI	[166]	0.8519
[167]	HSS	[168]	0.5572

Çizelge 5'te verilen doğrulama metrikleri incelendiğinde, Sentinel-2A görüntülerden üretilen ikili kar haritalarının POD = 0.90 ve ACC = 0.87 değerleri ile yer istasyon verisiyle uyum içinde ve oldukça yüksek doğrulukta olduğu gözlemlenmektedir. FAR = 0.06 ve POFD = 0.30 değerleri, görüntülerden elde edilen ikili kar haritalarında düşükte olsa sınıflandırma hatası olduğunu ortaya koymaktadır. Elde edilen ikili kar haritaları görsel olarak incelendiğinde, bu hatanın ya *i*) yer istasyonunun kar göstermediği durumda aslında bulut olan pikselin algoritma tarafından hatalı olarak kar olarak sınıflandırılmasından ya da *ii*) yer istasyonunun kar gösterdiği durumda bulut olan pikselin algoritma tarafından doğru olarak kar değil olarak sınıflandırılmasından kaynaklandığı görülmektedir.

4. TARTIŞMA

Karın mekânsal ve zamansal dağılımının yüksek doğrulukla belirlenmesi, hidrolojik, iklimsel ve diğer bağlantılı çevresel süreçlerin ve bunların değişimlerinin kapsamlı bir şekilde anlaşılması için kritik öneme sahiptir. Dolayısıyla, UA yoluyla elde edilen verilerden üretilen kar haritalarının ve bunların üretilmesinde kullanılan algoritmaların daha güvenilir ve yüksek doğruluğa sahip hâle getirilmesi gerekliliği, sürekli doğrulama çalışmalarını kaçınılmaz kılmaktadır.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, Sentinel-2A görüntülerinden elde edilen ikili kar haritalarının düşük ve orta mekânsal çözünürlüklü UA görüntülerinden üretilen kar örtüsü haritalarının sürekli doğrulama çalışmalarında kullanılmasının uygun olduğunu ortaya koymaktadır. Landsat 7/8 sensörleriyle karşılaştırıldığında *i*) daha yüksek olan mekânsal çözünürlüğü, *ii*) Sentinel-2A ve 2B'nin birlikte kullanılmasıyla orta derecedeki enlemler için 5 gün olan zamansal çözünürlüğü, Sentinel-2'yi bu anlamda oldukça avantajlı duruma getirmektedir.

Bu çalışmada da Sentinel-2A görüntülerinden ikili kar haritası üretilmesi için kullanılan ve bir pikselin kar veya kar değil olarak etiketlendiği NDSI hesaplamasına dayanan benzer algoritmaların başarısını etkileyen en önemli faktör kar/bulut ayrımıdır. Hatalı kar/bulut sınıflandırmasının neden olduğu hata miktarı, kantitatif olarak nispeten küçük olmakla birlikte, bir kaç hatalı kar pikselinin, üretilen kar haritasında neden olacağı nitel hata görsel olarak büyük bir etkiye sahiptir.

İlk sonuçları verilen ve hâlen devam etmekte olan bu çalışmanın ilerleyen aşamalarında yapılması planlananlar şu şekilde özetlenebilir:

- 2016-2017 kar sezonu için yapılan bu çalışmanın, ilerleyen aşamalarda 2017-2018 Türkiye kar sezonuna yönelik olarak Sentinel-2A ve 2B görüntülerinin birlikte kullanılmasıyla genişletilmesi düşünülmektedir.
- Ayrıca bu çalışmada verilen ve Sentinel-2A görüntülerinden ikili kar haritası üretilmesi için kullanılan algoritma (Hall vd., 1995) yoğun ormanlık olmayan alanlar için geliştirilmiştir. İlerleyen aşamalarda bu algoritmanın yoğun ormanlık alanlar için güncellenmiş versiyonu olan ve normalize fark vejetasyon indisi - normalized difference vegetation index (NDVI) ile NDSI değerlerinin birlikte kullanıldığı bir diğer algoritma (Hall vd., 1998) analizlerde kullanılarak sınıflandırma sonuçlarına etkisi incelenecektir.
- Ayrıca, 2017 yılının 2. çeyreğinden itibaren üretilmeye başlanan ve iki farklı mekânsal çözünürlükte (20 ve 60 m) görüntü sınıflandırması bilgisini de içeren Sentinel-2 Seviye 2A ürününde (Sentinel-2 Level 2A) (Louis, 2018) bulunan kar sınıflandırması ile yukarıda bahsi geçen diğer iki algoritma yoluyla elde edilen kar sınıflandırmaları performans bakımından karşılaştırılacaktır.

KAYNAKLAR

Akyürek, Z., Hall, D.K., Riggs, G.A. ve Sensoy, A., 2010. Evaluating the utility of the ANSA blended snow cover product in the mountains of eastern Turkey. *International Journal of Remote Sensing*, 31(14): 3727-3744.

Akyürek, Z. ve Şorman, A.Ü., 2002. Monitoring snow-covered areas using NOAA-AVHRR data in the eastern part of Turkey. *Hydrological Sciences Journal*, 47(2): 243-252.

Ataş, M., Tekeli, A.E., Dönmez, S. ve Fouli, H., 2016. Use of interactive multisensor snow and ice mapping system snow cover maps (IMS) and artificial neural networks for simulating river discharges in Eastern Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(2): 150.

Clark, M.P., Slater, A.G., Barrett, A.P., Hay, L.E., McCabe, G.J., Rajagopalan, B. ve Leavesley, G.H., 2006. Assimilation of snow covered area information into hydrologic and land-surface models. *Advances in Water Resources*, 29(8): 1209-1221.

Dobreva, I.D. ve Klein, A.G., 2011. Fractional snow cover mapping through artificial neural network analysis of MODIS surface reflectance. *Remote Sensing of Environment*, 115(12): 3355-3366.

Doswell III, C.A., Davies-Jones, R. ve Keller, D.L., 1990. On summary measures of skill in rare event forecasting based on contingency tables. *Weather and forecasting*, 5(4): 576-585.

Gafurov, A. ve Bárdossy, A., 2009. Cloud removal methodology from MODIS snow cover product. *Hydrology and Earth Sytem Sciences*, 13: 1361-1373.

Hall, D., Foster, J., Verbyla, D., Klein, A. ve Benson, C., 1998. Assessment of snow-cover mapping accuracy in a variety of vegetation-cover densities in central Alaska. *Remote Sensing of Environment*, 66(2): 129-137.

Hall, D.K. ve Martinec, J., 1985. *Remote Sensing of Ice and Snow*. Chapman and Hall, USA.

Hall, D.K., Riggs, G.A. ve Salomonson, V.V., 1995. Development of Methods for Mapping Global Snow Cover Using Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer Data. *Remote Sensing of Environment*, 54: 127-140.

Hosaka, M., Nohara, D. ve Kitoh, A., 2005. Changes in snow cover and snow water equivalent due to global warming simulated by a 20km-mesh global atmospheric model. *Sola*, 1: 93-96.

Hüsler, F., Jonas, T., Wunderle, S. ve Albrecht, S., 2012. Validation of a modified snow cover retrieval algorithm from historical 1-km AVHRR data over the European Alps. *Remote Sensing of Environment*, 121: 497-515.

Karnieli, A., Ben-Dor, E., Bayarjargal, Y. ve Lugasi, R., 2004. Radiometric saturation of Landsat-7 ETM+ data over the Negev Desert (Israel): problems and solutions. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 5(3): 219-237.

Laternser, M. ve Schneebeli, M., 2003. Long-term snow climate trends of the Swiss Alps (1931–99). *International Journal of Climatology*, 23(7): 733-750.

Louis, J., 2018. Sentinel-2 S2 MPC L2A Product Definition Document. https://sentinels.copernicus.eu/documents/247904/685211/S2+L2A+Product+Definition+Document/2c0f6d5f-60b5-48de-bc0d-e0f45ca06304 [Erişim tarihi: 25 Temmuz 2018].

Marty, C., 2008. Regime shift of snow days in Switzerland. *Geophysical Research Letters*, 35(12).

Salomonson, V.V. ve Appel, I., 2004. Estimating fractional snow cover from MODIS using the normalized difference snow index. *Remote Sensing of Environment*, 89: 351-360.

Salomonson, V.V. ve Appel, I., 2006. Development of the Aqua MODIS NDSI Fractional Snow Cover Algorithm and Validation Results. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 44: 1747-1756.

SNAP, 2018. ESA Toolbox ver. 6.0. http://step.esa.int/main/ [Erişim tarihi: 10 Mayıs 2018].

Sürer, S. ve Akyürek, Z., 2012. Evaluating the utility of the EUMETSAT HSAF snow recognition product over mountainous areas of eastern Turkey. *Hydrological Sciences Journal*, 57(8): 1684-1694.

Tekeli, A.E., Akyürek, Z., Şorman, A.A., Şensoy, A. ve Şorman, Ü., 2005. Using MODIS snow cover maps in modeling snowmelt runoff process in the eastern part of Turkey. *Remote Sensing of Environment*, 97: 216-230.

Vikhamar, D. ve Solberg, R., 2003. Snow-cover mapping in forests by constrained linear spectral unmixing of MODIS data. *Remote Sensing of Environment*, 88(3): 309-323.

Zeng, C., Shen, H. ve Zhang, L., 2013. Recovering missing pixels for Landsat ETM+ SLC-off imagery using multi-temporal regression analysis and a regularization method. *Remote Sensing of Environment*, 131: 182-194.

Zhang, T., 2005. Influence of the seasonal snow cover on the ground thermal regime: An overview. *Reviews of Geophysics*, 43(4): 1-23.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7012

YER YÜZEY SICAKLIĞI ANOMALİSİ ÜRETİMİNDE YÜKSEKLİK ETKİSİNİN AZALTILMASI

Mustafa Yalçın[1], Nizar Polat[2], Mehmet Ali Uğur[3], Mehmet Ali Dereli[4], Abdulgafur Çapadiş[5]

[1] Dr. Öğr. Üyesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, mustafayalcin@aku.edu.tr
[2] Dr. Öğr. Üyesi, Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, nizarpolat@harran.edu.tr
[3] Arş. Gör., Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, maliugur@aku.edu.tr
[4] Dr. Öğr. Üyesi, Giresun Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Giresun, madereli@gmail.com
[5] Arş. Gör., Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, acapadis@aku.edu.tr

ÖZET

Yer yüzey sıcaklığı (YYS) arazi sıcaklığının sürekli mekânsal değişimidir ve yer yüzeyinin ışınsal cildi olarak tanımlanabilen sayısal bir veridir. Yer yüzeyini kaplayan yapay ve doğal objelerin cinsine bağlıdır. YYS'nin sıcaklık ile olan direkt ilişkisi göz önüne alındığında, bir çalışma bölgesindeki sıcaklık değişimi, YYS ile temsil edilebilir. YYS; kentleşme, orman kaybı, kentsel alanlarda yeşillik, insan sağlığı, şehir planlaması gibi birçok bölgesel ve küresel ölçekli çalışmalarda önemli bir parametredir.

YYS belirleme çalışmalarının uzaktan algılama ile yapılması son yılların önemli akademik konularından biri olmuştur. Uzaktan algılama ile YYS anomalilerinin belirlenmesinde veri kaynağı olarak termal bantlara sahip uydu algılayıcıları veya hava kameraları kullanılabilmektedir. Uydu verileri bu alanda daha fazla kullanılmaktadır çünkü uydu verileri yeryüzünü büyük parçalar halinde sinoptik bir görüş ile düzenli bir şekilde farklı dalga boylarında kaydeder. Ayrıca hava kameralarına göre daha az çözünürlüğe sahip olmasına rağmen tek çerçevede geniş alanları kapsaması, zaman tasarrufu, maliyet ve erişilebilirlik açısından avantajlıdır. Landsat algılayıcıları, yüksek çözünürlüğü, 30 yılı aşkın bir sürelik veri aralığına sahip olması ve tarama genişliğinin yüksek olmasından dolayı YYS belirleme çalışmalarında sıkça kullanılmaktadır.

Bu çalışmada Afyonkarahisar il sınırları içerisindeki bir bölgeye ait Landsat verileri temine dilerek YYS üretilmiştir. Ayrıca YYS'e yükseklik farklarından kaynaklanan etkilerin giderilmesi için çalışmaya sayısal yükseklik modeli(SYM) ve ravinsonde verileri dâhil edilmiştir. Böylece oluşturulan her bir yükseklik kuşağında YYS için düzeltmeler hesaplanarak yükseklik etkisi minimize edilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Landsat, ravinsonda, YYS anomalisi, yükseklik etkisi

ABSTRACT

REDUCTION OF THE HEIGHT EFFECT ON THE PRODUCTION OF LAND SURFACE TEMPERATURE ANOMALY

Land Surface Temperature (LST) is a continuous spatial variation of the terrestrial temperature and is a numerical image that can be defined as the radiant skin of the ground surface. It depends on the type of artificial and natural objects covering the surface of the earth. Taking into account the direct relationship of the LST to the temperature, the temperature change in a working zone can be represented by LST. It is an important parameter in urbanization, loss of forests, greenery in urban areas, human health, urban planning, and many other regional and global scale works.

Remote sensing for LST identification efforts has been one of the important academic issues of recent years. With remote sensing, satellite detectors or air cameras with thermal bands as data sources can be used to determine the NMS anomalies. Satellite data is used more in this area because the satellite data records the earth in large parts on a regular basis with a synoptic view at different wavelengths. In addition, although they have less resolution than air cameras, they are advantageous in terms of coverage, time savings, cost and accessibility in a single frame. Landsat detectors are frequently used in LST detection studies because of their high resolution, data range over 30 years, and high scan width.

In this study, LST was produced by rendering Landsat data belonging to a region within the borders of Afyonkarahisar province. In addition, Digital Elevation Model (DEM) and ravinsonde data are included to the work in order to eliminate the effects caused by height differences in the LST. In this way, it is tried to minimize the height effect by calculating the corrections for the YYS in each height line created.

Keywords: Landsat, ravinsonde, LST anomaly, height effect

1. GİRİŞ

Yer yüzey sıcaklığı (YYS) arazi sıcaklığının sürekli mekânsal değişimidir ve yer yüzeyinin ışınsal cildi olarak tanımlanabilen sayısal bir görüntüdür. Yer yüzeyini kaplayan yapay ve doğal objelerin cinsine bağlıdır. YYS' nin sıcaklık ile olan direkt ilişkisi göz önüne alındığında, bir çalışma bölgesindeki sıcaklık değişimi, YYS ile temsil edilebilir. YYS; kentleşme, orman kaybı, kentsel alanlarda yeşillik, insan sağlığı, şehir planlaması gibi birçok

bölgesel ve küresel ölçekli çalışmalarda önemli bir parametredir (Uğur ve Polat, 2016). Özellikle beton ağırlıklı olarak doğal arazi yüzeyini değiştiren şehirleşme söz konusu olduğunda, YYS daha da önem kazanmaktadır. Şehirlerin temel unsurları olarak bina ve yolların sürekli artışı, beraberinde ısınan, enerji tüketen ve özellikle hava kirliliğiyle başlayan birçok sağlık problemini de doğurmaktadır. Tahrip edilen su ve yeşil alanlar da düşünüldüğünde, ekolojisi bozuk ve doğal arazi yüzeyini kaybetmiş kentler ortaya çıkmaktadır. Bu noktada YYS ile planlaması yapılan bir kent daha sağlıklı ve çevre dostu olmaktadır. Son yıllarda özellikle jeotermal araştırma çalışmalarında da YYS kullanılmaktadır. (Yalcin ve Kilic, 2017).

YYS üretiminin klasik arazi çalışmalarıyla yapılaması çok zordur. Bu sorunun çözümünde en verimli yol uzaktan algılama uydu verileridir. Çünkü uydu verileri yeryüzünü büyük parçalar halinde sinoptik bir görüş ile düzenli bir şekilde farklı dalga boylarında kaydeder. Arazi çalışmalarıyla kıyaslananınca daha hızlı, homojen, ekonomik ve az sürede daha geniş alanlara ait veri elde edilmesi mümkün olmaktadır (Balçık, 2014; Copernicus, 2016).

Bu çalışmada Afyonkarahisar il sınırları içerisindeki bir bölgeye ait Landsat verileri temine dilerek YYS üretilmiştir. Ayrıca YYS'e yükseklik farklarından kaynaklanan etkilerin giderilmesi için çalışmaya sayısal yükseklik modeli(SYM) ve ravinsonde verileri dâhil edilmiştir. Böylece oluşturulan her bir yükseklik kuşağında YYS için düzeltmeler hesaplanarak yükseklik etkisi minimize edilmeye çalışılmıştır.

2. YÖNTEM

Çalışma ENVI ve ARGIS yazılımları kullanılarak üç adımda uygulamaya geçirilmiştir. İlk adım, arazi kullanım sınıflarının değerlendirilmesinde ve yayınırlık hesabında kullanılacak olan Normalize Fark Bitki İndeksi (NDVI) üretimini kapsamaktadır. İkinci adım ise çalışma bölgesine ait YYS görüntülerinin oluşturulması. Son adım olarak ise YYS görüntülerinden standart ve yüksekliklere göre düzeltilmiş YYS anomalilerinin belirlenmesi.

2.1 NDVI Hesaplama

NDVI, temelde bitki örtüsü için en yüksek ve en düşük yansıma değerlerini içeren bantlardan hesaplanan bir oran olup sağlıklı ve yeşil bitki örtüsünü ifade eden bir ölçüdür. Yeşil bitki örtüsünün gösteriminde çok yaygın olarak kullanılan etkili bir gösterimdir. Bu endeks değeri -1 ila 1 arasında değişmektedir. Yeşil bitki örtüsünü ifade eden NDVI değer aralığı 0.2 - 0.8. NDVI aşağıdaki gibi formüle edilmektedir.

$$\mathrm{NDVI} = \frac{(\mathrm{NIR} - \mathrm{RED})}{(\mathrm{NIR} + \mathrm{RED})} \tag{1}$$

Denklem 1'de NIR bandı yüksek klorofil yansıtımı yapan yakın kızılötesini ifade ederken, RED düşük klorofil yansıtımı yapan kırmızı bandı ifade etmektedir. NDVI genel olarak sınıflandırma işlemlerinde arazi örtüsü tespiti için kullanılmaktadır. Denklem 1 kullanılarak tüm yıllara ait NDVI görüntüleri üretilmiş ve YYS analizinde kullanmak üzere hazır hale getirilmiştir.

2.2 YYS Hesaplama

Uzaktan algılama verileri yerin yüzeyine ilişkin sinoptik görünümü sağlayan, uzun vadeli, hızlı, etkili bir veri türüdür ve yüzeyden yansıyan güneş ışınları kaydedildiği için YYS tespitinde süreklilik sağlayan düşük maliyetli bir yöntemdir. Yeryüzünden yansıyan ışın miktarı atmosfer, coğrafi konum ve yıl içerisinde geldiği zamana bağlı nedenlerden dolayı farklılık göstermekte ve bu sebeple yer yüzeyinin sıcaklığı da sürekli değişmektedir. Bu noktada uzaktan algılama verilerini kullanmak büyük avantaj sağlamaktadır. Çalışma bölgesine ait görüntülerin YYS üretiminde izlenen adımlar aşağıdaki gibidir (Uğur ve Polat, 2016):

Adım 1: Piksel değerinden Spektral yansıtıma dönüşüm

Bilindiği gibi sıcaklığı mutlak sıfırın (K) üzerindeki herhangi bir nesne ısıl elektromanyetik enerji yayar. Bu nedenle piksel değerinin sensordaki spektral yansıtım değerine çevirmek için Denklem 2 kullanılmıştır:

$$L\lambda = \mathrm{gain} * \mathrm{DN} + \mathrm{Bias} \tag{2}$$

Burada; Lλ sensördeki spektral yansıtım değerine ($W/(m^2$ ster μm), gain yansıtımın eğimini, Bias yansıtımın kesişimini ve DN ise piksel değerini ifade etmektedir. Gain ve Bias değerleri için yeniden ölçekleme parametreleri de denmekte ve bu değerler veriye ait meta data dosyasında bulunmaktadır. Ayrıca spektral yansıtıma dönüşümü aşağıdaki Denklem 3'teki gibi de ifade edilebilir:

$$L\lambda = \frac{(Lmax - Lmin)}{(Qcalmax - Qcalmin)}(DN - Qcalmin) + Lmin \quad (3)$$

Burada; Qcalmax ve Qcalmax maksimum ve minimum sayısal kalibre edilmiş piksel değeri, Lmax ve Lmin ise Qcalmax ve Qcalmin 'e göre ölçeklendirilmiş spektral yansıtım değerini ifade etmektedir.

Adım 2: Spektral yansıtım değerinden sensör parlaklık sıcaklığına dönüşüm

Termal bandın spektral yansıtım değeri uydunun gönderilmeden önceki hesaplanmış kalibrasyon katsayıları kullanılarak sensor parlaklık sıcaklığı hesaplanabilmektedir:

$$T\lambda = \frac{K_2}{ln(K_1/L\lambda + 1)} \quad (4)$$

Burada Tλ sensor parlaklık sıcaklığını, K_1 ve K_2 ise kalibrasyon sabitlerini ifade eder.

3. Aşama: Sensor parlaklık sıcaklığından Yer yüzey sıcaklığına dönüşüm

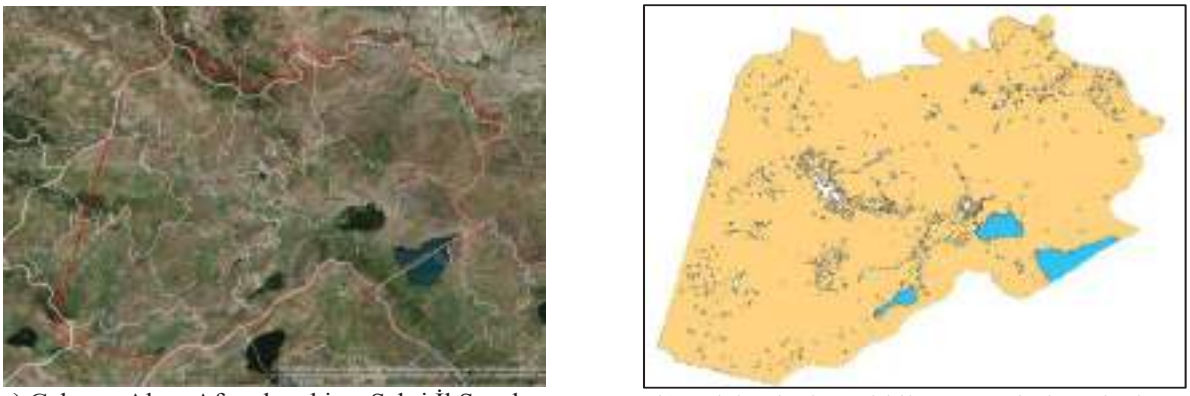
Bir önceki adımda üretilen görüntü her ne kadar sıcaklık değeri ifade etse de hesaplanan sıcaklık gerçek yüzey sıcaklığı değildir. Kabul edilebilir bir YYS için yüzeye ait yayınırlık (emissivity) düzeltmesi yapılmalıdır. Yayım düzeltmesi yapılmış YYS hesabı Denklem 5'te verilmiştir:

$$YYS = \frac{T\lambda}{1 + \left[\lambda + \left(\frac{T\lambda}{\frac{h * c}{s}}\right) ln\varepsilon\right]} \quad (5)$$

Burada; YYS hesabı için, λ gelen termal bant dalga boyu, h Planck sabiti, s Boltzmann sabiti, c ışık hızı ve ε piksele karşılık gelen yayınırlığı ifade eder.

3. UYGULAMA

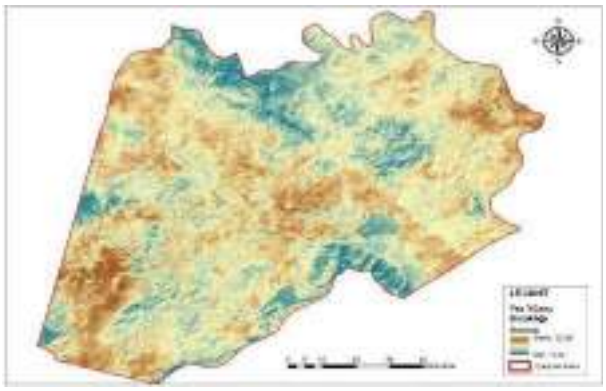
Çalışma alanı olarak, Afyonkarahisar il sınırları seçilmiştir. Afyonkarahisar, Türkiye'nin güneybatı Anadolu bölgesinde (38 ° 14 ′ N - 35 ° 50 ′ E) ve dağlık bir kırsal alanda yer almaktadır. Yüzölçümü 13927 km2 olup, nüfus sayımı 2017 yılı itibariyle 715.693'dir. Afyonkarahisar soğuk ve karlı kışları ve sıcak-kuru yazları ile karasal ve yarı kurak bir iklime sahiptir. Yağış, çoğunlukla ilkbahar ve sonbaharda görülür. Yıllık ortalama sıcaklık 11,2 ° C, ortalama yağış 407 mm ve yüksekliği 1013 m'dir (Şekil 1).



a) Çalışma Alanı Afyonkarahisar Şehri İl Sınırları b) Sulak Alanlar, Bitkiler ve Yerleşim Alanları

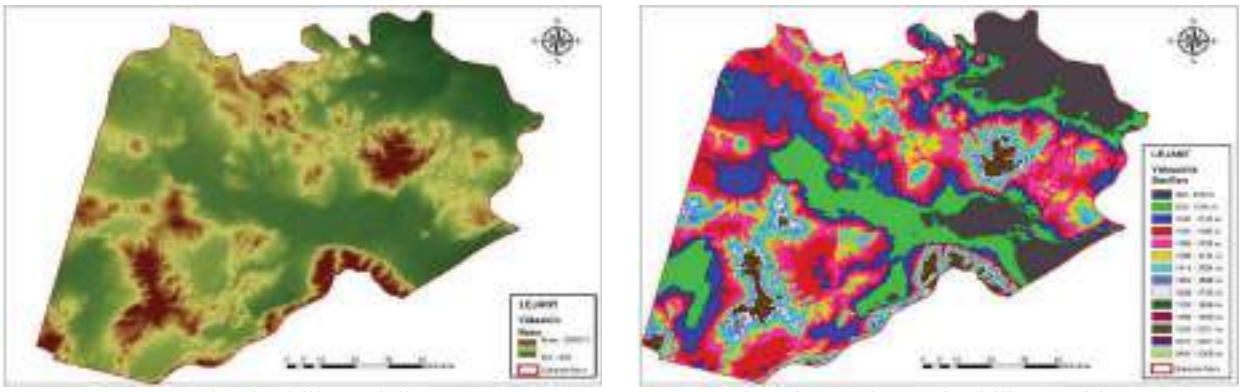
Şekil 1. Çalışma alanı olarak Afyonkarahisar şehri il sınırları ve Anomali hesabında maskelenmek üzere belirlenmiş çalışma alanında yer alan sulak, bitki ve yerleşim alanları.

Çalışmada Afyonkarahisar il sınırları içerisinde Landsat verileri toplanmış olup, öncelikle piksel değerinden spektral yansıtım değerlerine dönüşüm yapılmıştır. İkinci adımda, spektral yansıtım değerinden algılayıcı parlaklık sıcaklığına dönüşüm yapılmış ve son adımda yayınırlık değerleri hesaplatılarak, sensor parlaklık sıcaklığından YYS oluşturulmuştur (Şekil 2). YYS oluşturulması sırasında izlenen adımlar önceki bölümler verilişitir.



Şekil 2. Çalışma Alanında Üretilen Yer Yüzeyi Sıcaklığı Görüntüsü.

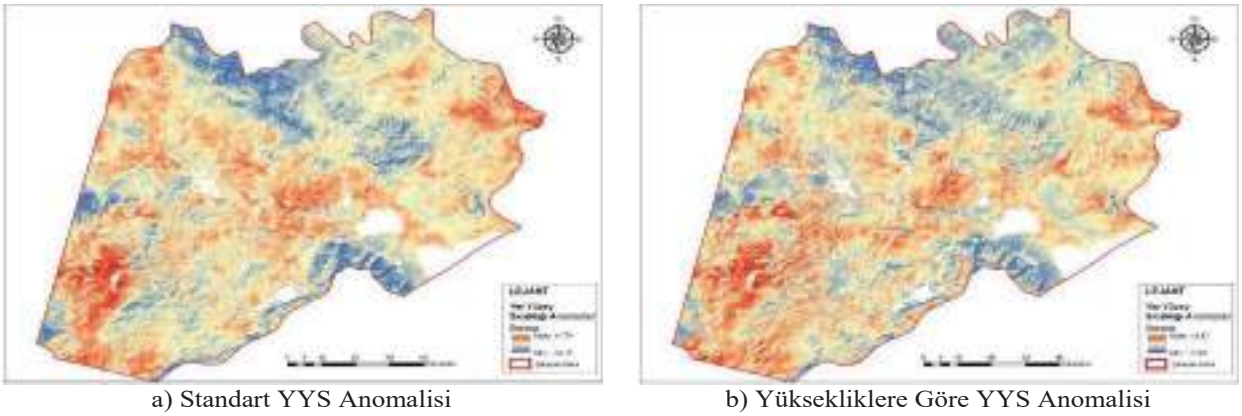
Yükseklik etkisinin giderilmesi için, Harita Genel Komutanlığından elde edilen standart topoğrafik haritalar kullanılarak sayısal yükseklik modeli (SYM) oluşturulmuştur (Şekil 3a). Ayrıca uydu geçiş zamanlarında Meteoroloji Genel Müdürlüğünden Ankara istasyonuna ait ravinsonde verileri kullanılarak, en düşük kottan itibaren, bir derecede bir değişen yükseklik kuşakları belirlenmiştir. Bu yükseklik kuşakları çalışma alanına ait SYM üzerinde tespit edilmiş olup, kapalı alanlar şeklinde CBS ortamında oluşturulmuştur (Şekil 3b).



a) Sayısal yükseklik modeli (SYM) b) Oluşturulan Yükseklik Kuşakları

Şekil 3. Çalışma alanına ait sayısal yükseklik modeli ve ravinsonde verileri ile üretilen yükseklik kuşakları.

Şekil 2'de verilen YYS görünüşünde, YYS anomalileri iki farklı şekilde belirlenmiştir. İlk yöntem olarak, tüm görüntüdeki YYS değerlerinin ortalaması alınmıştır ve bu ortalama değer bütün piksel değerlerinden çıkartılarak YYS anomalileri belirlenmiştir (Şekil 4a). İkinci yöntemde, Şekil 3b'de verilen her bir yükseklik kuşağı kendi içinde değerlendirilmiş ve her pikselden bulunduğu yükseklik kuşağının ortalama değeri çıkartılarak YYS anomalileri belirlenmiştir (Şekil 4b).



a) Standart YYS Anomalisi b) Yüksekliklere Göre YYS Anomalisi

Şekil 4. Çalışma alanı için oluşturulan standart YYS anomalisi ve yüksekliklere göre YYS Anomalisi görüntüleri.

3. SONUÇLAR

Hava sıcaklıkları her 150 metrede yaklaşık 1 derece azalmaktadır. Ancak 150 metre genel bir kabul olup yer ve zamana göre bu değerler değişebilmektedir. Benzer şekilde yer yüzey sıcaklıkları da yükseklik arttıkça yüksekliğe ve hava sıcaklığına bağlı olarak düşmektedir. Ravinsonde verileri yüksekliklere bağlı olarak, değişen hava sıcaklıkları dahil diğer meteorolojik bilgiler (hava nemi, rüzgar, basınç) vermektedir. Çalışmada ravinsonde verileri kullanılarak yükseklik etkisinin minimize edilebilmesi için yeni bir yaklaşım kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında arazi yüksekliğinin YYS'ye etkisi giderilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla çalışma bölgesinin SYM elde edilmiş ve yükseklik kuşakları oluşturulmuştur. Yükseklik kuşakları oluşturulurken ravinsonde verilerinden yararlanılmış ve hava sıcaklığında meydana gelen değişim aralıklarına göre yükseklik kuşakları belirlenmiştir. Özetle çalışma alanının en düşük kotundan itibaren 1 derece bir değişen yükseklik değerleri belirlenmiştir. Bu değerler kullanılarak yükseklik sınıfları oluşturulmuş ve yer yüzey sıcaklığı anamolileri her yükseklik sınıfında ayrı ayrı hesaplanmıştır. Yükseklik sınıflarına göre oluşturulan yer yüzey sıcaklığı anomali haritası incelediğinde, her yükseklik kuşağındaki sıcaklık değişimleri ayrı ayrı değerlendirilmiş olup sıcaklık dağılımları incelendiğinde hem yüksek hem de düşük kotlu bölgelerde sıcaklık anomalisi yakalanmıştır. Böylece aynı hava sıcaklığının etki ettiği farklı yüksekliklerdeki YYS sınıfları elde edilmiştir. Bu şekilde her bir sınıf içinde belirlenen anomaliler YYS'den çıkarılarak yükseklik etkisi en aza indirilmiştir.

4. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: 17.KARİYER.218).

KAYNAKLAR

Balçik, F. B., 2014. Determining the impact of urban components on land surface temperature of Istanbul by using remote sensing indices. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(2): 859-872.

Copernicus Global Land Service, 2016. Land Surface Temperature http://land.copernicus.eu/global/products/lst. [21.03.2016].

Uğur, M. A. ve Polat, N., 2016. An Investigation of the Relationship between Land Surface Temperature (LST) and Land Use/Cover in Sanliurfa Province, Turkey. Selcuk International Scientific Conference On Applied Sciences (ISCAS), Antalya, Turkey.

Yalcin, M. ve Kılıç Gül, F. 2017. A GIS-based multi criteria decision analysis approach for exploring geothermal resources: Akarcay basin (Afyonkarahisar). *Geothermics.* (67): 18-28

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6191

MARMARA GÖLÜ (MANİSA) ALANSAL DEĞİŞİMİNİN UA VE CBS İLE ANALİZİ

Mehtap BAYRAK[1]

[1]Arş. Gör., İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Türkiye Coğrafyası Anabilim Dalı, 34134, Laleli, İstanbul, mehtap.bayrak@istanbul.edu.tr

ÖZET

Ege Bölgesi Manisa il sınırları içinde yer alan Marmara Gölü oluşum bakımından alüvyal set gölüdür. Doğal yapısı ve ekonomik değeri açısından ülkemiz için önemli sulak alanlardan birisini oluşturmaktadır. Marmara Gölü doğal oluşumlu bir göl olmasına rağmen antropojenik süreçler sonucu doğal yapısı değiştirilmiş, önceleri kapalı havza konumunda olan göl rezervuar olarak kullanılmaya başlanmıştır. Gölü besleyen ana akarsu kaynakları dışında göle Kum Çayı ve Gediz Nehri'nin bağlantısı sonucunda göl seviyesinde farklı değişimler meydana gelmiştir. Aynı zamanda iklim özellikleri de göl alanında meydana gelen değişim süreçlerinde etkili olmaktadır.

Bu çalışmada Marmara Gölü alanının zamansal değişimi ve bu değişimde etkili olan antropojeneik süreçlerin göl ekosistemi üzerindeki etkisi Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojilerinden yararlanılarak analiz edilmiştir. Çalışmada alansal değişimin zamansal değişimini ortaya koyabilmek için uydu görüntülerinden (Landsat MSS, Landsat TM, Landsat ETM, Landsat 4-5 TM, Sentinel 2) yararlanılmıştır. Alansal değişimin belirlenmesinde etkili olan antropojenik süreçler de dikkate alınarak 1975-2018 yılları arasında 43 yıllık değişimin analizi yapılmıştır. Aynı mevsime denk gelecek şekilde elde edilen uydu görüntüleri çalışmada kullanılacak veri kaynaklarıdır. Gölde yapılan inceleme sonucunda 1975 yılından 2018 yılına kadar olan zamanda göl alanında yaklaşık toplam 19.81 km² lik bir alansal değişim mevcuttur. Göl çevresinde arazi kullanımı bakımından tarım alanları oranı 2018 yılı uydu görüntüsünden elde edilen sonuca göre 377, 96 km olarak hesaplanmıştır ve tarımsal faaliyet göl çevresinde en fazla yapılan ekonomik faaliyettir.

Anahtar Sözcükler: alansal değişim, coğrafi bilgi sistemleri, Marmara Gölü, uzaktan algılama

ABSTRACT

ANALYSIS OF MARMARA LAKE (MANİSA) SPATIAL CHANGE WITH UA AND CBS.

The Marmara Lake, located within the borders of Manisa province of Aegean Region, is alluvial set in terms of formation. It constitutes one of the important wetlands for our country in terms of natural structure and economic value. Although Marmara Lake is a naturally occurring lake, its anthropogenic processes have changed its natural structure, and it has begun to be used as a lake reservoir with a closed basin position at the beginning. Apart from the main stream sources that feed the lake, the connection between the river Kum Creek and the Gediz River has brought about changes at the end of the lake level. At the same time, climate features are also effective in the process of change in the lake area.

In this study, the temporal change of the Marmara Lake area and the effect of the anthropogenic processes on the lake ecosystem are analyzed by using the technologies of Remote Sensing and Geographic Information Systems. Landsat MSS, Landsat TM, Landsat ETM, Landsat 4-5 TM, Sentinel 2) were used in order to reveal the temporal change of spatial change in the study. Considering the anthropogenic processes that were effective in determining the spatial change, a 43-year change analysis was made between 1975-2018. The satellite images obtained in the same season are the data sources to be used in the operation. As a result of the examination at the lake, there is a total spatial variation of 19.81 km² in the lake area from 1975 to 2018. The ratio of agricultural land in terms of land use around the lake is calculated as 377, 96 km according to the result obtained from the satellite image of 2018, and agricultural activity is the most economic activity around the lake.

Keywords: spatial change, geographic information systems, Marmara Lake, remote sensing

1. GİRİŞ

Sulak alanlar işlevleri ve dinamik özellikleri ile dünyada, küresel ısınmanın da arttığı son yıllarda büyük önem taşımaktadır. Biyoçeşitlilik bakımından çeşitli flora ve faunaya ev sahipliği yapan sulak alanlar popülasyon, birey ve türler açısından zengindir ve ender bitki ve hayvan türlerini içinde barındırmaktadır. Bu nedenle sulak alanların korunması ve gelecekte yeni nesillere ulaştırılması, sürdürülebilirliğinin devamı için bilinçli hareket edilmesi gerekmektedir. Çalışma alanımızı oluşturan Marmara Gölü'nün 'Sulak Alan Koruma Bölgesi' ve 'Ulusal Öneme Haiz Sulak Alan' statüsünde olması çalışma alanı olarak seçilme nedenidir. Göl alanı ve kıyı değişimleri konularında zamandan ve ekonomik açıdan daha kolay uygulanabilirlik sağlayan Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama yöntem ve teknikleri ile veri tabanı olarak, uydu görüntüleri ve topografya haritaları kullanılarak ülkemizde ve dünyada son yıllarda birçok çalışma mevcuttur. Köle, M. vd. (2016) Eber ve Akşehir göllerinde, Bahadır, M. (2013) Akşehir Gölü'nde, Özşahin, E. (2011) Gölbaşı Gölü'nde alansal değişim, İlkel, C. (2011) Sakarya Deltası'nda kıyı değişimi konularında çalışmalar yapmıştır. Kıyı değişimi ve alansal değişim konularında çalışma yapan akademisyenlere birçok örnek verilebilir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS), sayısallaştırma sonucu elde edilen haritalarda ortaya çıkan sonuçların analiz edilmesi, görselleştirilmesine dayanır. Uzaktan Algılama (UA) ise uydu ve hava fotolarını kullanarak coğrafi verileri analiz eder ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile ortak çalışır. Uzaktan algılama ile elde edilen veriler CBS'nin çalışma ortamına aktarılır. Uzakta algılama CBS için veri toplama tekniklerinden biridir (Turoğlu, 2000; Shalaby, 2007). Sınıflandırma sonrası arazi örtüsü değişimleri, su yüzeyi değişimleri, alansal değişimlerin analizi, akarsu havzalarının izlenmesi, şehir planlamalarının yapılması, taşkın analizleri gibi birçok alanda Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama yöntem ve teknikleri kolaylık sağlamaktadır (Bahadır, 2013).

1.1.İnceleme Alanı Genel Coğrafi Özellikleri

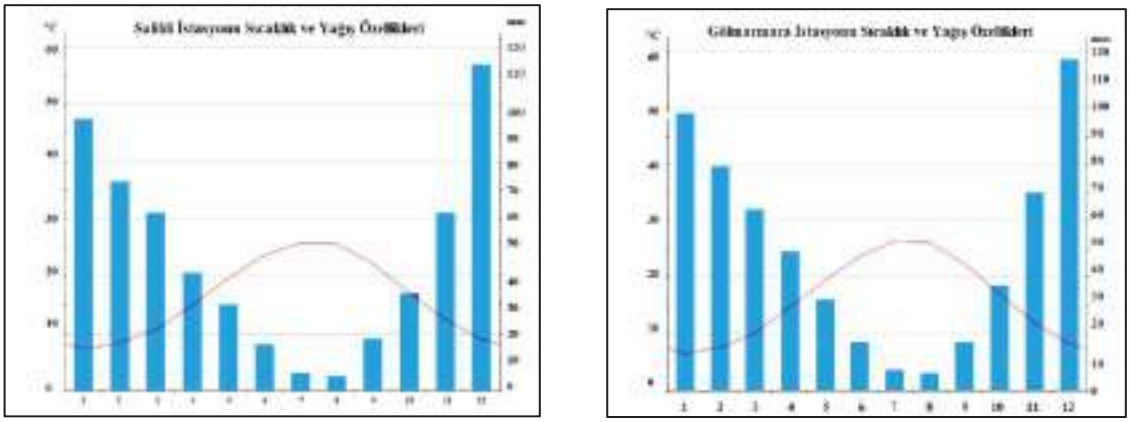
Marmara Gölü, Ege Bölgesi Manisa ili sınırları içinde 38° 39' K - 38° 35' K enlemleri ile 27° 55' D - 28° 05' D boylamları arasında yer almaktadır. Kuzeyinde Gölmarmara ilçesi, güneyde Salihli ve güneybatıda Ahmetli ilçeleri arasında yer alan Marmara Gölü doğal bir göl olup tektonik kökenli Gediz grabeni içinde oluşmuştur (Şekil 1). Marmara Gölü deniz seviyesinden 74 m yüksekliktedir (OSİGM, 2017) ve Gediz havzasının alt havzası olan Gordes-Gürdük Çayı sınırları içinde yer almaktadır. Kum Çayı ve Gediz Nehri'nin taşıdığı alüvyal malzemeler tarafından tektonik çöküntünün kapatılması sonucu oluşmuş alüvyal set gölü özelliği taşıyan Marmara Gölü, Alaşehir ve Gediz grabenini kb ve gd yönünde kesen bir fay hattının oluşturduğu çöküntüde yer almaktadır (Arı ve Derinöz, 2011, Karakuş ve Aydın, 2013, Gülersoy, 2013, Girgin, 2000). Gediz grabenine ait aktif potansiyele sahip bu normal faylar gölün batı ve doğusunda yer almaktadır. Gölün doğusu Gediz ovasına kuzeybatısı ise Akhisar ovasına açılırken, kuzey ve güney kesimde tepelik ve dağlık alanlar yer almaktadır (Arı ve Derinöz, 2011). Göl kuzeyde Keçi Dağı (632 m), kuzeydoğuda Dibek Dağı (1100 m), batıda Çaldağ (1034 m) ve güneybatısında ise Bintepeler (yaklaşık 69 metre civarında) arasında kalan bir çöküntü oluğunda yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. İnceleme alanı lokasyon haritası.

Jeolojik süreç Marmara Gölü'nde Paleozoyik'ten Kuvaterner'e kadar devam etmektedir. Göl çevresinde Holosen öncesi temel kayalar ve bunlar üzerinde birikmiş olan güneyde neojen çökelleri, kuzey ve kuzeydoğusunda Holosen yaşlı akarsu çökelleri ve pleyistosen çökelleri yayılış göstermektedir. Kuzeyde ve doğusunda Paleozoyik yaşlı Menderes masifine ait temel kayalar olan fillit, filiş ve masif kireçtaşları ve bu formasyonların üzerini kaplayan kb ve gd yönünde yayılış gösteren Kuvaterner yaşlı alüvyon çökeller ile örtülmüştür. Marmara Gölü'nün oluşum safhası (Hakyemez, vd. 2013), Holosenin III. evresine denk gelmektedir. Kuzeyde gölü besleyen akarsuyu Kum Çayı'nın kapması sonucu göl alanı küçülmeye başlamış ve Kum Çayı'nın getirmiş olduğu malzemeler deltaik çökeller olarak kuzeyde birikmeye devam etmektedir (Yağmurlu ve Baykal, 1989; Hakyemez, vd. 2013). Kuzeyde alüvyal malzeme Kum Çayı ile güneyde ise Gediz Nehri tarafından sağlanmaktadır (Girgin, 2000).

İnceleme alanında Akdeniz iklim özellikleri hakimdir. Kuzeyde Gölmarmara ve güneyde Salihli istasyonlarına ait iklim özellikleri dikkate alındığında göl ve çevresinde yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı yarıkurak-yarı nemli iklim özellikleri etkili olmaktadır. Ege kıyılarından uzaklaştıkça iklim biraz daha sertleşmektedir (Şekil 2). Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre göl ve çevresinde yarıkurak, oldukça sıcak, su fazlasının çok az olduğu hafif karasal bir iklim görülmektedir. Topraktaki nem eksikliğinin en düşük olduğu aylar Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarıdır (Türkeş, 2011).



Şekil 2. Clime Org (2018)'den alınan iklim verilerine göre Marmara Gölü ve çevresinde yer alan istasyonlar: Salihli ve Gölmarmara istasyonları sıcaklık ve yağış özellikleri.

İnceleme alanı Salihli istasyonunda en sıcak (33.4 °C) ve yağışın en az olduğu (5 mm) aylar Temmuz ve Ağustos ayları olmakla birlikte yıllık ortalama sıcaklık 16.4 °C, yıllık ortalama yağış ise 114 mm'dir. En fazla yağış Aralık ayında düşmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Salihli istasyonu sıcaklık ve yağış özellikleri (Clime Org, 2018).

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Min. Sıcaklık (°C)	2.9	3.6	5.2	8.6	12.5	16.1	18.5	18.1	14.5	10.5	6.7	4.6
Max.Sıcaklık (°C)	11.5	13	16.2	21.3	26.8	31.2	33.4	33.3	29.8	23.8	18.2	13.4
OrtalamaSıcaklık (°C)	7.2	8.3	10.7	14.9	19.6	23.6	25.9	25.7	22.1	17.1	12.4	9
Yağış (mm)	95	73	62	41	30	16	6	5	18	34	62	114

Gölmarmara istasyonunda en sıcak (34.3 °C) ve yağışın en az olduğu (6 mm) aylar Temmuz ve Ağustos ayları olmakla birlikte yıllık ortalama sıcaklık 16.2 °C, yıllık ortalama yağış ise 117 mm'dir. En fazla yağış ise Aralık ayında düşmektedir (Çizelge 2).

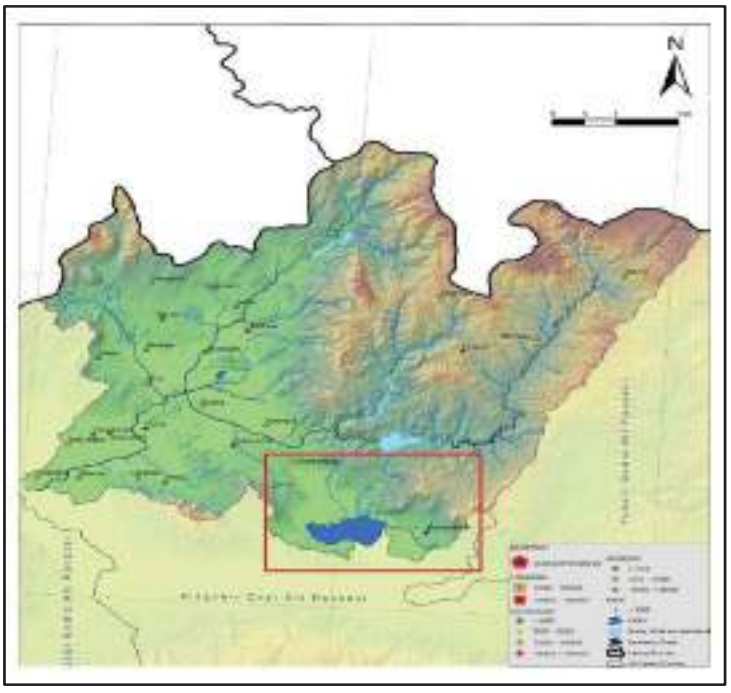
Çizelge 2. Gölmarmara istasyonu sıcaklık ve yağış özellikleri (Clime Org, 2018).

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Min. Sıcaklık (°C)	2.1	2.8	4.5	8.1	12.1	15.8	18.5	18.1	16.3	10.2	6.2	3.8
Max.Sıcaklık (°C)	10.9	12.4	15.9	21.3	26.9	31.7	34.3	34.2	30.5	24	17.8	12.6
OrtalamaSıcaklık (°C)	6.5	7.6	10.2	14.7	19.5	23.7	26.4	26.1	22.4	17.1	12	8.2
Yağış (mm)	98	79	64	49	32	17	7	6	17	37	70	117

Hakim rüzgâr dağların denize dik uzanmasından dolayı Gediz havzası boyunca esen batı sektörlü rüzgârlardır. Doğudan esen rüzgârlar yükseltinin artmasına bağlı olarak soğuktur ve sıcaklığı düşürmektedir (Bulkan, 2009).

Göl ve çevresi bitki özellikleri bakımından Avrupa-Sibirya ve İran-Turan fitocoğrafyasında yer almaktadır. Akdeniz iklim özelliklerine sahip gölde bitki örtüsü yaygın maki türlerinden oluşmaktadır. Karaçam, kızılçam, kavak, söğüt, çınar, zakkum, defne, ıhlamur, kocayemiş, kuşkonmaz, zeytin, üvez, ladin, funda başlıca bitki türleridir (Bulkan, 2009).

İnceleme alanı hidrografya özellikleri incelendiğinde Gediz havzasında yer alan önemli doğal göl özelliğine sahip Marmara Gölü, günümüzde su rezervuarına dönüştürülmüştür. Bugün rezervuar hâli ile göl alanı toplam 40.33 km², derinliği yaklaşık 3-4 metredir. ÇTÜE (2012) raporuna göre gölün minumum ve maksimum su tutma kotu 73,2–79,2 m, hacmi ise 8,5–320 hm³ tür. Marmara Gölü güneyinde Alaşehir Alt Havzası, doğusunda Yukarı Gediz Alt Havzası, batısında ise Aşağı Gediz Alt Havzası yer almaktadır. Fakat inceleme alanı olan Marmara Gölü, Gördes-Gürdük Çayı Alt Havzası'nda yer almaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Marmara Gölü'nün içinde yer aldığı Gediz Nehri Alt Havzası olan Gördes-Gürdük Çayı Alt Havzası, TÜBİTAK, ÇTÜE 2012.

Marmara Gölü, 1932-1953 yılları arasında yapılan çalışmalar ile göl çevresinde kurulan setler ve inşa edilen kanallar yoluyla baraj gölüne dönüştürülen gölün suları tuzlu iken zamanla tatlılaşmıştır (Şekil 4). Göle su girdisi kuzeyden Kum Çayı ve güneyden Gediz Nehri'ne bağlantısı olan iletişim kanalları ile sağlanmaktadır. Yazın kuruyan derelerin tekrar akışa geçtiği zamanlarda göle gelen su fazlası, göl çevresindeki tarım alanlarının sulanması bakımından önemlidir (Girgin, 2000; Arı ve Derinöz 2011). Gölün su seviyesi mevsimlere bağlı olarak değişmektedir. İklim özelliklerine bağlı olarak yazın kuruyan küçük dereler kış yağışları ile tekrar akışa geçmektedir. Göl aynı zamanda yer altı sularından da beslenmektedir (Gülersoy, 2013).



Şekil 4. Marmara Gölü (Manisa) 1932-1953 yılları arasında inşa edilen kanallar ve gölün doğusunda yer alan sedde (Karakuş ve Aydın, 2013'ten yeniden düzenlenerek hazırlanmıştır).

İnceleme alanı çevresinde nüfusun en yoğun olduğu iki ilçe Gölmarmara, Ahmetli ve Salihli ilçeleridir. Bu yerleşmeler haricinde göle en yakın yerleşmeler Ahmetli, Poyrazdamları, Kemerdamları, Kılcanlar, Yeniköy, Hacıveliler, Sazköy, Pazarköy, Tekelioğlu, Beyler, Mandallı ve Çullugörece'dir. TÜİK (2017) verilerine göre, Gölmarmara ilçesi 2017 nüfus miktarı 15.243, Salihli ilçesi 2017 nüfusu ise 160.810, Ahmetli ilçesi nüfusu ise 16.150'dir. 2007 yılından 2017 yılına kadar Salihli ilçesi nüfusu 5.794 artarken, Gölmarmara nüfusu 844 kişi azalmıştır. Gölmarmara ve Salihli ilçelerine bağlı bazı mahallelerde nüfus miktarları şöyledir: Poyrazdamları 1.6628, Kemerdamları 639, Pazarköy 379, Hacıveliler 279, Beyler 229, Kılcanlar 95. Yaklaşık olarak göl çevresinde 2017 nüfus verilerine göre 195.000 kişi yaşamaktadır. Göl ve çevresinde halkın en önemli geçim kaynağı başta tarım olmak üzere hayvancılık ve balıkçılıktır.

Marmara Gölü, 2008 yılında "Marmara Gölü Sulak Alan Koruma Bölgesi", 2017 yılında "Ulusal Öneme Haiz Sulan Alan Statüsü" kazanmıştır (yenimanisa.com.tr, 2018; ormansu.gov.tr, 2016). Göl birçok kuş ve balık türüne ev sahipliği yapmaktadır. Kuşlar için önemli üreme, konaklama ve göç alanıdır. Ayrıca göl çevresinde sazlıklar, kızılçam ve meşe ormanları, çamurluk sahalar yer almaktadır. KOSKS (2017) verilerine göre, gölde 67.573 birey ve 36 tür sayısı tespit edilmiştir. Gölde yer alan bazı kuş türleri şu şekildedir: Kız kuşu, bıyıklı sumru, su tavuğu, küçükbatağan, boz ördek, elmabaş patka, tepeli pelikan (DKMPGM, 2017). Sazan, yayın, gümüşi havuz balığı, sudak, inci balığı, eğrez, tatlı su kefali, acı balık, gümüş balığı, tatlısu kaya balığı ve çizgili sazancık gölde yer alan balık türleridir. Gölde ticari balıkçılık olarak en çok avlanan tür sazan balığıdır ve göl tatlısu balığı olarak 5 endemik tür yer alması açısından korunması statüsü kazanması önemlidir (İlhan ve Sarı, 2013). Fakat göl önemli flora ve faunaya sahip olmasına rağmen Ramsar Sözleşmesi'ne dahil olan sulak alanlardan biri değildir (Şekil 5). Gölde mevsimsel olarak meydana gelen seviye değişimleri kuş popülasyonunun varlığını da etkilemektedir (Akarsu vd., 2015).



Şekil 5. Marmara Gölü, Sulak Alan Koruma Bölgesi ve Ulusal Öneme Haiz Sulak Alanı.

2. AMAÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmanın amacı ulusal öneme haiz sulak alan olarak ilan edilen ve Gediz havzasında Gölmarmara ve Salihli ilçeleri için önemli rezervuar kaynağı olan Marmara Gölü'nde meydana gelen alansal değişimi uzun yıllar arasında (1975-2018) ortaya koymaktır. Aynı zamanda göl ve çevresine ait arazi kullanım özellikleri güncel olarak haritalandırılmıştır. Göl alanında zaman içinde meydana gelen değişim ciddi boyutlardadır. Bu değişim hem göl ekosisteminin varlığını tehlike altına sokmakta hem de göl çevresinde yaşayan nüfus için su kaynağının varlığı bakımından olumsuz özellikler ortaya koymaktadır. Halkın en önemli geçim kaynağı tarım ve balıkçılıktır. Fakat son

yıllarda göl alanında meydana gelen değişimler yapılan ekonomik faaliyetleri olumsuz yönde etkilemiştir. Çalışmada göl alanının değişimi üzerinde etkili olan antropojenik süreçler de ortaya konulmaktadır. Bu süreçler göl alanının değişiminde etkili olan faktörler hakkında bilgi vermesi bakımından önemlidir.

Marmara Gölü alansal değişimin ortaya konulmasında farklı yıllara ait benzer mevsimlere denk gelecek şekilde beş farklı uydu görüntüsünden yararlanılmıştır. Uydu görüntülerinin aynı mevsime denk gelecek şekilde seçilmesinin nedeni gölde meydana gelen seviye değişimleri üzerinde iklim özelliklerinin de etkili olmasıdır. Landsat MSS 1975, Landsat TM 1987, Landsat ETM 2000, Landsat 4-5 TM 2010 ve Sentinel 2-2018 çalışmada alansal değişimi ortaya koymak için kullanılan başlıca uydu görüntüleridir. 1975 yılına ait görüntüler 90 m. çözünürlükte, 1987 Landsat görüntüsü 30 m., Landsat ETM+ 2000 30 m, Landsat 4-5 TM 30 m., Sentinel 2018 10 m çözünürlüğe sahiptir.Alansal değişimin belirlenmesinde ArcMap 10.4.1 programından yararlanılmıştır. Her bir uydu görüntüsüne ait bantların birleştirilmesi sonucu (layer stack) farklı band kombinasyonları ile göl alanının sınırları belirlenmeye çalışılmıştır. Yüzde değişim 1975 yılı baz alınarak yapılmıştır. Her bir değişim bir önceki yıla göre oranlanmıştır.

Arazi kullanımı 2018 Sentinel 2 10 m çözünürlüğe sahip uydu görüntüsü üzerinde PCI GEomatica 2017 programı kullanılarak ve Object Analiz tool aracılığıyla, nesne tabanlı kontrollü sınıflandırma yapılarak belirlenmiştir. Nesne tabanlı 50 piksel boyutunda sınıflandırma işlemi sonucu Kappa İstatistiği %86 doğruluk sonucuna ulaşmıştır. Böylece çalışma sahası arazi kullanım sonucu kabul edilebilir hata payına sahiptir.

3. BULGULAR

3.1. Marmara Gölü'nde Meydana Gelen Alansal Değişimler

Marmara Gölü, 2008 yılında "Sulak Alan Koruma Bölgesi", 2017 yılında "Ulusal Öneme Haiz Sulan Alan Statüsü" kazanmıştır. Gölün sürdürülebilirliği ekolojik (flora ve fauna) bakımdan önemlidir. Fakat göl alanında 43 yıllık sürede önemli oranda bir azalma meydana gelmiştir. Alansal değişimin ortaya konulmasında 1975, 1987, 2000, 2010 ve 2018 yılı uydu görüntüleri farklı çözünürlükte en iyi görüntüyü verecek şekilde seçilerek Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımı ArcMap 10.4.1 ile sayısallaştırılmış ve göl çevresinden meydana gelen seviye değişimleri tespit edilmiştir. Her yıl bir önceki yıl esas alınarak göl seviyesinde meydana gelen değişim yüzdeleri ortaya konulmuştur. Bu sonuca göre 43 yıllık süre zarfında göl alanında 1975 yılı ile 1987 yılı arasında 12 yıllık sürede 0,51 km² lik bir artış gözlemlenmiş, bu yıllar arasında göl alanındaki değişim % -0,85 oranında meydana gelmiştir. 1987 ve 2000 yılları arasındaki 13 yıllık sürede göl alanında meydana gelen alansal değişim 6,60 km² olup, göl seviyesinde bir azalma mevcuttur ve göl alanı daralmıştır. Bu yıllarda alansal değişim yüzdelik olarak 1987 yılına göre % 10,88 olmuştur. 2000 ve 2010 yılları arasında alansal değişim 10 yıllık sürede 3,41 km², yüzde olarak değişim ise 6,31'dir. Bu yıllardan sonra göl alanında sürekli bir azalma mevcuttur. 2010 ve 2018 yılları arasındaki 8 yıllık sürede göl alansal değişiminde 10,31 km² lik bir azalma mevcuttur, yüzde olarak değişim ise 20,36'dır. Bu sonuca göre bu yıllar arasında alansal değişimde önemli ölçüde bir azalma mevcuttur ve ciddi olarak göl alanı için yönetim planlarının tekrar gözden geçirilmesi gerekliliğini zorunlu kılmaktadır (Çizelge 3, Şekil 6).

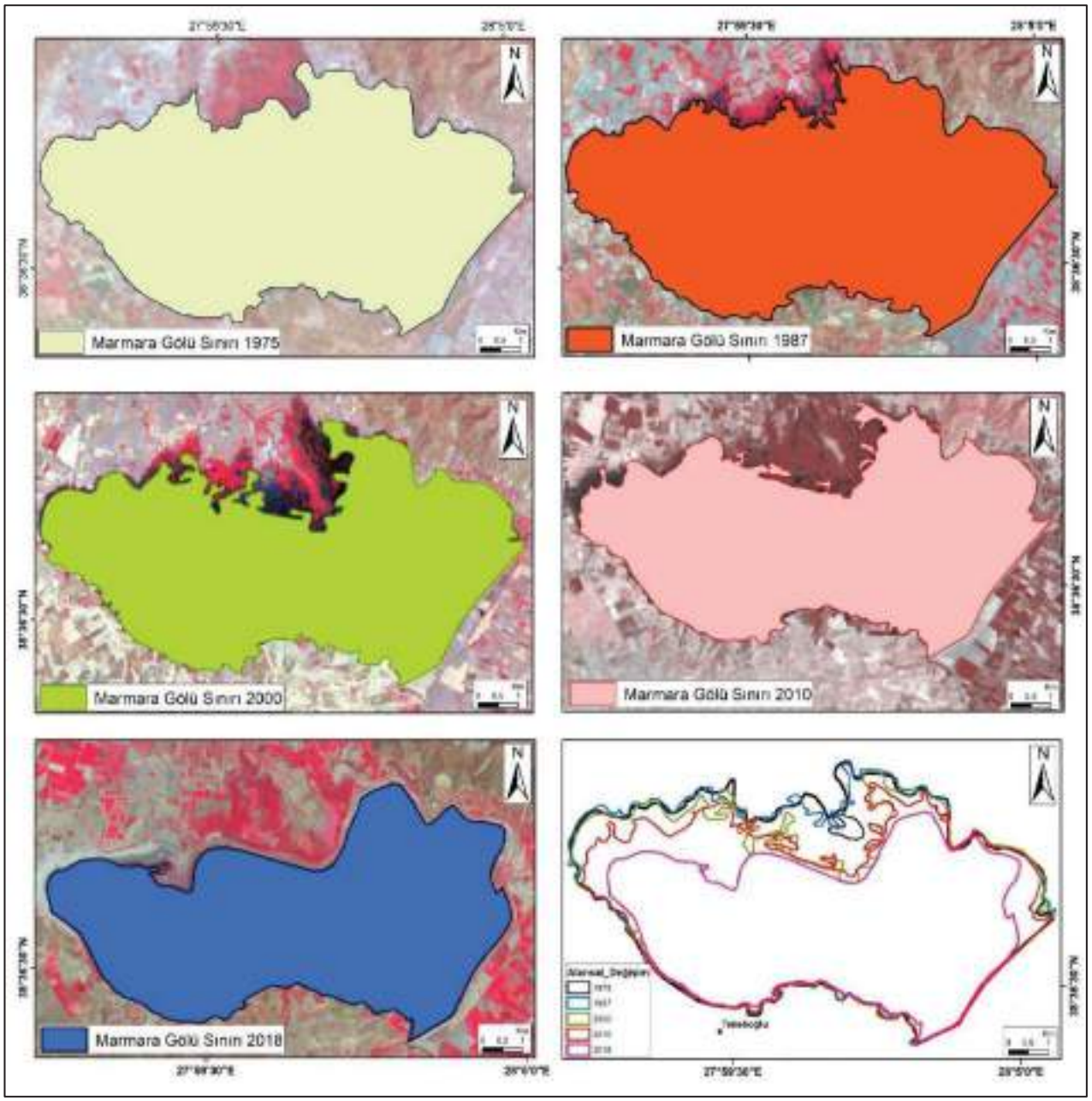
Göle gelen ve giden su miktarları iklime, beslenme kaynaklarına, sulama, taşkın, kaçak, buharlaşmaya bağlı olarak yıllara göre değişiklik göstermektedir. 1980, 1984, 1982, 1986 ve 1987 yıllarında göle giren su miktarı giden su miktarından daha fazla olmuştur. Buna bağlı olarak göl seviyesinde su hacim kapasitesi yükselmiştir. En yüksek su kapasitesi 309,2 hm³ ile 1987 yılında gerçekleşmiştir (Girgin, 84). Bu nedenle 1987 yılı uydu görüntüsünden elde edilen göl alan değişikliği 1975 yılına göre % -0,85 oranla artış göstermiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Marmara Gölü alansal değişiminin yıllara göre km² ve % olarak değişimi.

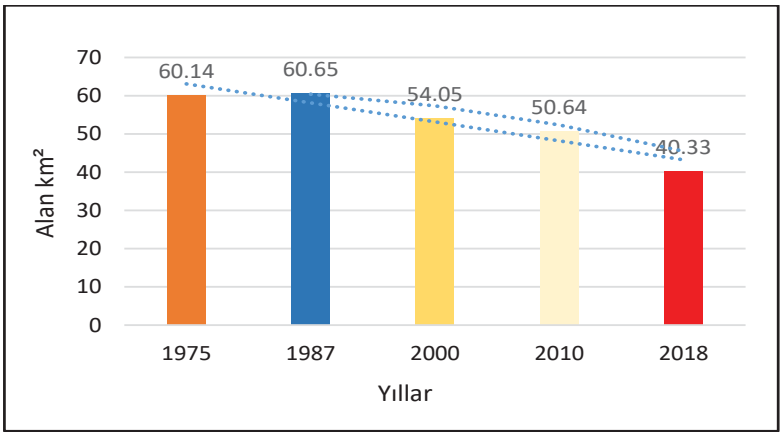
Uydu Görüntüleri	Yıllar	Alan km²	Değişim (%)
Landsat MSS	17.06.1975	60,14	-
Landsat TM 1987	05.06.1987	60,65	-0,85
Landsat ETM+2000	16.06.2000	54,05	10,88
Landsat 4-5 TM 2010	23.08.2010	50,64	6,31
Sentinel 2	22.07.2018	40,33	20,36

Göl su seviyesinde en yüksek kot 1961 yılında meydana gelmiş ve göl alanı tamamen dolmuş ve gölde kurak yer kalmamaıştır. Fakat 1993 yılında yaz kuraklığına bağlı göl alanında meydana gelen kuruma ile göl seviyesi tekrar alçalmıştır. Balıkçılık ve tarımsal faaliyetler bu durumdan olumsuz etkilenmiştir (Gülersoy, 2013).

Göl alanı kuzeydeki Gördes Barajı ve doğusundaki Demirköprü Barajı tarafından beslenmektedir. Fakat bu barajlar suyun yetmediği dönemlerde İzmir içme suyunu karşılamakta bu nedenle bazı dönemlerde göle su sağlayamamaktadır. 1990'lı yıllardan sonra yaz kuraaklığına bağlı göl seviyesindeki azalma ile balık ölümleri artmıştır (Gülersoy, 2013). Göl seviyesinde en fazla değişim gölün kuzey kesiminde Kum Çayı devirasyon kanalının olduğu kesimde meydana gelmiştir. Bu kısımda göl içinde alüvyal birikim fazladır ve göl sığlaşmaya başlamıştır. Gölün iç kısmına doğru bir deltaik birikim söz konusudur. Gölün güneydoğusunda yapılan sedde bu kısımda meydana gelebilecek değişimin önüne geçmiştir. Marmara Gölü besleme ve boşaltım kanalı ile göle su girdisi ve çıktısı sağlanmaktadır.



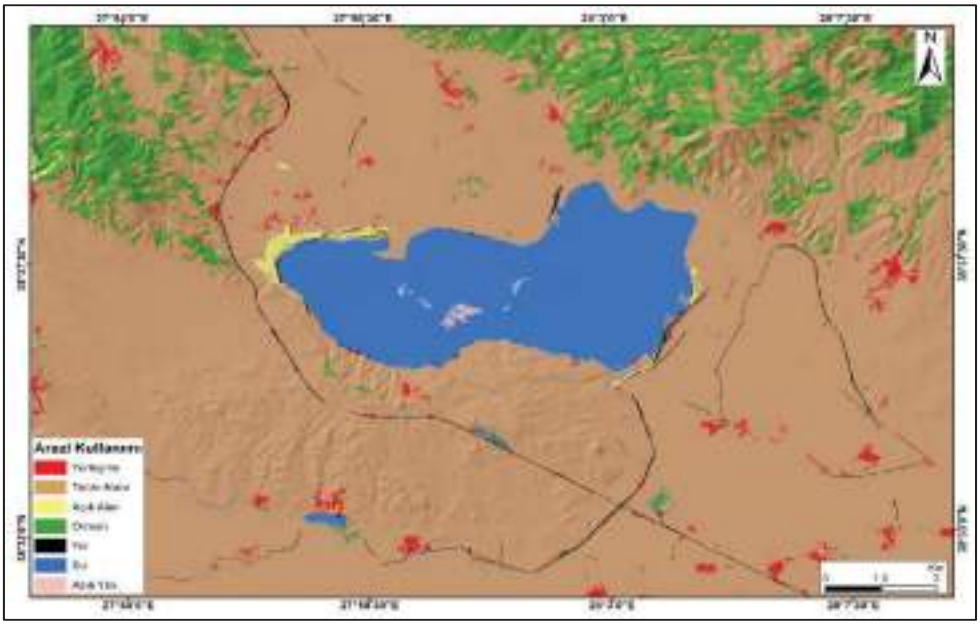
Şekil 6. Marmara Gölü 1975-2018 yılları arasındaki alansal değişimi.



Grafik 1. Marmara Gölü yıllara göre alansal değişim.

3.2. Marmara Gölü ve Yakın Çevresi Arazi Kullanım Özellikleri

İnceleme alanı arazi kullanım özellikleri 10 metre çözünürlükteki Sentinel 2018 uydu görüntüsünden elde edilmiş olup, uydu görüntüsünün işlenmesinde PCI GEometica 2017 programı kullanılmıştır. Nesne tabanlı kontrollü sınıflandırma tekniği kullanılarak uydu görüntüsü arazi kullanım özellikleri belirlenmiştir. Object Analiz tool ile nesne tabanlı 50 piksel boyutunda sınıflandırma işlemi sonucu Marmara Gölü 2018 arazi kullanım özellikleri hata payını en aza indirgeyerek belirlenmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Marmara Gölü ve yakın çevresi 2018 yılı arazi kullanım haritası.

Arazi kullanım sınıflandırılması ile elde edilen analiz sonuçlarına göre, belirlenen göl ve yakın çevresinde 7 farklı sınıf ortaya çıkmıştır. En geniş alana sahip arazi örtüsü tarımsal alanlar olmakla birlikte göl çevresinde %76,24 alan kaplamaktadır. Göl doğal yapısından çıktıktan sonra göl çevresinde sulu tarım yapılmaya başlanmış ve dikilen ürün çeşidi değişmiştir. Arazi örtüsü içinde sınıflanan asılı yük göl içinde biriken sediment malzeme olarak gösterilmektedir. Bu sonuca göre göl alanının giderek sığlaştığı ve karasallaştığı sonucu öngörülebilir (Şekil). Göl çevresinde %1,41'lik alan kaplayan yerleşmelerin başlıcaları kuzeyde Gölmarmara, güneyde Salihli ve güneybatıda Ahmetli ilçeleri ve bu ilçelere ait mahallelerdir. Yerleşmelerde 2007-2017 yılları arasında TÜİK (2017) raporlarına göre nüfus miktarı azalma göstermiştir. Bunun nedeni de başka şehirlere yapılan göçlerdir. Batıda eğimin arttığı sahalarda hayvancılık faaliyetleri yapılmaktadır.

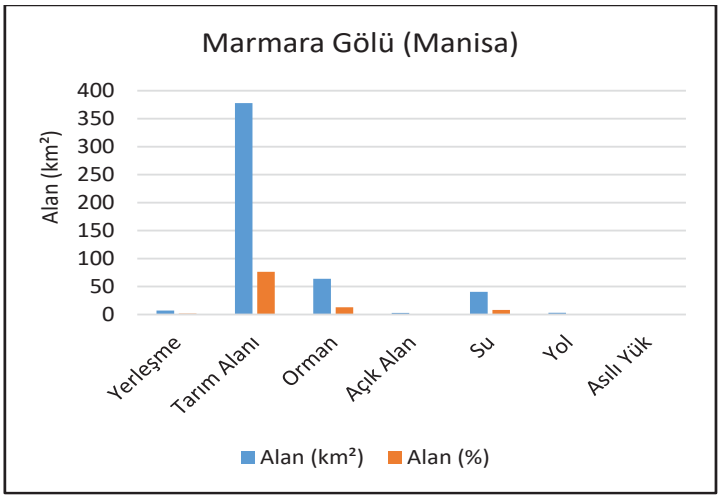
Çizelge 4. Marmara Gölü ve yakın çevresinde 2018 yılı arazi kullanımı alansal miktarı (km²).

Arazi Kullanımı	Alan (km²)	Alan (%)
Yerleşme	7	1,41
Tarım Alanı	377,96	76,24
Açık Alan (Boş Arazi)	2,84	0,57
Orman	63,93	12,89
Yol	3,09	0,62
Su	40,50	8,17
Asılı Yük	0,50	0,1

İnceleme alanı güneyinde yer alan Tekelioğlu mahallesinde toprakta bulunan organik madde miktarının çok yüksek olması 1989 yılında özel bir firmanın bu alanı ilk organik tarım projesi kapsamına almasını sağlamış, sonraki yıllarda bu proje kapsamına Pazarköy, Poyrazdamları ve Karayahşi mahalleleri de katılmıştır. Göl çevresindeki verimli tarım sahaları Kuvaternerden bu yana üst yüzeyde biriken akarsu çökellerinin varlığındandır. Marmara Gölü'nün bulunduğu alanın çöküntü havzası olması ve etrafında yüksek kütlelerin yer alması iklimi bakımından birçok ürünün de yetişmesine olanak sağlamaktadır.

Gölde kaçak avcılık yapılmaktadır. Göl çevresinde verimli alüvyal toprakların varlığına bağlı olarak tarım ve yerleşme alanlarında artış olmuştur. Özellikle göl kuzeyindeki çamur düzlükleri ve bataklıklar kurutularak tarım alanına dönüştürülmüştür. Göl batısı ve doğusundaki eğimli alanlarda hayvancılık faaliyetleri yapılmaktadır (Akarsu vd., 2015). Göl çevresinde gölü tehdit eden atıklar evsel kaynaklıdır. Sanayiden kaynaklı atıksal tehditin olmamasının nedeni göl çevresinde yakın mesafede herhangi bir sanayi merkezinin bulunmamasıdır. Gölde bitkisel üretimin fazla olması ve oksijenin artması gölde su seviyesi yükselmesine bağlıdır. Buna bağlı olarak göldeki balık türleri de çeşitlenmekte ve balık miktarı artmaktadır. Bu da balıkçılık faaliyetleri yapan çevre halkının geçimi için önemlidir (Girgin, 2000). Fakat gölde su seviyesi azalmalarına bağlı olarak göl tabanında sediment birikiminin artış göstermesi ve su altı sucul bitkilerinin fazlalaşması göl kimyası ve ekosistemi bakımından problem arz etmektedir. Aynı zamanda gölün kurumasına bağlı olarak balık türleri özellikle de sazan balığı yok olma tehlikesi ile karşı karşıyadır.

Grafik 2. Marmara gölü ve yakın çevresinde arazi kullanımının değişimi.



4. SONUÇ VE ÖNERILER

Göllerin alansal değişimleri iklim, jeolojik yapı, beslenme kaynakları ve antropojenik süreçlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Marmara Gölü içinde barındırdığı flora ve fauna açısından biyoçeşitlilik olarak zengin olmakla birlikte 'Ulusal Öneme Haiz Sulan Alan' statüsüne sahiptir. Fakat son yıllarda göl çevresinde yapılan tarımsal faaliyetlerde açılan kanallar ile su çekilmesi ve göl çevresinde yaşayan nüfusun kuyulardan çektiği sular ve iklimde mevsimsel değişmeler ve özellikle yaz kuraklığına bağlı olarak göl alanında ciddi boyutlarda küçülme mevcuttur. Bu durum göl çevresinde yaşayan halkın ekonomik faaliyetlerinde bilhassa ticaret amaçlı yapılan balıkçılık faaliyetlerini olumsuz etkilemiştir. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama kullanılarak uydu görüntülerinden göl seviye

değişimi, kıyı değişimi analizlerinin yapılması artık daha kolay, ucuz ve uygulanabilir özelliktedir. Marmara Gölü için ArcMap 4.1. yazılımı kullanılarak göl alansal değişimi, PCI GEomatica 2017 programı kullanılarak arazi kullanım özellikleri en yakın doğruluk payını gösterecek şekilde çıkarılmış ve sonuçlar analiz edilmiştir.

İnceleme alanında yapılan analizler sonucunda 1975 yılından 2018 yılına kadar olan 43 yıllık sürede göl alanında toplam yaklaşık 19,81 (km²) lik bir alansal değişim tespit edilmiştir. Kullanılan 1975, 1987, 2000, 2010 ve 2018 yılları uydu görüntüleri bantlarının çakıştırılması sonucu 1975 yılı ile 1987 yılında olan artış haricinde diğer yıllarda sürekli bir azalma olduğu gözlemlenmiştir. Bu azalmada en büyük etken gölün doğal yapısının antropojenik süreçler tarafından değiştirilmesi sonucu özellikle kuzey kesimde, sığlaşmanın artmasıdır. Göl ortasında birikim kuzeyde artmaya devam etmektedir. Özellikle yaz kuraklığına bağlı olarak meydana gelen seviye alçalmaları göl alanındaki birikmeyi gözler önüne sermektedir. 1975 yılında 60,14 (km²) lik bir alana sahip olan göl, 2018 yılında 40,33 (km²)'ye düşmüştür.

Göl ve çevresinde 2018 yılı uydu görüntüsünden çıkarılan arazi kullanımında 377,96 (km²) ile en fazla tarım alanı yer almaktadır. Tarım alanlarının arazi örtüsü içindeki payı %76, 24'tür. Bu da tarımsal alanda kullanılmak üzere önemli miktarda suyun gölden sağlanması anlamına gelmektedir. Suyun kullanılması amacıyla doğal yapısı bozulan göl 1932-1953 yılları arasında yapılan beslenme ve boşalım kanalları ile rezervuara dönüştürülmüş, gölden çekilen suyun geri sağlanamaması durumunda gölde ciddi su seviye değişikliği meydana gelmiştir. Bu nedenle göl alanında giden ve gelen suyun mevsimsel iklim değişikliğine de bağlı olarak dengede tutulması gerekmektedir. Nüfus artışına bağlı olarak küresel ısınmanın da arttığı ülkemizde su kaynaklarının korunması ve yönetilmesi önemlidir. Göl su seviyesinde meydana gelebilecek değişimler gelecekte daha büyük su kayıplarının önüne geçilmesi için kontrol altında tutulmalıdır. Göl seviye değişimlerini belirlemek amacı ile farklı proje ve yönetim metot ve teknikleri geliştirilmelidir. İnsanların bilinçsizce su kullanması sonucu suya yaptığı müdahaleler; atık sular, bilinçsizce avlanma, sazlık kesimi gölde büyük tehditler oluşturmaktadır. Marmara Gölü etrafında özellikle son zamanlarda yaşanan göçler sonucu nüfus azalmasına rağmen gölde 2010 yılından 2018 yılına kadar meydana gelen %20,36'lık değişim göl alanında yeni yasal düzenlemelerin yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Göl çevresinde yaşayan halk gölden çekilen suyun bilinçli kullanımı konusunda bilgilendirilmeli, atık su yönetim planları gözden geçirilmelidir.

Doğa Koruma ve Millî Parklar Genel Müdürlüğü tarafından 2018 yılı sonunda tamamlanması düşünülen 2019-2023 yıllarını kapsayacak şekilde göl alanının korunması ve amacına uygun bir şekilde dengeli olarak kullanılmasını sağlamak amacıyla hazırlanan Sulak Alan Yönetim Planı'nı, uygulama sonrasında ne kadar gölde meydana gelen sorunlara yönelik cevap verebileceği konusunda takip edilmeli, uygulamada projenin eksik yanları ortadan kaldırılmalıdır.

KAYNAKLAR

Akarsu, F., Gül, O., Uzilday, B., 2015. *Ege Bölgesi: Gediz Deltası*. Doğa Derneği. 1-80.

Arı, Y., Derinöz, B., 2011. Bir Sulak Alan Nasıl Yönetilmez? Kültürel Ekolojik Perspektif ile Marmara Gölü (Manisa) Örneği, *Coğrafi Bilimler Dergisi,* Sayı:9(1):41-60.

Bahadır, M., 2013. Akşehir Gölü'nde Alansal Değişimlerin Uzaktan Algılama Teknikleri ile Belirlenmesi. *Marmara Coğrafya Dergisi,* Sayı 28:246-275.

Bulkan, Ö., 2009. Marmara Gölü (Manisa) Çökellerinin Jeokimyasal Özellikleri ve Yörenin Kuvaternedeki Paleo-Ekolojik Evrimi. *Doktora Tezi.* İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayımlanmamış Tez. 1-312.

Climate-Data, 2018. İklim:Salihli, https://tr.climate-data.org/location/37515/, [13.06.2018].

Climate-Data, 2018. İklim:Gölmarmara, https://tr.climate-data.org/location/19322/, [13.06.2018].

DKMPGM, 2017. *Kış Ortası Su Kuşu Sayımları 2017*. Orman ve Su İşleri Genel Müdürlüğü, s:1-38.

Girgin, M., 2000. Marmara Gölü. *Doğu Coğrafya Dergisi,* Sayı 3:77-103.

Gülsoy, A. E., 2013. Marmara Gölü Yakın Çevresindeki Arazi Kullanım Faaliyetlerinin Zamansal Değişimi (1975-2011) ve Göl Ekosistemine Etkileri. *Türk Coğrafya Dergisi,* Sayı:61:31-44, İstanbul.

Hakyemez, Y. H., vd., 2013. Gediz Garabeninin Kuvaterner Jeolojisi ve Evrimi. *Türkiye Jeoloji Bülteni,* Cilt 56, Sayı 2:1-26.

İlhan, A., Sarı, H. M., 2013. Marmara Gölü Balık Faunası ve Balıkçılık Faaliyetleri. *Su Ürünleri Dergisi*, Sayı:30(4):187-191, İzmir.

Karakuş, H., Aydın, H., 2013. Gölmarmara Sulak Alanının Hidrolojisi. *III. Sulak Alanlar Kongresi,* Samsun, Poster Bildiri: 283-288.

Orman ve Su İşleri Genel Müdürlüğü, 2017. *Göller ve Sulak Alanlar Eylem Planı 2017-2023,* Ankara.

Ölgen, M. K., Erdal, Ü., Sökmen, Ö., 2009. Turgutlu-Salihli Arasında Organik Tarım Faaliyetlerinin Toprak Üzerindeki Etkileri. *Ege Coğrafya Dergisi,* Sayı:18/(1-2):17-30.

Savcı, T. T., 2018. Marmara Gölü Kıyısında Yaşayanlara Yükümlülükleri Hatırlatıldı. http://www.yenimanisa.com.tr/marmara-golu-kiyisinda-yasayanlara-yukumlulukleri-hatirlatildi, [2018].

Smith, L. C., Pavelsky, M. T., 2009. Remote Sensing of Volumetric Storage Changes in Lakes. Earth Surf. Process. Landforms, Sayı, 34:1353–1358.

Tarım ve Orman Bakanlığı 4. Bölge Müdürlüğü, 2016. 2 Şubat Dünya Sulak Alanlar Günü Manisa'da Gölmarmara Gölü'nde Kutlandı. http://bolge4.ormansu.gov.tr/4bolge/anasayfa/resimlihaber, [20.06.2018].

Turoğlu, H., 2000. *Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Esasları.* 1. Basım, Acar Matbaacılık, Çantay Kitabevi. 1-245.

TÜİK, 2017, Merkezi Dağıtım Sistemi (Medas), Manisa ve İlçeleri Nüfus Sayısı 2017. https://biruni.tuik.gov.tr, [28.06.2018].

Türkeş, M., 2011. Akhisar ve Manisa Yörelerinin Yağış ve Kuraklık İndisi Dizilerindeki Değişimlerin Hidroklimatolojik ve Zaman Dizisi Çözümlemesi ve Sonuçların Çölleşme Açısından Coğrafi Bireşimi. *Coğrafi Bilimler Dergisi,* Sayı: 9 (1):79-99.

ÇTÜE, 2012. *Havza Koruma Eylem Planları-Gediz Havzası,* TÜBİTAK, s:1-498.

Yağmurlu, F., Baykal, H., 1989. Gördes Barajı ve Çevresinin Temel Jeolojik Özellikleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni,* C.32:1-7.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7036

KIZILIRMAK NEHRİ'NİN MİKRO-İKLİMSEL ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Çağdaş KUŞÇU ŞİMŞEK[1], Halime ÖDÜL[2], Canberk CABBAROĞLU[3]

[1]Dr.Öğr.Üyesi, Cumhuriyet Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, cksimsek@cumhuriyet.edu.tr
[2]Y.Lisans Öğrencisi, Cumhuriyet Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü
[2]Lisans Öğrencisi, Cumhuriyet Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Günümüzde etkilerini yoğun biçimde hissettiğimiz, yoğun ve bilinçsiz kentleşmenin bir sonucu olarak ortaya çıkan kentsel iklim değişimleri karşısında geliştirilmesi gereken mücadele eylem planlarının önemi giderek artmaktadır. İnsan yaşamı ve yaşam konforu açısından değerlendirilmesi gereken iklim konusu, taşıdığı karmaşık yapısı gereği geniş bir perspektife ihtiyaç duymaktadır. Bu durum çok farklı disiplinlerin, farklı bakış açılarıyla konu üzerinde araştırma yapmalarını da gerekli kılmaktadır.

Yapılmış olan araştırmalar incelenildiğinde, daha çok ısı adaları ve ısı adalarının etkilerini azaltmaya dair stratejiler ön plana çıkmaktadır. Oysa, kent içi ve kent çevresi alanların planlanmasında, bölge potansiyelinde bulunan soğuk adaların dikkate alınması, bu alanların etkilerinin bilinçli planlama yaklaşımlarıyla artırılmaya çalışılması, konuyla mücadele açısından büyük önem taşımaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde sulak alanlar, evapotranspiration ve ısı depolaması özellikleri ile iklim düzenlenmesinde önemli role sahiptir. Sulak alanların kendilerine has radyasyon, termal ve su özellikleri, kendilerine özgü soğutma ve nemlendirme etkileri olan mikro iklim oluşmasına neden olmaktadır.

Bu çalışmada, potansiyel bir soğuk ada olan ve Sivas kent merkezi yakınından geçen Kızılırmak Nehri'nin mikro iklimsel etki alanı araştırılmıştır. Analizler uzaktan algılama ve CBS teknikleri kullanılarak yapılmıştır. Çalışma alanı olarak, nehrin kent içerisinde kalan 11 km uzunluğundaki kısmı, sağa ve sola 1'er km genişlikte olacak şekilde seçilmiştir. Yüzey sıcaklığı verileri, 2009 yılı, Haziran 6, Temmuz 9 ve Ağustos 8 tarihli Landsat TM-5 görüntüleri üzerinden hesaplanmıştır. Arazi kullanımlarının dikkate alınarak yapıldığı analizler ile, nehrin soğutma etki alanının tespit edilmesine çalışılmıştır. İstatistiksel analizler yapılırken önce dağılımın normal dağılıma uygunluğu test edilerek Levene homojenlik testleri yapılmıştır. Daha sonra, sıcaklık verileriyle ilişkilendirilmiş tampon bölgelerin, aynı arazi sınıfı içerisinde birbirinden anlamlı derecede ayrılıp ayrılmadığı incelenmiştir. Ayrıca; bütün alanın yüzey sıcaklığı/mesafe ve arazi kullanımının yüzey sıcaklığı/mesafe korelasyonu Bivariate yöntemi ile incelenmiştir. Sonuçlar %95 güven aralığında test edilmiştir. Bu çalışma sonucunda, iklime duyarlı arazi kullanım planlamasının önemi vurgulanmıştır.

Anahtar Sözcükler: arazi kullanım planlaması, mikro-iklim, soğuk ada, uzaktan algılama

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE MICRO-CLIMATIC EFFECTS OF RIVER KIZILIRMAK

Combat action plans, which should be improved against the urban climate changes that occur as a result of dense and senseless urbanization, are becoming more of an issue today. Matter of climate as a subject of human life and comfort of life requires a wider perspective due to its complicated structure. This situation also necessitates so many diverse disciplines to make researches with different views upon this task.

Examined researches are mostly interested in heat islands and strategies to reduce the effects of heat islands. However, main essential thing on combatting this issue is that urban and rural planning should consider the potential cool islands in the region and increase the effects of such areas by conscious planning.

In that respect, wetlands carry weight on climate composition with its evapotranspiration and heat storage features. Specific radiation, thermal and water features of wetlands lead to micro-climates, which have specific cooling and moisturizing effects.

In this study, the microclimatic effects of Kızılırmak River, which is a potential cool island passing nearby Sivas city center was investigated. The analyzes were made through remote sensing and GIS techniques. The study area was selected as 11 km span of the river passing through the city with 1 km width to the right and left apiece. Land surface temperature values are calculated from Landsat TM-5 images dated June 6th, July 9th and August 8th, 2009. It has been tried to determine the cooling effect of the river Kızılırmak by considering land usages. During the statistical analyses, the suitability of distribution to a normal distribution was first tested, Levene's homogeneity tests were performed. Then, whether the buffer areas associated with temperature data were significantly separated from each other within the same land class was examined. Results are tested in 95% confidence interval. Moreover, the surface temperature/distance correlation of the whole area and the surface temperature/distance correlation of land use were examined by the bivariate method. As a result of this research, the importance of climate-sensitive land use planning was emphasized.

Keywords: cool ısland, land use planning, micro-climate, remote sensing

1. GİRİŞ

Son yıllarda, küresel iklim değişiminin bir getirisi olarak oluşacak kuraklık ve doğal değişimler beklentisi ile birlikte kurulan senaryolar karşısında bilim dünyası, hemen her konuda mücadele ve adaptasyon stratejileri üzerine yoğunlaşmıştır. Ancak dünya, bir tarafta makro ölçekte küresel iklim değişimi ve etkilerini tartışırken; diğer tarafta, hızla artan kentleşme ve değişen tüketim alışkanlıklarının beraberinde getirdiği bir problem olarak, bozuluma uğrayan mikro iklimsel yapı ve etkilerini tartışmaktadır.

Küresel ısınmanın yanı sıra antropojenik etkilere bağlı olarak değişen iklim problemleri karşısında geliştirilmesi gereken mücadele eylem planlarının ve yöntemlerinin önemi giderek artmaktadır. Birbiriyle bağımlı geçişken bir yapı sergileyen bu iki problemin birleşik etkileri karşısında insan, konfor kriterlerinin dışında kalan iklimsel şartlara maruz kalabilmekte, hatta ölümcül sonuçlarla karşılaşabilmektedir. Nitekim son yıllarda sıkça karşılaştığımız, sıcak hava dalgaları sonucunda yaşanan ölüm haberleri bunun en belirgin göstergesidir. Küresel iklim değişimi nedeniyle daha sık karşılaşılan sıcak hava dalgaları, 2003 yazında Avrupa'da 70.000 (Robine vd., 2007), 2015'te Hindistan'da 15 günde yaklaşık 2500 (CNN, 2015), yine 2015'te Fransa'da 1 haftada 700 kişinin ölümüne neden olmuştur (AA, 2015). Bu sene, 29 Haziran - 8 Temmuz arası sadece Kanada Quebec kentinde aşırı sıcaklardan 54 kişi ölmüştür (Aydınlık Gazetezi, 2018). İnsan yaşamı ve yaşam kalitesi açısından göz önünde bulundurulması gereken bu konunun, karmaşık yapısı gereği, geniş bir bakış açısıyla ele alınması gerekmektedir.

Kentsel ısınmayla mücadelede önemli yöntemlerden birisi de bölge potansiyelinde bulunan soğuk adaların dikkate alınması, bu alanların etkilerinin bilinçli planlama yaklaşımlarıyla artırılmaya çalışılmasıdır. Soğuk adalar (Urban Cool Island / UCI) üzerine yapılmış araştırmalar incelenildiğinde, soğuk ada potansiyeli olarak park, yeşil alan (Jauregui, 1991; Shashua-Bar and Hoffman, 2000; Hamada and Ohta, 2010; Bowler et al., 2010; Kong et al., 2014; Kuşçu Şimşek, 2016) ve su kütleleri (Sun et. al, 2012; Steeneveld et. al., 2014; Hongyu et. al., 2016; Kuşçu ve Ödül, 2018) gösterilmektedir. Ancak araştırmalar, daha çok yeşil alanlar ve park alanları üzerine yoğunlaşmaktadır (Upmanis et al., 1998; Cao et al., 2010; Chow et al., 2011; Feyisa et al., 2014; Norton et al., 2015). Son dönem yapılmış olan çalışmalar incelenildiğinde, her ne kadar sulak alanların soğutucu etkisine dair çalışmaların arttığı görülse de sulak alanların çevresinde bulunan arazi kullanımlarıyla olan iklimsel ilişkilerine ya da sulak alanların iklimsel etki alanlarının mekansal ölçekteki ifadesi gibi konulara dair halâ yeterli sayıda bilimsel araştırma bulunmamaktadır.

Sulak alanlar, buharlaşma ve ısı depolaması özellikleri ile iklim düzenlenmesinde önemli role sahiptir (Gou et. al., 2015; Nakayama and Fujita, 2010). Suyun termal kapasitesinin toprak, kaya ve bitki örtüsünden daha yüksek olması nedeniyle, su kütleleri daha fazla ısı depolayabilmekte ve çevresindeki sıcaklık değişimini yavaşlatabilmektedir. Diğer bir değişle sulak alanlar çevre bölgelerinin iklimini düzenleyebilmektedirler (Zhang et. al, 2016). Sulak alanların mikro iklimsel etkileri çoğunlukla evapotranspirasyon (buharlaşma) ve ısı depolama özellikleri üzerinden gerçekleşmektedir. Evapotranspirasyon oranı meteorolojik faktörlere, radyasyona, rüzgâr hızına, sıcaklığa, neme ve toprağın tipi, pürüzlülüğü ve ıslaklığı gibi yüzey özelliklerine bağlıdır (Kelvin et.al., 2017). Sulak alanların bu özelliklerine bağlı olarak kendilerine has radyasyon, termal ve su özelliklerinin bulunması, yine kendilerine özgü soğutma ve nemlendirme etkileri olan mikro iklim oluşmasına neden olmaktadır (Bai et. al., 2013; Carrington et.al., 2001). Bu nedenle, sulak alanların peyzaj planlama çalışmalarında, bitki örtüsünün biyolojik ve fiziksel özellikleri göz önünde bulundurulmalı ve bölgelerin termal konforunu sağlamak için bir strateji olarak kullanılmalıdır.

Bu çalışmanın temel amacı, kent yakınından geçmekte olan Kızılırmak Nehri'nin ne kadarlık bir mesafede soğutma etkisi gösterdiğini tespit etmek ve arazi kullanım değişikliklerinin bunun üzerindeki etkisini ortaya koymaktır. Yaz dönemine ait 3 termal görüntünün kullanıldığı çalışmada; yüzey sıcaklıkları, arazi kullanımları ve kıyıdan uzaklık verilerinin çapraz ilişkileri incelenmiştir.

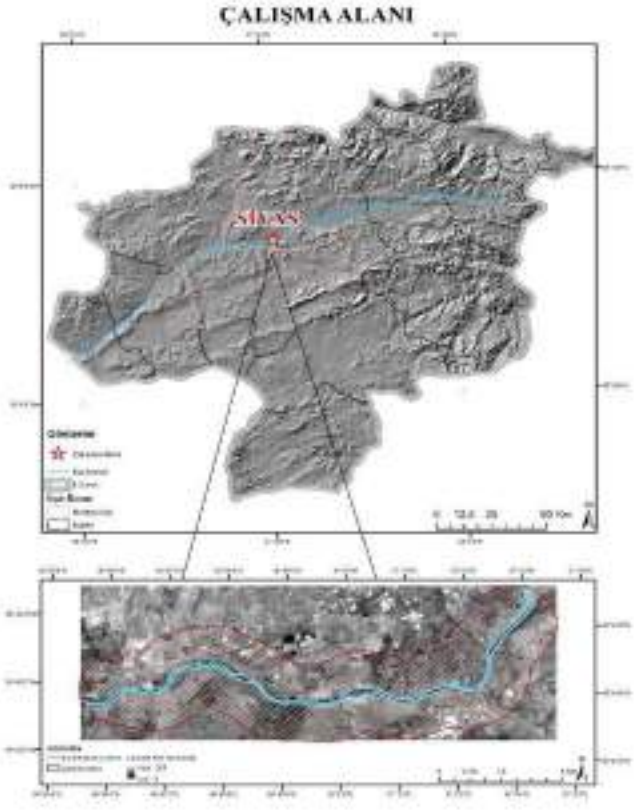
Ayrıca, iklim değişimine karşı geliştirilecek stratejilerin belirlenmesinde doğal kaynakların etkin kullanımı büyük önem taşımaktadır. Bu açıdan, çalışmanın diğer bir amacı, önemli doğal kaynaklarımızdan olan sulak alanların iklim değişimi ile mücadelede bir araç olarak kullanılabileceğine dikkat çekmektir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Çalışma Alanı

İç Anadolu'nun doğusunda yer alan Sivas ili, yüksek platolar üzerinde başlayıp doğuya doğru yükselmektedir. Ortalama yükselti 1000m'nin üzerindedir. Sivas ilinin büyük kısmı, yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve karlı geçen karasal iklimin etkisi altındadır. En soğuk illerden biri olan Sivas'ın, çevreye göre yüksek oluşu, kuzey rüzgarlarına açık oluşu, engebeli bir yapıya sahip oluşu, yıl içinde değişen basınç etkilerinde kalması gibi nedenler çevre illerden farklı kendine has bir iklim bölgesi oluşturmasına da neden olmaktadır.

Sivas kent merkezi yakınından geçmekte olan Kızılırmak Nehri'nin 11km'lik kısmı, sağa ve sola 1'er km genişlikte alınarak, çalışma alanı olarak belirlenmiştir (Şekil 1).

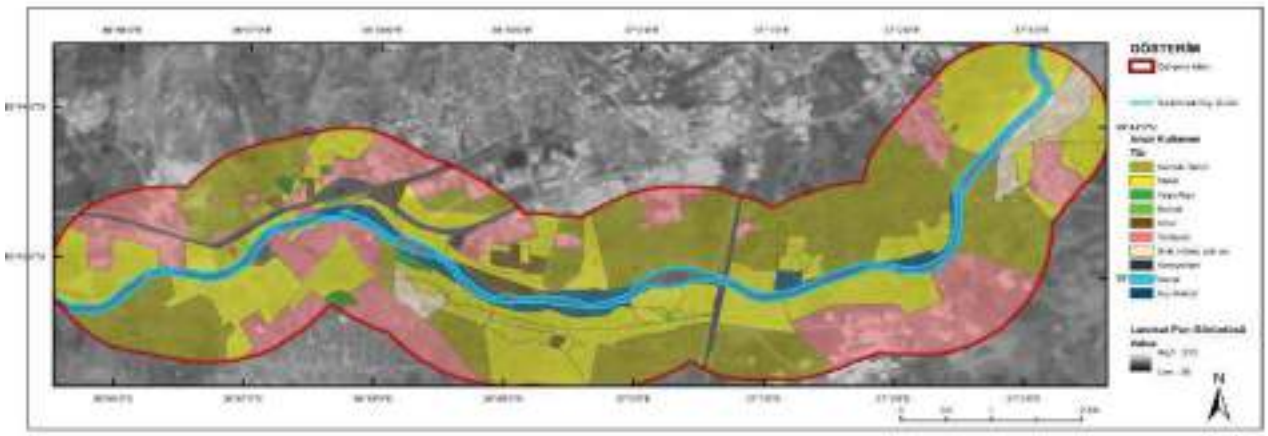


Şekil 1. Çalışma alanı.

2.2 Veri

Çalışmada uydu görüntüsü olarak 2009 yılına ait, 7 Haziran, 9 Temmuz ve 17 Ağustos tarihli Landsat TM-5 görüntüleri kullanılmıştır. Uydu görüntüsünün seçiminde, çalışmanın amacı da göz önüne alınarak; ısınmanın daha fazla olduğu yaz dönemi görüntüleri tercih edilmiştir.

Arazi kullanım verileri; Sivas Gıda, Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü tarafından hazırlanan Kızılırmak Nehri çevresine ait arazi kullanım ve ekilen ürün bilgileri ile Sivas Belediyesi hâlihazır verilerinden faydalanılarak oluşturulmuştur (Şekil 2). Arazi kullanım sınıfı olarak; arsa, bahçe, kanal, karışık tarım, kıyı kenar, tarım, ulaşım, yerleşim ve yeşil alan belirlenmiştir.

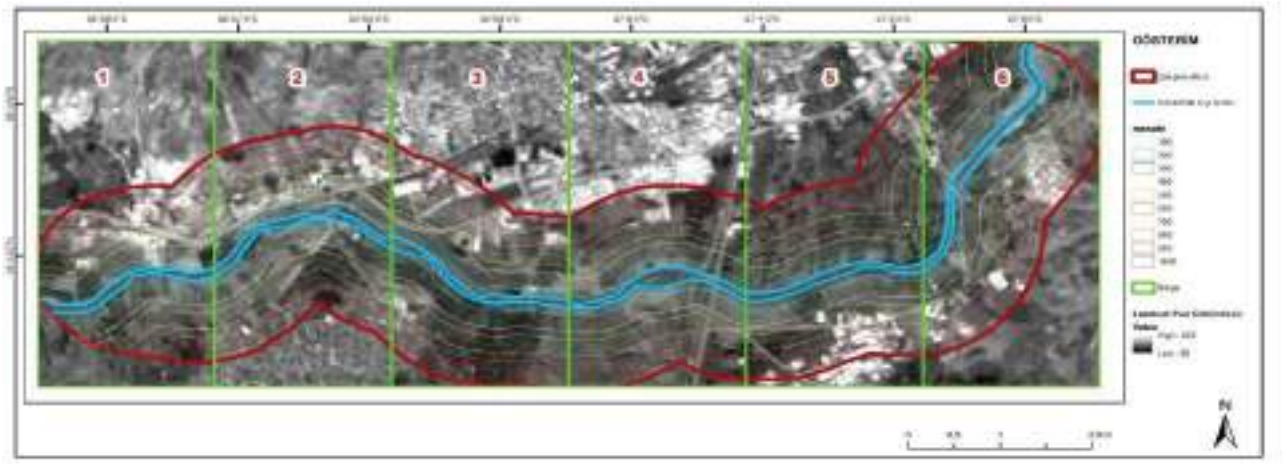


Şekil 2. Arazi kullanım haritası.

2.3 Yöntem

Bu çalışmanın ana hedefi, kent yakınından geçen Kızılırmak Nehri'nin mikro ölçekte soğutma etki alanını ve etki derecesini tespit etmek, arazi kullanımı ile ilişkisini ortaya koymaktır. Ayrıca, iklim değişimine karşı geliştirilecek stratejilerin belirlenmesinde doğal kaynakların etkin kullanımı büyük önem taşımaktadır. Bu açıdan, çalışmanın diğer bir amacı, önemli doğal kaynaklarımızdan olan sulak alanların iklim değişimi ile mücadelede bir araç olarak kullanılabileceğine dikkat çekmektir.

İklim araştırmalarının önemli parametrelerinden birisi çalışma ölçeğinin belirlenmesidir. İklim değişikliği, zamansal ve mekânsal farklılıklarla birlikte ölçeğe göre değişiklik göstermektedir (Şen, 2009). Bu çalışmada, Grimmond vd. (2010) ile Britter ve Hann'ın (2003) kullanmış oldukları iklimsel ölçek sınıflandırmaları dikkate alınarak, 1 km'lik bir alanda incelenen 100m'lik aralıklar mikro ölçek olarak tanımlanmıştır. Bunun için çalışma, nehrin sağ ve sol yakasının 100m'de bir tampon alanlarına ve nehrin 11 km'lik kısmının 6 bölgeye ayrılması ile yürütülmüştür (Şekil 3). Oluşturulan tampon alanları yardımıyla, birim mesafede oluşan sıcaklık değişimi takip edilmeye çalışılmıştır. Bu yöntemin sağlamış olduğu çapraz sorgulama ve analiz imkânları, daha detaylı sonuçların elde edilmesine ve daha hassas değerlendirmelerin yapılmasına da olanak tanımaktadır.



Şekil 3. Çalışma alanı bölge ve tampon alanları.

Bu çalışmada, çoklu veri analizine ve entegrasyonuna olanak tanıyarak bütünsel bir araştırma yapılmasını sağlayan uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi (CBS) tekniklerinin kullanılması uygun görülmüştür. Ekolojik ortamlar barındırdıkları çeşitliliğe bağlı olarak karmaşık spektral yapı sergilemektedirler. Bu noktada, kompleks yapılı ortamların ölçümü, sınırlandırılması ve sınıflandırması işlemlerinde uzaktan algılama tekniklerinin kullanılması büyük avantaj yaratmaktadır. Özellikle zamansal seri uydu görüntülerinin kullanımı; bileşenlerin karmaşıklığına rağmen, gelişmenin daha doğru takibine ve anlaşılmasına olanak tanımaktadır (Weng and Quattrochi, 2007). Ayrıca, aynı anda çok geniş alanlara ait termal verilerin elde edilebiliyor oluşu, iklimsel araştırmalarda uydu görüntüleriyle çalışmayı avantajlı hâle getirmektedir (Pongracz et al., 2006; Li et al., 2012). Bu çalışmada da, birçok noktaya ait eş zamanlı yüzey sıcaklıklarının karşılaştırılmak istenmesi nedeniyle uydu görüntülerinden faydalanılmıştır.

Uydu görüntülerinin işlenmesinde, öncelikle her bir görüntüye ait radyometrik düzeltmeler yapılarak yüzey sıcaklıkları hesaplanmıştır. Termal veriler Chander vd. (2009) tarafından verilmiş olan Landsat TM-5 kalibrasyon parametrelerine göre düzeltilmiştir (1). Daha sonra, Van de Griend ve Owe (1993) tarafından formülleri verilmiş olan, yüzey elemanlarının yansıma özelliklerini belirgin hale getiren (2) ve (3) no'lu formüller ile, NDVI ve emissivite değerleri hesaplanmıştır. Son olarak Jiménez-Muñoz vd. (2009) tarafından verilmiş olan radyasyonel transfer denkleminden (4) (radiative transfer equation) faydalanılarak yüzey sıcaklıkları (5) hesaplanmıştır.

$$L\lambda = [(Lmax\lambda - Lmin\lambda) / (Qcal\ max - Qcal\ min)] (Qcal - Qcal\ min) + Lmin\lambda \quad (1)$$

$Qcal\ max = 255 \quad Qcal\ min = 0$

$$L\lambda = [(Lmax\lambda - Lmin\lambda) / 255] * Qcal + Lmin\lambda$$

$$L\lambda = Grescale * Qcal + Brescale$$

$$NDVI = (Band4-Band3)/(Band4+Band3) \quad (2)$$

$$\varepsilon = 1.0094 + 0.047\ Ln(NDVI) \quad (3)$$

$L_\lambda (T_S) = [(L_\lambda - L_\lambda atm\uparrow) / (\tau\varepsilon_\lambda)] - [(1 - \varepsilon_\lambda) * L_\lambda atm\downarrow / \varepsilon_\lambda]$ (4)

$T_S = 1260.56 / Ln [(607.76 / L_\lambda) + 1]$ (5)

Piksel bazlı yapılmış bu çalışmanın son aşamasında veri ilişkilendirmeleri yapılarak istatistiksel analizlere geçilmiştir. İstatistiksel analizler yapılırken önce verilerin dağılımının normal dağılıma uygunluğu test edilerek Levene homojenlik testleri yapılmıştır. Daha sonra, sıcaklık verileriyle ilişkilendirilmiş tampon bölgelerin, aynı arazi sınıfı içerisinde birbirinden anlamlı derecede ayrılıp ayrılmadığı incelenmiştir. Tampon bölgelerin incelenmesinde, varyansların homojen olup olmamasına göre de test işlemleri ayrı yöntemlerle yapılmıştır. Grup varyanslarının homojen olduğu durumlarda Tukey testleri, varyansların homojen olmadığı durumlarda ise Tamhane's T2 testi seçilerek %95 güven aralığında sınıflar incelenmiştir. Ayrıca; bütün alanın yüzey sıcaklığı/mesafe, her bir bölgenin yüzey sıcaklığı/mesafe ve her bir bölgeye ait arazi kullanımının yüzey sıcaklığı/mesafe korelasyonu Bivariate yöntemi ile incelenmiştir. Son aşama olarak elde edilmiş olan tüm sonuçlar bir arada değerlendirilerek, Kızılırmak Nehri'nin ne kadarlık bir mesafeye kadar serinletme etkisi oluşturabildiği ve bunun arazi kullanımları ile ilişkisi yorumlanmıştır.

3. BULGULAR VE SONUÇLAR

3.1 Bulgular

Karmaşık ilişkiler sergileyen mikro iklimsel yapısı üzerindeki etkilerin daha rahat incelenebilmesi için analizler çapraz ilişkiler kurularak yapılmıştır. Analizlere başlanmadan önce, görüntülerin birbirleriyle korelasyonları incelenmiş, 0.01 anlamlılık düzeyinde yüksek (> 0.65) korelasyonlu oldukları tespit edilmiştir. Bu korelasyon oranıyla görüntülerin bir arada değerlendirilebileceğine uzman kararıyla karar verilmiştir.

İlk olarak bütünsel (bölgeleme ve tampon bölge kullanılmadan) bir analiz yapılarak, kıyıdan uzaklıkla yüzey sıcaklıkları arasındaki korelasyon incelenmiştir. Daha sonra, her bir bölge içerisinde, üç döneme ait yüzey sıcaklığı verilerinin, kıyıdan uzaklıkla ilişkisi incelenmiştir (Çizelge 1). Bu iki analizin karşılaştırması ile, bölgeleme yaparak daha yüksek korelasyon elde edilip edilemediği incelenmiştir. Elde edilmiş sonuçlara göre, bütünsel analizde en fazla 0.128 olan yüzey sıcaklığı / kıyıdan uzaklık korelasyonu, bölgeleme yapıldığında 0.421'e kadar ulaşmıştır. Bu sonuç, mikro iklimsel çalışmalarda, değişken yapılı faktörlerin etkilerini minimize edebilmek için bölgeleme yapmanın ya da alanı küçültmenin olumlu etkisini göstermiştir.

Çizelge 1. Bölgelerin korelasyon analizleri.

Bivariate Korelasyonu (yüzey sıcaklığı ve mesafe ilişkisi) **Spearman's rho**	Bölge	07.06.2009	09.07.2009	17.08.2009
Kızılırmak	BÜTÜN	0.128**	0.115**	0.078**
	1	-0.141**	-0.079**	-0.029
	2	0.155**	0.178**	0.145**
	3	0.213**	0.204**	0.126**
	4	0.168**	0.084**	0.172**
	5	0.009	-0.070**	-0.321**
	6	**0.376****	**0.421****	**0.377****

* Korelasyon 0.05 düzeyinde anlamlıdır (2-tailed).
** Korelasyon 0.01 düzeyinde anlamlıdır (2-tailed).

Daha sonra, her bir arazi kullanımının, her bir bölge içerisinde yüzey sıcaklığı / kıyıdan uzaklık ilişkisi incelenmiştir (Çizelge 2). Elde edilmiş sonuçlara göre, bölgeleme yapmanın yanı sıra arazi kullanımlarının dikkate alınarak yapıldığı analizlerde korelasyon oranının artarak 0.692'ye ulaştığı görülmüştür. Bu durum, arazi kullanımlarının da yüzey sıcaklıkları üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Ancak, verilmiş olan çizelgeler incelenildiğinde, aynı arazi kullanımına ait yüzey sıcaklığı / kıyıdan uzaklık ilişkilerinin, bölgeden bölgeye değişiklik gösterdiği görülmüştür. Bu sonuç, arazi örtüsünün de yüzey sıcaklığı üzerinde etkili olduğu fikrini güçlendirmektedir.

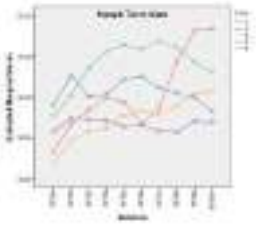
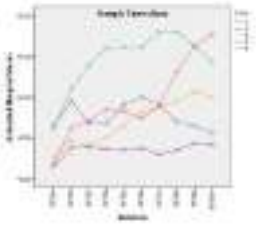
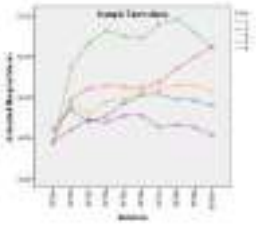
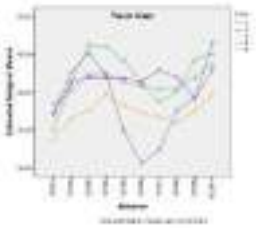
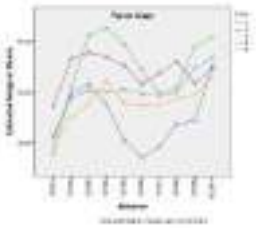
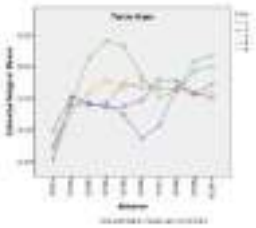
Çizelge 2. Bölgelerin arazi kullanımlarına göre korelasyon analizleri.

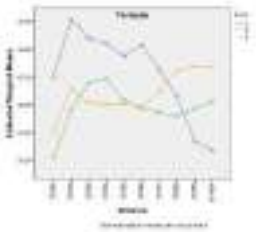
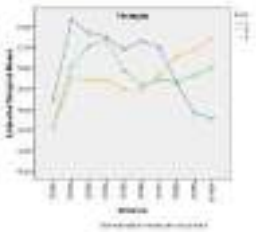
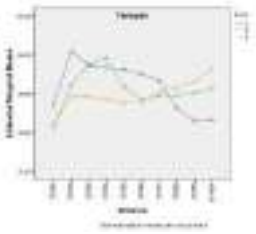
Bivariate Korelasyonu (yüzey sıcaklığı / mesafe / arazi kullanımı) **Spearman's rho**	Arazi Kullanım	Bölge	07.06.2009	09.07.2009	17.08.2009
Kızılırmak	Karışık Tarım Alanları	1	-0.085**	-0.068**	0.161**
		2	0.100**	0.257**	0.230**
		4	0.333**	0.344**	0.258**
		5	-0.002	0.101**	-0.123**
		6	**0.655****	**0.692****	**0.639****
	Tarım Alanları	1	-0.007	-0.028	0.150**
		2	0.102**	0.175**	0.205**
		3	0.035	0.084**	0.301**
		4	0.129**	0.058*	0.107**
		6	**0.115****	**0.206****	**0.339****
	Yerleşim	1	0.136**	0.052*	-0.044
		6	**0.401****	**0.443****	**0.412****

* Korelasyon 0.05 düzeyinde anlamlıdır (2-tailed).
** Korelasyon 0.01 düzeyinde anlamlıdır (2-tailed).

En son olarak, bu bölgelenmiş alanlar içinde kalan kısımlarda, kıyıdan itibaren en az 800m boyunca sürekliliğini sağlayan arazi kullanımlarının mikro iklimsel etki mesafesi incelenmiştir. Her bir arazi kullanımının ayrı ayrı bütün bölgelerde incelenildiği analizde, her bir bölgedeki sıcaklık kırılma noktaları tespit edilmiş, başlangıç sıcaklığı ile farkları alınmış, ayrıca arazi kullanımlarına göre sıcaklıkların farklı bölgelerde gösterdiği değişim grafiklerinin korelasyonları incelenmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Bölgenin arazi kullanımlarına göre korelasyon analizleri ve ilişkileri.

Kızılırmak	07.06.2009	09.07.2009	17.08.2009
Karışık Tarım Alanı			
K. N. (m)	200, 400, 200, 300, 400	200, 500, 200, 300, 400	200, 400, 200, 300, 400
ΔT (C°)	3.62; **7.97**; 2.68; 1.49; 6.70	3.09; **10.15**; 2.21; 2.46; 6.57	2.36; **13.99**; 3.20; 2.70; 6.74
Grafikler arası korelasyon	b4b6: 0.770**	b2b4: 0.733* b2b6: 0.673* b4b6: 0.927**	b1b2: 0.648* b1b4: 0.830** b2b4: 0.733* b4b6: 0.855**
Tarım Alanı			
K. N. (m)	300; 300; 400; 300; 400	300; 300; 400; 300; 500	400; 300; 400; 200; 300
ΔT (C°)	8.02; **11.20**; 6.08; 4.90; 4.06	5.30; **11.80**; 6.49; 5.32; 4.55	3.23; **7.24**; 6.14; 2.80; 4.33
Grafikler arası korelasyon	b2b3: 0.867** b2b6: 0.903** b3b6: 0.939**	b2b3: 0.733* b2b6: 0.770** b3b6: 0.855**	-

Yerleşim			
K. N. (m)	200; 400; 200	200; 400; 200	200; 400; 200
ΔT (C°)	5.26; **7.15**; 3.97	7.75; **8.41**; 4.66	6.94; **9.00**; 3.47
Grafikler arası korelasyon	-	-	-

K.N: Kırılma Noktası
ΔT (C°) = Kırılma Sıcaklığı (C°) – Başlangıç Sıcaklığı (C°)
b: bölge
* Korelasyon 0.05 düzeyinde anlamlıdır (2-tailed).
** Korelasyon 0.01 düzeyinde anlamlıdır (2-tailed).

Elde edilmiş sonuçlara göre, belli bir mesafeye kadar, kıyıdan uzaklaştıkça sıcaklığın arttığı görülmüştür. Verilerin %33'ünün kırılma noktası 200m.'de, %29'unun kırılma noktası 300 m'de, %33'ünün kırılma noktası 400m'de ve %5'inin kırılma noktası 500m'de meydana gelmiştir (Çizelge 3). Bu durum, Kızılırmak Nehri'nin ortalama 200 – 400 m arası etki mesafesinin olduğunu ortaya koymaktadır. Her bir arazi kullanımının farklı bölgelerde göstermiş olduğu grafiklerin birbirleri ile olan korelasyonları incelenildiğinde; kimi grafiklerde yüksek korelasyonlar yakalansa da, her zaman bu korelasyonun sağlanamadığı görülmüştür. Dolayısıyla arazi kullanım sınıflarının her zaman kendilerine has bir termal özellik göstermediği, bunu etkileyen faktörlerin bulunduğu ortaya çıkmıştır.

Her bir arazi kullanım türünün aynı döneme ait grafikleri incelenildiğinde; zonlar arasında düşük korelasyonlar görüldüğü gibi, $p<0.01$ seviyesinde 0.9'a ulaşan çok yüksek korelasyonlar da görülmektedir. Bu durum, arazi kullanımı dışında farklı faktörlerin yüzey sıcaklığı üzerinde etkili olduğunu göstermektedir.

3.2 Sonuçlar

Sulak alanlar iklim düzenlemesinde önemli yere sahiptir (Bai et. al, 2013). Sulak alanların mikro iklimsel etkileri çoğunlukla evapotranspirasyon (buharlaşma) ve ısı depolama özellikleri üzerinden gerçekleşmektedir. Sulak alanların evapotranspirasyon oranı meteorolojik faktörlere, radyasyona, rüzgâr hızına, sıcaklığa, neme ve toprağın tipi, pürüzlülüğü ve ıslaklığı gibi yüzey özelliklerine bağlıdır (Kelvin et.al., 2017). Diğer taraftan, suyun termal kapasitesi toprak, kaya ve bitki örtüsünden daha büyüktür. Kara ile karşılaştırıldığında, su kütlelerinin daha fazla ısı depolayabilme ve sıcaklık değişimlerini yavaşlatabilme özelliği, çevre ikliminin düzenlenmesinde bir araç olarak kullanılabilmektedir (Zhang et.al., 2016). Bu nedenle, sulak alanların peyzaj planlama çalışmalarında, bitki örtüsünün biyolojik ve fiziksel özellikleri göz önünde bulundurulmalı ve bölgelerin termal konforunu sağlamak için bir strateji olarak kullanılmalıdır.

Bu çalışmada Sivas kent merkezi yakınından geçen Kızılırmak Nehri'nin 3 farklı dönemde, mikro iklimsel etki alanı, arazi kullanım verileri ile birlikte incelenmiştir. Elde edilmiş olan sonuçlar doğrultusunda, sulak alanların yönetiminde göz önünde bulundurulması gereken önemli noktalar ortaya konulmuştur.

Literatürde, mikro iklimin düzenlenmesinde sulak alanların önemi konusunda sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Daha çok park ve yeşil alanların soğuk ada etkisi üzerine araştırmalar yapılmışken sulak alanların soğuk ada etkisi (wetland cool island / WCI) üzerine araştırmalar daha yeni gündeme gelmeye başlamıştır (Hongyu et al., 2016). Dolayısıyla, bu konu üzerine araştırılması gereken çok fazla detay bulunmaktadır.

Literatürdeki benzer araştırmalardan elde edilmiş sonuçlar ile bu araştırmanın sonuçları karşılaştırıldığında, farklı detaylarda yapılan araştırmalarda farklı sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Sun et al. (2012) ve Hongyu et al. (2016) tarafından yapılmış olan çalışmalarda, yöntem olarak bütünsel analizin kullanılmış, arazi kullanım sınıfları dikkate alınmamıştır. Bu araştırmaların sonuçlarına göre sulak alanların 1 km'ye varan etki alanları tespit edilmiştir. Kuşçu ve Ödül (2018), tarafından yapılmış olan göl ve baraj alanlarına ait çalışmada ise, diğer çalışmalardan farklı olarak, bütünsel yaklaşım yerine bölgeleme yapılmış ve arazi kullanım göz önüne alınmıştır. Buna göre elde edilmiş sonuçlarda, su kütlesi çevresindeki düzenli sıcaklık artışının maksimum 1000 m'ye ulaştığı görülse de, ağırlıklı olarak kırılma noktalarının 300m – 400m'de kaldığı tespit edilmiştir. Yapılmış olan bu çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde ise, bölgeleme ve arazi kullanımlarının kullanıldığı çalışma sonuçları ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. Nehrin 6 bölgeye bölünerek bölgeleme yapıldığı çalışmada, antropojenik faktörlere bağlı etkiler minimize

edilmeye çalışılmıştır. Bu şekilde yapılmış olan analizlerle kıyıdan uzaklık / yüzey sıcaklığı arasındaki korelasyonun arttığı tespit edilmiştir. Bütünsel analizde 0.128 olan yüzey sıcaklığı / kıyıdan uzaklık korelasyonunun, bölgeleme yapıldığında 0.421'e kadar ulaştığı görülmüştür. Her bir bölge içinde bulunan arazi kullanımları için ayrı ayrı kıyıdan uzaklık / yüzey sıcaklığı ilişkileri incelenildiğinde ise bu korelasyon 0.692'ye kadar ulaşmıştır. Bu şekilde yapılmış olan analiz sonuçlarına göre ise; su kütlesi çevresindeki düzenli sıcaklık artışının maksimum 500 m'ye ulaştığı, ağırlıklı olarak kırılma noktalarının 200m – 400m'de aralığında bulunduğu tespit edilmiştir.

Analiz sonuçlarında görülen artan korelasyon oranı, arazi kullanımına bağlı değişimin, sulak alanların iklimsel etki alanı oranını değiştirdiğini göstermektedir. Ancak kendi içerisinde değişkenlik gösteren bu durum (her bir bölge içerisindeki arazi kullanımının aynı etkiyi göstermemesi) örtü tipinin de göz önünde bulundurulması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Aynı arazi kullanımına ait farklı örtü tiplerinin bulunması, kendi içinde de farklılaşmalara neden olmaktadır.

Ayrıca, bu çalışma ve yapılmış olan diğer çalışmalar bir arada değerlendirildiğinde, sulak alanların 200m'den 1 km'ye kadar serin alanlar oluşturulabildiği görülmektedir. Bu özellik, özellikle küresel ölçekten lokal ölçeğe iklim değişimleri ile mücadelede, sulak alanların önemli bir doğal kaynak potansiyeli olarak görülmesi gerektiğini de ortaya koymaktadır. Sulak alanların peyzaj planlamasında, uygun iklimsel konforun sağlanabilmesi için, sulak alan çevresindeki arazi örtü tiplerinin bilinçli bir tasarımla oluşturulması gerekmektedir. Her bir arazi kullanımı ve örtü tipinin, belli kullanım kararları çerçevesinde düzenlenecek olması, sulak alanların yaratacağı iklimsel avantajı artıracaktır.

KAYNAKLAR

AA, http://www.aa.com.tr/tr/dunya/557235--fransada-sicak-hava-bir-haftada-700-can-aldi [16 Temmuz 2015]

Aydınlık Gazetesi, https://www.aydinlik.com.tr/asiri-sicaktan-onlarca-kisi-hayatini-kaybetti-dunya-temmuz-2018 [14 Temmuz, 2018]

Bai, J., Lu, Q., Zhao, Q., Wang, J. and Ouyang, H., 2013. Effects of Alpine Wetland Landscapes on Regional Climate on the Zoige Plateau of China, J. Advances in Meteorology, 10 (1), 1-7

Bowler, D.E., Buyung-Ali, L., Knight, T.M. and Pullin, A.S, 2010. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence, *Landscape and Urban Planning*, 97, 147-155

Britter, R. ve Hann, S., 2003. "Flow and Dispersion in Urban Areas", Annual Review of Fluid Mechanics, 35:469-496.

Cao, X., Onishi, A., Chen, J. and Imura, H., 2010. Quantifying the cool island intensity of urban parks using ASTER and IKONOS data, *Landscape and Urban Planning*, 96, 224-231

Carrington, D.P., Gallimore, R.G., Kutzbach, J.E., 2001. Climate sensitivity to wetlands and wetland vegetation in mid-Holocene North Africa. *Climate Dynamics*. 17, 151-157.

Chander, G., Markham, B. L. And Helder, D. L., 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI Sensors, *Remote Sensing of Environment* 113, 893–903

Chow, W.T.L, Pope, R.L., Martin, C.A. and Brazel, A.J., 2011. Observing and modeling the nocturnal park cool island of an arid city: horizontal and vertical impacts, Theor. Appl. Climatol., 103, 197-211

CNN, http://edition.cnn.com/2015/06/01/asia/india-heat-wave-deaths/ [1 Haziran 2015]

Feyisa, G.L., Dons, K. and Meilby, H., 2014. Efficiency of parks in mitigating urban heat island effect: An example from Addis Ababa, *Landscape and Urban Planning*, 123, 87-95

Gou, Q.Q., Qu, J.J. and Han, Z.W., 2014. Microclimate and CO2 fluxes on continuous fine days in the Xihu desert wetland, China, J. Arid Land, 7(3), 318-327

Grimmond, C.S.B., Roth, M., Oke, T.R., Au, Y.C., Best M., Betts, R., Carmichael, G., Cleugh, H., Dabberdt, W., Emmanue, R., Freitas, E., Fortuniak, K., Hanna, S., Klein, P., Kalkstein, L.S., Liu, C.H., Nickson, A., Pearlmutter, D., Sailor, D. ve Voogt J., 2010. "Climate and More Sustainable Cities: Climate Information for Improved Planning and Management of Cities (Producers/Capabilities Perspective)", *Procedia Environmental Sciences* 1:247-274.

Hamada, S. and Ohta, T., 2010. Seasonal variations in the cooling effect of urban green areas on surrounding urban areas, *Urban Forestry and Urban Greening*, 9, 15-24

Hongyu, D., Xuejun, S., Hong, J., Zenghui, K., Wang, Z., and Yongli, C., 2016. Research on the cooling island effects of water body: A case study of Shanghai China, Ecological Indicators, 67, 31-38

Jauregui, E., 1991. "Influence of a Large Urban Park on Temperature and Convective Precipitation in a Tropical City", *Energy and Buildings*, 15/16: 457-463.

Jiménez-Muñoz, Cristóbal, J., Sobrino J. A., Sòria G., Ninyerola M. and Pons X., 2009. Revision of the single-channel algorithm for land surface temperature retrieval from landsat thermal-infrared data, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 47, 1, 339-349

Kong, F., Yin, H., James, P., Hutyra, L.R and He, H.S., 2014. Effects of spatial pattern of greenspace on urban cooling in a large metropolitan area of eastern China, *Landscape and Urban Planning*, 128, 35-47

Kuşçu Şimşek, Ç., 2016. An analysis of micro climatic influences of middle-scale urban parks: the case of Gezi park, Maçka park and Serencebey park, METU JFA, 33:2, 1-17

Kuşçu Şimşek, Ç. and Ödül, H., 2018. Investigation of the effects of wetlands on micro-climate, Applied Geography, 97, 48-60

Li, Y., Zhang, H. and Kainz, W., 2012. Monitoring patterns of urban heat islands of the fast growing Shanghai metropolis China_Using time series of Landsat data, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 19, 127–138

Nakayama, T. and Fujita, T., 2010. Cooling effect of water-holding pavements made of new materials on water and heat budgets in urban areas. *Landscape and Urban Planning*. 96, 57–67.

Norton, B.A., Coutts, A.M., Livesley, S.J, Harris, R.J., Hunter, A.M. and Williams, N.S.G., 2015. Planning for cooler cities: A framework to prioritise green infrastructure to mitigate high temperatures in urban landscapes, *Landscape and Urban Planning*, 134, 127-138

Pongracz, R., Bartholy, J. and Dezso, Z., 2006. Remotely sensed thermal information applied to urban climate analysis, *Advances in Space Research*, 37, 2191–2196

R**obine, J.M., Cheung, S.L., Roy, S.L., Oyen, H.V. ve Herrmann, F.R., 2007.** *Report on Excess Mortality in Europe During Summer 2003, EU Community Action Programme for Public Health, Grant Agreement* 2005 114

Şen, Z., 2009. *İklim Değişikliği*, Yerel Yönetimler ve Sektörler, Su Vakfı Yayınları, ISBN:978-975-6455-39-5.

Shashua-Bar, L. and Hoffman, M.E., 2000. Vegetation as a climatic component in the design of an urban street An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees, *Energy and Buildings*, 31, 221-235

Steeneveld, G.J., Koopmans, S., Heusinkveld, B.G and Theeuwes, N.E., 2014. Refreshing the role of open water surfaces on mitigating the maximum urban heat island effect, *Landscape and Urban Planning*, 121, 92-96

Sun, R., Chen, A., Chen, L. and Lü, Y., 2012. Cooling effects of wetlands in an urban region: the case of Beijing, Ecological Indicators, 20, 57-64

Upmanis, H., Eliasson, I. and Lindqvist, S., 1998. The Influence of Green Areas on Nocturnal Temperatures in a High Latitude City, *International Journal of Climatology*, 18, 681-700

Van de Griend, A A. and Owe, M., 1993. On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces, *international journal of remote sensing,* 14, 6, 1119-1131.

Weng, Q., Quattrochi, D.A., 2007 *Urban Remote Sensing*, CRC Press Taylor&Francis Group ISBN: 0-8493-9199-7.

Zhang, W., Zhu, Y. and Jiang, J., 2016 Effect of the urbanization of wetlands on microclimate: A case study of Xİxi wetland , Hangzhou, China



20 Eylül 2018

09:00- 10:40

SALON 2016

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6137

İHA TABANLI OYULMA ÖLÇÜMLERİ İLE KÖPRÜ ÇOKLU AFET PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Orkan ÖZCAN[1], Okan ÖZCAN[2]

[1]Öğr. Gör. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, 34469, Maslak, İstanbul, ozcanork@itu.edu.tr
[2]Doç. Dr., Akdeniz Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Yapı A.B.D, 07058, Konyaaltı, Antalya, ookan@akdeniz.edu.tr

ÖZET

Akarsular üzerinde bulunan köprü ayaklarında oluşan taşkın ve akım kaynaklı oyulma, köprülerde en sık gözlemlenen göçme nedenlerindendir. Oyulmanın, köprülerde oluşturduğu göçme riskini ve deprem etkileri altında köprünün güvenliğini ne derecede değiştirdiğinin saptanması büyük öneme sahiptir. Bu nedenle, oyulma etkileri altında köprülerin güvenliğinin saptanmasında köprü ayaklarındaki oyulma mekanizmasının gerçekçi olarak belirlenmesi ve sürekli olarak takip edilerek güncellenmesi gerekmektedir. Böylelikle, köprü temel sistemlerinde oyulma kaynaklı göçmeler önlenip köprü altyapı tasarımı daha güvenli olarak yapılabilecektir. İnsansız hava aracı (İHA) tabanlı ölçüm sistemleri günümüz ölçüm sistemleri düşünüldüğünde yeni ve pratik bir yaklaşım sağlamakla birlikte yüksek hassasiyette ve güvenirlikte çözümler getirmektedir. Bu çalışmada, öncelikle akarsu havzasının ve özellikle nehir taşkın yatağının çok yüksek çözünürlüklü 3 boyutlu modelinin elde edilmesinde ve köprü taşıyıcı sistemindeki (kazıklı ayaklar ve kazıklı kenar ayaklar) oyulma miktarının ölçümünde İHA tabanlı ölçüm yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma bölgesinde oluşmuş oyulma miktarı gerçekçi olarak belirlenerek, köprü ayaklarının oyulma etkisindeki davranışı kapsamlı olarak irdelenmiştir. Akarsu havzasına ait farklı zamanlarda elde edilen sayısal yüzey modelleri kullanılarak çeşitli yazılımlar ile gelecekte oluşabilecek olası taşkın etkileri ve oyulma miktarı saptanmıştır. Elde edilen veriler ışığında oyulmaya maruz betonarme (BA) köprülerin yanal ve düşey yükler altındaki davranışı statik itme analiz yöntemi ile detaylı biçimde incelenmiştir. Analizlerde, köprü ayaklarının beklenen oyulma sonrasındaki yük ve yer değiştirme kapasitesi yapılan analiz tipine göre karşılaştırmalı olarak belirlenmiş olup, yenilenen köprü taşıyıcı sistem kapasiteleri ışığında köprü çoklu afet performansı kontrol edilmiştir. Bu amaçla, Antalya Boğaçay Deresi üzerinde bulunan ve daha önce taşkın kaynaklı oyulma sonucunda göçmüş olan BA köprü pilot çalışma olarak seçilmiştir. Bu çalışma ile özellikle akarsu yatakları üzerinde bulunan köprüler için, İHA tabanlı ve sürekli güncellenebilecek köprü çoklu afet risk tespit sistemi kurulabilecektir.

Anahtar Sözcükler: Boğaçay, çoklu afet, deprem, oyulma, taşkın

ABSTRACT

EVALUATION OF MULTI-HAZARD PERFORMANCE OF BRIDGES BY UAV-BASED SCOUR MEASUREMENTS

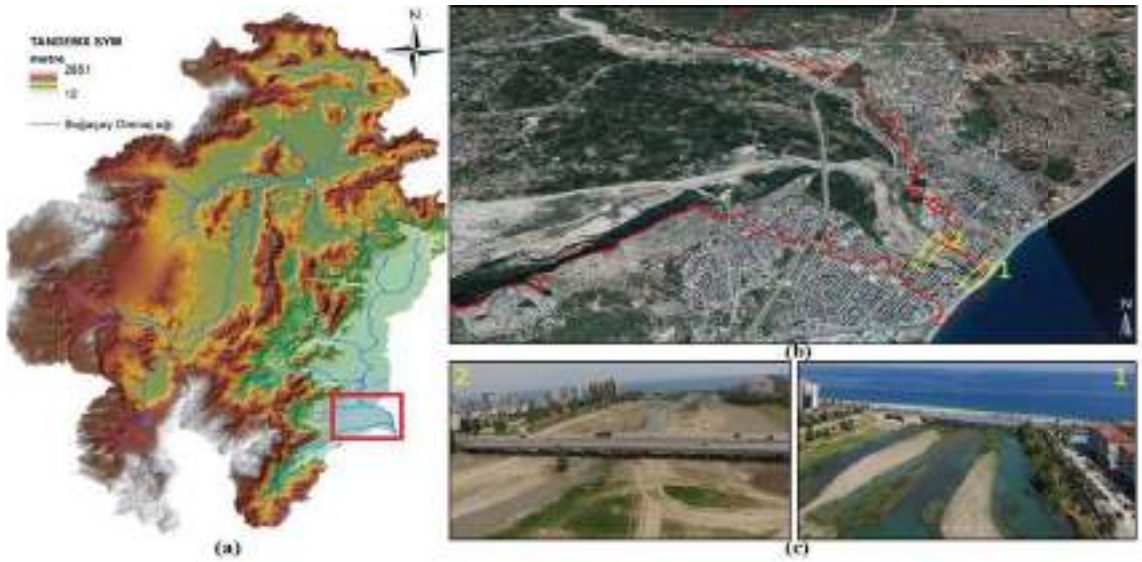
Flood and stream induced scour occurring in bridge piers constructed on rivers is one of the failure reasons that is mostly observed in bridges. Scour induced failure risk in bridges and determination of the alterations in bridge safety under seismic effects has the ultimate importance. Thus, for the determination of bridge safety under the scouring effects, the scour mechanism under bridge piers should be designated realistically and should be tracked and updated continuously. Hereby, the scour-induced failures in bridge foundation systems will be prevented and bridge substructure design will be conducted safely. Unmanned aerial vehicle (UAV) based measurement systems provide new and practical approach and bring high precision and reliable solutions considering recent measurement systems. In this study, in order to attain very high definition 3 dimensional models of watershed, river flood plain and to measure the amount of scour in bridge load bearing system (pile foundations and pile abutments) (UAV) based measurement methods were used. The amount of scour occurred in the study region was determined realistically and the behavior of bridge piers under scour effects was investigated extensively. Future flood effects and the amount of scour were determined with various software by using digital surface models that will be obtained at different periods for the riverbed. In the light of attained data, the behavior of reinforced concrete (RC) bridges under that were exposed to scour was investigated in details by pushover analysis method under lateral and vertical loadings. In the analyses, the load and displacement capacity of bridge piers under expected scour were comparatively determined regarding the type of analysis and the multi hazard performance of the bridge was controlled in the light of updated bridge load bearing system capacity. For this purpose, the RC bridge that is located on Antalya Boğaçayı River and that was failed due to flood-induced scour was selected as the case study. With this case study, UAV based and continuously updated bridge multi hazard risk detection system can be established that can especially be used for bridges located on riverbed.

Keywords: Boğaçay, multi-hazard, earthquake, scour, flood

1. GİRİŞ

Son yirmi yılda, köprü ayaklarında oluşan yerel oyulma davranışını özetleyen kapsamlı çalışmalar yürütülmüştür (Melville, 2008). ABD'de yapılan son çalışmalarda oyulmanın köprülerin göçmesinin önde gelen nedenlerinden biri olduğu saptanmıştır (Klinga ve Alipour, 2015). Oyulma miktarının saha deneyleriyle belirlenmesi konusunda çok sayıda yöntem geliştirilmiştir. Öncelikle sonar ve yer radarı (GPR) kullanılarak oyulma tespit edilmesi yöntemleri

kullanılmıştır (Topczewski vd., 2016; Burrell vd., 2008). Ayrıca, diğer bir yöntem köprülere yerleştirilen ivmeölçerler yardımıyla köprü titreşim özelliklerindeki değişimden faydalanarak köprü ayaklarındaki oyulma miktarlarını tespit etme yöntemidir (Liao vd., 2016; Bao vd., 2017). Bunun yanında, köprü ayaklarına algılayıcı yerleştirilerek radyo dalgaları kullanımı ile anlık oyulma derinliği tespit edilmiştir (İbrahimy ve Motakabber, 2015). Belirtilen yöntemlerin, köprü ayağında doğrudan ölçüm yöntemi düşünüldüğünde gerek uygulama zorluğu gerek ekonomik nedenlerden ötürü oyulma ölçümlerinde genelde güçlükleri bulunmaktadır. İHA tabanlı olarak, mevcut literatürde taşkın analizi konusunda çeşitli çalışmalar yapılmış olup (Tamminga vd., 2015) herhangi bir oyulma ölçüm yöntemine rastlanılmamıştır. Önceki çalışmalarda, İHA'lar tarafından temin edilen hava fotoğraflarıyla 3 boyutlu nokta bulutu üretim iş akışları incelenmiş ve doğruluk analizlerini hem bağımsız sayısal arazi modellerin üzerinden hem de doğrulama noktaları veri setleri üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda Structure from Motion (SfM) tekniği ile elde edilen doğrulukların, daha geleneksel yöntemlerle elde edilen yüksek çözünürlüklü topografik etüt metodları ile benzer büyüklükte olduğu gösterilmiştir (James ve Robson, 2012; Fonstad vd., 2013; Turner vd., 2012; Clapuyt vd., 2016; Kaiser vd., 2014). Bu çalışmaların yanı sıra insansız hava araçları ile nehir batimetrisinin modellenmesi çalışmaları da mevcuttur (Flener, 2013; Legleiter, 2012). Yapılan çalışmalarda, sığ sularda yüksek çözünürlüklü görüntülerden elde edilen batimetrik veriler gerçek değerler ile doğrulanmış ve yüksek korelasyon değerleri elde edilmiştir. Bu çalışmada, betonarme (BA) köprü ayaklarındaki oyulma derinliğinin hem dönemsel sığ nehir debisi altında hem de taşkın sonrası deprem durumlarında köprülerin güvenliğini ne ölçüde etkilediği saptanmıştır. Bu kapsamda, öncelikle seçilmiş olan Antalya Boğaçay Deresi üzerinde bulunan köprülerin kazıklı ayak ve kazıklı kenar ayaklarındaki mevcut oyulma miktarı hassas biçimde insansız hava aracı (İHA) ölçümleri ile belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanında; (a) altlık olarak kullanılan TanDEM-X sayısal yüzey modelinden üretilmiş Boğaçay havzası ve drenaj ağı haritası, (b) ölçüm yapılan köprülerin konumlarını gösterir harita ve (c) köprülerin havadan çekilmiş fotoğrafları.

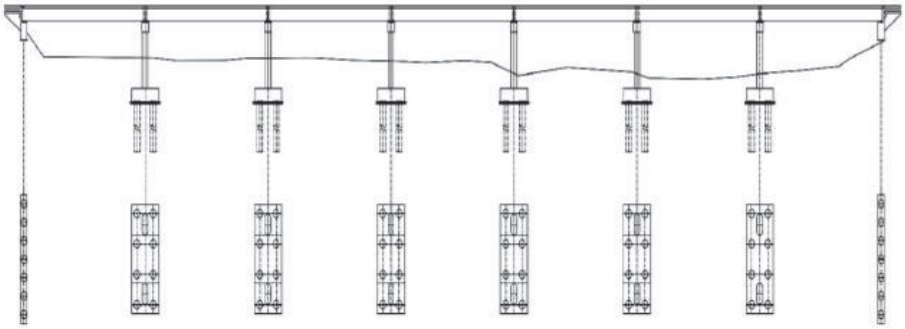
2. UYGULAMA

Seçilen havzaya ait taşkın analizleri, taşkın kaynaklı oyulma miktarları için gerekli akarsu havza sayısal yüzey modelleri ve köprü ayaklarındaki yerel oyulma tespiti İHA ile yapılmıştır. İlk aşamada belirlenen taşkın debisi ve buna karşı gelen köprü ayakları için beklenen oyulma miktarları HEC-RAS yazılımı oyulma modülü ile tahmin edilmiştir. Böylece daha önce oyulma kaynaklı göçme yaşamış veya hasar görmüş köprüler için çoklu risk performans değerlendirmesi ve hızlı performans değerlendirme yönteminin geliştirilmesi için ön analizler yapılmıştır. Köprü ayağı, kazıkları ve kazık gruplarının sonlu eleman modelleri yapılarak taşkın sonrası oyulma etkisi altındaki ayak, kazık ve kazık gruplarının köprü sismik performansı üzerindeki etkileri saptanmıştır. Köprü modelleme teknikleri detaylı olarak irdelenerek en uygun model belirlenmiştir. Ayrıca, köprü performans değerlendirmesi için seçilen en uygun modelle, havza ile ilgili taşkın analizlerinden elde edilen veriler birleştirilerek analiz edildiğinde, çalışmanın ana amaçlarından biri olan çoklu risk altında köprü performans değerlendirme yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntem ile birlikte, köprülerin olası oyulma etkileri altında modal karakteristiklerinin ve yanal performansının değişimi kullanılmış olan modelleme teknikleri ile saptanmıştır. Bu veriler ışığında, İHA tabanlı elde edilen veriler, HEC-RAS sonuçları ve SAP2000 analiz programı ile seçilen bir köprünün oyulma etkileri altında davranışı belirlenmiştir. Bunun

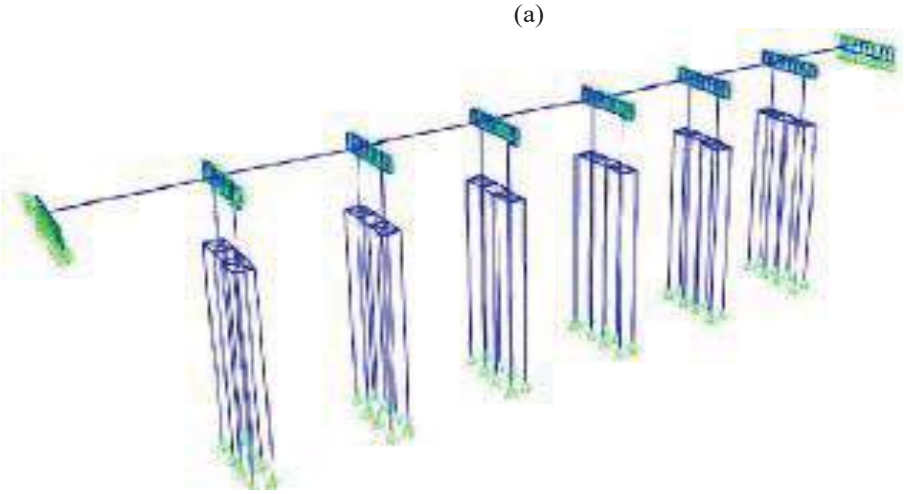
için Antalya ili içinde bulunan ve daha önce taşkın kaynaklı oyulma etkisi ile yıkılmış olan Boğaçay-1 Köprüsü seçilmiştir.

2.1. Boğaçay-1 Köprüsü Durum Çalışması

Boğaçay-1 Köprüsü, Antalya'nın Konyaaltı ilçesinde yer almaktadır. Köprü, Devlet Kara Yolu Akdeniz Bulvarı'nı taşımaktadır ve koordinat (enlem ve boylam) olarak: 36° 51' 9" K ve 30° 37' 31" D'da yer almaktadır. Ayrıca, 157.6 m uzunluğunda olup 7 açıklığa sahiptir. Üst yapı, 22 cm kalınlıkta yerinde dökme BA tabliyeyi destekleyen ve ağırlık merkezleri arasında 1.65 m mesafeye sahip 9 adet basit mesnetli I tipi öngerilmeli beton (ÖG) kirişlerden oluşmaktadır. Boğaçay Köprüsü, 2 tanesi kenarayak olmak üzere 8 BA köprü ayağına sahiptir. Her ayakta, üst yapıyı kolonlara bağlayan bir başlık kirişi, 1,2 m'lik bir genişliğe, 1,1 m yüksekliğe ve 13 m uzunluğa sahiptir. Kolon uzunluğu üst yapının merkezi ve temel arasındaki düşey uzaklık olarak 7,8 m olup kolonlar 2.5 m x 1 m kesitlere sahiptir. Köprü ayağı ve başlık kirişleri monolitik olarak dökülmüştür ve her ayak ortalama uzunluğu 27 m olan sekizli kazık grubu ile desteklenmektedir (Şekil 2a). Köprü elemanlarının yanında köprünün etkileşim hâlinde bulunduğu zeminin modellenmesinde Reese ve diğ. (2001), McVay ve diğ. (2004) tarafından önerilen yöntemlere göre iki tabakadan (çakıl ve kum) oluşan zeminin p-y ve t-z eğrileri kullanılmıştır.



(a)



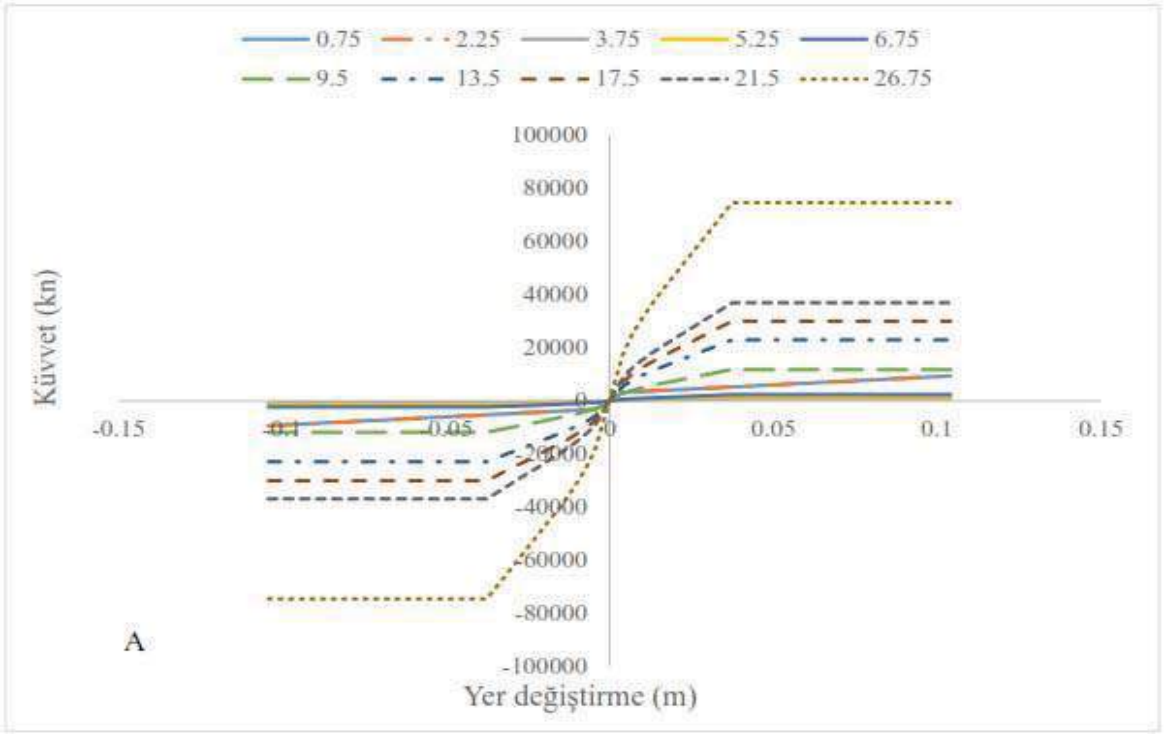
(b)

Şekil 2. (a) Köprü boy kesiti ve (b) Köprü modeli.

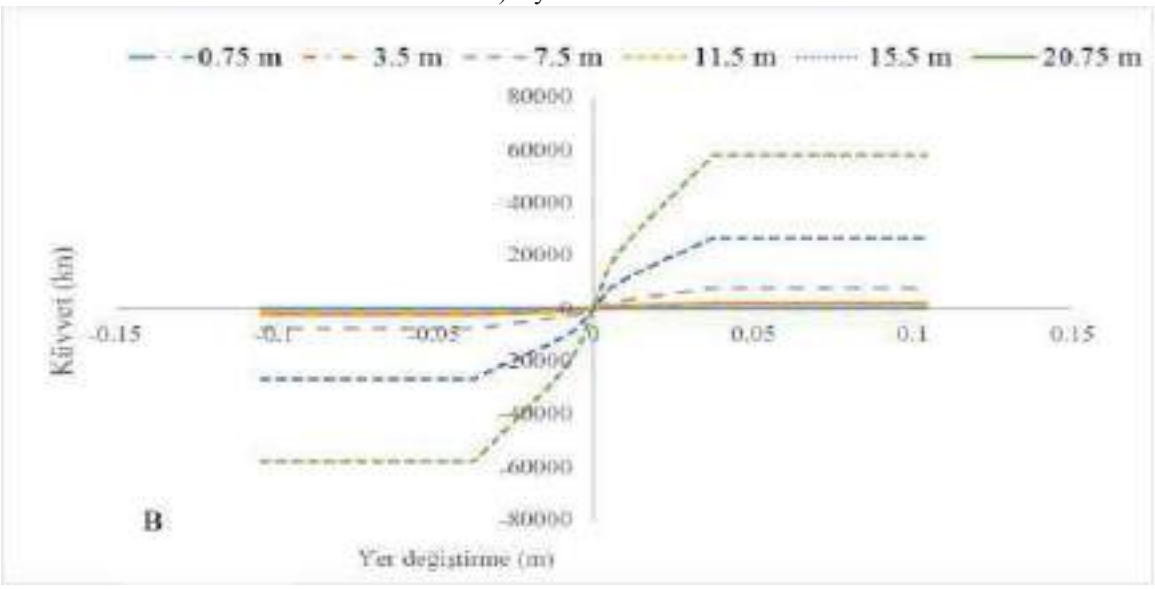
Köprü modelinin oluşturulmasında ve oyulmanın köprü yanal performansına etkisinin saptanmasında SAP2000 yazılımı kullanılmıştır. SAP2000, yapısal sistemlerin statik veya dinamik, doğrusal veya doğrusal olmayan analizini gerçekleştiren genel amaçlı bir sonlu elemanlar programıdır. Köprü kolonlarını ve kazıklarını modellemek için elastik ötesi davranış gösterebilen elemanlar kullanılmıştır. Betonun gerilme-gerinme ilişkisi için kullanılan sargılanmış beton modeli, köprü ayak ve kazıklarının kapasitelerini ve davranışlarını belirlemek için benimsenmiştir. Köprü ayağı ve kazık bileşenlerin doğrusal olmayan modellenmesi, fiber esaslı doğrusal olmayan elemanlar kullanılarak yapılmıştır. Kolon ve kazıklar için kullanılan fiber mafsal modeli (Fiber PMM), farklı eksenel yük seviyeleri için elemanların moment - eğrilik davranışını tanımlamakta kullanılmıştır. Köprü modeli Şekil 2b'de gösterilmiştir.

Zemin modellenmesinde plastik davranış gösterebilen p-y ve t-z eğrileri, kazık davranışının modellenmesinde benimsenmiş olan zemin yapı etkileşim modelleridir. P-y yöntemi, yanal yük altında kazık temellerin analizi ve

tasarımı için kullanışlıdır. Basit bir analiz olanağı sağlar ve doğrusal olmayanlık, derinlik ile zemin sertliğinin değişimi ve zeminin profilinin katmanlanması gibi unsurların kolaylıkla dikkate alınmasını sağlar. Çalışma bölgesinde, su tabakasının zemin yüzeyinde olduğu kabul edilmiş olup, zemin etkin birim hacim ağırlığı 17 kN/m^3 olarak kullanılmıştır. Zemin katkısı da dahil olmak üzere kazık grubu sertliği, bir gruptaki kazıkların sayısıyla çarpılan tek kazık tepkisinden daha az olabilir. Böyle bir durumda, kazık grubunda ait modülü azaltılabilmekle birlikte bu çalışmada kazıklar birbirlerinden yeterince ayrık olarak bulunduğundan grup kazık yanal kapasitesinde azaltma uygulanmamıştır. Ayrıca, kazık başlığının sağladığı yanal direnç genellikle uygulamada olduğu gibi göz ardı edilmiştir. Kazığın çeşitli derinliklerinde p-y eğrileri (kuvvetin yer değiştirme ile ilişkisi) p'nin yaylar arasındaki kazığın kol uzunluğu ile çarpılmasıyla hesaplanmıştır. Oyulmanın varlığında, köprü temel sisteminin bir kısmı zemindeki yanal desteğini kaybettiğinden dolayı oluşan kaybı modellemek için kazıkların üstünden oyulma derinliğine kadar olan yaylar çıkarılmıştır. Kum tabakaları için kullanılmış olan p-y eğrileri oyulmasız ve tam oyulma durumları için Şekil 3a ve 3b'de gösterildiği gibidir.



a) Oyulmasız durum



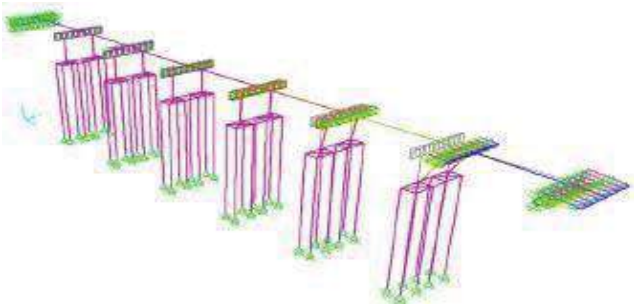
b) tam oyulmalı durum

Şekil 3. Derinlikle değişen p-y eğrileri(Kum için).

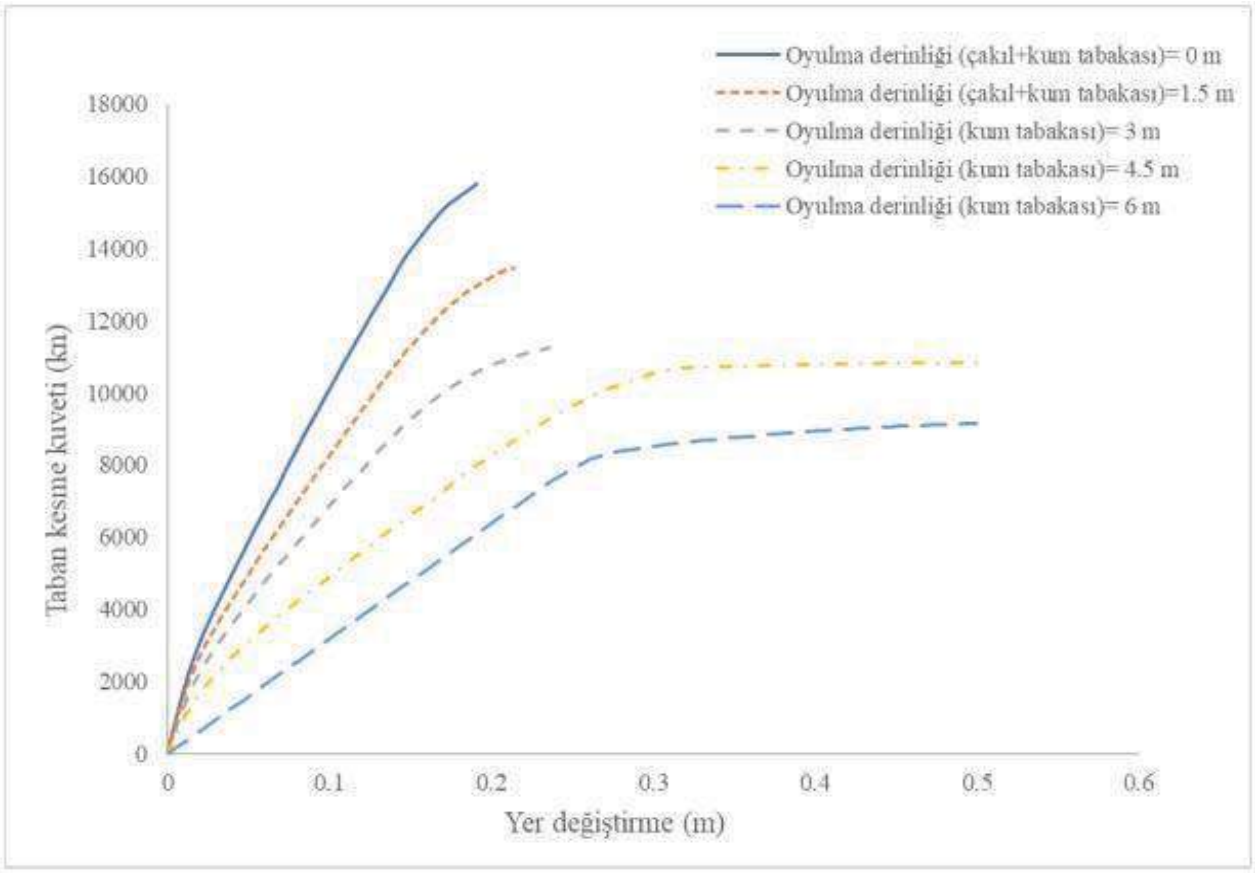
Oyulma etkileri altında köprülerin yapısal tepkilerini belirlemek için iki tür analiz yapılmıştır: (i) modal analiz ve (ii) boyuna ve enine itme analizi. Yapılan analizlerde 5 oyulma senaryosu düşünülmüştür. İlk önce yapı oyulma olmamış hâliyle modellenmiş ve analiz edilmiştir. Daha sonra oyulma derinliği 1.5 m'lik artışlarla 6 m oyulmaya kadar arttırılmış ve yapının tepkisi bu oyulma hâllerinin her birinde incelenmiştir. Yapılmış olan modal analizlerde 500 mod, iki temel yönde %90'dan fazla kütle katılım sağlamak için kullanılmıştır. Modal analiz sonucunda oyulma olmayan ve en fazla 6 m'lik oyulma olan her oyulma şartları için yapının temel periyotları elde edilmiştir.



a) Oyulmasız durum



b) Tam oyulmalı durum



c) Boyuna doğrultuda köprü itme analiz sonuçları

Şekil 4. Köprü modal karakteristiklerinin değişimi.

Köprü temel periyodu, oyulma artışıyla artmakta olup temellerde yanal direncin serbest bırakılması nedeniyle köprü rijitliğinin azaldığını göstermektedir. Böylece, esneklikteki bu artışın köprünün temel periyodunu arttırdığı saptanmıştır. Oyulma olmadığı durumda temel periyodu boyuna doğrultuda olarak 3.048 s iken tam kapsamlı oyulma durumunda 3.820 s'ye ulaşmıştır. Temel periyodundaki artış yaklaşık % 25'tir (Şekil 4a ve 4b). Köprünün oyulma etkileri altında yanal davranışı, SAP2000'de gerçekleştirilen bir dizi doğrusal olmayan itme analizi ile belirlenmiştir. Yer değiştirme kontrollü itme analizi, köprü yanal davranışını belirlemek için yürütülmüştür. İtme analizine dair kesme kuvveti - yer değiştirme (itme) eğrileri değişik oyulma derinlikleri için elde edilmiştir. Genel olarak, taban

kayma kuvvetleri ile oyulma derinliği arasında azalma eğilimi vardır. Her oyulma durumu için analiz sonuçları yanal yükün etkileri altında incelendiğinde, köprünün yanal kapasitesi, oyulma derinliği arttıkça azalmaktadır. Taban kesme kuvveti azalması, tam oyulma ve oyulmanın olmadığı durum ile karşılaştırıldığında % 50'nin üzerindedir (Şekil 4c). Böyle bir davranışın başlıca nedeni, plastik mafsalların, köprü ayağı / kazıkların net yüksekliklerinin yükselmesinin bir sonucu olarak daha düşük kesme kuvvetlerinde oluşmasıdır.

3. SONUÇLAR

Akarsu havzası içinde bulunan köprülerinin çoklu afet riski altındaki performansının belirlenmesi bu tip sanat yapılarının ekonomik ömrünün tespit edilmesinde ve gerekli güçlendirme çalışmalarının yapılmasında büyük öneme sahiptir. Bu nedenle, çalışmada öncelikle akarsu havzasının karakteristikleri incelenmiş olup, taşkın durumunda köprü ayaklarının maruz kalacağı yükleme koşulları belirlenmiştir. İHA tabanlı ölçüm yöntemi ve çoklu afet riski altında köprü performans değerlendirmesi yöntemi geliştirilmesi ile literatürdeki önemli bir boşluğun doldurulması hedeflenmiştir. Böylelikle, akarsular üzerinde yapılmış olan köprüler için kullanılabilecek, sürekli güncellenen verilere dayanan ve öz devimli bir hızlı performans değerlendirme yöntemi bu analizler ışığında geliştirilebilecektir.

KAYNAKLAR

Bao, T., Swartz, R.A., Vitton, S., Sun, Y., Zhang, C., Liu, Z., 2017. Critical insights for advanced bridge scour detection using the natural frequency. *Journal of Sound and Vibration*, 386, 116-33.

Burrell, J., Gurrola, H., Mickus, K., 2008. Frequency domain electromagnetic and ground penetrating radar investigation of ephemeral streams: case study near the Southern High Plains, Texas. *Environment Geology*, 55, 116979.

Clapuyt, F., vd., 2016. Reproducibility of UAV-based earth topography reconstructions based on Structure-fromMotion algorithms. *Geomorphology*, 260, 4-15.

Flener, C., 2013. Calibrating deep water radiance in shallow water: adapting optical bathymetry modeling to shallow river environments. *Boreal Environment Research*, 18, 488-502.

Fonstad, M.A., Dietrich, J.T., Courville, B.C., Jensen, J.L., Carbonneau, P.E., 2013. Topographic structure from motion: a new development in photogrammetric measurement. *Earth Surface Processes and Landforms*, 38, 421–430.

İbrahimy, M.I., Motakabber, S.M.A., 2015. Bridge Scour Monitoring by Coupling Factor Between Reader and Tag Antennas of RFID System. *International Journal of Geomate*, 8 (16), 1328-32.

James, M.R., Robson, S., 2012. Straightforward reconstruction of 3D surfaces and topography with a camera: accuracy and geoscience application. *Journal of Geophysical Research*, 117, F03017.

Kaiser, A., Neugirg, F.,Rock, G., Müller, C., Haas, F., Ries, J., Schmidt, J., 2014. Small-scale surface reconstruction and volume calculation of soil erosion in complex Moroccan gully morphology using structure from motion. *Remote Sensing*, 6, 7050-7080.

Klinga, J. V., ve Alipour, A., 2015. Assessment of structural integrity of bridges under extreme scour conditions. *Eng. Struct.,* 82, 55–71.

Legleiter, C.J., 2012. Remote measurement of river morphology via fusion of LiDAR topography and spectrally based bathymetry. *Earth Surf. Process. Landforms,* 37, 499–518.

Liao, K.W., Cheng, M.Y., Chiu, Y.F., Lee, J.H., 2016. Preliminary bridge health evaluation using the pier vibration frequency. *Construction and Building Materials*, 102, 552-63.

McVay, M.C., Niraula, L., 2004. Development of PY curves for large diameter piles/drilled shafts in limestone for FBPIER (No. Final Report).

Melville, B., 2008. The physics of local scour at bridge piers. *Fourth International Conference on Scour and Erosion*.

Reese, L. C., 2001. Van Impe. WF, Single Piles and Pile Groups Under Lateral Loading, AA Balkema, Rotterdam.

Tamminga, A.D., Eaton, B.C., Hugenholtz, C.H., 2015. UAS-based remote sensing of fluvial change following an extreme flood event. *Earth Surface Processes and Lanforms*, 40, 1464-1476.

Topczewski, L., Ciesla, J., Mikolajewski, P., Adamski, P., Markowski, Z., 2016. Monitoring of scour around bridge piers and abutments. *Transport Research Arena - TRA2016*, 14, 3963-71.

Turner, D., Lucieer, A., Watson, C., 2012. An automated technique for generating georectified mosaics from ultrahigh resolution unmanned aerial vehicle (UAV) imagery, based on Structure from Motion (SfM) point Clouds. *Remote Sensing*, 4, 1392–1410.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6138

MENDERESLİ NEHİRLERDEKİ MORFODİNAMİK SÜREÇLERİN İHA ÖLÇÜMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Orkan ÖZCAN[1], Semih Sami AKAY[2]

[1] Öğr. Gör. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, 34469, Maslak, İstanbul, ozcanork@itu.edu.tr [2] Öğr. Gör., İstanbul Arel Üniversitesi, Emlak ve Emlak Yönetimi Programı, 34295, Küçükçekmece, İstanbul, semihsamiakay@arel.edu.tr

ÖZET

İnsansız Hava Araçları (İHA), veri üretim işlemlerinde iş gücü ve zaman açısından yüksek konumsal ve zamansal çözünürlüklü görüntülerin elde edilmesinde klasik fotogrametri metoduna göre düşük maliyeti ile farklı disiplinlerin veri üretim aşamalarında kullanılmaya başlanmıştır. Havzalarda ve nehir yataklarında meydana gelen erozyon, çöküntü, toprak kayması, toprak taşınımı gibi ilgili jeomorfolojik çalışmalarla birlikte kaya kütlesi hareketleri ve yüzey deformasyonlarının belirlenmesinde, yüksek çözünürlüklü üç boyutlu yeryüzü modellerinin oluşturulması ve yoğun nokta bulutu üretimi için İHA'lar kullanılmaktadır. Menderesli nehirlerdeki hacimsel değişimler, bölgenin morfodinamik süreçlerinin tanımlanması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, İHA ile Büyük Menderes Havzası'nda farklı zamanlarda gerçekleştirilen uçuş operasyonlarında bütünleşik dijital kamera ile elde edilen görüntülerden üretilen Sayısal Yüzey Modellerinin (SYM) ve nokta bulutu verileri ile seçilen farklı menderes yapıların hacimlerinin çeşitli hacim karşılaştırma yöntemleri ile hacimsel değişimlerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Çalışmada, yer kontrol noktaları RTK-GPS ile elde edilerek doğruluk değerlendirmesi için kullanılmıştır. Çalışmada kapsamında, Structure from Motion (SfM) ile üretilen nokta bulutu ve SYM verileri ile menderes yapılarının hacimsel değişimleri karşılaştırılmıştır. Menderes yapılarının dönemsel olarak hacimsel farklılıklarının yanı sıra aynı menderes yapıları için hacim kıyaslama metotları sonucu çıkan farklılıklar irdelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Büyük Menderes Nehri, hacimsel analiz, İnsansız hava aracı (İHA), sayısal yüzey model (SYM), nokta bulutu

ABSTRACT

EVALUATION OF MORPHODYNAMIC PROCESSES IN MEANDERING RIVERS WITH UAV MEASUREMENTS

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) have begun to be used as alternatives with the advantages of low cost, time, high spatial and temporal resolution images in data production. UAVs are used for the production of high-resolution three-dimensional surface models and dense point clouds in the process of determining erosion, subsidence, landslide, soil transport and surface deformation in the riverbeds. The volumetric changes in the meandering rivers are of great importance for the identification of the morphodynamic processes of the region. In this study, it was aimed to reveal the volumetric changes of different meandering structures, which were carried out with various comparison methods, by using UAV-derived Digital Surface Models (DSMs) and point cloud data generated from the images obtained by the integrated camera in the flight operations performed at different times in the Büyük Menderes Basin. In the study, the ground control points were acquired by RTK-GPS for accuracy assessment. The volumetric changes of the meandering structures calculated from the point clouds and DSMs produced by Structure from Motion (SfM) were compared. Consequently, in addition to the periodic volumetric differences of the meander structures, the differences in volumetric comparison methods for the same meander structures have been evaluated.

Keywords: Büyük Menderes River, volumetric analysis, unmanned aerial vehicle (UAV), digital surface model (DSM), point cloud

1. GİRİŞ

Nehirlerin sahip olduğu yüksek debiler, taşkın yatağı veya düşük kanal akışındaki değişiklikler nehirlerin kanal morfolojisini değiştirmektedir. Mevsimsel olarak incelendiğinde, kış ve bahar aylarında yağışların etkisi ile nehirlerde meydana gelen taşkınlar önemli jeomorfolojik değişimlere neden olurken, yaz aylarında nehirlerdeki düşük akımlar erozyon ve yüzeysel birikmeyi arttırmaktadır. Nehirlerdeki sediment bütçesindeki değişim ile nehirlerin denize taşıdığı kum ve toprak miktarlarında azalma söz konusu olduğundan nehir ağzında ve kıyı şeridinde erozyon görülebilmektedir (Kabdaşlı, 2010, Özcan vd., 2012; Maharana vd., 2018). İHA'lar ile elde edilmiş verilerin işlenmesi sonucu elde edilen nokta bulutu, sayısal yüzey modelleri ve ortofoto verileri ile nokta konumları, yüzey alan ve hacim hesaplamaları yüksek doğrulukla yapılabilmektedir (Turner vd. 2012; Westoby vd., 2012; Lucieer vd., 2014).

Menderes yapılarındaki erozyon ve birikim analizleri için kullanılan yersel ve uzaktan algılama yöntemlerine ek olarak, düşük maliyeti ve hızlı veri temini ile kamera ve LİDAR vb. sistemlerin entegre edildiği İHA'ların kullanıldığı görülmektedir. Menderes yapıları ile nehir kanalındaki dönemsel değişimler, farklı zamanlarda elde edilen İHA verileri ile incelenebilmektedir. Nehirlerde erozyona uğramış ya da birikme olan menderes yapılarının belirlenmesi,

erozyon veya birikim hızı ve toprak kazanım/kayıp miktarlarının ölçülmesi için SYM verilerinin kullanıldığı görülmektedir (Castillo vd., 2012; James vd., 2012; Flener vd., 2013; Lucieer vd., 2014).

2. ÇALIŞMA ALANI

Bu çalışma kapsamında, Büyük Menderes Nehri üzerinde bulunan sediment birikimi ve kaybı fazla olan menderes yapıları seçilerek dönemsel olarak sediment miktarlarının hacimsel değişimleri incelenmiştir. Çalışılan menderes yapıları, sediment miktarlarının değişimleri görsel ve alansal olarak uydu görüntüleri yardımıyla incelenerek seçilmiştir. Şekil 1'de Büyük Menderes Nehri üzerinde çalışılan menderes yapıları görülmektedir.



Şekil 1. Menderes alanlarının genel ve bölgesel gösterimleri.

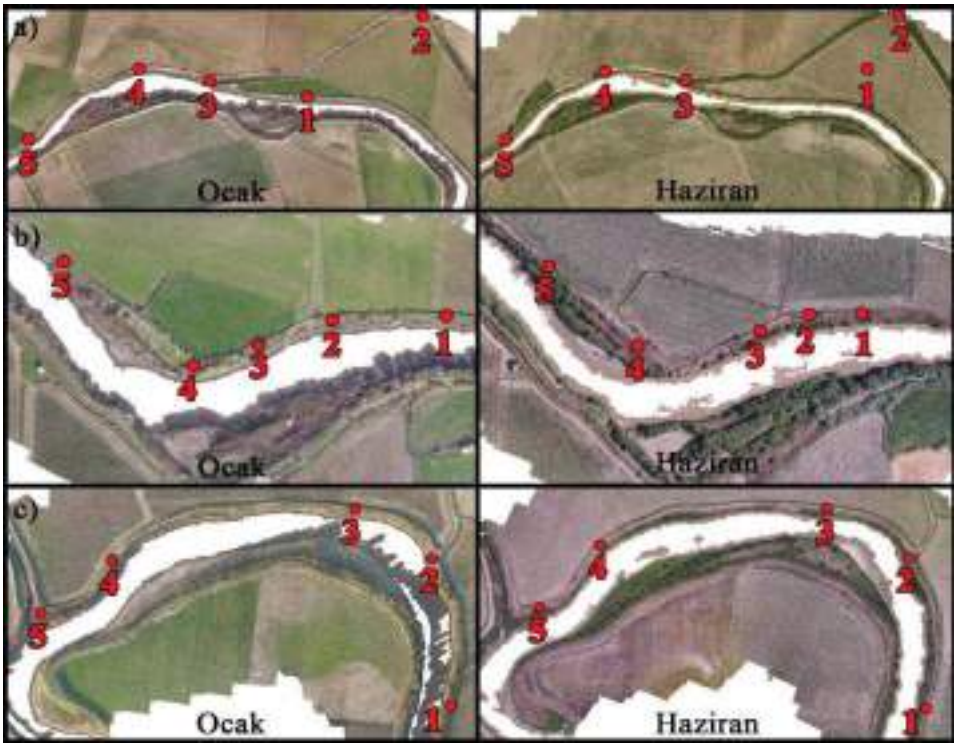
3. VERİLER VE YÖNTEMLER

Menderes yapılarında dönemsel sediment miktarının belirlenmesi ve hacimsel değişimlerin çıkartılması İHA ile elde edilen görüntülerden üretilecek nokta bulutu ve SYM verileri ile gerçekleştirilmektedir. Çalışma kapsamında, nokta bulutu ve SYM üretimi için kullanılacak görüntülerin temin edilmesi amacıyla entegre kamera sistemine sahip insansız hava aracı kullanılmıştır. Dönemsel değişimlerin incelenmesi amacıyla görüntüler, ocak ve haziran aylarında, fotogrametrik ölçümler için hazırlanan uçuş planları doğrultusunda %90 örtüşme oranı ile 100 m yükseklikte İHA ile elde edilmiştir. İHA'lar ile elde edilen görüntüler ile yüksek doğrulukla veri üretimi amacıyla yer kontrol noktaları, menderes yapılarında zorlu ulaşım ve arazi şartları göz önünde bulundurularak, homojen dağılımına dikkat edilerek belirlenmiştir. Yer kontrol noktalarının ölçülmesi amacıyla her menderes alanında uçuşlar esnasında yersel GPS ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Menderes yapılarında ölçüm gerçekleştirilen yer kontrol noktalarının koordinatları Çizelge 1'de, dağılımı Şekil 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Mendereslere ait yer kontrol noktası koordinatları.

Çalışma Alanı	Ay	Nokta No	X (m)	Y (m)	Z (m)
Menderes 1	Ocak	1	566425.1468 ± 0.016	4183744.3770 ± 0.016	59.084 ± 0.016
		2	566149.4835 ± 0.017	4183535.7751 ± 0.017	59.114 ± 0.017
		3	565917.5893 ± 0.016	4183577.1881 ± 0.016	58.076 ± 0.016
		4	565485.613 ± 0.014	4183425.5641 ± 0.014	58.688 ± 0.015
		5	565748.3034 ± 0.015	4183606.9021 ± 0.015	57.706 ± 0.015
	Haziran	1	566350.6370 ± 0.017	4183607.5897 ± 0.017	56.994 ± 0.017
		2	566426.4903 ± 0.022	4183746.0179 ± 0.022	59.075 ± 0.022
		3	565918.5124 ± 0.025	4183579.3348 ± 0.025	58.108 ± 0.025
		4	565724.9093 ± 0.019	4183600.5527 ± 0.019	57.789 ± 0.019
		5	565487.8015 ± 0.015	4183424.0209 ± 0.015	58.460 ± 0.015

Çalışma Alanı	Ay	Nokta No	X (m)	Y (m)	Z (m)
Menderes 2	Ocak	1	567718.3422 ± 0.013	4180875.5551 ± 0.013	60.265 ± 0.013
		2	567621.4930 ± 0.015	4180871.4308 ± 0.015	60.179 ± 0.015
		3	567559.1455 ± 0.016	4180848.7277± 0.016	60.534 ± 0.016
		4	567503.8160 ± 0.017	4180829.4112 ± 0.017	61.142 ± 0.017
		5	567392.9387 ± 0.017	4180925.3663 ± 0.017	60.853 ± 0.017
	Haziran	1	567666.6039 ± 0.017	4180875.1301 ± 0.017	60.173 ± 0.017
		2	567622.7879 ± 0.021	4180873.6607 ± 0.021	60.239 ± 0.021
		3	567580.6354 ± 0.019	4180858.8902 ± 0.019	60.444 ± 0.019
		4	567476.7250 ± 0.022	4180845.8330 ± 0.022	61.976 ± 0.022
		5	567400.5698 ± 0.020	4180918.4417 ± 0.020	60.848 ± 0.020
Menderes 3	Ocak	1	558488.2405 ± 0.019	4184583.9944 ± 0.019	54.345 ± 0.019
		2	558465.7102 ± 0.022	4184781.3358 ± 0.022	53.896 ± 0.022
		3	558370.1692 ± 0.019	4184847.2309 ± 0.019	54.952 ± 0.019
		4	558068.7026 ± 0.017	4184779.6335 ± 0.017	54.658 ± 0.017
		5	557980.2962 ± 0.019	4184707.9983 ± 0.019	54.611 ± 0.019
	Haziran	1	558467.6215 ± 0.058	4184781.8111 ± 0.058	54.094 ± 0.058
		2	558487.2208 ± 0.069	4184580.0716 ± 0.069	54.333 ± 0.069
		3	558364.8682 ± 0.022	4184848.1876 ± 0.022	54.856 ± 0.022
		4	558008.8788 ± 0.046	4184715.2944 ± 0.046	55.010 ± 0.046
		5	558083.6254 ± 0.030	4184798.2320 ± 0.030	54.674 ± 0.030



Şekil 2. YKN'lerin menderes yapılarına ait nokta bulutu verilerinde gösterimleri; a) Menderes 1, b) Menderes 2, c)Menderes 3**.**

Son yıllarda özellikle ticari yazılımların gelişimiyle İHA'lardan elde edilen görüntülerden yüksek çözünürlüklü SYM, nokta bulutu ve ortofoto verilerin üretilmesini sağlayan Structure-from-Motion (SfM) metodu, veri üretimi işlemi açısından devrimsel nitelikte, düşük maliyetli ve diğer ölçüm metodlarına göre zaman avantajı sağlayan bir fotogrametrik tekniktir. SfM metodu, her bir fotoğrafın kamera parametrelerini, konumlarını düzenleyerek ve görüntülerdeki objelerin eşleştirilmesini sağlayarak üç boyutlu veri üretilmesini sağlayan görüntü temelli modelleme tekniğidir. SfM metodunun en temel özelliği, fotogrametrik ölçüm işlemlerini temel alarak farklı konumlarda çekilmiş, belirli örtüşme oranına sahip fotoğraf serilerindeki objelerin eşleştirilmesi ile objelerin üç boyutlu modellenmesini sağlamaktadır (Snavely, 2007).

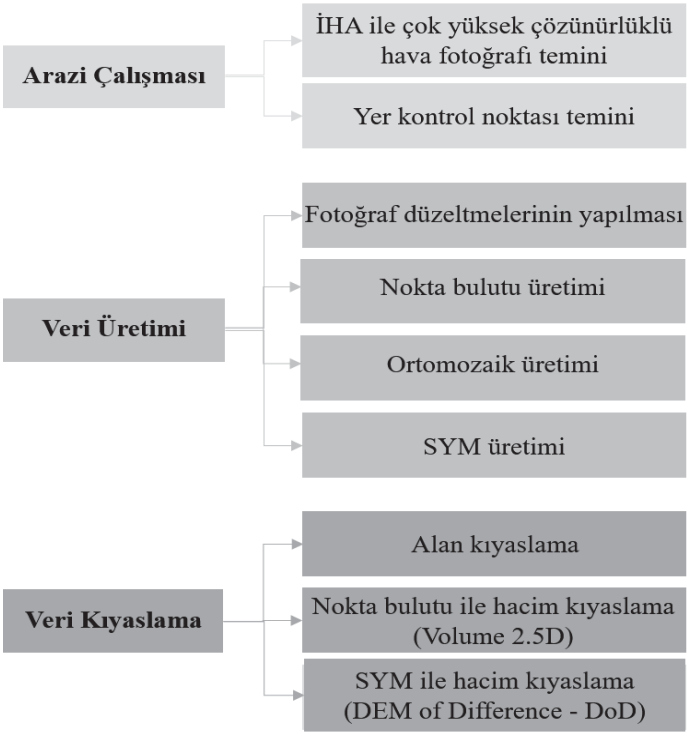
Çalışma kapsamında dönemsel olarak üretilen verilerin hacimsel değişimlerinin kıyaslanması amacıyla SYM verileri ile "DEM of Difference (DoD)" metodu, nokta bulutu verileri ile "CloudCompare 2.5D Volume" metodu kullanılmıştır. DoD metodu, jeomorfolojik değişimleri izlemek için yaygın olarak kullanılmakla birlikte iki farklı SYM verisi ile piksel bazlı olarak topografik yüzeyler arasında hacimsel değişimleri hesaplayan bir yöntemdir. DoD ile jeomorfolojik değişimin büyüklüğü ve mekânsal desenleri analiz etmekle birlikte çalışmada sediment miktarlarında meydana gelen değişimleri belirlemek için kullanılmıştır (Wheaton vd., 2009, Williams, 2012, Lague vd., 2013, Marteau, 2016). DoD (1), iki farklı zamana ait SYM verilerinin farkının alınmasıyla üretilen ve yükseklikte meydana gelen değişimi gösteren bir SYM verisidir. SYM_1 verisi ilk üretilen SYM verisini, SYM_2 verisi ise ilk ölçümden sonra üretilen SYM verisini temsil etmektedir (Williams, 2012).

$$DoD = SYM_2 - SYM_1 \quad (1)$$

2.5D Volume metodu, iki nokta bulutu verisi arasında hacimde meydana gelen değişimin hesaplanmasını sağlamaktadır. Nokta bulutu verilerinin raster ya da grid oluşturulmasıyla ölçüm hesaplarını gerçekleştirir. Hacim farkını hesaplamak amacıyla, iki farklı veride oluşturulan gridlerin yükseklik farkları hesaplanarak grid bazlı hacim farkları çıkartılarak veriler arası hacim değişimi hesaplanmaktadır (URL 1). Grid bazlı hacim farkı (2), oluşturulan her bir grid için grid kenarları ile aynı gride ait yükseklik farkının çarpımı ile hesaplanmaktadır.

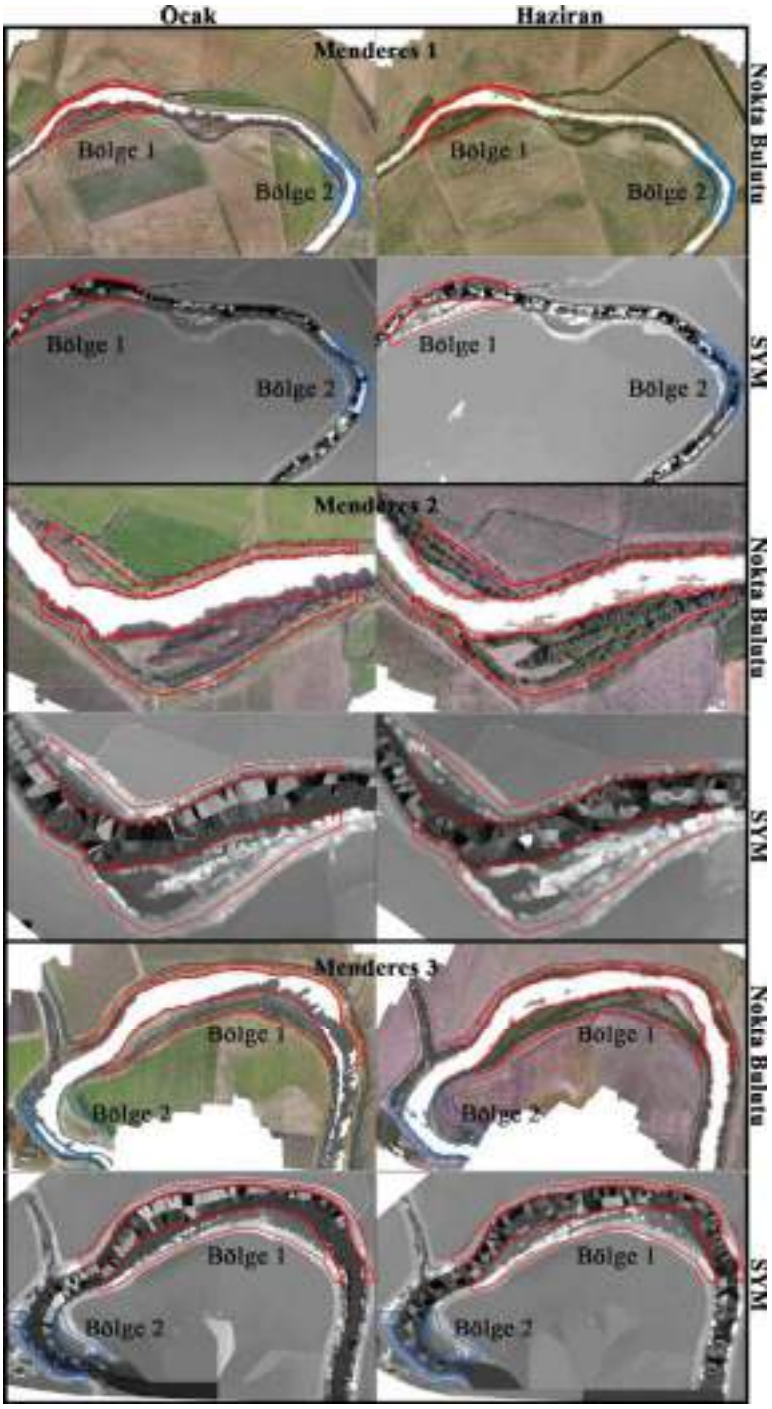
$$dV = grid\ kenar \times grid\ kenarı \times grid\ yükseklik\ farkı \quad (2)$$

Çalışmaya ait veri üretim ve analiz süreçlerine ait iş adımlarını gösteren iş akış diyagramı Şekil 3'teki gibidir.



Şekil 3. İş akış diyagramı.

Büyük Menderes Nehri üzerinde belirlenmiş menderes yapılarında, ocak ve haziran aylarında İHA ile elde edilen görüntüler ile menderes yapılarında meydana gelen morfolojik değişimleri incelemek amacıyla her menderes yapısı için nokta bulutu ve SYM verileri üretilerek bölgesel kıyaslamalar gerçekleştirilmiştir. Menderes yapılarındaki değişimlerin incelenmesi amacıyla üretilen SYM ve nokta bulutu verileri ile değişim analizi gerçekleştirilen bölgeler Şekil 4'te gösterilmiştir. Menderes bölgeleri, üretilen veriler üzerinden görsel yorumlama ile incelendiğinde haziran ayında sediment birikimlerinin olduğu görülmüştür. Üretilen SYM ve nokta bulutu verilerinin özellikleri Çizelge 2' de gösterilmiştir.



Şekil 4. Menderes alanlarında, çalışma yapılan bölgelerin gösterimi.

Çizelge 2. Menderes yapıları alansal değişimleri.

Çalışma Alanı	Veri Türü		
	SYM (Mekânsal Çözünürlük)	Nokta Bulutu (Nokta Sayısı)	
		Ocak	Haziran
Menderes 1	5 cm	3,743,554	4,468,215
Menderes 2	4 cm	5,854,647	6,807,069
Menderes 3	4 cm	8,991,554	11,190,850

Menderes yapılarına ait mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla alansal ve hacimsel analizler gerçekleştirilmiştir. Mendereslere ait verilerin alansal değişimleri incelemek amacıyla her menderes için ocak ve haziran aylarına ait hava fotoğraflarından ortomozaik üretilmiştir. Menderes yapılarındaki nehir alanları, ortomozaik üzerinde yapılan analizler yardımıyla çıkartılarak menderes yapılarındaki sediment miktarları belirlenmiştir. Alansal analizler doğrultusunda haziran ayında, menderes yapılarında sediment miktarlarında artış yani birikim olduğu gözlemlenmiştir. Menderes yapılarına ait alansal değişim Çizelge 3'te gösterilmiştir.

Çizelge 3. Menderes yapıları alansal değişimleri.

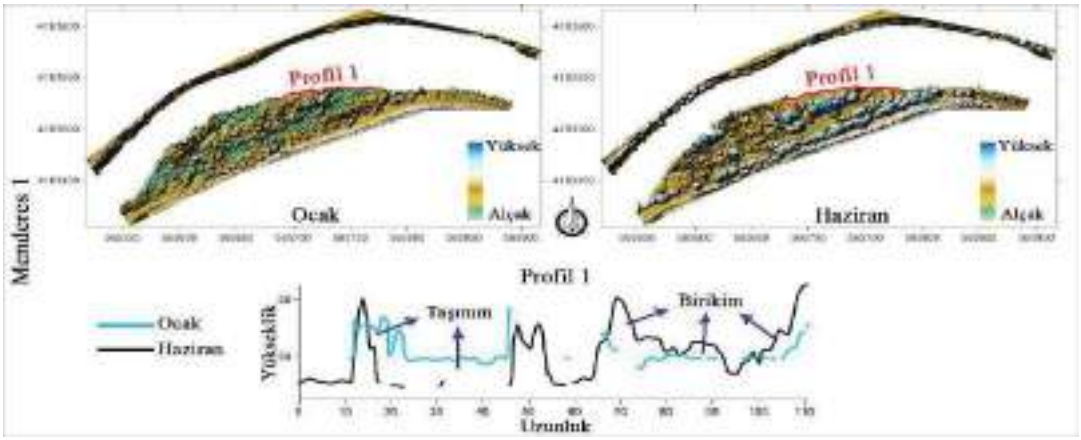
Çalışma Alanı		Aylar		Alansal Değişim
		Ocak	Haziran	
Menderes 1	**Bölge 1**	19090.50 m^2	19966.70 m^2	876.20 m^2
	Bölge 2	7257.72 m^2	8410.55 m^2	1152.83 m^2
Menderes 2	**Bölge 1**	17425.70 m^2	19022.90 m^2	1597.20 m^2
Menderes 3	**Bölge 1**	23839.10 m^2	26703.70 m^2	2864.60 m^2
	Bölge 2	5977.63 m^2	6466.16 m^2	488.53 m^2

Menderes yapılarında hacimsel değişimlerin incelenmesi ve iki farklı veri grubunun karşılaştırılması amacıyla ocak ve haziran aylarına ait SYM ile nokta bulutu verilerindeki değişimler incelenmiştir. SYM ve nokta bulutu verileri ortomozaik yardımıyla elde edilmiş nehir dışı alanları içerecek şekilde üretilmiştir. SYM verileri ile hacimsel değişimin belirlenmesi amacıyla DoD metodu, nokta bulutu verileri ile hacimsel değişimin belirlenmesi amacıyla ise CloudCompare yazılımı, Volume 2.5D metodu kullanılmıştır. Menderes yapılarındaki hacimsel veriler dikkate alındığında, menderes yapılarında haziran aylarında sediment miktarlarının arttığı gözlemlenmiştir. Çizelge 4'te veri türüne bağlı olarak menderes yapılarında ocak ve haziran ayları arasındaki hacimsel değişimler gösterilmiştir.

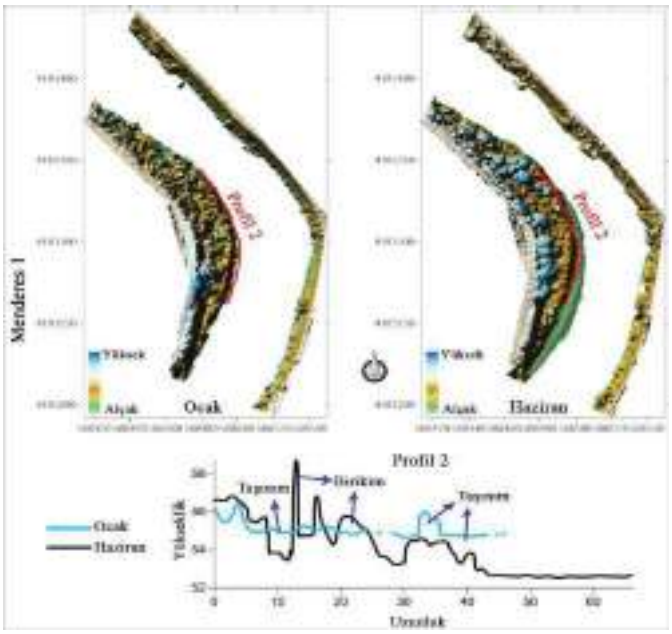
Çizelge 4. Menderes yapıları hacimsel değişimleri.

Çalışma Alanı		Hacimsel Değişim		Veri Türü Arasındaki Fark
		SYM	Nokta Bulutu	
Menderes 1	**Bölge 1**	79693.921 m^3	76745.355 m^3	2948.566 m^3
	Bölge 2	57477.911 m^3	55499.609 m^3	1978.302 m^3
Menderes 2	**Bölge 1**	121297.236 m^3	119776.672 m^3	1520.564 m^3
Menderes 3	**Bölge 1**	164508.896 m^3	163759.945 m^3	748.951 m^3
	Bölge 2	26603.813 m^3	25788.910 m^3	814.903 m^3

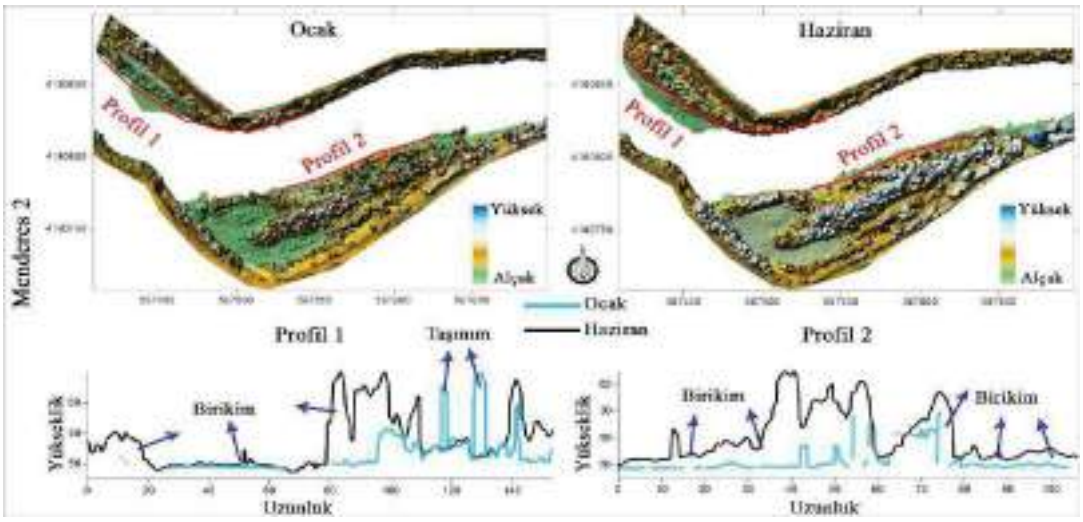
Menderes yapılarında, nehir kıyısında meydana gelen değişimlerin görsel olarak analiz edilmesi amacıyla bütün menderes bölgelerinin kıyı bölgelerinde, batı yönünden doğu yönüne doğru örnek kıyı profilleri çizilerek, meydana gelen taşınım ve birikim miktarları grafikler ile gösterilmiştir. Menderes yapılarında meydana gelen değişimler; Menderes 1 çalışma alanı için kıyı çizgisinde oluşturulan Profil 1 Şekil 5'te ve Profil 2 Şekil 6'da, Menderes 2 çalışma alanı için kıyı çizgisinde oluşturulan Profil 1 ve Profil 2 Şekil 7'de ve Menderes 3 çalışma alanı için kıyı çizgisinde oluşturulan Profil 1 Şekil 8'de ve Profil 2 Şekil 9'da gösterilmiştir.



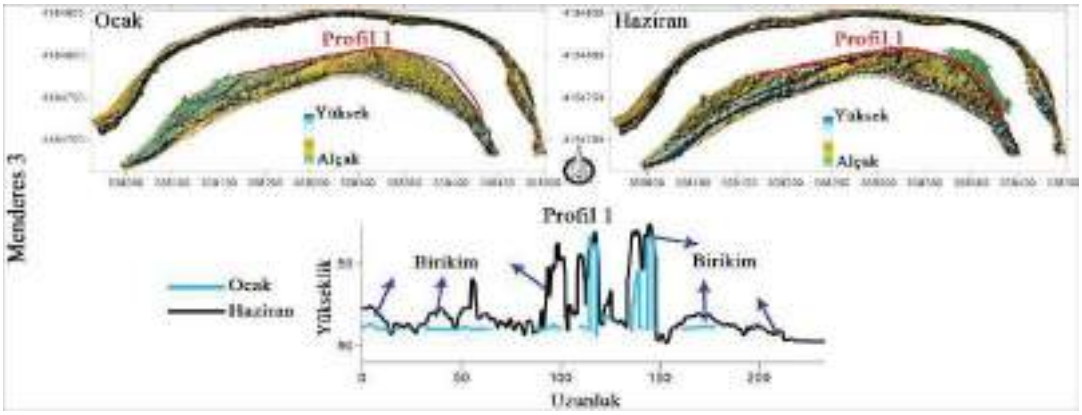
Şekil 5. Menderes 1 bölgesinde, Profil 1 için kıyı değişim grafiği gösterimi.



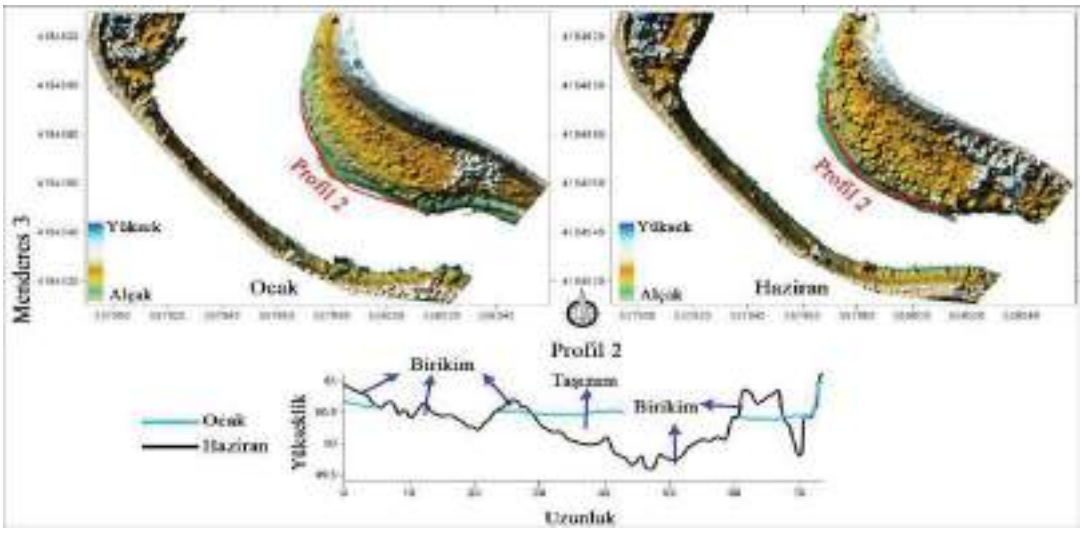
Şekil 6. Menderes 1 bölgesinde, Profil 2 için kıyı değişim grafiği gösterimi.



Şekil 7. Menderes 2 bölgesinde, Profil 1 ve Profil 2 için kıyı değişim grafiği gösterimi.



Şekil 8. Menderes 3 bölgesinde, Profil 1 için kıyı değişim grafiği gösterimi.



Şekil 9. Menderes 3 bölgesinde, Profil 2 için kıyı değişim grafiği gösterimi.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, öncelikle Büyük Menderes Havzası'nın seçilen menderes alanlarındaki periyodik sediment değişikliklerini belirlemek için kış ve yaz mevsimindeki değişiklikler araştırılmıştır. Çalışma kapsamında, iki farklı veri modeli arasında hacimsel verilerin analizinin gerçekleştirilmesi amacıyla menderes yapılarının ocak ve haziran aylarına ait üç boyutlu nokta bulutu verileri ve üç boyutlu sayısal yüzey modelleri ile alansal sediment miktarındaki değişimin incelenmesi amacıyla ortomozaik üretilmiştir. Çalışma sonucunda, İHA ile veri üretiminin menderes yapılarında sediment birikme ve kayıp miktarlarının alansal ve hacimsel olarak belirlenmesinde uygun bir ölçüm metodu olabileceği görülmüştür. Hacimsel analizler incelendiğinde, SYM ve nokta bulutu verileri arasındaki meydana gelen farkın yüzeyde bulunan objelerden kaynaklandığı görülmektedir. Nokta bulutu verisinde bulunan objelerin filtrelenerek sadece yüzeye ait nokta bulutu verisi ile yüzeye ait veri olan SAM verisinin kıyaslanması iki farklı veri arasındaki farkın azalabileceği yorumunu getirmektedir.

Sonuç olarak, menderes yapılarında gerçekleştirdiğimiz çalışmamız doğrultusunda gelecekteki pek çok projede geleneksel fotogrametri metodu yerine düşük maliyetli ve hızlı çözüm olarak İHA'ların kullanılacağı tahmin edilmektedir. Bununla birlikte, İHA'lara monte edilebilen çeşitli dijital kameralar ve sensörlerin, menderes çevresindeki tarım alanlarında bitkilerin sağlığı ve verimliliği üzerindeki tortu etkisini de inceleyebileceği öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

Castillo, C., Pérez, R., James, M.R., Quinton, J.N., Taguas, E.V., Gómez, J.A., 2012, Comparing the Accuracy of Several Field Methods for Measuring Gully Erosion, *Soil Science Society of America Journal*, 76, 1319.

Flener C., Vaaja M., Jaakkola A., Krooks A., Kaartinen H., Kukko A., Kasvi E., Hyyppä H., Hyyppä J. and Alho P.,2013, Seamless Mapping of River Channels at High Resolution Using Mobile LIDAR and UAVPhotography, *Remote Sensing*, ISSN 2072-4292, 2013.

James, M.R., Robson, S., 2012, Straightforward Reconstruction of 3D Surfaces and Topography with a Camera: Accuracy and Geoscience Application, *Journal of Geophysical Research*, 117, F03017.

Kabdaşlı, S., 2010, Karasu Sahili Erozyon Probleminin İncelenmesi - Ön Değerlendirme Raporu, *İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Su ve Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Uygulama ve Araştırma Merkezi*.

Lague D., Brodu N., Leroux J., 2013, Accurate 3D Comparison of Complex Topography with Terrestrial Laser Scanner : Application to the Rangitikei Canyon (N-Z), *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 82, 10-26.

Lucieer, A., de Jong, S.M., Turner, D., 2014, Mapping Landslide Displacements Using Structure from Motion (SfM) and Image Correlation of Multi-Temporal UAV Photography, *Progress in Physical Geography*, 38, 97–116.
Maharana C., Srivastava D., Tripathi J.K., 2018, Geochemistry of Sediments of the Peninsular Rivers of the Ganga Basin and Its Implication to Weathering, Sedimentary Processes and Provenance, *Chemical Geology*, 492, 1-20.

Marteau B., Vericat D., Gibbins C., Batalla J.R., Green, D.R., 2016, Application of Structure-from-Motion Photogrammetry to River Restoration, *Earth Surface Processes and Landforms*, 42, 503-515.

Ozcan, O., Musaoglu, N., Seker, D.Z., 2012, Environmental Impact Analysis of Quarrying Activities Established on and Near River Bed by Using Remotely Sensed Data, *Fresenius Environmental Bulletin*, 21, 11,3147 - 3153.

Snavely N., Seitz S. M., Szeliski R., 2007, Modeling the World from Internet Photo Collections, *International Journal of Computer Vision*, 80 (2), pp 189–210.

Turner, D., Lucieer, A., Watson, C., 2012, An Automated Technique for Generating Georectified Mosaics from Ultra-High Resolution Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery, Based on Structure from Motion (SfM) Point Clouds, *Remote Sensing*, 4, 1392–1410.

Westoby, M.J., Brasington, J., Glasser, N.F., Hambrey, M.J., Reynolds, J.M., 2012, Structurefrom-Motion Photogrammetry: a low-Cost, Effective Tool for Geoscience Applications", *Geomorphology*, 179, 300–314.

Wheaton, J.M., Brasington, J., Darby, S.E., Sear, D.A., 2009, Accounting for Uncertainty in DEMs from Repeat Topographic Surveys: Improved Sediment Budgets, *Earth Surface Processes and Landforms*, 35, 136–156.

Williams, R.D., 2012, DEMs of Difference, *British Society for Geomorphology, Geomorphological Techniques*, Chap. 2, Sec. 3.2.

URL 1: https://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php?title=2.5D_Volume#Grid_generation

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6308

YÜKSEK KONUM DOĞRULUKLU NOKTA BULUTU SAĞLAYAN HAVA KAYNAKLI LAZER İHA ÜRETİMİ VE VERİ KALİTESİNİN DEĞERLENDİRMESİ

Umut G. Sefercik, Serkan Karakış, Can Atalay

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 67100, Zonguldak, Türkiye

ÖZET

Yoğun, yüksek konum doğruluklu, düşük maliyetli ve periyodik nokta bulutları elde etme ve doğrudan üç boyutlu dijital yüzey ve arazi modellerini sağlayabilme gibi avantajları sayesinde Hava Kaynaklı Lazer Tarama (ALS), haritacılık başta olmak üzere yeryüzü ve ona dair verileri inceleyen bilim alanlarında oldukça sık kullanılır hâle gelmiştir. ALS, özellikle mali açıdan güçlü Avrupa ülkeleri ve ABD'de, aktif algılamanın bulut ve orman penetrasyon yeteneği gibi avantajlarından faydalanarak pasif algılama prensipli yani güneşin aydınlatmasına bağımlı fotogrametriye alternatif bir yöntem olarak kısa sürede kabul görmüştür. Bununla birlikte, ALS teknolojisi, ihtiyaç duyduğu uçak, hava kaynaklı lazer tarayıcı, Global Navigasyon Uydu Sistemleri (GNSS), Atalet Ölçüm Birimi (IMU) ve yüksek kapasiteli iş istasyonları gibi ekipmanların yüksek maliyetinden ötürü az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde yeterince kullanılamamıştır. Finansal gücü yeterli olmayan az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde de ALS tekniğinin kullanılabilmesini sağlamak için araştırma ekibimiz, Ulusal bir Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Projesi kapsamında, düşük maliyetli ALS kabiliyetli gelişmiş bir insansız hava aracı (İHA) üretmiştir. Cihaz, yeni dizayn ALS gimbal ve gerçek zamanlı kinematik konumlandırma gibi gelişmiş özelliklerle yüksek doğruluk ve çözünürlükte ALS verileri sağlayabilmektedir. Bu çalışmada, üretilen ALS, İHA ve verilerinden elde edilen dijital yüzey modelinin (DYM) kalitesi, açık, orman ve bina arazi sınıflarını içeren Bülent Ecevit Üniversitesi Merkez Kampüsü'ndeki bir test alanında görsel ve istatistiksel nokta ve model bazlı yaklaşımlarla ortaya konmuştur. Nokta bazlı analizlerde, araziden toplanan yer kontrol noktaları kullanılırken model bazlı değerlendirmelerde yersel lazer taramadan elde edilen referans DYM'den faydalanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, üretilen hava kaynaklı lazer tarayıcının veri performansının uluslararası ALS veri standartlarını fazlasıyla sağlayabildiğini ortaya koymuştur.

Anahtar Sözcükler: gerçek zamanlı kinematik konumlama, gimbal, İHA, lazer

ABSTRACT

PRODUCTION OF AIRBORNE LASER uav CAPABLE OF PROVIDING POINT CLOUDS WITH HIGH GEOLOCATION ACCURACY AND QUALITY ASSESSMENT OF THE DATA

By means of providing dense, precise, low-cost and periodical point clouds and accurate three dimensional digital surface and terrain models of target areas, Airborne Laser Scanning (ALS) became respectable in a short time in remote sensing technologies and accepted as an alternative method to the photogrammetry especially in financially strong European Countries and USA. However, the technique could not be utilized sufficiently in underdeveloped or developing Countries due to the high cost of ALS equipment consists of Global Navigation Satellite Systems (GNSS) and Inertial Measurement Unit (IMU) mounted aircrafts, airborne laser scanner, and high capacity work stations. To provide the utilization of ALS technique in underdeveloped and developing Countries which have financial problems, we generated a low cost airborne laser scanner skilled advanced unmanned air vehicle in the scope of a National Research and Development Project. The device is able to provide very accurate and high resolution ALS data in target areas with advanced properties such as novel ALS gimbal design and real time kinematic positioning. In the paper, the precise point clouds and the quality of generated digital surface model achieved from novel device are presented with visual and statistical approaches in a preferred test area which includes open, forest, and built-up terrain formations.

Key Words: gimbal, laser, real time kinematic positioning, UAV

1. GİRİŞ

Fotogrametri, 19. yüzyılın ortalarından itibaren yeryüzünün topoğrafik olarak modellenmesi konusunda çalışan bilim insanlarının hayatına plançete tekniği ile girmiş, analog, analitik ve nihayet dijital fotogrametri teknolojilerinin geliştirilmesiyle beraber uzaktan algılama teknolojileri içerisinde vazgeçilmez bir konuma gelmiştir. Pasif algılama prensipli optik kameralar ve yardımcı ekipmanları ile donatılmış uçan platformlardan hava fotoğrafı alımı ve işlenmesi

yöntemi olan fotogrametrinin sektörel bazdaki liderliği 2000'li yılların başına dek sürmüştür. Bu yıllarda, hava kaynaklı lazer tarama teknolojisi geliştirilmiş ve yerelden bölgesel ölçeğe kadar ki haritalama çalışmalarında fotogrametrinin en büyük alternatifi olarak gösterilmeye başlanmıştır (Baltsavias, 1999; Hill vd., 2000). Başlangıçta şeritvari harita üretimi ve arazi ölçmelerinden bağımsız olarak havadan hassas deplasman ve deformasyon analizleri gerçekleştirebilmek amacıyla geliştirilen teknik, elde edilen başarı ve veri kalitesi göz önünde bulundurularak bölgesel bazda haritalama çalışmalarında dahi kullanılmaya başlanmıştır. Hava kaynaklı lazer tarayıcı (ALS), global navigasyon uydu sistemleri (GNSS) ve atalet ölçüm birimi (IMU) bileşenlerinin kombinasyonu ile çalışan hava kaynaklı lazer tarama teknolojisi, kullanıcılara, hızlı ve periyodik veri alımı, doğrudan koordinatlı, yüksek konum doğruluklu ve yoğun (mm, cm mekânsal çözünürlükte) nokta bulutu üretimi gibi üstün avantajlar sunmaktadır. Tekniğin en büyük avantajlarından biri de diğer uzaktan algılama metotlarının aksine yeryüzünün üç boyutlu (3B) tasvirini sağlayan dijital yüzey modellerinin (DYM) ve dijital arazi modellerinin (DAM) yoğun ve yüksek kalitede nokta bulutları temelinde daha basit işlem adımları ile elde edilebilmesidir. ALS DYM ve DAM'ları literatürde pek çok çalışmada tercih edilmiştir (Lohr 1998; McIntosh, Krupnik, and Schenk 2000; Shan and Aparajithan 2005; Mandlburger, Briese, and Pfeifer 2007; Liu 2008; Baligh, Valadan Zoej, and Mohammadzadeh 2008). Üstelik geçmişte bu konuda yapılan çalışmalar uçak, helikopter gibi platformlar kullanımı ile uygulanan geleneksel ALS yönteminden elde edilen 3B modellerin açık alanda ≤ 2 cm yatay ve ≤ 5 cm düşey mutlak konum doğruluklarına sahip olduklarını ortaya koymaktadır (Sefercik vd., 2015).

ALS teknolojisinin yukarıda belirtilen birçok avantajının yanında en büyük dezavantajı pahalı ekipman gereksinimidir. Teknik hem veri alımı hem de veri işleme adımlarında yüksek bütçeye ihtiyaç duymaktadır. Geleneksel ALS olarak tabir edilen ana yöntemle veri elde edebilmek için yukarıda bahsedilen ALS+GNSS+IMU entegre ekipmanlarının yan ısıra bunların monte edileceği bir de uçak ya da helikopter gereksinimi bulunmaktadır. Veri elde edilmesinin ardından ikinci adım olan veri işlemede de yüksek bellek kapasiteli iş istasyonu ihtiyacı bulunmaktadır. Geleneksel ALS teknolojisi, özellikle veri elde etme ekipmanlarının gerektirdiği bütçeler nedeniyle finansman gücü düşük ülkelerde ya hiç kullanılamamış ya da yalnızca devlet bünyesinde oldukça kısmi bölgelerde uygulanabilmiştir. ABD ve gelişmiş Avrupa ülkelerinde ALS tekniği yaklaşık 15 yıldır aktif olarak kullanılırken finans gücü düşük ülkelerde özellikle konu üzerinde çalışmak isteyen akademisyenler tekniğin gereksinimlerinin proje destek sınırlarının çok üzerinde maliyetlerde olması nedeniyle veri sıkıntısı yaşamışlardır.

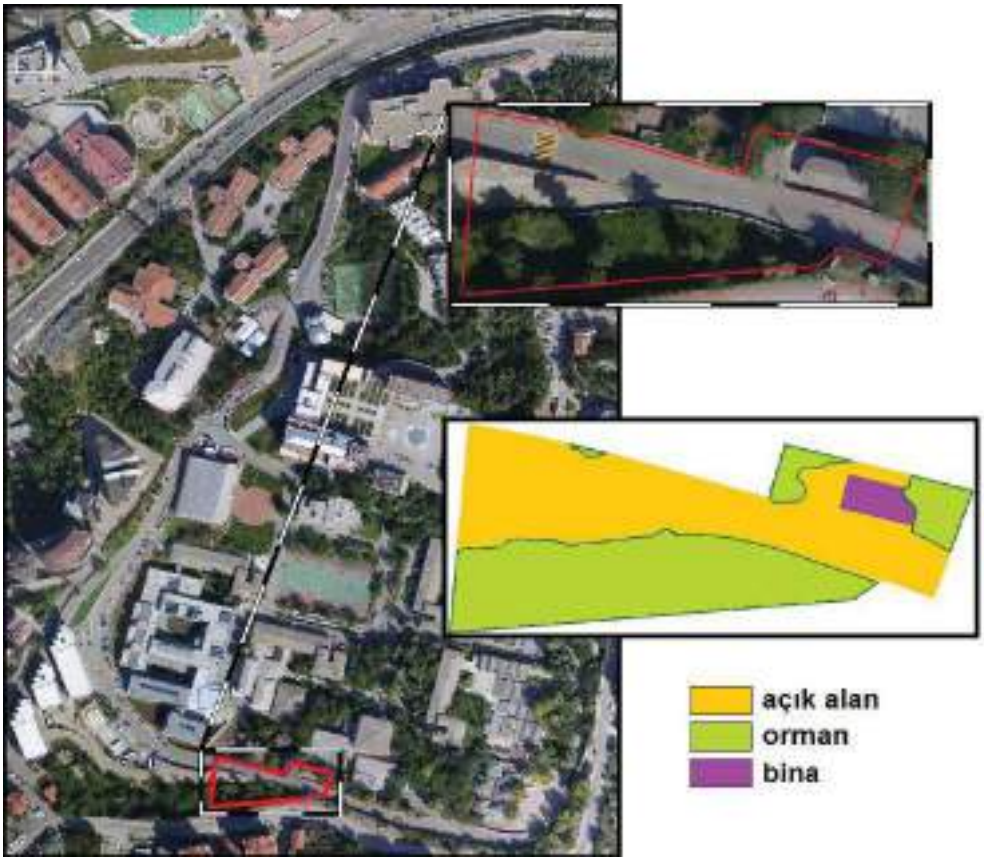
Bu olumsuz duruma çözüm bulmak isteyen araştırma geliştirme (Ar-Ge) ekibimiz 2016 yılında KOSGEB'e "Üç Boyutlu Yüksek Konum Doğruluklu Hava Kaynaklı Lazer Tarama Kabiliyetli İnsansız Hava Aracı Üretimi" başlıklı bir Ar-Ge İnovasyon Projesi sunmuş ve projeye hak kazanmıştır. 2018 yılı başında tamamlanan proje ile yerli bir Lazer İnsansız Hava Aracı (İHA) üretilmiş ve yerli bir veri işleme yazılımı geliştirilmiştir. Bu çalışmada, üretilen Lazer İHA'nın özellikleri ve elde edilen ilk verilerin nokta ve model bazlı mutlak ve rölatif konum doğruluğu sonuçları farklı arazi sınıfları üzerinde yapılan analizler ışığında sunulmuştur. Üretilen bu araç ile yüksek bütçelere sahip olmayan araştırmacıların ALS verisine rahatça ulaşabilmeleri sağlanacaktır. Cihaz, optik sistemlerin çaresiz kaldığı özellikle yoğun ormanlık alanlar gibi üstten çıplak topoğrafya modellemeye olanak vermeyen alanlarda DAM üretimine ve meşcere yüksekliklerinin belirlenmesine, hızlı deplasman ve deformasyon hesaplamalara, millî savunmaya artı değer sağlayacaktır.

Bildiri altı bölümden oluşmaktadır. Girişin ardından ikinci bölümde çalışma alanı ve arazi sınıfı karakteristikleri sunulacaktır. Üçüncü bölümde üretilen Lazer İHA'nın özellikleri ve örnek veri sergilenecektir. Dördüncü bölümde metodoloji ve referans verilere yer verilecektir. Beşinci bölümde araştırma bulgularının sunulmasının ardından altıncı bölümde çalışma sonlandırılacaktır.

2. ÇALIŞMA ALANI

Bilindiği gibi son yıllarda Ülkemizde Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü tarafından çıkarılan İHA Yönetmeliği kapsamında İHA uçuşları, bilimsel çalışma yapılan kampüsler dışında izne tabidir. Bu noktadan hareketle, çalışma alanı olarak uçuş izni gerektirmemesi nedeniyle Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Merkez Farabi Kampüsü belirlenmiş ve kampüs içinde farklı arazi sınıfları içeren bir bölge test alanı olarak seçilmiştir. Çalışma alanı ve mevcut arazi sınıfları Şekil 1'de görülmektedir.

Sınıflı çalışma, uzaktan algılanmış verilerin kalite değerlendirmesi için oldukça önemli bir unsurdur. Her ne kadar, tüm dünyada açık alanlar değerlendirmelerinde ana arazi sınıfı olarak kabul görse de özellikle yüksek bitki örtüsünde tüm uzaktan algılama yöntemlerinin konum doğruluğu problemi yaşadığı aksi iddia edilemez bir gerçektir. Bu durum göz önünde tutularak analizler için açık alan, bina ve yüksek bitki örtüsü içeren bir bölge tercih edilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı ve mevcut arazi sınıfları.

3. ÜRETİLEN LAZER İHA ve ÖRNEK VERİ

3.1 Lazer İHA

Üretilen Lazer İHA uçuş sırasında hava şartlarına en güçlü şekilde mukavemet gösterebilmesi adına sekiz kollu gövde olarak dizayn edilmiştir ve 40 km/h rüzgâr hızında dahi işlevseldir. Üzerine yerleştirilmiş gerçek zamanlı global pozisyonlama sistemi (RTK GPS) sayesinde anlık 3B konumlama yapabilmekte ve koordinatlı nokta bulutu üretebilmektedir. Cihazın üstten görünümü ve özellikleri Çizelge 1'de bulunmaktadır. Cihazın patent süreci nedeniyle detaylı görselleri bu çalışmada sunulamamıştır.

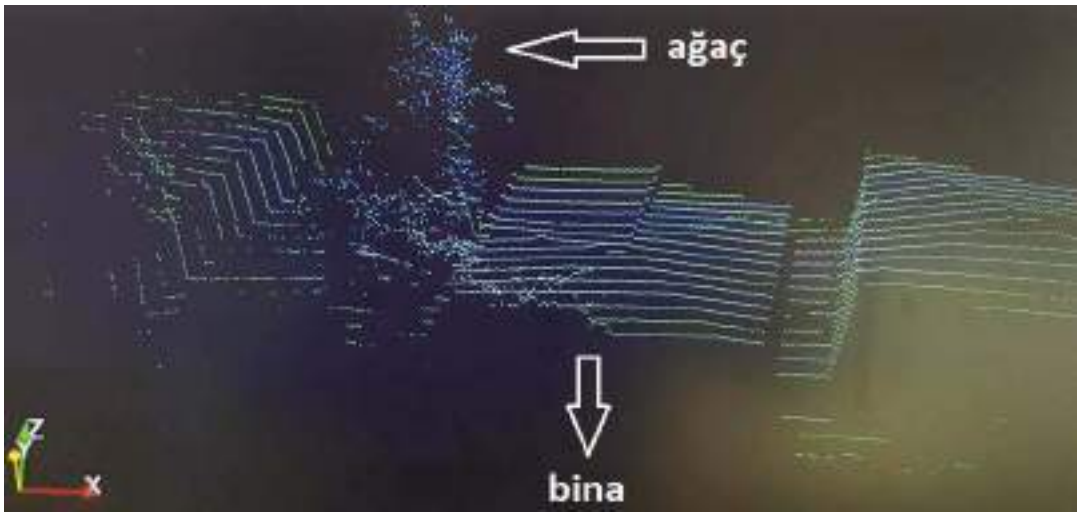
Çizelge 1. ALS İHA ve özellikleri.

Özellik	Değer
Gövde	Oktokopter (8 Kollu)
Çap	1.35 m
Hız	5 m/s
Konumlandırma	RTK GPS
Nokta yoğunluğu	500/m^2
Manevra	360°
Lazer puls dönüşü	Çift
Gimbal	Özel dizayn lazer gimbal
İşlemci	DJI A3
Batarya	Özel dizayn kutusunda çift
Zeka/ Ana Kartlar	Özel kapalı kutu dizayn



3.2 Örnek Veri

Üretilen Lazer İHA, kameralı optik sistemlerden farklı olarak taşıdığı ALS ile şerit tarama tekniğini kullanmaktadır. Tercih edilen irtifadan şerit boyunca microsaniyelerde gerçekleşen lazer atımları ile yoğun nokta bulutu elde etme özelliğine sahiptir. Ayrıca şerit bindirme bölgelerinde yani stereo alanlarda nokta yoğunluğu artmaktadır. Şekil 2'de havada lazer tarama anındaki tarama görseli yani örnek veri sergilenmektedir.



Şekil 2. Lazer tarama örnek verisi.

ALS verisi cihazda her biri 2°'lik açıyla değişen atım paketleri hâlinde depolanmaktadır. Şekil 2'de yer alan örnek veri yalnızca bir pakete ait ham veri olup şeritte elde edilen toplam nokta bulutunun çok küçük bir kısmını tasvir etmektedir. Geliştirilen yazılım ile entegre edilen paketlere ilişkin toplam nokta bulutu görseli bulgular bölümünde sunulacaktır.

4. METODOLOJİ ve REFERANS VERİLER

Çalışmanın metodolojisi üç ayrı alt bölümde ele alınmıştır. Bu bölümler sırasıyla ALS veri elde etme, işleme ve kalite değerlendirmedir. İzlenen metodolojiler her bölüm için ayrı ayrı verilmiştir.

4.1 ALS Veri Elde Etme

Çalışma alanına ilişkin ALS verileri 28 Ekim 2017 tarihinde gerçekleştirilen uçuş ile elde edilmiştir. Uçuşta düz şerit tarama yöntemi izlenmiş olup boş alan kalmaması için şeritler arası bindirmeler uygulanmıştır. Veriler, 5 m/sn uçuş hızında ve yaklaşık 15 km/h rüzgâr hızında elde edilmiştir. Uçuş tamamen yer kontrol noktası vb. bağımsız gerçekleştirilmiş olup yalnızca İHA üzerine entegre edilmiş RTK GPS sistemine uyumlu çalışan bir baz GPS ile havadan haberleşme sağlanmış, bağıl konumlama yapılmıştır. Uçuş anında elde edilen ham veriler cihaza entegre edilmiş depolama biriminde toplanmıştır.

4.2 ALS Veri İşleme

Elde edilen ham lazer verileri depolama aygıtından PC'ye aktarılmış ve geliştirilen yazılım ile yöneltme ve füzyon işlemleri tamamlanarak uluslararası ortak lazer formatı olan .las formatına dönüştürülmüştür. Ham hava kaynaklı lazer verisi yöneltme işlemi kompleks verinin eşdüzlemsel hâle gelmesinde çok önemli bir işlem adımıdır. Bu adımın doğru uygulanmaması yanıltıcı sonuçlar doğuracaktır. Bu nedenle veri işleme sırasında sabit bina çatısı odaklı konum kalibrasyonu işlemi uygulanmıştır.

Yöneltilmiş ve füzyonu tamamlanmış nokta bulutlarının gürültüsü Microstation yazılımı TerraScan lazer veri işleme modülünde filtrelenmiş ve alana ilişkin DYM Surfer yazılımında uygun enterpolasyon yönteminin uygulanması ile 25 cm grid aralığında üretilmiştir. DYM üretiminin ardından ince filtreleme işlemine geçilmiş ve bu işlem BLUH (Bundle Block Adjustment Leibniz University Hannover) yazılımında gerçekleştirilmiştir. Tüm bu işlemlerin ardından sonuç DYM elde edilmiştir.

4.3 ALS Veri Kalite Değerlendirme

ALS verisinden elde edilen sonuç DYM'nin kalite değerlendirmeleri için nokta ve model bazlı olmak üzere iki ana yöntem uygulanmıştır. Nokta bazlı değerlendirme, yer kontrol noktası (GCP) temelinde olup literatürde oldukça sık uygulanan bir yöntemdir (Maas, 2003; Csanyi ve Toth, 2007; Dahlqvist vd., 2011; Pourali vd., 2014). Bu yöntemde, çalışma alanı üzerinde 68'i açık alan, 13'ü bina ve 24'ü yüksek bitki sınıfından olmak üzere toplam 105 GCP, GPS ile ölçülmüş ve elde edilen 3B konumlar ALS DYM'deki karşılıkları ile kıyaslanmıştır. Bu işlem sonucunda mutlak konum doğrulukları standart sapma (Eşitlik 1) göstergesi temelinde tespit edilmiştir. Nokta bazlı kalite değerlendirme her ne kadar literatürde geçerli bir yöntem olsa da DYM kalitesini tam olarak ortaya koyamamaktadır. Bunun nedeni, özellikle geniş arazilerde raster DYM çözünürlüğünde GCP toplamanın imkânsız ve mantıksız oluşudur. Ek olarak, toplanan yüksek sayıda GCP'nin statik ölçme ile elde edilmesi mümkün olamayacağından nokta bazlı yöntem yatayda ≤3 cm, düşeyde ≤5 cm GCP bazlı konum hatası da barındırmaktadır.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (\Delta Z_i - \mu)^2}{n-1}}, \tag{1}$$

Eşitlikte σ yükseklik farklarının standart sapmasını, n piksel sayısını, ΔZ_i herhangi bir pikselde referans veriden olan yükseklik farkını, μ ise yükseklik farklarının aritmetik ortalamasını ifade etmektedir.

Nokta bazlı değerlendirmelerin problemleri göz önünde tutularak çok daha realistik bir değerlendirme tipi olan model bazlı kalite değerlendirme yöntemi de uygulanmıştır (Lin, 1994). Bu yöntemde, çalışma alanında yaklaşık 20 istasyonda yersel lazer tarama (TLS) teknolojisi kullanılarak hava kaynaklı lazer taramadan daha yüksek mekânsal çözünürlükte (1-2 cm) nokta bulutları elde edilmiş ve referans DYM üretilmiştir. ALS verileri üretilen referans TLS DYM'si ile model bazlı karşılaştırılmış ve bu şekilde modelleri oluşturan tüm piksellerin işleme dahil olması sağlanarak çok daha doğru bir analiz gerçekleştirilmiştir. Model bazlı analizlerde de konum farklılıklarının karesel ortalama hata (Eşitlik 2) ve standart sapması ana doğruluk göstergesi olarak kullanılmıştır.

$$\mathrm{RMSE}_{\Delta Z} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta Z_i^2}{n}}, \tag{2}$$

Eşitlikte $RMSE_{\Delta Z}$ yükseklik farklarının karesel ortalama hatayı, n piksel sayısını, ΔZ_i herhangi bir pikselde referans veriden olan yükseklik farkını ifade etmektedir.

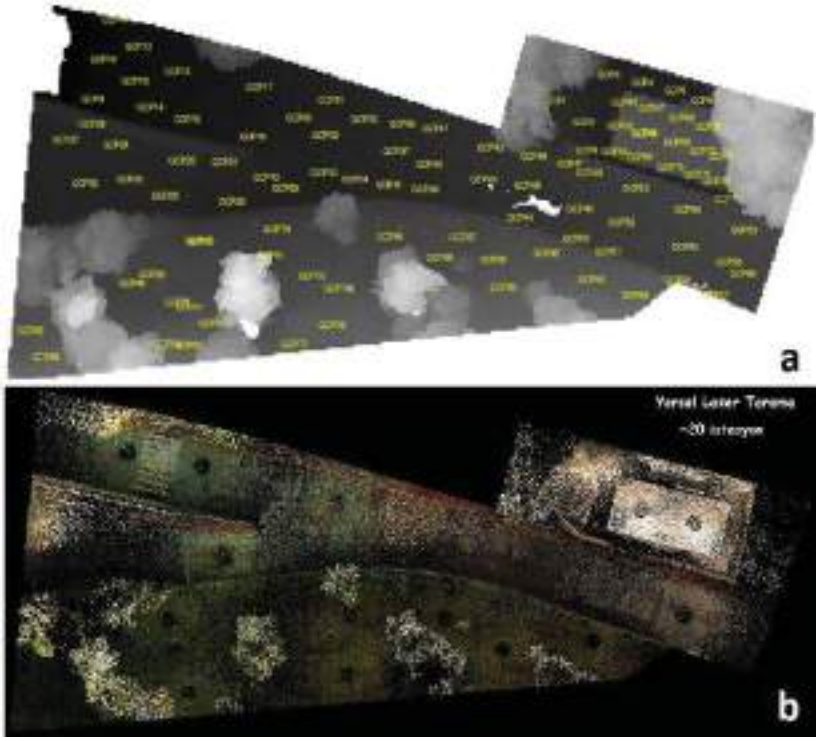
Elde edilen Lazer İHA verilerinin kendi iç tutarlılıklarının analizi içinse model bazlı rölatif konum doğruluğu analizleri tüm arazi sınıfları için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Bu işlemde her bir pikselin çevresindeki 10 piksel ile komşuluk ilişkileri değerlendirilmiş ve 10 piksele kadar olan mesafedeki doğruluk ilişkisi aşağıdaki eşitlik kapsamında ortaya konmuştur.

$$\mathrm{RVA} = \sqrt{\frac{\sum (\mathrm{d}Z_i - \mathrm{d}Z_j)^2}{(2 \times n_x)}}, D_l < D < D_u \tag{3}$$

Eşitlikte RVA rölatif düşey konum doğruluğunu, n piksel sayısını, $2\times n_x$ mutlak düşey doğruluğun standart sapmaya normlandırmasını, D_l *ve* D_u alt ve üst piksel limitlerini (1 ve 10.) yansıtmaktadır.

4.4 ReferansVeriler

Nokta ve model bazlı kalite değerlendirmelerinde kullanılan referans veriler Şekil 3'te sunulmuştur. Şekil 3a, çalışmada kullanılan 105 GCP'yi gösterirken Şekil3b, yersel lazer tarama nokta bulutunu sergilemektedir. Nokta ve model bazlı değerlendirmelerde kullanılan nokta yoğunluğu şekilde net olarak karşılaştırılabilmektedir.

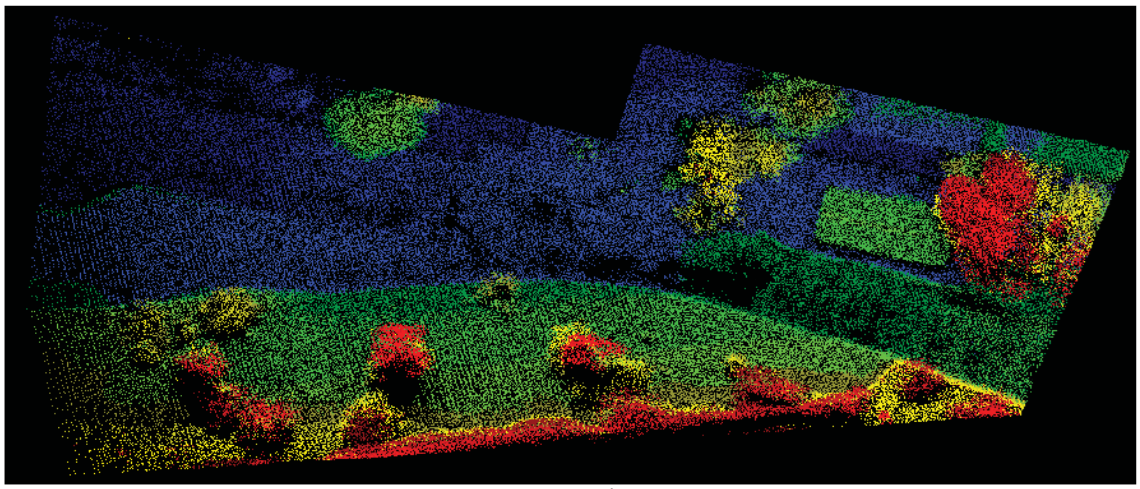


Şekil 3. (a) Nokta bazlı değerlendirme noktaları (sarı renk), (b) TLS nokta bulutu.

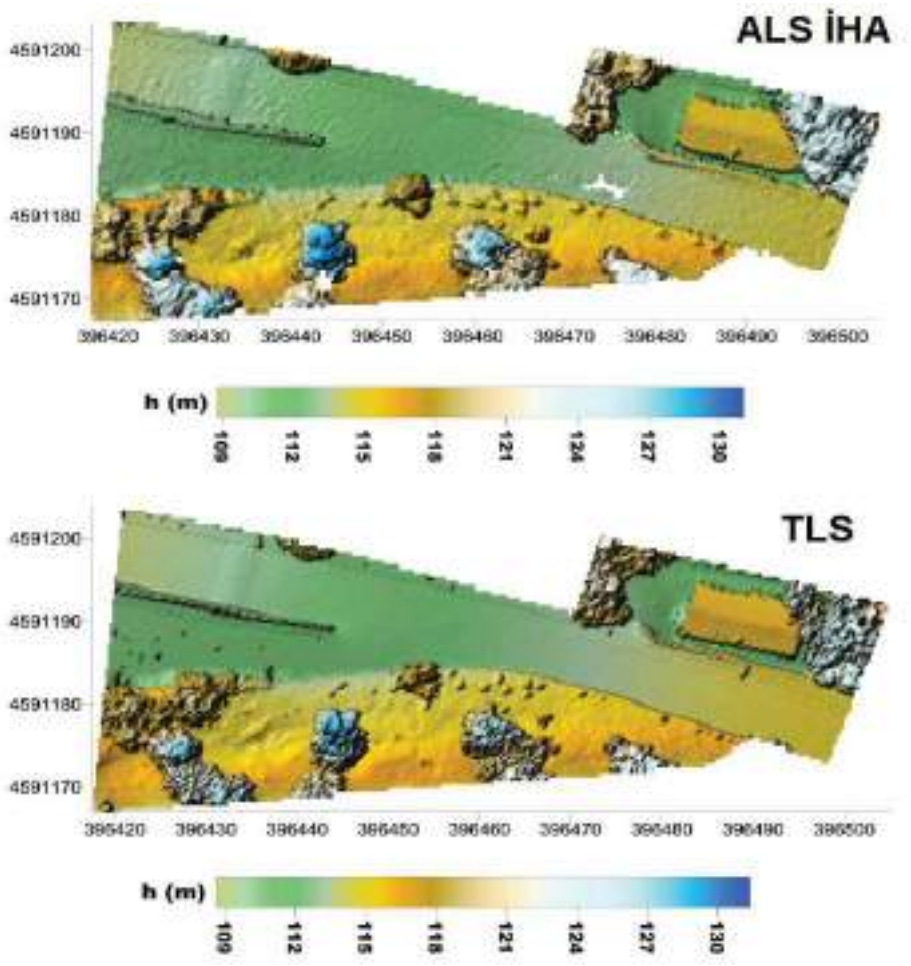
TLS istasyon taramalarında alet kurulduğu noktada lazer izdüşümünün 1,5 m çapında tarama yapamamaktadır. Bu kısımlar Şekil 3b'de siyah yuvarlak olarak görülen kısımlardır. Ancak tüm bu kısımlar en az bir diğer istasyon noktasından taranacak şekilde bir istasyon geometrisi oluşturulmuş ve nokta bulutunda DYM grid aralığını sağlamayan boşluk bırakılmamıştır. Bu sayede raster DYM üretiminde enterplasyon pencereleri minimize edilmiş ve enterpolasyon temelli konum doğruluğu kayıpları minimum seviyeye indirilmiştir.

5. BULGULAR

Şekil 4, Lazer İHA'dan elde edilen mutlak yüksekliğe göre sınıflandırılmış nokta bulutunu göstermektedir. Şekil 5'te ALS İHA ve referans TLS'den elde edilen DYM'ler yer almaktadır.



Şekil 4. Lazer İHA nokta bulutu.



Şekil 5. Lazer İHA ve referans TLS DYM'leri.

Çizelge 2'de Lazer İHA'dan elde edilen DYM'nin referans TLS modeline göre alan bazlı çarpraz korelasyon yöntemi ile elde edilmiş planimetrik konum doğruluğu değerleri görülmektedir.

Çizelge 2. Lazer İHA DYM planimetrik konum doğruluğu.

Referans DYM	Ötelenen DYM	ΔX (m)	ΔY (m)
TLS (0.25m)	Lazer İHA (0.25m)	-0.0068	0.0456

Çizelge 3 ve 4'te nokta ve model bazlı mutlak düşey doğruluk sonuçları yer almaktadır. Çizelge 5'te ise Lazer İHA DYM model bazlı rölatif düşey konum doğruluğu sonuçları görülmektedir.

Çizelge 3. Lazer İHA DYM nokta bazlı mutlak düşey konum doğruluğu.

Referans DYM	Test DYM	Sınıf	YKN sayısı	Mutlak Düşey Doğruluk (yükseklik farklarının standard sapması) (m)
TLS (25cm)	ALS İHA (25cm)	Açık alan	68	0.22
		Bina	13	0.07
		Bitki	24	0.19

Çizelge 4. Lazer İHA DYM model bazlı mutlak düşey konum doğruluğu.

Ref. DYM	Test DYM	Arazi Sınıfı	oran (%)	Karesel ortalama hata (sistematik hata= 0) (m)	Standart sapma (sistematik hata= 0) (m)		Hariç noktalar >1m (%)
				KOH	SZ	SZ α < 0.1	
TLS (0.25m)	ALS (0.25 m)	Tüm alan	100	0.241	0.262	0.1999	3.52
		Açık alan	51.09	0.202	0.265	0.182	0.60
		Bina	3.16	0.217	0.039	0.173	1.69
		Bitki	45.74	0.252	0.234	0.183	7.98

Çizelge 5. Lazer İHA DYM model bazlı rölatif düşey konum doğruluğu.

Komşu piksel sayısı	Açık alan (m)	Bina (m)	Bitki (m)
1	.07	.07	.13
2	.08	.09	.15
3	.09	.10	.16
4	.09	.10	.17
5	.09	.11	.17
6	.09	.11	.17
7	.09	.12	.17
8	.09	.12	.17
9	.09	.12	.17
10	.09	.12	.17

Çalışmada ulaşılan bulgular göz önünde bulundurularak Lazer İHA'dan elde edilen DYM konum doğruluğunun hem yatay hem de düşey eksende 1/1000 ölçekli standart topoğrafik haritaların yapımı için yeterli olduğu söylenebilir. Ancak tel örgü vb. lazer sinyali ile tasviri güç nesnelerin haritalara işlenebilmesi için arazi bütünlemesi yapılma zorunluluğu kaçınılmazdır.

6. SONUÇ VE GELECEK HEDEFLERİ

Bu çalışmada, KOSGEB Ar-Ge İnovasyon Projesi kapsamında ekibimizce üretilen lazer tarama kabiliyetli insansız hava aracının ve sağladığı verilerin özellikleri sunulmuş, cihazdan elde edilen ilk verilerin üç boyutlu konum doğruluğu sonuçları paylaşılmıştır. Lazer İHA'dan elde edilen verilerin hem görsel hem de nokta ve model bazlı mutlak ve rölatif doğruluk temelli istatistiksel incelemeleri sonucunda büyük ölçekli harita üretimi (1/1000) gereksinimlerini karşıladıkları ve arazi bütünlemesi entegrasyonu ile rahatlıkla vektör harita üretiminde kullanılabilecekleri sonucuna varılmıştır. Üretilen cihaz üzerinde yapılacak geliştirmeler neticesinde veri kalitesinin uçak, helikopter gibi pahalı platformlarla çalışan geleneksel hava kaynaklı lazer tarama seviyesine (≤ 5 cm mutlak düşey doğruluk) çıkarılmasının mümkün olduğu tespit edilmiş ve yapılacak geliştirmeler ile doğruluğun 1/500 ölçekli harita yapımı için elverişli duruma getirilmesi hedef

olarak belirlenmiştir. Bir diğer hedef, sisteme dahil edilecek yüksek çözünürlüklü kamera ile renkli nokta bulutu elde edilmesidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı, 2016/1 kodlu Ar-Ge İnovasyon Projesi kapsamında destekleyen KOSGEB'e, T.C. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığına, projeyi yürütmemizde her türlü desteği veren Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesine, Zonguldak Teknopark ve Düzce Teknopark'a sonsuz teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

Baligh, A., Valadan Zoej M. J., and Mohammadzadeh, A., 2008. Bare Earth Extraction from Airborne Lidar Data Using Different Filtering Methods. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences,* XXXVII(B3b): 237–240.

Baltsavias, E., 1999. A Comparison between Photogrammetry and Laser Scanning. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 54(2–3): 83–94.

Csanyi, N., and Toth, C. K., 2007. Improvement of Lidar Data Accuracy Using Lidar-Specific Ground Targets. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 73(4): 385–396.

Dahlqvist, S., P. Rönnholm, P. Salo, and M. Vermeer., 2011. Evaluating the Correctness of Airborne Laser Scanning Data Heights Using Vehicle-based RTK and VRS GPS Observations. *Remote Sensing*, 3(12): 1902–1913.

Hill, J. M., Graham, L. A., Henry, R. J., Cotter, D. M., Ping, A., Young, P., 2000. Wide-area Topographic Mapping and Applications Using Airborne Light Detection and Ranging (Lidar) Technology. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing,* 66(8): 908–914.

Lin, Q., Vesecky, J. F., Zebker, H. A., 1994. Comparison of Elevation Derived from Insar Data with DEM over Large Relief Terrain. *International Journal of Remote Sensing,* 15(9): 1775–1790.

Liu, X., 2008. Airborne LiDAR for DEM Generation: Some Critical Issues. *Progress in Physical Geography*, 32: 31–49.

Lohr, U., 1998. Digital Elevation Models by Laser Scanning. *The Photogrammetric Record*, 16(91): 105–109.

Maas, H. G., 2003. Planimetric and Height Accuracy of Airborne Laserscanner Data: User Requirements and System Performance. *Photogrammetric Week 2003*, Edited by D. Fritsch, 117–125.

Mandlburger, G., Pfennigbauer, M., Steinbacher, M., Pfeifer, N., 2011. Airborne Hydrographic Lidar Mapping - Potential of a New Technique for Capturing Shallow Water Bodies. *19th International Congress on Modelling and Simulation*, Perth, Australia, December 12–16, 2416–2422.

McIntosh, K., Krupnik, A., Schenk, A., 2000. Improvement of Automatic DSM Generation over Urban Areas Using Airborne Laser Scanner Data. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, XXXIII (B3): 563–570.

Pourali, S., Arrowsmith, C., Chrisman, N., Matkan, A., 2014. Vertical Accuracy Assessment of LiDAR Ground Points Using Minimum Distance Approach. *Proceedings of Research at Locate'14 in conjunction with Locate 2014,* 1142: 86–96.

Shan, J., ve Aparajithan S., 2005. Urban DEM Generation from Raw Lidar Data: A Labeling Algorithm and Its Performance. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 71(2): 217–226.

Sefercik U. G., Glennie C., Singhania, A., Hauser D., 2015. Area-based quality control of airborne laser scanning 3D models for different land classes using terrestrial laser scanning: sample survey in Houston, USA, *International Journal of Remote Sensing*, 36:23, 5916-5934.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.5817

TARİHÎ HAVA FOTOĞRAFLARINDAN ÜRETİLEN YOĞUN NOKTA BULUTLARINDAN KENTSEL ALAN DEĞİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ

Cihan ALTUNTAŞ[1]

[1]Doç. Dr., Selçuk Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 42075, Selçuklu, Konya, caltuntas@selcuk.edu.tr

ÖZET

Hızlı kentleşme ile birlikte planlama ve diğer kentsel hizmetlerin sunulması mekânsal veri ihtiyacını doğurmakta ve değişimlerin izlenmesi zorunlu hâle gelmektedir. Görüntüleme ve fotogrametrik değerlendirme tekniklerindeki gelişmeler 3B sayısal yükseklik modeli (SYM) üretimini de kolaylaştırmıştır. Sayısal yükseklik modellerinden eğim, hacim ve yükseklik değişimi gibi çok sayıda konumsal bilgi elde edilebilmektedir. Bu çalışmada, yapılaşma, mevcut binalardaki kat değişimleri ve topoğrafya değişimleri gibi nedenlerle kentsel alanlarda meydana gelen değişikliklerin eski tarihli ve günümüz yakını hava fotoğrafları kullanılarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla 1975 ve 2010 tarihli hava fotoğraflarından yoğun nokta bulutu yöntemi ile sayısal yükseklik modelleri üretilmiştir. Nokta bulutları ile oluşturulan sayısal yüzey modellerinin farkı alınarak düşey yönlü kentsel alan değişimleri tespit edilmiştir. Çalışma alanı Konya ili kentsel alanındadır. Çalışma sonunda kentsel alan değişimlerinin zaman serili tarihî hava fotoğraflarından yararlanarak tespit edilebildiği görülmüştür. Önerilen yöntemin kentsel alanlardaki değişimlerin izlenmesinde kullanılabilecek bir yöntem olduğu değerlendirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: fotogrametri, fotoğraftan nokta bulutu, hava fotoğrafı, kentsel değişim

ABSTRACT

URBAN AREA CHANGE DETECTION BASED ON DENSE POINT CLOUD FROM HISTORICAL AERIAL IMAGES

The fast urbanisation creates requirement to the spatial data for planning and providing a public service. Thus changes in urban area have to be monitored by imaging and measuring the spatial data. Development of imaging and photogrammetric evaluation made possible easy creation of 3D digital elevation model (DTM). Many spatial data such as slope, volume and height change can be extracted from DTM. The aim of this study is detect changes that ocur with new buildings, additional floor or topographic changes in urban. The changes were detected from dense point clouds by using historical and up to date aerial images. The changes were detected with the difference of these digital elevation models created from the image based point clouds of the year 1975 and 2010. The study area is Konya city in Turkey. This study introduce that urban changes can be detected by dense point cloud based on time series images. The method is efficient way to detect land used changes in urban area.

Keywords: photogrammetry, image-based point cloud, aerial ımage, urban change

1. GİRİŞ

Kentsel alanlarda oluşan değişimler yapılaşma, ilave kat, kazı ve dolgu gibi faaliyetler sonucu ortaya çıkmaktadır. Kentsel alanlardaki değişikliklerin izlenmesi kentin tarihî gelişim sürecinin görüntülenmesi yanında kentsel denetimlerin etkili bir şekilde yapılmasını sağlayacaktır. Kentin tarihî süreçte geçirdiği değişim bundan sonraki planlama çalışmalarına ışık tutacaktır. Diğer yandan kentsel denetim kapsamında kaçak bina, izinsiz kazı ve hafriyat atığı depolama alanları tespit edilebilecek ve gerekli önlemler alınacaktır. Ayrıca deprem gibi doğal afetler nedeniyle oluşan hasarlar ve topoğrafya değişimlerinin hızlı bir şekilde tespit edilmesi müdahale ve yardım çalışmalarını kolaylaştıracaktır.

Fotogrametri, bugüne kadar kültürel mirasın belgelenmesi, doğal afet zararlarının tespiti, deformasyon ölçmeleri, ve endüstriyel ölçmeler gibi pek çok alanda kullanılmış bir ölçme tekniğidir (Altan vd.., 2001; Cooper ve Robson, 2006). Teknolojik gelişmelere bağlı olarak fotogrametrik ölçme ve değerlendirme yöntemlerinde de değişiklikler olmaktadır. Otomatik olarak tespit edilen detay noktaları ile stereoskopik görüntülerin yöneltmesi yapılabilmektedir. Fotogrametrik yöneltmesi yapılan stereoskopik fotoğraflardan istenilen yoğunlukta üç boyutlu (3D) nokta bilgisi üretilebilmektedir. Üretilen yoğun nokta bulutu verisinden ölçme alanına ilişkin pek çok konumsal bilgi elde edilebilir. Yapılan bir çalışmada insansız hava aracından (IHA) alınan görüntülerden SYM üretilmiş ve ağaç yükseklikleri belirlenmiştir. Aynı işlem LIDAR verileri kullanılarak da yapılmış ve iki yöntem ile üretilen SYM arasında ortalama 19cm fark olduğu belirtilmiştir (Jensen ve Mathews, 2016). Ayrıca binalarda oluşan değişimler fotogrametrik yoğun nokta bulutu ve LIDAR verilerinden tespit edilmiştir. Fotoğraflardan oluşturulan SYM'nin karesel ortalama hatasının 1.5 GSD olduğu belirtilmiştir (Nebiker vd., 2014). Benzer bir çalışmada eski tarihli hava fotoğraflarının yoğun nokta bulutu ile yeni tarihli LIDAR ölçüsü karşılaştırılarak yeni binalar ve oluşan değişiklikler

tespit edilmiştir (Du vd., 2016). Uydu fotoğraflarından üretilen yoğun nokta bulutu ile LIDAR ölçüsü karşılaştırılarak yapılan çalışmada ise oluşan değişiklikler %90 doğruluk ile tespit edilmiştir (Basgall vd., 2014).

Oluşturulan nokta bulutunun ölçeği; kontrol noktaları ya da mesafeler oranı ile elde edilir. Kamera çekim merkezleri arasındaki baz mesafesi ile ölçeklendirilen nokta bulutu lazer tarayıcı ölçüleri ile karşılaştırılmış ve benzer doğrulukta sonuçlar elde edilmiştir (Ahmadabadian vd., 2013).

Konya, tarihte Selçuklu medeniyetine başkentlik yapmış bir ilimizdir ve Selçuklu ve Osmanlı medeniyetlerine ait çok sayıda tarihî eser bulunmaktadır. Ayrıca hoşgörü sembolü olarak tanınmış Mevlana'nın türbesinin de burada olması nedeniyle turistik bir şehirdir. Diğer yandan sanayi faaliyetlerinin de bulunması nedeniyle kentin nüfusu hızla artmaktadır. Kent ve ilçe merkezlerinde yaşayan nüfus 1975 yılında 555 bin iken 2010 yılında yaklaşık 1.5 milyon, bugün ise iki milyonun üzerindedir. Nüfus artışı kentleşmeyi de beraberinde getirmiş ve denetim faaliyetlerinin yerine getirilmesi güçleşmiştir. Teknolojinin sağladığı olanaklar sayesinde kentsel değişimlerin izlenmesi daha kolay ve hızlı bir şekilde yerine getirilebilmektedir. Bu çalışmada Konya kent merkezinde 37°51' 46.04"N 32°28'17.64"E ve 37°52'48.11"N 32°29'59.50"E coğrafi koordinatları ile sınırlanan bölgenin 1975-2010 yılları arasındaki kentsel değişimleri incelenmiştir. 1975 ve 2010 tarihli hava fotoğraflarından nokta bulutları üretilmiş ve bunların karşılaştırılması ile bu tarihler arasında oluşan kentsel alan değişimleri tespit edilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Hava Fotoğrafları

Çalışma alanına ait 1975 ve 2010 yılı stereoskopik hava fotoğrafları gerekli yazışmalar yapılarak Harita Genel Komutanlığından (HGK) temin edilmiştir. 1975 yılı fotoğrafları analog kamera ile çekilmiştir. Kamera filmi HGK'de mikro tarayıcı ile taranarak dijital ortamına aktarılmıştır. Kamera kalibrasyonu bilgileri ve tarama işlemine ait bilgiler fotoğraflar ile elde edilememiştir. Ancak hava fotoğraflarının kenar bilgilerinden çekildiği kameranın odak uzaklığı ve yaklaşık resim ölçeği bilgileri elde edilebilmiştir. Sayısallaştırılmış görüntünün piksel sayısı ve resim boyutları ile birlikte değerlendirilerek tarama çözünürlüğünün yaklaşık 15 mikron olduğu değerlendirilmiştir. 2010 yılı hava fotoğrafları ise sayısal kamera ile kaydedilmiştir ve yer örnekleme aralığı (YÖA), kamera odak uzaklığı ve piksel büyüklüğü değerleri fotoğraflar ile birlikte verilmiştir (**Çizelge 1**).

Çizelge 1. Hava fotoğraflarına ait bilgiler.

Yıl	Fotoğraf adedi	Odak uzaklığı (mm)	Resim ölçeği	Resim boyutları	Görüntü alanı (km^2)	Stereoskopik alan (km^2)	Piksel boyutları (micron)	YÖM (cm/ pix)
1975	3	208.17	20000	18x18cm	23.01	22.7	14.96	40.3
2010	2	100.50	80099	9420x1444 30 pixels	34.26	21.7	7,20	50.2

2.2 Yer Kontrol Noktası (YKN)

Fotogrametrik değerlendirme ile üretilecek nokta bulutunun jeodezik koordinat sistemine dönüştürülmesi YKN ile yapılır. Stereoskopik görüntü alanında daha önceden tesis edilmiş ve koordinatları bilinen YKN olmadığından fotoğrafta görülebilen ve hâlihazırda mevcut olan bahçe duvarı, bina köşesi, yol kavşakları gibi detaylardan YKN oluşturulmuştur. Özellikle 1975 görüntü için YKN seçimi zor olmuştur. Ancak ölçme alanında bulunan tarihî cami, medrese, türbe ve hanlardan yararlanarak YKN oluşturulabilmiştir. Her iki periyot ölçü için toplam 13 YKN oluşturulmuş ve jeodezik koordinatları GPS ile CORS-TR ağına dayalı olarak ölçülmüştür.

2.3 Structure from Motion (SfM) Fotogrametri

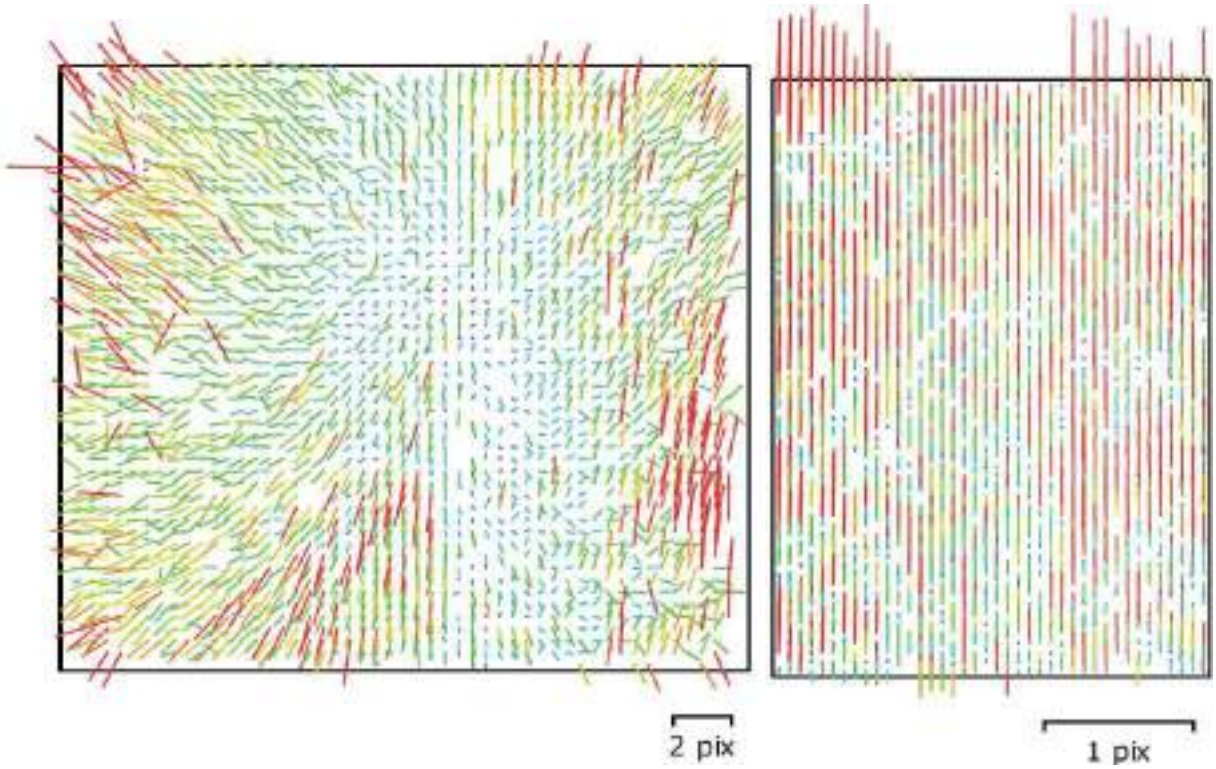
SfM fotogrametri, görüntülerin karakteristik özellik noktalarının tespiti ve bunların eşleştirilmesi ile kamera konumlarının ve görüntülerin bağıl yöneltmesinin otomatik olarak tespitini ifade eder. Kamera kalibrasyonu bilinmeyen fotoğrafların değerlendirmesi dahi aynı şekilde yapılabilmektedir. SfM fotogrametride, kamera konumlarını ve kalibrasyon parametreleri aynı anda hesaplanabilmektedir. Eşlenik noktalar epipolar geometriyi gerçekleştirecek şekilde iteratif olarak kamera konumları hesaplanır. Eşlenik noktaların oluşturduğu seyrek nokta bulutundan daha sonra istenilen nokta sıklığında yoğun nokta bulutu oluşturulmaktadır.

2.4 Sayısal Yükseklik Modellerinin Karşılaştırılması

Oluşturulacak nokta bulutları jeodezik koordinat sistemine dönüştürüldükten sonra bunların karşılaştırması yapılabilir. Ancak karşılaştırma işleminden önce iki nokta bulutunun bağıl yöneltmesi yapılarak bunlar arasında YKN ile dönüşümden kaynaklanan hatalar elemine edilmiş olur ve daha güvenilir sonuçlar elde edilir. Bu işlemden sonra nokta bulutlarının oluşturduğu SYM'ler arasındaki yükseklik farkları iki ölçme periyodu arasında oluşan değişimi ifade eder. Yükseklik farkları, yeni tarihli nokta bulutunun her noktasından eski tarihli nokta bulutunun oluşturduğu SYM'nin üçgen yüzey elemanına olan mesafeler ile hesaplanır.

3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Fotoğraflardan nokta bulutu oluşturmak için Agisoft Photoscan yazılımı kullanılmıştır. Fotoğraftan nokta bulutu oluşturan fotogrametrik yazılımlar kamera kalibrasyonu olmadan da fotoğrafları değerlendirebilmektedir. Değerlendirme sonucunda hem kalibrasyon bilgileri hem de 3B nokta koordinatları elde edilmektedir. Fotoğrafların hesaplanan dönüklük parametreleri ile bağlantı noktalarının resim koordinatları tekrar hesaplandığında elde edilen artık değerler yöneltme parametrelerinin doğruluğunu ifade eder ve 2 piksel civarındadır (**Şekil 1**).



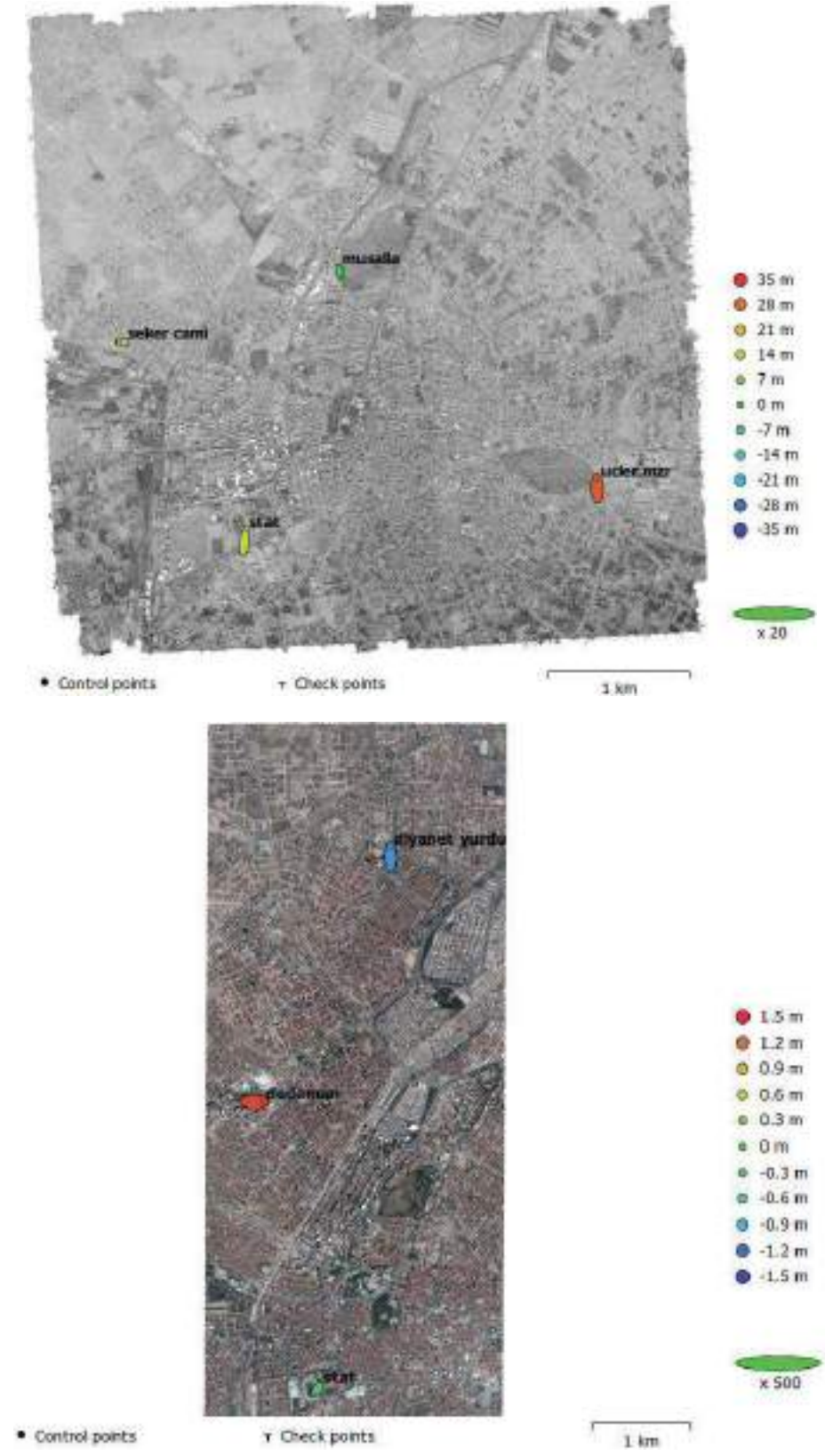
Şekil 1. 1975 (solda) ve 2010 (sağda) yılı görüntülerinin fotogrametrik değerlendirmesinde eşlenik noktalarda oluşan artık hatalar.

Oluşturulan nokta bulutu YKN ile jeodezik koordinat sistemine dönüştürülmüştür. 1975 yılı ölçüsü 7 YKN, 2010 yılı ölçüsü ise 6 YKN ile jeodezik koordinat sistemine dönüştürülmüştür (**Şekil 2**). Hesaplanan dönüşüm parametreleri ile YKN'lerin jeodezik koordinatları tekrar hesaplanmış ve oluşan koordinat farklarının karesel ortalama hatası ile dönüşümün doğruluğu değerlendirilmiştir (**Çizelge 2**). Karesel ortalama hata (KOH) 1 eşitliği ile hesaplanmıştır.

$$KOH = \sqrt{\frac{dd}{n}} \qquad (1)$$

Bu eşitlikte *d* koordinat farkları ve *n* nokta sayısıdır.

YKN seçimindeki ve koordinatların elde edilmesindeki zorluklar dikkate alındığında elde edilen doğruluk oldukça iyi seviyededir. Benzer çalışmalarla kıyaslandığında ise oldukça yüksek doğrulukta sonuçlar elde edilmiştir (Nebiker vd., 2014).



Şekil 2. 1975 (üstte) ve 2010 yılı (altta) nokta bulutlarının jeodezik koordinat sistemine dönüştürülmesi ve YKN dönüşüm hataları.

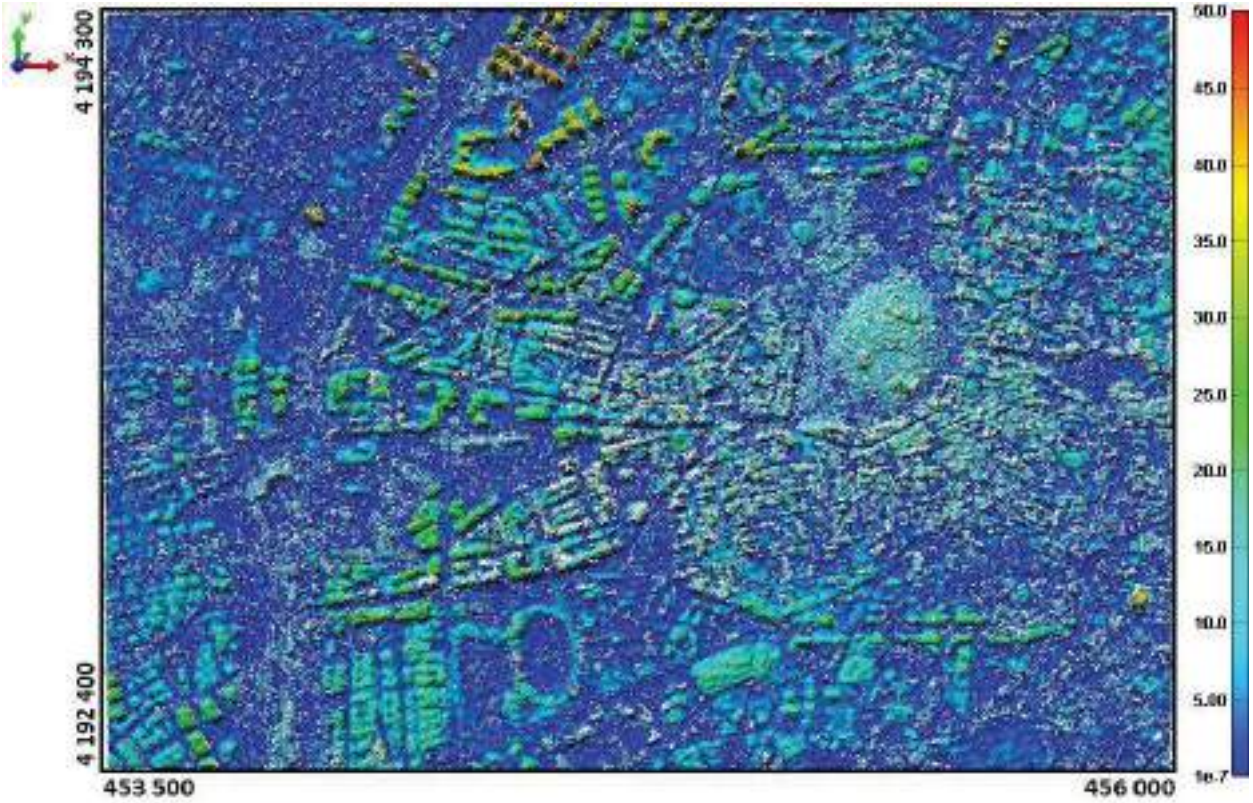
Çizelge 2. Nokta bulutlarının jeodezik koordinat sistemine dönüşümünden sonra YKN'de oluşan artık hatalar.

Yıl	YKN	X_error(m)	Y_error(m)	Z_error(m)	XYZ_error	Image (pix)
1975	18-sanayi depo	0,321458	-0,660831	2,32556	2,43891	0,772 (3)
	5-heykel	-1,65937	-0,684026	-3,95856	4,34645	0,256(2)
	16-koçtaş arkası park	0968941	-1,87084	4,90178	5,33539	0,506(2)
	25-karakayş-kufe cd	-0,862234	1,07771	-4,7428	4,93954	0,066(2)
	13-ahmetdede biçyemez cami	1,53771	0,326478	1,79062	2,38275	0,068(2)
	18-1-sanayi depo	0,229989	,0224197	-,0775681	0,839523	0,159(2)
	6-3-il gıda tarım ek hizmet binası	1.15556	1.3277	4.76729	5.08185	0.430(2)
	KOH	**1.08837**	**1.03411**	**3.66713**	**3.96255**	**0.437**
2010	37-1-dedeman kavşağı	-0,14994	-0,0335667	2,38496	2,38991	0,002(2)
	36-diyanet yurdu kavşağı	0,504872	0,430489	-0,909416	1,12572	0,300(2)
	30-EML-selçuklu	-0,464877	-0,489936	0,902549	1,12727	0,261(2)
	5-2-heykel	0,109577	-0,920173	-2,83225	2,97999	0,484(2)
	1-1-alaad_cami	-0,125091	-0,459033	-0,179683	0,508572	0,268(2)
	33-Şefikcan CD_Mizanlı Sk	0,32898	0,353518	0,646689	0,8071	0,072(2)
	KOH	**0,323875**	**0,51783**	**1,62285**	**1,73398**	**0,280**

Kentsel değişimleri görüntüleyebilmek için iki nokta bulutu ölçüsünün oluşturduğu SYM karşılaştırılmıştır. 1975 yılı referans alınarak 2010 yılı ölçüsü IEYN yöntemi ile referans ölçünün koordinat sistemine dönüştürülerek birleştirilmiştir. Bu dönüşümde en yakın eşlenik noktalar arasındaki mesafelerin standart sapması 0,98 m olarak gerçekleşmiştir. Bu işlemden sonra 2010 yılı nokta bulutunun her noktasından referans nokta bulutunun her bir yüzey elemanına (mesh triangle) olan düşey mesafeler ile değişimler hesaplanmıştır. Elde edilen düşey yönlü farklar değişimleri ifade etmektedir. Ölçme alanındaki değişimlerin tamamına yakınının artış yönünde olduğu görülmektedir (**Şekil 3**). Yani yükseklikte azalma olarak gerçekleşen değişim yok denecek seviyededir (**Şekil 4**). Alaaddin Tepesi'ni çevreleyecek şekilde ortalama 25 m yükseklikte bir değişim ile yapılaşma olduğu görülmektedir. Yapı yüksekliğinin çalışma alanının kuzey batısında Nalçacı caddesi civarında daha yüksek ve 40 m civarında olduğu görülmektedir. Şehir stadyumu değişim olmayan alan olarak görülmektedir (**Şekil 3**). Oluşturulan ortofoto haritalar da iki periyot arasındaki değişimleri açıkça göstermektedir (**Şekil 5**).



Şekil 3. Artan ve azalan değerlerle oluşan değişimlerin görüntülenmesi (Birimler: metre).



Şekil 4. Kentsel değişimlerin mutlak değer olarak gösterilmesi (Birimler: metre).



Şekil 5. a) 1975 (40cm çözünürlük) ve **b)** 2010 (50cm çözünürlük) yılı ortofoto görüntüler.

Bu çalışmada kentsel değişimlerin görüntülenmesinde en büyük hata kaynağı iki ölçü periyodu arasında ağaçların ve araçların oluşturduğu değişimdir. Alaaddin Tepesi ve civarında görülen küçük ölçekli negatif yönlü değişim de buna işaret etmektedir. Diğer yandan binaların gölgeleme etkisi nedeniyle oluşan boşluklar da sonuç doğruluğunda etkilidir. Bu çalışmada nokta bulutunda oluşan boşluklar giderilmeden ölçülerin karşılaştırması yapılmıştır. Yüksek doğrulukta görüntüleme için nokta bulutundaki boşlukların karşılaştırma işleminden önce doldurulması gerekir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada 1975 ve 2010 yılı stereoskopik hava fotoğraflarından üretilen nokta bulutlarının karşılaştırılması ile Konya kent merkezinde belirlenen alanda oluşan kentsel değişimler incelenmiştir. Eski tarihli hava fotoğraflarının karşılaştırılması ile kentsel değişimlerin görüntülenebildiği gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlardan kent planlama ve yönetimsel faaliyetler kapsamında yararlanılabileceği değerlendirilmiştir. Diğer yandan gelişen İHA görüntüleme tekniği ile daha büyük ölçekli fotoğraflardan daha küçük detayların tespit edilebileceği ve kentsel denetim faaliyetlerinin daha etkili ve düşük maliyet ile gerçekleştirilebileceği değerlendirilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü tarafından 17401062 numaralı araştırma projesi ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Ahmadabadian, A.H., Robson, S., Boehm, J., Shortis, M., Wenzel, K., Fritsch, D., 2013, A Comparison of Dense Matching Algorithms for Scaled Surface Reconstruction Using Stereo Camera Rigs. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 78, 157-167.

Altan, O., Toz, G., Kulur, S., Seker, D.Z., Volz, S., Fritsch, D., Sester, M., 2001, Photogrammetry and Geographic Information Systems for Quick Assessment, Documentation and Analysis of Earthquakes. ISPRS Journal of Photogrammetryand Remote Sensing, 55(5/6), 359-372.

Basgall, P.L., Kruse, F.A., Olsen, R.C., 2014, Comparison of LiDAR and Stereo Photogrammetric Point Clouds for Change Detection. Laser Radar Technologyand Applications XIX; and Atmospheric Propagation XI. Proc. of SPIE Vol. 9080, 90800R, doi: 10.1117/12.2049856

Cooper, M.A.R., Robson, S., 2006, High Precision Photogrammetric Monitoring of the Deformation of a Steel Bridge. The Photogrammetric Record, 13(76), 505-510.

Du, S., Zhang, Y., Qin, R., Yang, Z., Zou, Z., Tang, Y., 2016, Building Change Detection Using Old Aerial Images and New LiDAR Data. Remote Sensing, 8(12), 1030, doi:10.3390/rs8121030

Jensen, J.L.R., Mathews, A.J., 2016, Assessment of Image-Based Point Cloud Products to Generate a Bare Earth Surface and Estimate Canopy Heights in a Woodland Ecosystem. Remote Sensing, 8(1), 50, https://doi.org/10.3390/rs8010050

Nebiker, S., Lack, N., Deuber, M., 2014., Building Change Detection from Historical Aerial Photographs Using Dense Image Matching and Object-based Image Analysis. Remote Sensing, 6(9), 8310-8336, https://doi.org/10.3390/rs6098310

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6148

MERCAN RESİFLERİNİN SUALTI FOTOGRAMETRİSİ İLE 3 BOYUTLU MODELLENMESİ

Fitnat KÖSEOĞLU[1], Sultan KOCAMAN[2]

[1] Müh., Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 06800, Ankara, koseoglufitnat@gmail.com

[2]Doç. Dr., Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 06800, Ankara, sultankocaman@hacettepe.edu.tr

ÖZET

Moorea IDEA (Island Digital Ecosystem Avatar) Projesi, Pasifik Okyanusu'nda bulunan Moorea Adası'nı laboratuvar olarak kullanarak, ada ekosistemini bütün olarak modellemeyi ve zamansal değişimini izlemeyi hedeflemektedir. Bu projede, Moorea IDEA projesinde belirlenmiş bir test alanında elde edilen veri seti kullanılarak sualtı fotogrametrisi ile mercan resiflerinin 3 boyutlu (3B) modelinin oluşturulması amaçlanmıştır. Sualtında, ışığın farklı bantlarda farklı kırılma indislerine sahip olması ve yansımadan kaynaklı renk değişimleri, görüntü eşlemede ve 3B modellemede sorunlar yaratmaktadır. Kırılma indisinden kaynaklanan sorunları ortadan kaldırmak amacıyla yeni bir çözüm aranmıştır.

Renk dağılmalarını gidermek amacıyla, kalibrasyon çerçevesi görüntüleri mavi, yeşil ve kırmızı bantlarına ayrılarak her bir bant ayrı ayrı kalibre edilmiş, distorsiyonları giderilmiş ve tekrar birleştirilmiştir. Kalibrasyon sonucu oluşturulmuş distorsiyonu giderilmiş görüntüler incelenerek bantlar için kalite karşılaştırması yapılmış ve bu sonuçlardan hareketle tam otomatik olarak nokta bulutu üretilerek 3B model ve ortomozaik oluşturulmuştur.

Anahtar Sözcükler: 3B modelleme, sualtı fotogrametrisi, sualtı kamera kalibrasyonu

ABSTRACT

3D MODELLING OF CORAL REEFS BY USING UNDERWATER PHOTOGRAMMETRY

The Moorea IDEA (Island Digital Ecosystem Avatar) project aims to model the ecosystem of the Moorea Island in the Pacific Ocean and monitor the changes spatiotemporally. The main aim of this study is to reconstruct the coral reefs in 3D in a selected test area by using underwater photogrammetry as part of the Moorea IDEA project. Different refractive indices of visible light bands underwater causes chromatic aberrations in images and results in image matching problems and thus artefacts in 3D model. The approach proposed here aims at eliminating this problem by calibrating the RGB bands separately.

A calibration frame has been used under the water and the calibration frame images have been split into the blue, green and red bands. Afterwards, each band is calibrated individually, and merged again after the removal of the distortions. The quality of the distortion-free images have been investigated and the results have been compared in terms of statistical parameters and visual checks. After the comparison, a 3D model and image orthomosaic have been generated full automatically.

Keywords: 3D modelling, underwater camera calibration, underwater photogrammetry

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji, insanlara yaşadığımız çevreyle ilgili bilgileri farklı yöntemlerle toplama ve modelleme fırsatları sunmaktadır. Bu alanlardan biri de iki boyutlu fotoğraflar yardımıyla üçüncü boyutun bilgisini çıkarmayı sağlayan fotogrametrik çalışmalardır. Zamanla bu modellerin kullanım alanları da artmıştır. 3B modellemenin kullanım alanlarından bazıları film efektlerinin oluşturulması, akıllı şehir uygulamaları ve şehir modellerinin üretimi, medikal amaçlar için organların modellenmesi, mimari tasarımların modellenmesidir. Sualtını fotoğraflayabilen kameraların üretilmesiyle ise bu alanlara sualtı da eklenmiştir. Bu sayede 3B modelleme deniz altı topografyasının, bitki örtüsünün ve batıkların modellenebilmesi gibi farklı alanlarda da kullanılmaya başlanmıştır.

3B bilgisini kullanarak modelleme yapmak artık birçok farklı alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. 3B modellemenin kullanıldığı alanlara robotik navigasyon ve engel tanıma, artırılmış gerçeklik, mimari araştırma,

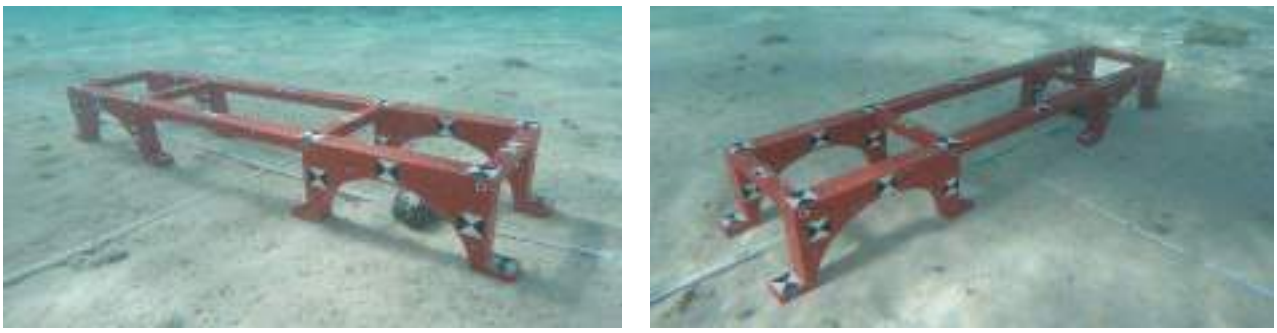
adli bilimler örnek verilebilir. Sualtında fotogrametrik yöntemlerin ve optik kameraların kullanımı nispeten yeni bir araştırma alanıdır (Kocaman vd. 2017). Sualtında ışığın farklı bantlarının farklı kırılma indislerine sahip olması, ayrıca yansımadan kaynaklı renk değişimleri ve görüntü eşleştirme sorunları, 3 boyutlu modellemeye zorluklar getirmektedir (Kocaman vd. 2017). Bu nedenle, ışık kırılmalarının neden olduğu bu sorunu gidermek için distorsiyonu giderilmiş görüntüler ile çalışmak, üretilecek modelin doğruluğunu artıracaktır. Optik kameralarla açık havada ve sualtında çekilen fotoğraflar farklı karakteristik özelliklere sahiptir. Bunun temel nedeni ise güneş ışınlarının farklı yoğunluktaki ortamlarda farklı açılarda kırılmasıdır. Bu etkiyi incelemek ve en aza indirmek amacıyla çeşitli yöntemler geliştirilmiştir.

Bu çalışmada, Moorea IDEA Projesi'nin (mooreaidea.org) amaçlarından biri olan, adadaki mercan resiflerinin ölçülerek zamana bağlı değişimlerinin belirlenmesi için bir yaklaşım izlenmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında, kırılma etkisiyle oluşan renk farklılıklarını çözmeye yönelik yeni bir yöntem incelenmiştir. Bu yöntemde renkli fotoğrafları tek seferde kalibre etmek yerine bantlarda kırılmadan dolayı meydana gelen etkileri incelemek amacıyla kameraların her bir bandı ayrı ayrı kalibre edilmiştir. Kalibrasyon sonrasında bu fotoğraflar birleştirilerek sorunun ne derece çözülebileceği değerlendirilmiştir. İkinci aşamada ise, yöntemden varılan çıkarımlar yardımıyla yaklaşık 100 m^2 lik bir alanın 3B modellemesi yapılmış ve ortomozaiği oluşturulmuştur.

2. MATERYAL VE YÖNTEMLER

2.1 Kullanılan Ekipman

Kamera kalibrasyonu işleminde 46 kontrol noktasına sahip bir taşınabilir kalibrasyon çerçevesi kullanılmıştır (**Şekil 1**). Kalibrasyon çerçevesinin üretimi ve üzerinde bulunan kontrol noktalarının koordinat ölçümleri Modena Üniversitesi ekibi tarafından yapılmış ve fotoğraf çekimi GoPro Hero4 kamera seti (Şekil 2) kullanılarak sualtı ekibi tarafından Moorea Adası'nda gerçekleştirilmiştir (Capra vd. 2017; Guo vd. 2016; Kocaman vd. 2017; Gruen vd. 2017). Test alanını fotoğraflamak için aynı marka ve model 5 adet GoPro kamera belirli açı ve mesafelerde bir platforma yerleştirilerek çoklu görüntü alabilen bir kamera sistemi oluşturulmuştur. Bu kamera sisteminin oluşturulmasının nedeni, bir çekimde daha geniş alanın fotoğraflanması ve nesnelerin 5 farklı açıdan fotoğraflanabilmesidir. Kullanılan kameranın özellikleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir (Çizelge 1).



Şekil 1. Taşınabilir kalibrasyon çerçevesinden iki farklı görünüm.



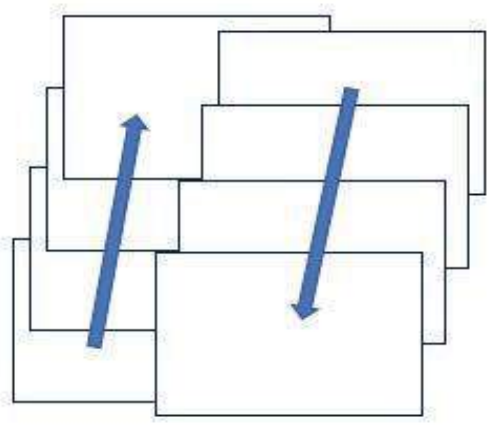
Şekil 2. 5 adet GoPro kamerayı içeren sualtı kamera sistemi (Kocaman vd. 2017; Gruen vd. 2017).

Çizelge 1. GoPro Hero4 kamera özellikleri.

Marka	Görüntü boyutu	Odak uzaklığı	Piksel boyutu	Bantlar
GoPro Hero4	3000 x 4000	3.6500 mm	1.55 µm	Kırmızı, Yeşil, Mavi

2.2 Veri Seti

Bu çalışmada, kamera kalibrasyonu ve mercan resiflerinin modellenmesi için iki farklı veri seti kullanılmıştır. Her iki veri seti de Haziran 2016'da alınmış olup, aynı alanda daha sonra da görüntüler elde edilmiştir (Capra vd. 2017; Gruen vd. 2017). Kullanılan veri seti, beş kameradan oluşan kamera sistemi ile elde edilen multispektral fotoğrafları içermektedir. Mercan resifi alanında fotoğrafların çekim dizisi, test alanının köşesinden başlamak üzere Şekil 3' de gösterildiği gibidir. Şekil 4, GoPro kamera setiyle test alanından alınan bir görüntüyü göstermektedir. Alanda çekim sırasında tesis edilmiş kontrol noktaları bulunmamaktadır. Bu yüzden model sadece lokal bir koordinat sisteminde üretilmiştir.



Şekil 3. Fotoğrafların çekim dizisi.



Şekil 4. Test alanından alınmış bir görüntü.

2.3 Yazılım

Kamera parametrelerini bulmak amacıyla kullanılan sualtı kalibrasyon nesnesinin kalibrasyonu AustralisPhotometrix 8.1 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Photometrix Australis, 2018). Australis-Photometrix, bir veya birden fazla kamera içeren çok istasyonlu dijital görüntü ağlarından yüksek otomatik 3B koordinat ölçümleri yapmak ve fotogrametrik kamera kalibrasyonu gerçekleştirmek için tasarlanmıştır. Bu yazılımla elde edilen parametreler ve Matlab ortamında (Matlab, 2018) bu çalışma sırasında geliştirilmiş bir kod kullanılarak distorsiyonu giderilmiş görüntüler oluşturulmuştur. Test alanına ait veri setini kullanarak 3B model, ortomozaik üretiminin aşamaları ise Agisoft Photoscan yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Agisoft PhotoScan, dijital görüntülerin fotogrametrik işlemlerini gerçekleştiren ve 3 boyutlu mekânsal veri üreten ticari bir yazılım ürünüdür (Agisoft Photoscan, 2018).

3. KAMERA KALİBRASYONU

Optik kameralarla çekilen görüntülerde çoğunlukla üretimden kaynaklı sistematik hatalar ve farklı tipte distorsiyonlar bulunur. Hassas modelleme gerektiren çalışmalarda bu hataların ve distorsiyonların olabildiğince belirlenmesi ve düzeltilmesi gerekir. Test alanı kullanılarak yapılan kamera kalibrasyonu, bu parametrelerin matematiksel yöntemlerle belirlenmesi amacını taşımaktadır. Fotogrametrik uygulamalarda, kamera kalibrasyonu çoğunlukla odak uzaklığı, asal noktanın konumu, radyal ve teğetsel lens distorsiyonlarını içeren fiziksel parametre seti ile tanımlanır. Sayısal kameraların kalibrasyon yöntemleri hakkında ayrıntılı bir inceleme Remondino ve Fraser (2006) tarafından yapılmıştır.

Sualtı görüntüleme teknolojisi, derin sularda keşif yapılabilmenin elverişli olmasıyla daha popüler hâle gelmiştir. Bununla birlikte, hava ortamıyla karşılaştırıldığında sualtındaki görüşlerde bazı temel farklılıklar vardır (Sedlazeck ve Koch, 2011). Sualtında çekilmiş fotoğraflar kullanılarak yapılan kamera kalibrasyonu, ışığın kırılma etkisinden dolayı oldukça önemlidir. Hava ortamında çekilen fotoğraflar kullanılarak yapılan kalibrasyon ile karşılaştırıldığında, sualtı kamera kalibrasyonu ışığın kamera portu ve su ortamından geçerken zayıflaması nedeniyle kırılan ışık yolundaki küçük hataların potansiyelinden kaynaklanan ek belirsizliğe tabidir. Buna göre, sualtı kalibrasyonunun kesinliği ve doğruluğunun, havadaki eş değer bir kalibrasyona göre düşük olması beklenir (Shortis 2015).

Haziran 2016'da yapılan saha çalışmalarında, İsviçre Federal Teknoloji Enstitüsünde (ETH Zürich) tasarlanan 5 kameralı bir sualtı sistemi kullanılmış ve Modena Üniversitesi tarafından hazırlanan bir sualtı kalibrasyon çerçevesi kullanılarak kameraların kalibrasyonu yapılmıştır. Kalibrasyon sonucunda özellikle farklı bantların farklı kırılmasından kaynaklanan sorunlar görülmüş ve her bir bandın (Kırmızı, Mavi, Yeşil) ayrı ayrı kalibre edilerek farkların incelenmesine karar verilmiştir (Kocaman vd. 2017). Bu bölümün ana amacı, farklı bantlar için kamera kalibrasyon parametrelerini karşılaştırmaktır. Renklerin dağılmasına bir örnek **Şekil 5**'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Renk dağılmasına bir örnek.

3.1 Kalibrasyon Objesinin Fotoğraflarının Seçilmesi

Test alanı kalibrasyonunu kullanırken nesne koordinatları (XYZ) bilinen, iyi dağılımlı ve görüntüde hassas şekilde belirlenebilen çok sayıda kontrol noktasına ihtiyaç duyulur. Kontrol noktalarının fotoğraf koordinatlarını kullanarak, iç ve dış yöneltme parametreleri bulunduktan sonra bu parametreler kullanılarak distorsiyonu giderilmiş görüntüler elde edilebilir (Kraus, 2007). Çekilen çok sayıda görüntü arasından kalibrasyon için kullanılacak görüntülerin seçiminde aşağıdaki kriterler dikkate alınmıştır:

- Çerçeve fotoğrafta geniş bir alanı kaplamalıdır (Şekil 1).
- Çerçeve sabit iken farklı noktalardan görüntüleri alınmış olmalıdır.
- Fotoğrafta görülen noktalar 3B koordinatlara ve birbirinden farklı Z değerlerine sahip olmalıdır.
- Fotoğraflar yeterli bir bindirme oranıyla çekilmiş olmalıdır.

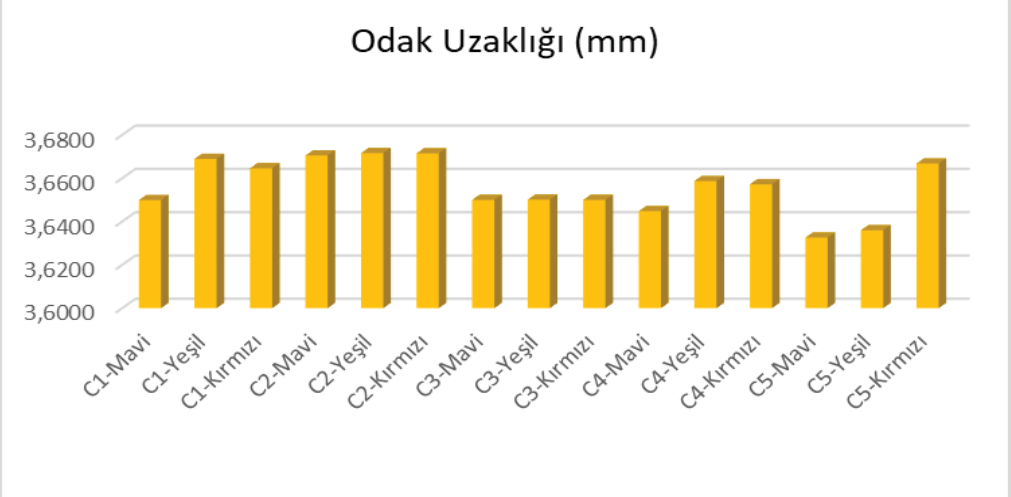
3.2 Kalibrasyon İşlemi

Kamera parametrelerini belirlemek amacıyla kalibrasyon nesnesinin farklı açılardan çekilen görüntüleri kullanılmış, bu görüntüler kırmızı, yeşil ve mavi bantlarına ayrılmış ve toplam 15 fotogrametrik dengeleme projesi oluşturulmuştur. Dengelemede aşağıdaki parametrelerin ön değerleri ağırlıklı bilinmeyenler olarak kullanılmıştır:

- Mevcut kamera parametreleri (odak uzaklığı, CCD piksel boyutu, toplam piksel sayısı)
- Kontrol noktalarının nesne uzayı koordinatları
- Kontrol noktalarının görüntü koordinatları

Dengeleme sonucunda 15 proje için toplam 120 kalibrasyon parametresi kestirilmiştir. Bu 8 parametre Brown (1971) modeline göre tanımlanmış odak uzaklığı (f), asal nokta koordinatları (x_p, y_p), teğetsel distorsiyon parametreleri (p_1, p_2) ve radyal distorsiyon parametreleridir (k_1, k_2, k_3). Kalibrasyon sonuçları incelendiğinde her bant için dengeleme sonucu bulunan odak uzaklığının farklı değerlere sahip olduğu görülmektedir (Şekil 6).

Bu sonuçlara dayanarak her bir kamera için dengeleme sonucunda elde edilen 3 farklı odak uzaklığının ortalaması alınmış ve bu değer her bir bant için sabit kabul edilerek kalibrasyon işlemi tekrarlanmıştır. Her kamera için sabit kabul edilen odak uzaklığı değerleri **Çizelge 2'** de gösterilmiştir.



Şekil 6. Odak uzaklığının her bir bant için kestirilen değerleri.

Çizelge 2. Her bir kameranın sabit olarak kabul edilen odak uzaklığı değerleri (mm).

	Kamera 1	**Kamera 2**	**Kamera 3**	**Kamera 4**	**Kamera 5**
Odak Uzaklığı (f)	3.66	3.67	3.65	3.65	3.64

Odak uzaklığının her bant için sabit alındığı ikinci dengeleme işlemi sonrasında kestirilen kalibrasyon değerleri kullanılarak distorsiyonu giderilmiş görüntüler oluşturulması amaçlanmıştır. Distorsiyonu giderilmiş görüntüleri oluşturmak için Matlab ortamında bir kod geliştirilmiş ve kalibrasyon sonucu elde edilen parametreler, kullanılan formüllerde girdi olarak kullanılmıştır. Düzeltilmiş görüntü koordinatları *x(corr)* ve *y(corr)*, aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır. *x(meas)* ve *y(meas)* ölçülen görüntü koordinatlarını ifade etmektedir. Distorsiyon formülleri Australis-Photometrix yazılımının kullanım kılavuzunda verildiği şekilde kullanılmıştır.

$$x = x(meas) - xp$$
$$y = y(meas) - yp$$
$$r^2 = x^2 + y^2$$
$$dr = K1 * r^2 + K2 * r^4 + K3 * r^6$$
$$x(corr) = x(meas) - xp + x * dr + P1 * (r^2 + 2x^2) + 2 * P2 * x * y$$
$$y(corr) = y(meas) - yp + y * dr + P2 * (r^2 + 2y^2) + 2 * P1 * x * y$$

Distorsiyonu giderilmiş görüntülerde, en yakın komşu yaklaşımı (nearest neighbour) yeni gri değerlerini düzeltilmiş görüntü koordinatlarına karşılık gelen piksellere atamak için kullanılmıştır. Distorsiyonlu ve distorsiyonu giderilmiş görüntüler boyut farklılıklarına sahip olduğundan, en yakın komşu algoritması uyguladıktan sonra, gri değeri atanmamış pikseller için enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır.

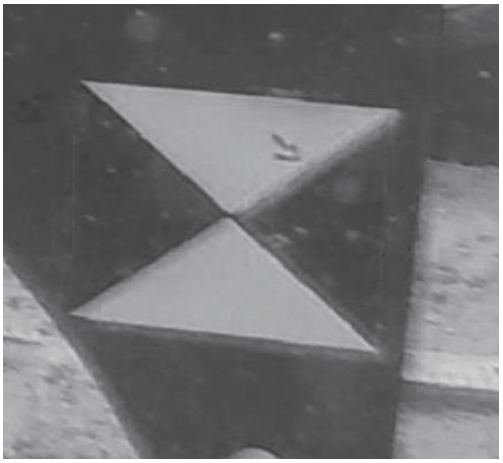
3.3 Kalibrasyon Sonuçları

Sabit ve değişken odak uzaklığına sahip iki proje setinin sonuçları görsel olarak yorumlandığında, distorsiyonu giderilmiş görüntülerde kromatik dispersiyon miktarında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür. Bu nedenle modelleme işlemi için ham görüntülerin kullanılmasına karar verilmiştir. Ham görüntülerdeki renk dağılımı ve mavi bandın iki farklı odak uzaklığı kullanılarak distorsiyonu giderilmiş görüntüleri sırasıyla Şekil 7 ve Şekil 8' de gösterilmektedir. Her bandın kendi odak uzaklığı kullanılarak oluşturulan 15 projenin kalibrasyonundan elde edilen parametreler Şekil 6, 9, 10, ve 11'de gösterilmiştir. Dengeleme sonucunda elde edilen piksel birimlerindeki $sigma_0$ değerleri ise Çizelge 3'te verilmiştir.

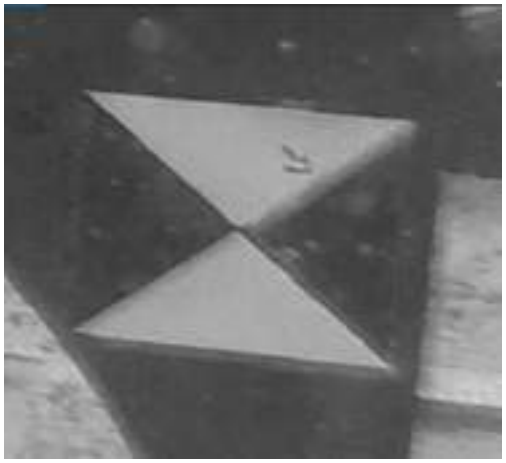
Şekil 12, farklı bantlar için ham görüntülerde renk dağılmasını göstermektedir. Şekil 13, aynı bölge için distorsiyonu giderilmiş görüntülerdeki renk dağılma miktarını göstermektedir.



Şekil 7. Ham görüntüdeki renk dağılması.



a)

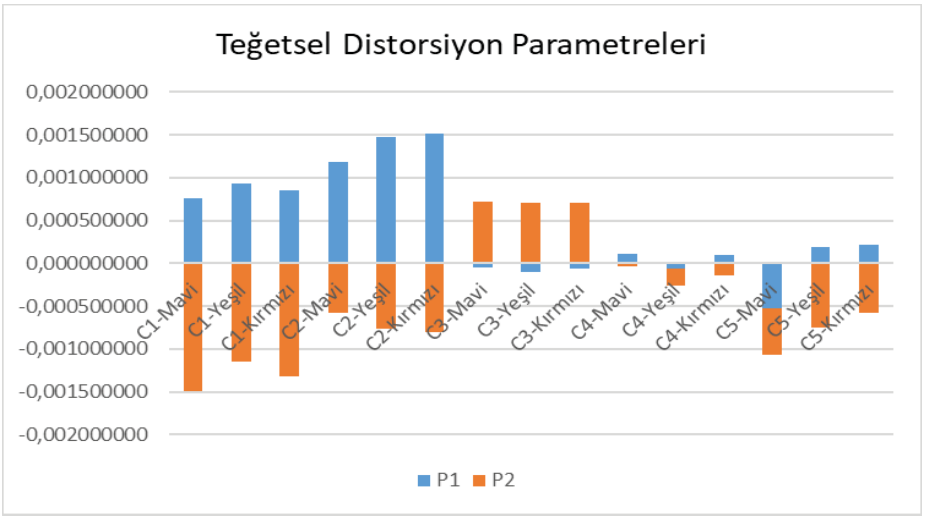


b)

Şekil 8. Mavi bandın a) tek bandın kalibrasyonu ile elde edilmiş odak uzaklığı ile düzeltildiği b) üç bandın odak uzaklığı ortalaması kullanılarak düzeltildiği görüntüsü.



Şekil 9. Asal nokta koordinatlarının kalibrasyon sonucu elde edilen değerleri.



Şekil 10. Teğetsel distorsiyon parametrelerinin kalibrasyon sonucu elde edilen değerleri.



Şekil 11. Radyal distorsiyon parametrelerinin kalibrasyon sonucu elde edilen değerleri.

Çizelge 3. Dengeleme sonucunda elde edilen $sigma_0$ değerleri (birim: piksel).

sigma$_0$ (pixel)	Kamera-1	Kamera-2	Kamera-3	Kamera-4	Kamera-5
Mavi	1.57	1.16	0.74	0.73	0.52
Yeşil	1.44	1.13	0.75	0.58	0.63
Kırmızı	1.40	1.03	0.74	0.63	0.69



a) Mavi b) Yeşil c) Kırmızı

Şekil 12. Ham görüntünün farklı bantlarında renk dağılması.



a) Mavi b) Yeşil c) Kırmızı

Şekil 13. Distorsiyonu giderilmiş görüntünün farklı bantlarında renk dağılması.

4. 3B MODEL OLUŞTURMA

3B modelleme için öncelikle çekilen çok sayıda fotoğraf arasından hangilerinin kullanılacağı belirlenmiştir. Agisoft Photoscan yazılımında oluşturulan 3B modelin genel iş akışı aşağıdaki gibidir. Şekil 14, test alanında oluşturulmuş 3 boyutlu modele ait bir görünümü göstermektedir.

Görüntü yöneltme → Yoğun nokta bulutu üretimi → Ağ (TIN) model üretimi → Giydirilmiş (textured) model üretimi → Ortomozaik üretimi



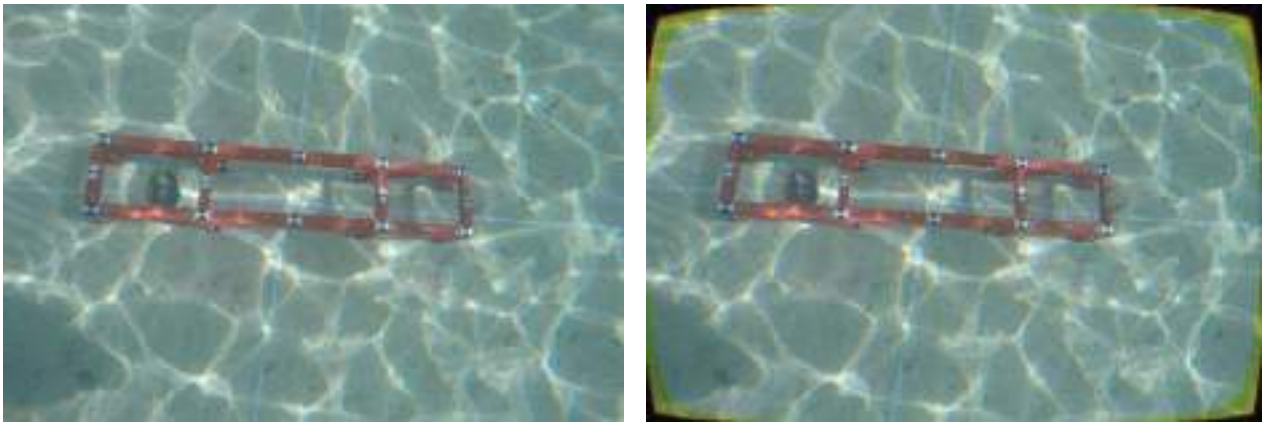
Şekil 14. Mercan resiflerinin 3B modeli.

5. SONUÇ

Bu projede, renk dağılması sorunlarını düzeltmek için görüntü bantları ayrı ayrı kalibre edilmiş, distorsiyonu giderilmiş bantlar tekrar birleştirilmiş ve bu yöntemin sonuçları incelenmiştir. Proje kapsamında, Pasifik Okyanusu'ndaki Moorea adasında 100 m²'lik bir alanda mercan resiflerinin 3B modeli ve ortomozaiği üretilmiştir.

Ham ve distorsiyonu giderilmiş görüntüler görsel olarak yorumlandığında, distorsiyonu giderilmiş görüntülerde kromatik dağılma miktarında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür. Bu nedenle, distorsiyonu giderilmiş görüntülerin oluşturulması ve 3B modelleme aşamasında her bir bandın odak uzaklığının ayrı kestirildiği dengelemelerden elde edilen parametreler kullanılmıştır.

Projede kullanılan yöntem sonucunda elde edilen RGB görüntülerde, kromatik dağılma probleminin tamamen çözülemediği ancak bir dereceye kadar iyileştirilebildiği gözlemlenmiştir. **Şekil 15**, kalibrasyon çerçevesinin ham ve distorsiyonu giderilmiş görüntülerini göstermektedir.



a) Ham görüntü b) Distorsiyonu giderilmiş görüntü

Şekil 15. Kalibrasyon cisminin ham ve distorsiyonu giderilmiş görüntüleri.

Kırmızı, yeşil ve mavi bantlar karşılaştırıldığında ise, yeşil bandın daha keskin görüntü sağladığı gözlenmiştir (Şekil 12 ve 13). Sonuç olarak, bu proje verileri için en iyi görüntülerin yeşil bantta elde edildiği düşünülmektedir.

Projede bir sonraki adım olarak, kalibre edilen görüntülerin ölçek farklılıklarının giderilerek bantların birleştirilmesiyle kromatik dispersiyonun tamamen ortadan kaldırılması planlanmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Hacettepe Üniversitesi BAP Koordinasyon Birimi tarafından FUA-2016-9989 kodlu proje ile desteklenmiştir. Yazarlar ayrıca Moorea IDEA Konsorsiyumu'na (mooreaidea.org), özellikle Prof. Dr. Armin Gruen ve Prof. Dr. Matthias Troyer'a veri sağladıkları için ve Melbourne Üniversitesinden Prof. Dr. Clive Fraser'a Australis yazılımının kullanımına imkân verdiği için teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

Agisoft Photoscan, 2018. http://www.agisoft.com/ [Erişim tarihi: 11.05.2018]

Brown, D.C., 1971. Close-Range Camera Calibration. Photogrammetric Engineering, 37(8):855–866.

Capra, A., Castagnetti, C., Dubbini, M., Gruen, A., Guo, T., Mancini, F., Neyer, F., Rossi, P. Troyer, M., 2017**.** High accuracy underwater photogrammetric surveying In: *Proceedings of the 3rd IMEKO International Conference on Metrology for Archaeology and Cultural Heritage*, MetroArcheo 2017. October 23-25, 2017, Lecce, Italy.

Guo, T., Capra, A., Troyer, M., Grün, A., Brooks, A. J., Hench, J. L., Dubbini, M., 2016. Accuracy assessment of underwater photogrammetric three dimensional modelling for coral reefs. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 41, 821.

Gruen, A., Kocaman, S., Guo, T., Ural, S., Troyer, M., 2017**.** DSM/DTM – Related Investigations Of The Moorea Avatar Project. *38th Asian Conference on Remote Sensing*, October 23-27, New Delhi, India.

Kocaman, S., Guo, T., Gruen, A. ve Troyer, M., 2017. Ada Dijital Ekosistem Avatarı (IDEA) Projesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17(Özel Sayı): 183-189.

Koch, R., Sedlazeck, A., 2011. Calibration of Housing Parameters for Underwater Stereo-Camera Rigs. *British Machine Vision Conference BMVC 2011,* Dundee, Scotland.

Kraus, K., 2007. Photogrammetry: geometry from images and laser scans, The Kluwer Academic Publishers, Berlin Walter De Gruyter, Berlin.

Matlab, 2018. https://www.mathworks.com/ [Erişim tarihi: 11.05.2018]

Photometrix Australis, 2018. http://www.photometrix.com.au/australis/ [Erişim tarihi: 11.05.2018]

Remondino F. and Fraser C. 2006. Digital camera calibration methods: considerations and comparisons. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and the Spatial Sciences*, 36(5), pp. 266-272.

Shortis, M., 2015. Calibration Techniques for Accurate Measurements by Underwater Camera Systems. *Sensors (2015),* Busan, South Korea, 30810-30827.



20 Eylül 2018

09:00 - 10:40

SALON M1

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.5915

JEOTERMAL KAYNAKLARIN VE TESİSLERİN CBS YÖNTEMLERİ KULLANILARAK İRDELENMESİ: ESKİŞEHİR ÖRNEĞİ

Mehtap ÖZENEN KAVLAK[1], Emrah PEKKAN[2], Saye Nihan ÇABUK[3]

[1]Eskişehir Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, 26555, Tepebaşı, Eskişehir, mehtapozenen@anadolu.edu.tr
[2]Dr. Öğr. Üyesi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Yer Bilimleri Anabilim Dalı, 26555, Tepebaşı, Eskişehir, epekkan@anadolu.edu.tr
[3]Doç. Dr., Eskişehir Teknik Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı, 26555, Tepebaşı, Eskişehir, sncabuk@anadolu.edu.tr

ÖZET

Eskişehir; Marmara, Karadeniz, Akdeniz ve Ege bölgelerini birleştiren önemli bir ağın merkezinde yer almakta olup, yoğun nüfusa sahip olan kesimlerin yaşadığı İstanbul, Ankara, Bursa ve Konya şehirlerine karayolu ve tren yolu ile bağlıdır.
Son 10 yıl içerisinde şehir güzellikleri ve kültürel mirası ile yerli turist çeken Eskişehir ili sıcak su kaynaklarını da barındırmaktadır. Şehir merkezinde yer alan kükürt oranı yüksek hamamlar geçmişte şifa kaynağı olarak değerlendirilirken ne yazık ki günümüzde eski önemini yitirmiştir. Ayrıca sıcak sular bölgesi şehrin merkezinde kalmış ve küçük işletmelerle Eskişehir sıcak suları yeterince değerlendirilememiştir.

Mevcut durum ve potansiyel göz önüne alınarak bu çalışmada, Eskişehir kent merkezine ulaşımı kolay olan bir alanda, turistik değer taşıyacağı öngörülen bir jeotermal tesis için en uygun yer seçimi çalışması coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ortamında yapılmıştır. Kurulacak olan tesisin şehrin ekonomisine önemli katkı sağlayacağı düşünülmekte olup, istihdamın arttırılması, atıl kaynakların değerlendirilmesi, bacasız sanayinin geliştirilmesi öngörülmektedir.

Anahtar Sözcükler: coğrafi bilgi sistemleri (CBS), Eskişehir, jeotermal, turizm, yer seçimi

ABSTRACT

EVALUATION OF GEOTHERMAL RESOURCES AND FACILITIES USING GIS METHODS: ESKİŞEHİR CASE

Eskişehir is located in the core of a significant network that connects Marmara, Black Sea, Mediterranean and Aegean Regions to each other. Additionally, Eskişehir is connected with İstanbul, Ankara, Bursa and Konya, which are highly populated cities, via highway and railway.

The city, which has become an attractive destination for the tourists especially for the last decade with its rich urban beauties and cultural heritage, is also famous for its geothermal water resources. In the past, the baths located in the city centre with high sulfur rates used to be regarded as healing centers. Unfortunately, today, these places have lost their significance. Additionally, the region called "Sıcak Sular", where these mentioned local baths are mostly located, is surrounded with the high-density urban fabric preventing the development of the area. As a result, the hot water resources of the city have not been properly assessed and used except by those small local enterprises and a considerably small group of inhabitants.
Considering the current situation and the potential, in this study, the most suitable areas for the implementation of a geothermal facility, which is supposed to be easily accessible and have high touristic value, were determined utilizing the geographical information systems (GIS). Such a facility is expected to contribute to the urban economy, as well as providing employment opportunities, enlivening the disregarded resources and increasing the tourism activities in the region.

Keywords: Eskişehir, geographic information systems (GIS), geothermal, site selection, tourism

1. GİRİŞ

Yenilenebilir enerji kavramı, doğada bulunan ve varlığını sürdüren güneş, rüzgar, jeotermal, biyokütle, hidro (okyanus, gel-git, dalga) ve hidrojen gibi çok çeşitli enerji kaynakları için kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının yereldir. Enerjide dışa bağımlılığı azaltmaları ayrıca kesintisiz ve temiz enerji kaynakları olmaları nedenleriyle sürdürülebilir enerji açısından özel bir önem taşımaktadırlar. Bu nedenle, dünya genelinde yenilenebilir enerjilerin yaygınlaştırılmasına yönelik teşvikler arttırılmıştır. Yenilenebilir enerjinin katkısı 2013 yılında % 8,5 iken, giderek artış eğilimi göstererek 2014 yılında % 19,1'e, 2015 yılında ise, % 23,7'ye yükselmiştir (Bayraç ve Çildir 2017). ETKB Strateji Planına göre, 2023'te Türkiye kurulu gücünün %49'unun yenilenebilir enerji kaynakları ile sağlanacağı öngörülmektedir (Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı 2014).

Bilimsel tanımıyla Jeotermal enerji, yerin derinliklerindeki kayaçlar içinde birikmiş olan ısının akışkanlarca taşınarak yer altı depolarında toplanması ile oluşmuş sıcak su, buhar ve kuru buhar ile kızgın kuru kayalardan yapay yollarla elde edilen ısı enerjisidir. Başta elektrik üretimi olmak üzere sağlık turizmi ve balneoloji, seracılık, konut ısıtmacılığı, tıp ve sanayi pek çok sektörde kullanım alanı bulunmaktadır. Jeotermal enerjinin maliyeti düşüktür. Yatırım maliyetinin geri dönüşü kısa zamanda olmaktadır. Çevreye verilen zarar ise minimum düzeydedir.

Ülkemiz jeotermal kaynaklar açısından Dünyada ilk yedi ülke arasında yer alırken, Avrupa'da kaynak potansiyeli açısından birinci, kaplıca uygulamaları konusunda ise üçüncü sıradadır (Termal Turizm Master Planı 2007-2023). Kültür ve Turizm Bakanlığı hedefleri doğrultusunda termal turizminin geliştirilmesine yönelik olarak bünyesinde kür parkı, kür merkezi ve konaklama entegrasyonunu sağlayan tesisler bulunduran uluslararası standartlara sahip nitelikli tesislerin sayısı ile birlikte, turizm geliri ve turist sayısının arttırılması hedeflenmekte ve termal sularımızın yıkanma amaçlı kullanımı dışında insan sağlığı, zindelik, rekreasyon, eğlence, dinlence ve spor tesisleri gibi imkanların yer aldığı ve tüm yıl boyunca hizmet verebilen tesisler oluşturulmaya çalışılmaktadır. Bu tür modern tesislerin özendirilmesiyle bir yandan insanoğlunun sağlık ve rekreatif amaçlı ihtiyaçlarına günün sağlık teknolojisine uygun cevap verilmesi beklenirken, diğer yandan da geleneksel Türk kaplıca ve hamam kültürünün geleneğinin çağdaş mimari ve işletme sistemi içerisinde birlikte değerlendirilmesiyle ülkemize özgü bir markalaşma ve tanıtım boyutu kazandırılmaya çalışılmaktadır.

Türkiye'de 2007 yılında yürürlüğe giren Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu ile jeotermal enerjinin kullanımı düzenlemeye alınmıştır. İl Özel İdareleri bu konuda yetkilendirilmiştir. Bu kanunla, jeotermal ve doğal mineralli su kaynaklarının en verimli bir şekilde aranması, araştırılması, geliştirilmesi, üretilmesi, korunması, bu kaynaklar üzerinde hak kazanılması ve hakkın devredilmesi, çevre ile uyumlu olarak ekonomik şekilde değerlendirilmesi ve terk edilmesi ile ilgili hususlar da açıklanmıştır (Biberci vd. 2017).

Türkiye genelinde termal turizm bölgeleri 4 kısma ayrılmaktadır. Bunlar: Güney Marmara, Güney Ege, Frigya ve Orta Anadolu Termal Turizm Kentleri Bölgeleri'dir. Eskişehir ili Termal Turizm Kentleri Bölgeleri sınıflandırmasında Friga Bölgesi dahilinde 3. bölgede yer almaktadır. Kızılinler ve Mihalgazi Sakarıılıca termal turizm merkezleri Eskişehir'de öncelikli geliştirilecek termal turizm merkezleri kapsamına alınmıştır (Termal Turizm Master Planı 2007-2023).

Eskişehir ili çok eski zamanlardan beri sıcak - şifalı su kaynakları - kaplıcaları ile medeniyetlere ev sahipliği yapmıştır. Günümüzde Eskişehir hamamları eski önemini yitirmiş ve ufak işletmeler şeklinde şehir merkezinde küçücük bir alanda sıkışıp kalmıştır. Yer altında yatan bu gizli hazine yeterince değerlendirilememektedir. Kültür turizmi açısından sıkça ziyaret edilen şehir, özellikle hafta sonları yoğun bir şekilde turist ağırlamaktadır. Ancak kaplıca turizmi bu kapsama alınmamaktadır. Çünkü uygun nitelikte, her kesime hitap edebilecek, modern bir termal tesis bulunmamaktadır. T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı verilerine göre; ülkemizde 2006 yılında, 1.668.317 kişi kayıtlı olarak, termal kaplıca turizminden faydalanmıştır. Ancak Eskişehir ili verilerine göz atıldığında, kayıtlı olarak bir tesiste termal turizmden faydalanan vatandaş bulunmamaktadır. Bu nedenle: Bu çalışmada Eskişehir kent merkezine ulaşımı kolay olan bir alanda, turistik değer taşıyacağı öngörülen bir jeotermal tesis için en uygun yer seçimi çalışması coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ortamında yapılmıştır. Kurulacak olan tesisin şehrin ekonomisine önemli katkı sağlayacağı düşünülmekte olup, istihdamın arttırılması, atıl kaynakların değerlendirilmesi, bacasız sanayinin geliştirilmesi öngörülmektedir. Bu kapsamda modern bir jeotermal tesiste bulunması gereken özellikler araştırılmıştır. Buna yönelik olarak gerekli literatür çalışması tamamlanmıştır. Kurulması muhtemel bir tesisin olası faydalarından bahsedilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

İnsanlık ortaya çıktığından bu yana, insanların yerleşim yerlerini deniz, göl, akarsu kenarlarına yaptıkları dikkat çekmektedir. Bunun sebebi suyu değişik amaçlarla kullanma zorunluluğudur. Suyun tedavi amaçlı kullanımı ise ilaçlı tedaviden çok daha önceleri ortaya çıkmıştır. Şifalı bitkiler ve şifalı suların tedavi amaçlı ayrıca güzellik ve zinde kalma için kullanımı insanlık tarihi kadar eskidir. Yıkanma kavramı günümüze kadar ulaşmış uygarlık göstergesidir. Milattan önce yıkanma işlevi daha çok akarsular ile gerçekleştirilmekteydi. Hintliler Ganj nehrini, Asurlular Fırat'ı,

Mısırlılar Nil'i dini inançları doğrultusunda kullanmıştır. Hititlerin Anadolu'daki hamamlarda, suların toplandığı havuzlarda yıkandığı ise tarihi kalıntılardan anlaşılmaktadır.

Suyun şifa verici özelliklerinden yararlanma fikri büyük ölçüde tesadüflerin yardımıyla gerçekleşmiştir. Bu hususta kesin bir tarih vermek mümkün değildir. Hasta hayvanlar doğal bir içgüdüyle şifalı kaynaklardan yararlanmaktaydı. Bunu gözlemleyen insanoğlu ise dikkatini bu yöne vererek farklı görünümde, kokuda ve sıcaklıktaki suları kullanma fikrine adapte oldu. Böylece M.Ö. 2000'li yıllarda suyun mucizevi etkilerinin keşfedildiği düşünülmektedir. Mineral ve termal banyolar ise M.Ö. 500 civarında Yunanistan'da kendini göstermiştir. Eski Yunan banyoları doğal sıcak kaynaklar ya da volkanların yakınında inşa edilmişlerdir. Roma çağında ılıcalar çok önemli bir yer tutmuştur. Roma ve Bizanslıların aksine, halka açık tutulan termalizm anlayışı ilk kez Selçuklu Türkler tarafından geliştirilmiştir. Türklerde Anadolu'da yerleşik hayata geçişle birlikte "Hamamlar" ortaya çıkmıştır. Şifalı sulardan yararlanma konusu ise Osmanlı Döneminde en parlak devrini yaşamıştır. Tarihi kayıtlar, sadece İstanbul ve Bursa'da 7536 hamamın bulunduğunu göstermektedir (Güvenç 2007; Yorulmazer ve Şengül 2017, Yegül 2009, 2011, 2012; Ertuğrul 2009).

Yalçın ve Kılıç tarafından, Akarçay Havzası'nın Afyonkarahisar ili içerisinde kalan alanda, CBS tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analiz Metodu (MCDA) kullanılarak, muhtemel jeotermal alanlar belirlenmiştir (Yalçın ve Kılıç Gul 2017). Trumpy vd., İtalya'nın Sicilya adasındaki potansiyel olarak keşfedilmemiş jeotermal kaynakları tanımlamak için CBS modelleri tarafından oluşturulan mekansal korelasyonları ortaya koyarak tercih edilebilirlik haritaları oluşturmuşlardır (Trumpy vd. 2015). Yousefi vd., CBS tabanlı jeolojik, jeokimyasal ve jeofizik veri kümelerini birleştirerek potansiyel jeotermal kaynak alanlarının bir haritasını oluşturmaya dayalı bir jeotermal keşif ve kaynak tanımlama yöntemi açıklanmaktadır. Uygunluk analizi ve jeotermal alan tanımlaması yapılarak ve çeşitli kriterler belirleyerek, 18 umut vaat eden bölgeye vurgu yapan bir İran haritası çizilmiştir (Yousefi vd. 2010).

Güvenç tarafından yapılan doktora tezinde: Türkiye turizmini on iki aya yayacak ve turizm gelirini iki katına çıkartacak termal turizm konusu mimarlık disiplini açısından ele alınmıştır. Ayrıca Türkiye'deki termal turizm tesislerinin planlama ve tasarım ilkelerine ilişkin bir model önerisi de geliştirilmiştir (Güvenç 2007). Çiftçi Balıkesir'deki termal turizm girişimcilerinin, yeterli sayıda ve kalitede kaynak zenginliğine rağmen bu zenginliği yatırıma dönüştürmedeki yetersizliği dikkate alınarak, termal girişimcilerin bu alanla ilgili sorunlarını, sektöre bakış açılarını öğrenmek amacıyla bir yüksek lisans tezi gerçekleştirmiştir (Çiftçi 2018). Akbulut çalışmasında; Ankara, Eskişehir, Niğde ve Sivas gibi illerin, termal kaynaklar bakımından, kaplıca turizmi için büyük bir potansiyeli olduğuna ancak bu kaynaklardan çeşitli sebeplerden ötürü tam olarak yararlanılamadığına değinmektedir (Akbulut 2010). Külekçi ise jeotermal enerjinin sürdürülebilirliği, jeotermal enerjinin çevreye etkisi gibi konuların, ülkemizdeki doğal kaynakların korunması ve çevre dostu kullanımları açısından bir değerlendirme yapmıştır (Külekçi 2009).

3. METOT

Bu kısımda; jeotermal enerjinin turizmde kullanımına yönelik gerekli açıklamalar yapılmıştır. Sonrasında ise Eskişehir ilinde kurulması olası bir termal tesis için yer seçimi çalışması Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında gerçekleştirilmiştir.

3.1. Jeotermal Enerjinin Termal Turizmde Kullanımı

Ülkemiz çok önemli bir jeotermal kuşak üzerinde bulunmaktadır. 1300'ün üzerinde kaynak barındırmasına karşın jeotermal enerjiden yeterince faydalanamamaktadır(Külekçi 2009). Türkiye'de Jeotermal tesis olarak banyo ve yüzme amaçlı kullanım Aralık-2014 itibariyle 1005 MWt (Megawatt- termal ısı) civarındadır (Mertoğlu vd. 2015).

Ülkelere göre değişik sınıflandırmalar olmasına rağmen jeotermal enerji, sıcaklık içeriğine göre üç gruba ayrılmaktadır (Şahin 2013).

1- Düşük Sıcaklıklı Sahalar (20-70 °C)

Düşük ve orta sıcaklıklı sahalar, bugünkü teknolojik ve ekonomik koşullar altında başta ısıtmacılık olmak üzere (sera, bina, zirai kullanımlar), endüstride (yiyecek kurutulması, kerestecilik, kağıt ve dokuma sanayisinde, dericilikte, soğutma tesislerinde), kimyasal madde üretiminde (borik asit, amonyum bikarbonat, ağır su, akışkandaki CO_2 den kuru buz elde edilmesinde) kullanılmaktadır.

2- Orta Sıcaklıklı Sahalar (70-150 °C)

Orta entalpili sahalardaki akışkanlardan da elektrik üretimi için teknolojiler geliştirilmiş ve kullanıma sunulmuştur.

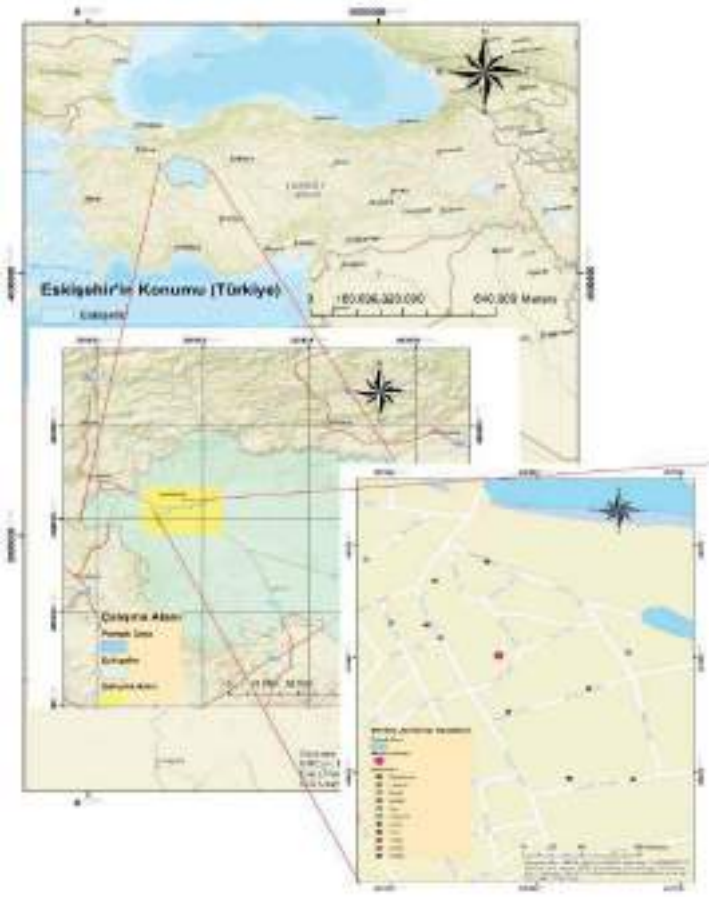
3- Yüksek Sıcaklıklı Sahalar (150 °C'den yüksek)

Yüksek entalpili sahalardan elde edilen akışkan ise, elektrik üretiminin yanı sıra entegre olarak diğer alanlarda da kullanılabilmektedir (Kıvanç Ateş ve Serpen 2013).

Turistler sosyal bir tesiste doğa ile temas edebilecekleri, eğlenip dinlenebilecekleri, spor yapabilecekleri, gezip kültür etkileşiminde bulunabilecekleri, güvenilir ve aynı zamanda mahremiyet duygularına da hitap edebilen bir ortam arayışında bulunmaktadırlar. Tüm bu özelliklerinin yanı sıra güzellik ve zindelik hizmeti ile sağlık turizmi imkanını da barındırabilen bir tesis şüphesiz ki mükemmel bir öncelikli turizm destinasyonu olacaktır.

3.2. Çalışma Alanı

Çalışma alanı Eskişehir ili içerisinde yer almaktadır (Şekil 1). Koordinatları Kuzeybatı noktasında 39°52'26°N ve 30°19'51°E, Kuzeydoğu noktasında 39°52'53°N ve 30°45'41°E, Güneybatı noktasında 39°38'41°N ve 30°20'6°E ve son olarak Güneydoğu noktasında ise 39°39'12°N ve 30°46'35°E şeklindedir. Toplamda 94,921 km^2'lik alanı kaplamaktadır. Bilinen jeotermal sıcak su kaynaklarını kapsaması, turistik bir çevreye sahip olması ayrıca merkezi bir konumda yer alması gibi sebeplerden ötürü bu bölge çalışma alanı olarak seçilmiştir.



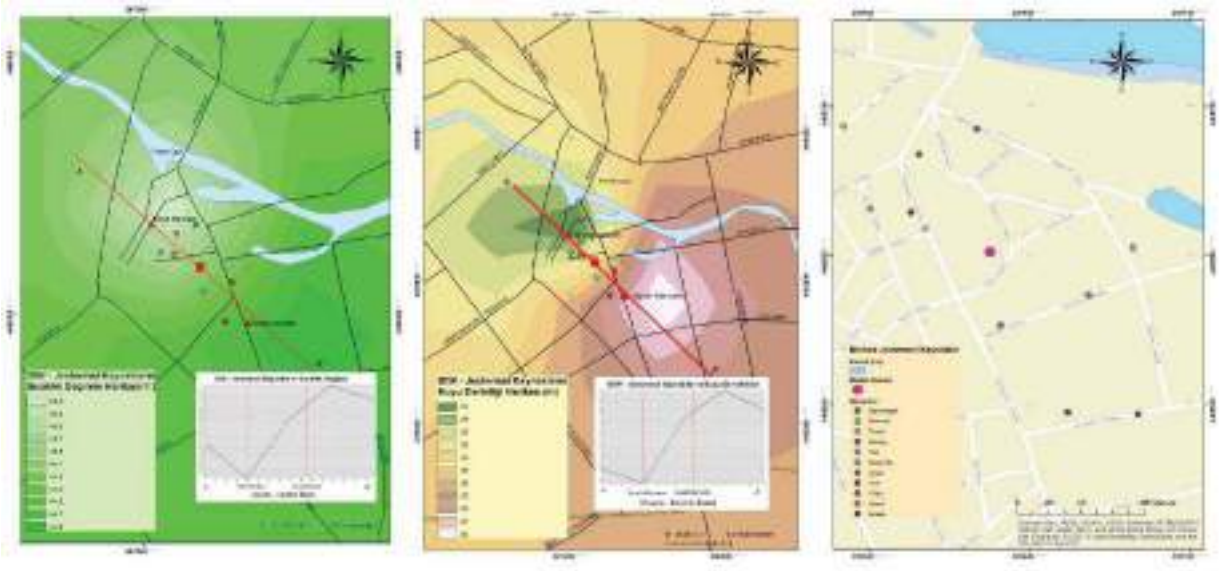
Şekil 1. Çalışma alanının coğrafi konumu.

3.3. Yöntem

Bu çalışma ArcGIS 10.4 programı ile gerçekleştirilmiştir. Öncelikle Eskişehir merkezdeki jeotermal kaynak verileri işlenmiştir. Sonrasında: Yüzey, konum ve jeotermal değerleri içeren 6 katman ağırlık puanlarına göre değerlendirilerek "Ağırlıklı Çakıştırma" aracı ile analiz edilmiştir. Ağırlıklı çakıştırmada kullanılamayacak, yapılaşmanın mümkün olmadığı bölgeler sınırlandırılmış alan kapsamına dahil edilmiştir. Bölge yapı itibari ile Porsuk Çayı'nın alüvyonları üzerine kuruludur. Bu nedenle litoloji analiz kapsamına dahil edilmemiştir. Sonuçta ise bir uygunluk haritası oluşturulmuştur. Bu uygunluk haritası kurulması muhtemel bir jeotermal tesis için seçili alanda en uygun yerleri göstermektedir.

3.3.1. Jeotermal Alanlar

Eskişehir merkezdeki mevcut 11 hamamın konum, derinlik ve sıcaklık gibi verileri mevcuttur. Bu veriler IDW (Inverse Distance Weighted) yöntemi ile analiz edilmiştir. Jeotermal kaynakların sıcaklık değişimleri Şekil 2a'da gösterilmektedir. Şekil 2b'de ise jeotermal kaynakların kuyu derinliği değişimleri verilmiştir. Jeotermal alana işaret eden çizgisellikler incelenerek potansiyel kaynağın varlığı ortaya konulmuştur. Spatial Statistics aracı ile "Merkez Hamam" jeotermal kaynağın konumu Eskişehir ölçeğinde tahmin edilmiştir (Şekil 2c). Bu merkez ortalama bir konumda olup sıcaklık değeri 45°C'dir.



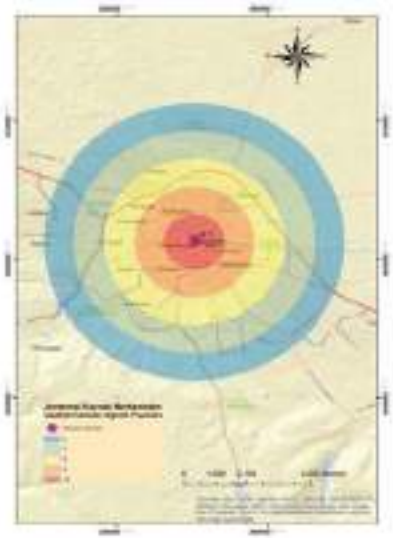
a) IDW-Jeotermal kaynakların sıcaklık dağılımı haritası

b) IDW-Jeotermal kaynakların kuyu derinliği haritası

c) Çalışma alanında bulunan hamamlar ve "Merkez Hamam"

Şekil 2. Çalışma alanında bulunan hamamlar ve IDW sonuçları (IDW Enterpolasyon değerleri, mevcut hamamların çevresinde geçerlidir. Hamamlardan uzak bölgelerdeki sıcak su derinliği ve sıcaklığı tahminleri doğru değildir.).

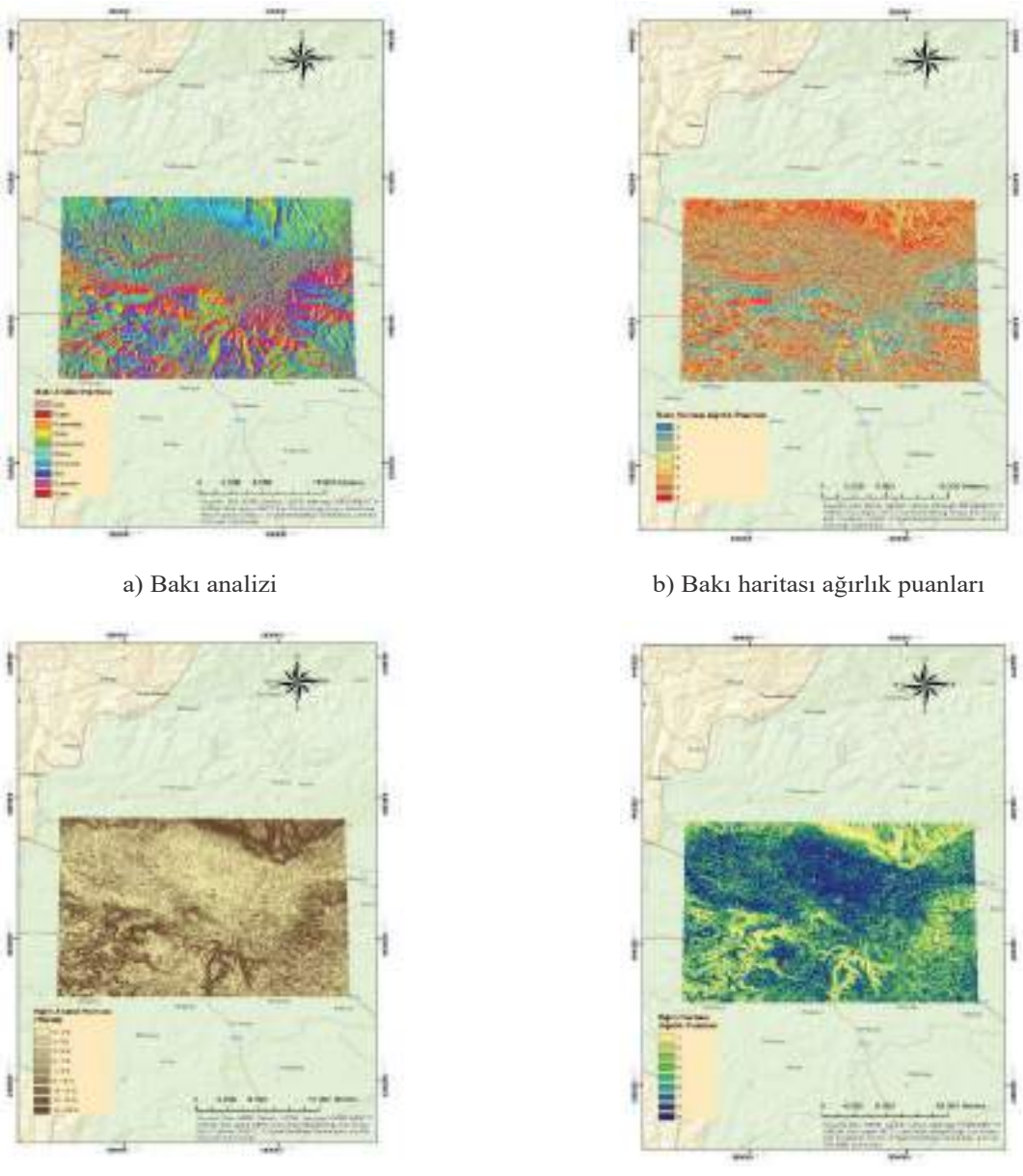
Termal su, termal borularla taşınmaktadır. Bu taşıma esnasında suyun sıcaklığı debisine bağlı olmakla birlikte her km'de 0,1°C ile 0,5°C düştüğü öngörülmektedir. Bu nedenle ortalama olarak her kilometrede 0,3°C ısı kaybı olacağı düşünülmektedir. Hamamların ısı değerleri göz önüne alınarak belirlenen merkez hamam noktası etrafında, 1000 m aralıklarla 5000 m boyunca, 5 adet tampon bölge oluşturulmuştur. Sonrasında ağırlıklı çakıştırma işleminde kullanılmak üzere ağırlıklandırılarak raster formata dönüştürülmüştür (Şekil 3).



Şekil 3. Jeotermal kaynak merkezinden uzaklık haritası ağırlık puanları.

3.3.2. Yüzey Analizleri

Yüzey analizlerinin içeriğinde Eğim ve Bakı haritalarının oluşturulması yer almaktadır. Özellikle büyük yapıların kurulacağı yerin seçiminde eğim durumu daha önemlidir. Eğimli alanlar maliyeti ve ulaşımı olumsuz etkileyeceği için tercih edilmemektedir. Çalışma alanında eğim çok fazla olmamakla birlikte düzlük kısımlara daha yüksek ağırlık puanı verilmiştir. Eskişehir iline ait dem verisi kullanılarak eğim haritası oluşturulmuştur (Şekil 4a). Eğim yüzde değerine göre 9 sınıfa ayrılarak ağırlık puanları ile derecelendirilmiştir (Şekil 4b). Yine dem haritası kullanılarak bakı yönleri tayin edilmiştir (Şekil 4c). Bakı haritasına da ağırlık puanlarına göre reclassify işlemi yapılmıştır (Şekil 4d). Güney ve güneye bakan yönlere daha yüksek değerler atanmıştır.



a) Bakı analizi

b) Bakı haritası ağırlık puanları

c) Eğim analizi

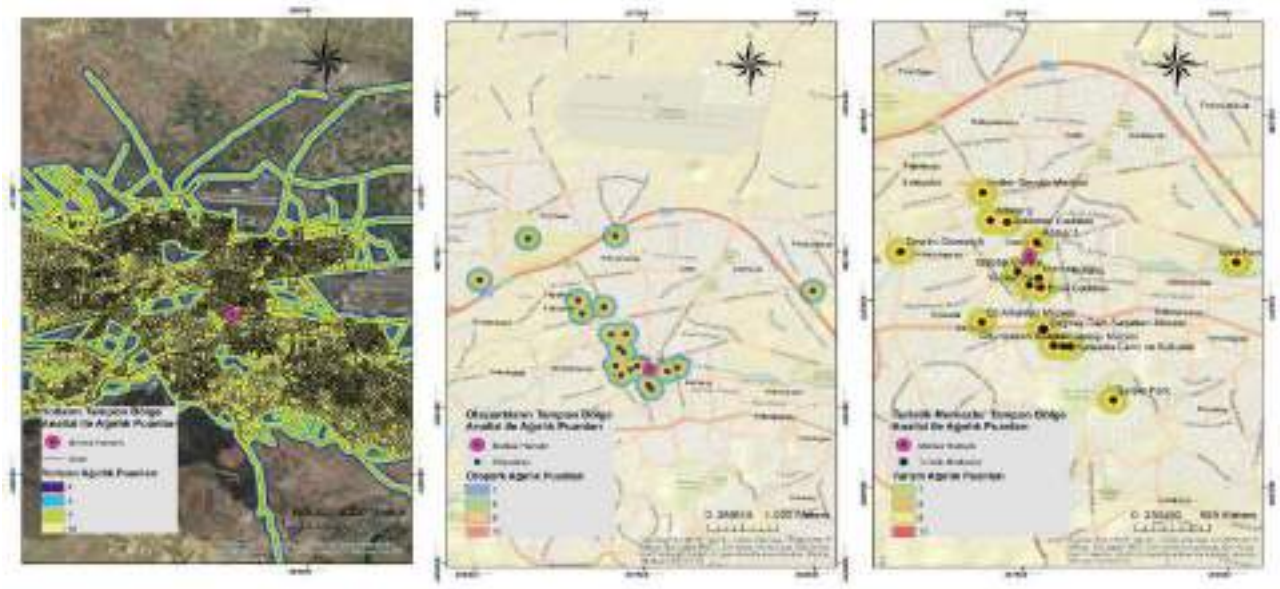
d) Eğim haritası ağırlık puanları

Şekil 4. Yüzey analizleri.

3.3.3. Konum Analizleri

Kurulması olası bir tesis için en önemli faktörlerden bazıları; kolay ulaşım için yollara olan uzaklık ve araç park edebilmek için otoparklara olan mesafedir. Eskişehir kültür turizmi konusunda yoğun turist almaktadır. Bu nedenle tesisin turizm merkezlerine ulaşılabilir bir konumda olması da önem arz etmektedir. Bunlar göz önüne alındığında

ağırlıklı çakıştırmada kullanılmak üzere önem derecelerine göre ağırlıklandırılarak; yolların (Şekil 5a), otoparkların (Şekil 5b) ve turistik merkezlerin (Şekil 5c) etrafında tampon bölgeler oluşturulmuştur.



a) Yolların tampon bölge analizi

b) Otoparklara uzaklık tampon bölge analizi

c) Turistik merkezlere uzaklık tampon bölge analizi

Şekil 5. Konum analizleri.

3.3.4. Ağırlıklı Çakıştırmada Kullanılamayacak Sınırlandırılmış Alanlar

Sulak alanlar, fay hatları, üniversiteler, askeri alanlar, hastaneler, OSGB bölgeleri çalışma kapsamında sınırlandırılmış alan olarak tanımlanmaktadır. Bu bölgelerde yapılaşmanın olması mümkün değildir. Şekil 6'da bu alanları gösteren bir harita yer almaktadır.



Şekil 6. Sınırlandırılmış alanlar.

3.3.5. Ağırlıklı Çakıştırma ve Uygunluk Haritası

Ağırlıklı çakıştırma, bütünleşmiş bir analiz yapabilmek için farklı değerlere sahip, yani farklı birimlerle ifade edilen girdilerin aynı ortamda değerlendirilebilmesi amacıyla her bir kritere verilen ağırlık puanlarının çakıştırılması ile gerçekleştirilen bir tekniktir. Ağırlıklı çakıştırmada öncelikle her bir katman içindeki öznitelikler amaca göre, en uygundan en az uygun olana doğru sıralanır. Sonrasında ise, en uygun olan sınıfa en yüksek değer verilerek puanlar atanır. Çalışmada hiçbir şekilde uygun görülmeyen sınıflara ise en düşük ağırlık puanı atanmalıdır. Ağırlıklı çakıştırmada girdi olarak sadece değerleri belli olan raster veriler kullanılabilmektedir. Bu çalışmada kullanılacak ağırlıklı çakıştırma katmanları Şekil 7'de gösterilmektedir.



Şekil 7. Ağırlıklı çakıştırmada kullanılacak katmanlar.

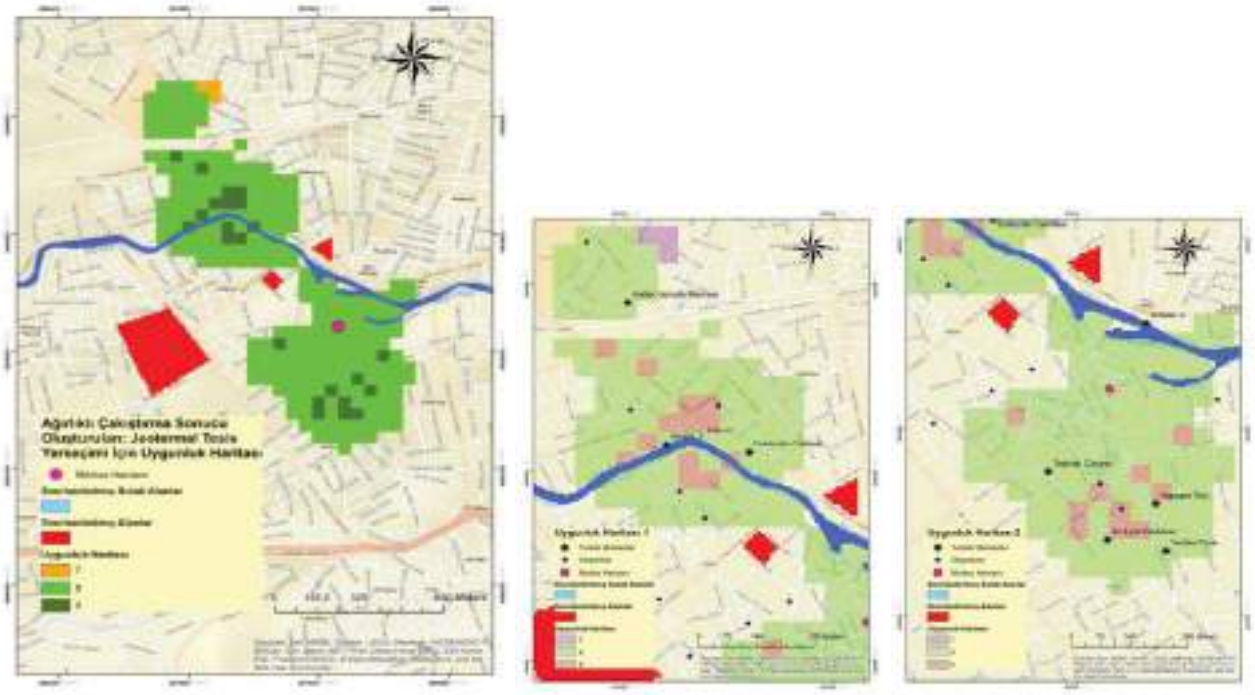
Çalışmada kullanılan katmanlar ve ağırlık puanları da Çizelge 1'de yer almaktadır. Bu değerler belirlenirken geçmişte yapılan çalışmalar göz önüne alınmış, ayrıca uzman görüşlerine yer verilmiştir.

Çizelge 1. Ağırlıklı çakıştırmada kullanılan katmanlar ve ağırlık puanları.

Ağırlık Puanı	Kriterler	Faktör Değeri	Göstergeler
%12	Yüzey	Eğim	< % 3
			% 3-4
			% 4-5
			% 5-6
			% 6-7
			% 7-8
			% 8-9
			% 9-10
			> % 10
		Bakı	Güney
			Güneydoğu
			Güneybatı
			Doğu
			Batı
			Kuzeydoğu
			Kuzeybatı
			Kuzey
%30	Konum	Yollara Mesafe	50 m
			100 m
			150 m
			200 m
		Otoparklara Mesafe	50 m
			100 m
			150 m
			200 m
		Turistik Merkezlere Mesafe	50 m
			100 m

%58	Jeotermal Durum	Jeotermal Kaynak Merkezine Olan Mesafe	150 m 200 m 1000 m 2000 m 3000 m 4000 m 5000 m
	Sınırlandırmalar		Sulak Alanlar Fay Hatları Üniversite Alanları Askeri alanlar Hastaneler OSGB Alanları

Tüm bu değerler bir araya getirilerek, ağırlıklı çakıştırma işlemi ArcGIS 10.4 programı yardımıyla yapılmıştır. İşlem sonucunda oluşturulan "Eskişehir ilinde kurulması olası bir jeotermal tesis için en uygun yer seçimi haritası" Şekil 8a'da yer almaktadır. 9 puan en uygun, 8 ve 7 puanlar ise uygun alanları göstermektedir.



a) En uygun yer seçimi haritası b) Uygunluk haritası - 1 c) Uygunluk haritası - 2

Şekil 8. Eskişehir ilinde kurulması olası bir jeotermal tesis için en uygun yer seçimi sonuç haritaları.

Şekil 8b'de en uygun yerlerin Adalar, Doktorlar Caddesi ve Haller Gençlik Merkezi civarında, Şekil 8c'de ise en uygun yerlerin Hamamyolu, Taşbaşı Çarşısı, Yediler Parkı civarında tespit edildiği görülmektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak: Eskişehir şehir merkezinde bulunan jeotermal tesisin konumu ağırlıklı çakıştırma yöntemi ile belirlenmiştir. Eskişehir şehir merkezindeki termal saha, düşük ve orta sıcaklıklı sahalar sınıfına girmektedir. Bu çalışma ile Eskişehir şehir merkezindeki jeotermal saha bölgesel olarak termal turizm kapsamında değerlendirilmiş olmasına rağmen, termal kaynaklar farklı amaçlar (ısıtmacılık, yiyecek kurutulması, kerestecilik, kağıt ve dokuma sanayisi, dericilik, soğutma tesisleri ve kimyasal madde üretimi) için de kullanılabilir. Bu kapsamda termal suyun termal borular ile taşıması yoluna gidilebilmektedir.

Jeotermal için en uygun yer Eskişehir'in en kalabalık alanlarına denk gelmektedir. Bu nedenle nüfus yoğunluğu değerlendirilerek tesise ulaşımın daha kolay olduğu bölgeler belirlenebilir. Sıcak su kaynağını kullanan bir tesis

planlandığında, sıcak su kaynağının sürdürülebilirliği önemlidir. Bu nedenle öncelikle rezervuarın hacmi ve sürekliliği ile ilgili çalışmalar yapılması uygun olacaktır. Termal sular, yüksek miktarda çözünmüş madde içerikleri nedeniyle, yüzey sularına doğrudan deşarjları; mevcut ekosistemlere zarar verebilmektedir. Bu nedenle kullanılan suyun arıtılması veya rezervuara geri kazanımı planlanmalıdır.

Dünya genelinde enerji kaynakları hızla kullanılmakta ve tüketilmektedir. Bu da çeşitli çevre sorunlarına yol açmaktadır. Bu nedenle sürdürülebilir temiz enerji kaynakları kullanımı arttırılmalıdır. Çeşitli alanlarda kullanılabilen jeotermal enerjinin çevreye vereceği zarar en aza indirilebilir. Üretim maliyeti düşüktür ayrıca yatırım maliyetini de kısa sürede karşılamaktadır. Enerji açığını kapatarak ülke ekonomisine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu gibi sebeplerle jeotermal enerjiye teşvikler arttırılmalıdır.

KAYNAKLAR

Akbulut, G., 2010. Türkiye'de Kaplıca Turizmi ve Sorunları. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 2010* 9(1):35-54.

Bayraç, H.N., Çildir, M., 2017. AB Yenilenebilir Enerji Politikalarının Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi,*201-212.

Biberci, M.A., Özhüner, E., Çelik, M. B., 2017. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belediyelerde Kullanımı. *Şehir Düşünce Dergisi,* 2018(11): 80-93.

Çiftçi, G., 2018. Termal Turizm Girişimciliği Üzerine Bir Araştırma Balıkesir Örneği. *Yüksek Lisans Tezi.* Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Turizm İşletmeciliği ve Otelcilik Anabilim Dalı, Balıkesir, 124 sayfa.

Ertuğrul, A., 2009. Hamam Yapıları ve Literatürü. *Türkiye Araştırmaları Literatür Dergisi*, 7(13): 241-266.

Güvenç, C., 2007. Türkiye'deki Termal Turizm Tesislerinin Planlama ve Tasarım İlkelerine İlişkin Bir Model Önerisi (Çanakkale Örneği). *Doktora Tezi.* Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 268 sayfa.

Kıvanç Ateş, A. H., Serpen, U., 2013. Yüksek Entalpili Jeotermal Sahalar İçin Uygun Santral Araştırması. *Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 181-194.

Külekçi, Ö. C., 2009. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Jeotermal Enerjinin Yeri ve Türkiye Açısından Önemi. *Çevre Bilimleri Dergisi*, Cilt 1: 83-91.

Mertoğlu, O., Şimşek, Ş., Başarır, N., Geothermal Country Update Report of Turkey (2010-2015). *Proceedings World Geothermal Congress 2015,* Melbourne, Australia, 1-9.

Şahin, A., 2013. Jeotermal Enerji ve Türkiye "Jeotermal Enerji Yatırımları Açısından Değerlendirme". MEGE. 40 sayfa.

Termal Turizm Master Planı, 2007-2023. *T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı,* Ankara. 188 sayfa.

Trumpy, E., Donato, A., Gianelli, G., Gola, G., Minissale, A., Montanari, D., Santilano, A., Manzella, A., 2015. Data Integration and Favourability Maps For Exploring Geothermal Systems In Sicily, Southern Italy. *Geothermics,* 56 (2015): 1-16.

Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı, 2014. *T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı*, Ankara. 75 sayfa.

Yalçın, M., Kılıç Gül, F., 2017. A GIS-based multi criteria decision analysis approach for exploring geothermal resources: Akarcay Basin (Afyonkarahisar), Geothermics ,67 (2017): 18-28.

Yegül, F., 2009. Anadolu Su Kültürü: Türk Hamamları ve Yıkanma Geleneğinin Kökleri ve Geleceği. *Anatolia Dergisi,* 35: 99-118.

Yegül, F., 2011. Roma Dünyasında Yıkanma. *Koç Üniversitesi Yayınları*. İstanbul.

Yegül, F., 2012. Anadolu Hamam Kültürü: Bin Işık Huzmesi, Bin Ilık Parmak. *Koç Üniversitesi Yayınları*.İstanbul.

Yorulmazer, G., Şengül, N., 2017. Turistik Bir Çekicilik Olarak Yıkanma Kültürü Ve Tarihsel Süreç İçerisinde Anadolu'daki Gelişimi. *Eurasian Academy of Sciences Social Science Journal*, 168-180.

Yousefi, H., Noorollahi, Y., Ehara, S., Itoi, R., Yousefi, A., Fujimitsu, Y., Nishijima, J., Sasaki, K., 2010. Developing the Geothermal Resources Map of Iran. *Geothermics,* 39 (2010): 140-151.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6195

AÇIK KAYNAKLI WEB TABANLI COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ

İlyas YALÇIN[1], Sultan KOCAMAN[2]

[1] Öğr. Gör., Uludağ Üniversitesi, Gemlik Asım Kocabıyık MYO, Harita ve Kadastro Programı, 16600, Bursa, ilyasyalcin@uludag.edu.tr
[2]Doç. Dr., Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 06800, Ankara, sultankocaman@hacettepe.edu.tr

ÖZET

Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) teknolojik gelişmeler doğrultusunda kullanımı giderek artmaktadır. Gelişen teknolojik sistemler CBS'nin, sadece masaüstü bilgisayarlar üzerinden değil, aynı zamanda web ve mobil platformlar üzerinde de etkin olarak kullanıldığını göstermektedir. CBS ile kullanıcıların entegre olmasını sağlayan mobil uygulamalar, kullanıcıların sisteme hızlı erişmesini sağlayarak CBS'ye dinamizm katmaktadır. Bu dinamik yapıyı sağlayacak şekilde oluşturulan CBS'ler, kullanıcılardan gelen verileri depolayarak değerlendirebilmektedir. Böylelikle CBS, altlık verinin yanında uygulamanın kullanımına bağlı olarak devamlı bir şekilde güncellenen kullanıcı verilerine de sahip olmaktadır. Kullanıcılar ile CBS arasında bu veri iletişimini sağlamak için internet ortamından faydalanılmaktadır. Bu sistemlerin oluşturulabilmesi için gerekli olan teknolojik altyapıları lisanslama açısından ticari ve açık kaynaklı olmak üzere ikiye ayırmak mümkündür. Açık kaynaklı yazılımlar ile geliştirilen bu çalışmada kullanıcılar tarafından gelen verilerin de depolandığı bir web tabanlı CBS oluşturulmuştur. Sistemin mobil uygulama kısmında Android işletim sistemi, veri tabanı olarak PostgreSQL, harita sunucusu olarak ise MapServer yazılımı kullanılmıştır. Geliştirilen "Sarsıntıyı Hissettim" uygulaması ile kullanıcılar tarafından sarsıntı şiddeti verileri depolanarak bu verilerin harita sunucusu üzerinden görüntülenmesi sağlanmıştır. Ayrıca bu sistem ile bir sivil bilim uygulaması geliştirilerek, sarsıntı hissinin derecelendirilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: açık kaynaklı yazılım, Android, CBS, MapServer, PostgreSQL, sivil bilim

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF AN OPEN-SOURCE WEB-GIS

Geographical Information Systems are increasingly being used with the recent technological developments. Advanced applications show that GIS is being effectively used not only on personal computers but also on mobile platforms. Mobile applications facilitate the integration of users into GIS and also ensure these systems to become more dynamic by allowing quick access to users and make use of their data.Therefore GIS encompasses base data and can be continuously updated by user data. In order to improve data interaction between users and GIS, Internet is frequently used. Software and tools needed for generation of these systems can be categorized as commercial and open source in term of licensing. In this study a web based GIS developed with open source software, which allows users data input on a mobile app has been implemented on Android platform. Open source PostgreSQL database with its spatial extension (PostGIS) has been selected for data storage and management. MapServer software has been used for publishing the maps on the web. With the application called "Sarsıntıyı Hissettim (I felt the quake)", user data about quake intensity can be collected and stored in the database and the data can be visualized on the WebGIS. The app can be used as a citizen science data collection tool as well.

Keywords: open source software, Android, GIS, MapServer, PostgreSQL, citizen science

1. GİRİŞ

Teknolojik gelişmelerin ışığında farklı konuları ele alarak üretilen CBS'ler hayatımızda önemli yer tutmaktadır. Gün geçtikçe farklı disiplinlerin bir araya gelmesi ile CBS'nin kullanım alanları çeşitlenmiştir. İnternet ve mobil teknolojinin gelişmesi ile insanların birbirleri ile iletişimi daha kolay ve hızlı olması sağlanmıştır. Bu teknolojik gelişmeler konum verisinin kullanımının önemini artırmıştır. Bu yüzden CBS'lerin konum verilerine doğru ve hızlı bir şekilde ulaşması da aynı doğrultuda önem taşımaktadır. Bu hususta mobil teknolojilerin sağlamış olduğu erişim kolaylığından dolayı CBS'lerin bu teknolojiyi kullanması gerekmektedir. Kullanıcıların mobil cihazlar ile CBS'ye entegre edilmesi ile sistemin devamlılığı ve dinamikliği sağlanabilmektedir.

CBS yazılımları ticari firmalar tarafından üretilerek isimlendirilen kapalı kaynak kodlu yazılımlar ve gönüllü uzman kişilerin oluşturduğu topluluklar tarafından üretilen açık kaynak kodlu yazılımlar olarak ikiye ayrılabilmektedir. OSI (Open Source Initiative) kuruluşu sayesinde açık kaynak kodlu yazılımlar, farklı bölgelerdeki gönüllü kişileri

birleştirmekte ve desteklemektedir (OSI 2018). Böylelikle bir ticari firmaya göre daha fazla personeli bünyesinde bulunduran açık kaynak kodlu yazılımlar, bazı avantajlara ve dezavantajlara sahiptir. Lisans maliyetlerinin olmaması, eklenti geliştirmeye olanak tanıması, güncellemelerin hızlı olması, farklı işletim sistemlerinde çalışmayı sağlaması, CBS programları ile Internet ortamını birleştiren web hizmetlerini sunması açık kaynak kodlu yazılımların avantajları arasındadır. Fakat bu tür yazılımlarda güvenlik ve kullanıcı dokümantasyonu konularında eksiklikler bulunmaktadır. Temel kodların kullanıcılara açık olması güvenliği, dokümantasyon eksikliği ise yazılımın kullanılmasında zorluklarla karşılaşılmasına sebep olmaktadır. Bu yüzden deneyimli kullanıcılara ihtiyaç duyulmaktadır. Açık kaynaklı yazılımların geliştirildiği yazılım dilleri ve çalıştığı platformlar Çizelge 1'de verilmiştir (Yalçın, 2018).

Çizelge 1. Açık kaynaklı CBS programlarının geliştirildiği yazılım dilleri ve çalıştığı platformlar.

	GRASS GIS	**QGIS**	**SAGA**	**ILWIS**	**TerraView**	**MapWindow**
Yazılım Dili	C	C++	C, C++	C#	C++, .Net	C#, .Net
Eklentinin Dili	C, Python	Python, Qt	C, C++, Python	C++, C#	C++, .Net	C#, .Net
Platform	Mac OSX, Windows, Linux	Mac OSX, Windows, Linux, BSD	Mac OSX, Windows, Linux, BSD	Windows	Windows, Linux, Mac	Windows
	JUMP	**gvSIG**	**UDig**	**Kosmo**	**OpenEV**	**Thuban**
Yazılım Dili	Java	Java	Java	Java	C, Python	Python
Eklentinin Dili	Java, Python	Java, Python	Java	Java	Python	Python
Platform	Windows, Mac OSX, Linux, BSD	Windows, Linux, Ubuntu	Windows, Linux, Mac OSX	Windows, Linux	Windows, Linux	Windows, Linux, Mac OSX

Bu çalışmada açık kaynak kodlu yazılımlar kullanılarak bir web tabanlı CBS tasarlanmış, ayrıca geliştirilen "Sarsıntıyı Hissettim" Android uygulaması ile kullanıcılardın hem öznitelik hem de konum verisi toplayabilmesi için bir araç oluşturulmuştur. Ayrıca bu verilerin bir veri tabanında depolanarak harita sunucusu yardımı ile internet ortamında görüntülenmesi için bir altyapı kurulmuştur.

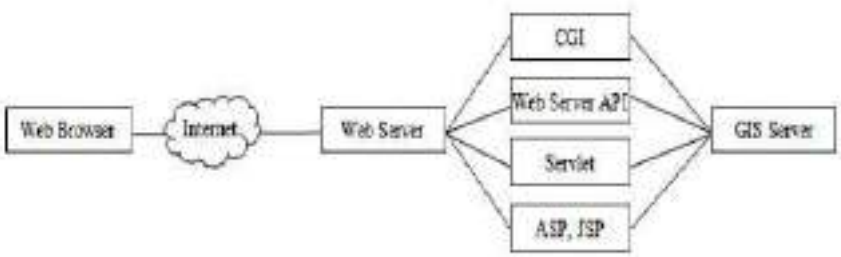
2. WEB TABANLI CBS BİLEŞENLERİ

CBS uygulamalarının internet ortamına açılarak veri transferlerinin gerçekleştiği sistemler olarak anılan web CBS'ler, masaüstü CBS yazılımlarına göre aynı ortam ya da ağ üzerinde olma şartını taşımamaktadır. Web CBS sayesinde internet ortamı kullanılarak herhangi bir konumdan sisteme dahil olunabilir. Bu tür sistemler kullanıcıların mevcut verileri kullanarak yeni haritalar oluşturmasına ve sorgulamalar yapmasına olanak tanımaktadır (Zheng vd., 2000).

2.1. Sistem Mimarisi (İstemci-Sunucu)

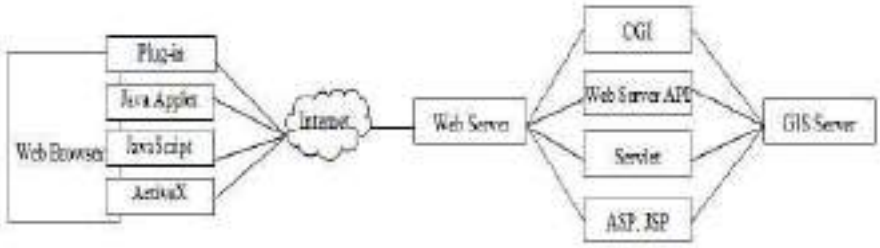
Web CBS mimarisi tasarımı yapılmadan önce; kullanıcıların ihtiyaç duydukları veri yapıları, fonksiyonlar ve yapacakları sorgulamalar belirlenmelidir. Web CBS sistem mimarisini sunucu taraflı ve istemci taraflı olarak ikiye ayırmak mümkündür (Aydınoğlu, 2003).

Sunucu taraflı mimari: Bu mimari türünde istemci tarafında sadece web tarayıcısı bulunurken sunucu tarafında tüm işlemler gerçekleştirilmektedir. Bu şekilde kurulmuş bir sistemde kullanıcıların bilgisayarlarına ek programlar kurmasına gerek duyulmamaktadır. Sistemin tek bir merkezden yönetilmesi sağlandığı için güvenlik ve güncelleme konularında kolaylık sağlanmaktadır (Alesheikh, 2002). Fakat bu sistemde sunucu tarafındaki yoğunluk nedeniyle işlem süreleri uzamaktadır. Sunucu taraflı mimari Şekil 1'de gösterilmiştir (Agrawal, 2014).



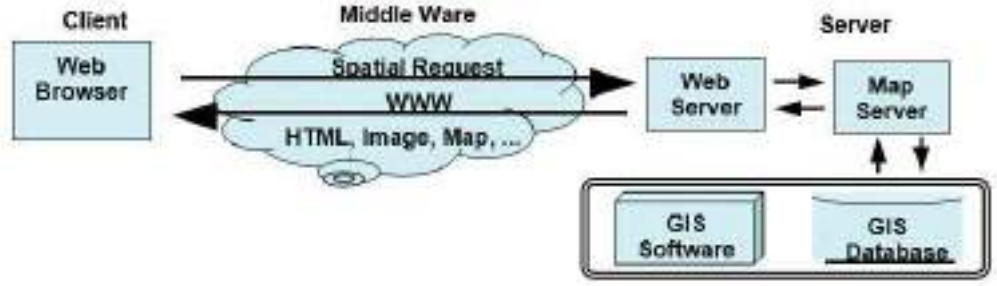
Şekil 1. Sunucu taraflı mimari.

İstemci taraflı mimari: Bu mimari türünde ise istemci tarafında yüklenen eklentiler sayesinde sunucudan gelen veriler değerlendirilerek sorgulamalar cevaplanmaktadır. Sunucu tarafındaki iş yükünün azaltıldığı bu sistemlerde işlem hızı daha yüksektir. Fakat bu mimaride istemci bilgisayarının güçlü ve internet hızının yüksek olması gerekmektedir. İstemci taraflı mimari Şekil 2'de gösterilmiştir (Agrawal, 2014).



Şekil 2. İstemci taraflı mimari.

Web CBS'yi diğer web sistemlerinden ayıran özellik ise web sunucusuna ek olarak Web Harita Sunucusu (Web Map Server) kullanımıdır. Bunun sebebi ise konumsal sorgulamaların, koordinat dönüşümlerinin ve web grafiklerinin hazırlanmasının etkin bir şekilde yapılmasını sağlamaktır. Genel olarak kullanılan web CBS mimarisi Şekil 3'te gösterilmiştir (Alesheikh, 2002).



Şekil 3. Web CBS genel mimarisi.

2.2. Veri Tabanı Yönetim Sistemi

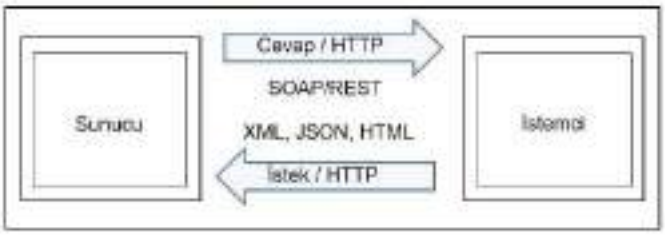
Bir CBS oluşturmak için en temel gereksinimin veri olduğu söylenebilir. Günümüz teknolojileri ile toplanan büyük boyuttaki verilerin etkin bir şekilde kullanılmasını ve depolanmasını sağlayan veri tabanı yönetim sistemi, DBMS (Database Management System), yazılım sistemleri olarak rağbet görmektedir. Veri tabanları ile haritalama için önem arz eden konum bilgisi depolanabilmektedir. Bu türdeki veriler üzerinden işlem yapabilmek için gereken harita bilgisinin depolandığı konumsal veri tabanları geliştirilmiştir. Konumsal veri tabanları ile indekslemeler yapılarak hızlı sorgulamalar elde edilmektedir. Günümüzde yaygın olarak bilinen konumsal veri tabanlarından biri, PostGIS eklentisi ile beraber kullanılan PostgreSQL veri tabanıdır. PostgreSQL yardımıyla geometrik nesneler üzerinden etkin sorgulamalar yapılabilmektedir (PostGIS, 2018).

2.3. Açık Kaynaklı Web Harita Sunucu Yazılımları (Web Map Server)

Web üzerinde coğrafi analizlerin yapılabilmesini sağlayan açık kaynaklı web harita sunucu yazılımlarının birçoğu, OSGeo (The Open Source Geospatial Foundation) topluluğu tarafından üretilmiştir (OSGeo, 2018). Bu yazılımlardan bazıları; MapServer, GeoServer, MapBender, GeoMajas, MapFish'tir. Web harita sunucuları yetenekleri ile sınırlı olarak sistem içerisindeki veri tabanlarını okuyarak bu verilerin web üzerinden görselleşmesini sağlamaktadır. OGC standartlarında hizmet veren web harita sunucuları, coğrafi verilerin diğer sistemlere taşınmasındaki iletişimi kolaylaştırmaktadır (OGC, 2018).

2.4. Web Sunucusu

Web sunucusu internet üzerinden kullanıcılara hizmet sağlayan bir sistemdir. Uygulamaların çalıştırılarak internet ortamında yayımlanması sürecini kontrol etmektedir. İstemci-sunucu mimarisi arasındaki iletişim HTTP (Hypertext Transfer Protocol) kullanılarak gerçekleştirilmektedir (HTTP, 2018). HTTP, XML (Extensible Markup Language) ve JSON (JavaScript Object Notation) yazılım dili ile oluşturulan verileri URL (Uniform Resource Locator) adres dizini ile kullanıcıların internet işlemlerini kolaylaştırmaktadır. Web sunucuları bünyelerinde farklı platformlar arasında iletişimi sağlayan web servis uygulamalarını da çalıştırmaktadır. Ayrıca web servisler farklı programlama dillerinde yazılan uygulamaları da bir bütün olarak çalışmasını sağlamaktadır. Bu iletişimi XML ve JSON formatlarına çevirerek sağlamaktadır. Web servisleri SOAP (Simple Object Access Protocol) ve REST (Representational State Transfer) olarak ikiye ayırmak mümkündür. XML yazılım dilini kullanan SOAP web servisler yardımcı kılavuz olarak WSDL (Web Service Description Language) kullanmaktadır (Bakırman, 2013). REST web servislerde ise hem XML formatında hem de JSON formatındaki verilerin HTTP yardımıyla iletişimi sağlanmaktadır. Bu türdeki servislerde WSDL tanımlamak yerine URL adres dizini kullanılmaktadır. Web servislere ait genel mimari yapı Şekil 4' te gösterilmiştir (Yalçın, 2018).

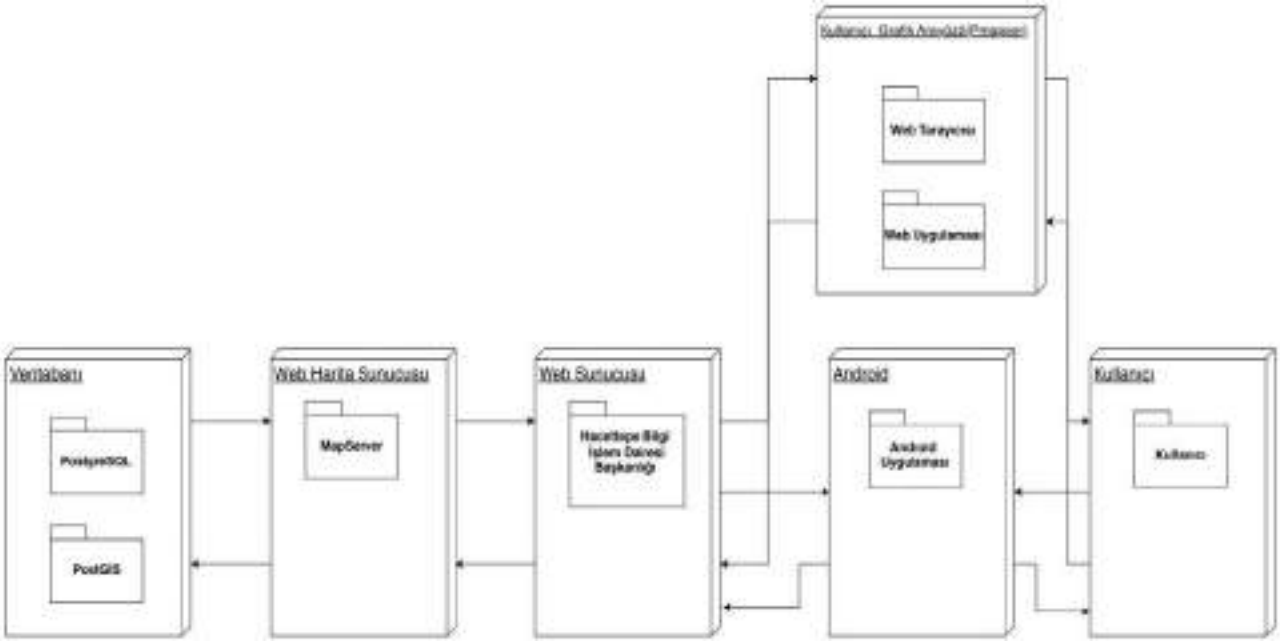


Şekil 4. Web CBS genel mimarisi.

3. UYGULAMA

Mobil kullanıcıların da sisteme dahil edildiği bu çalışmada, bir açık kaynaklı web tabanlı CBS geliştirilmiştir. Çalışmada geliştirilen mobil uygulama sayesinde kullanıcıların hissetmiş oldukları sarsıntıların uygulama içerisinde derecelendirilerek kaydedilmesi sağlanmıştır. Mobil kullanıcılardan gelen bu veriler ile bilgisayar platformundan girilen altlık veriler sistemin veri kısmını oluşturmaktadır. Tüm bu veriler bir web harita sunucusu kullanılarak web sunucusuna aktarılmaktadır. İnternet ile depolanan veriler arasındaki ilişki web sunucusu ile sağlanıp internet ortamında verilerin görüntülenebilmesi için web arayüzü görselleştirme kütüphanesi kullanılmaktadır. Çalışmaya ait sistem şeması Şekil 5'te gösterilmiştir (Yalçın, 2018).

Kullanıcıların bu sisteme entegre olabilmesi için Android uygulaması geliştirilmiştir. İnternet ortamında gelen veriler ile bilgisayar ortamından girilen altlık verilerin depolanması için PostgreSQL veri tabanı kullanılmıştır. Bu iki platform arasındaki bağlantı ise Spring Framework ile web servis yazılarak sağlanmıştır. Toplanan bu verilerin MapServer harita sunucusu yardımıyla internet ortamına aktarılması gerçekleştirilmiş, web görselleştirmesi için ise Pmapper Kütüphanesi kullanılmıştır.



Şekil 5. Web CBS sistem şeması.

3.1. Android Uygulaması

Android, Linux tabanlı olarak Google tarafından geliştirilen açık kaynak kodlu bir işletim sistemidir (Taşdelen, 2015). Yaygın olarak Java yazılım dili ile temellendirilen Android uygulamalar, genellikle Android Studio IDE (Integrated Development Environment) ortamında geliştirilmektedir. Android teknolojisi üzerinde yapılan güncellemeler ve yeni sürümler bu işletim sisteminin verimli olduğunu göstermektedir. Android işletim sisteminin son sürümü 2017 yılında yayımlanan Android 8.1 sürümüdür (Android 2018). Android Studio IDE kullanılarak Java ve XML yazılım dillerinde kodlamalar yapılmaktadır. XML yazılım dili ile Android uygulama arayüzü tanımlanırken Java ile MainActivity dosyası içerisinde uygulamayı çalıştıran aynı zamanda XML dosyası ile bağlantıyı oluşturan kodlamalar yapılmaktadır. Ayrıca Manifest klasörü içerisinde XML kodlamalar yapılarak Android cihazlarda uygulamaların çalışması için kullanıcıdan gerekli izinlerin alınması sağlanmaktadır. Uygulamada kullanıcıların mevcut konumlarını çekebilmek için internet ve konum izinleri alınmıştır. Ayrıca uygulamada kullanılan diğer veri girişleri için izin alınmasına, cihazın farklı özelliklerini kullanmadığı için gerek duyulmamıştır. Çalışmada ayrıca deprem sarsıntı derecesi, kullanıcının konumu, opsiyonel olarak girilebilen isim-soy isim, saat verilerinin veri tabanına aktarılması gerçekleştirilmiştir. İsim-soy isim ve saat verisinin talep edilmesindeki neden ise kullanıcının sarsıntıyı daha önce hissetmesi fakat uygulamaya girmeyi geciktirmiş olmasıdır. Bir kullanıcının sadece deprem hissini derecelendirip kaydet butonuna basması sonucunda ise; veri tabanına kaydet butonuna basıldığı tarih ve saat, kullanıcının konumu, veri girişinin mobil olarak yapıldığını gösteren "M" harfi ve hissedilen derece rakam (1,2,3,4,5) olarak kaydedilirken, opsiyonel olarak sunulan isim-soy isim, saat girişi null olarak dönmektedir. Android mobil uygulamasının grafik arayüzü Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Android uygulaması arayüzü.

3.2. MapServer

MapServer C yazılım dili kullanılarak oluşturulmuş, konum verilerinin internet ortamına aktarılmasını sağlayan açık kaynak kodlu bir harita sunucusudur. OGC (Open Geospatial Consortium) standartlarında uygun olarak hizmet veren MapServer, OSGeo topluluğunun bir projesidir. MapServer Python, Java, .NET gibi yaygın kullanılan yazılım dillerini desteklemektedir. Semboloji gösterimlerinin yanında kullanıcılara sunmuş olduğu çeşitli projeksiyon sistemleri sayesinde harita verilerini anlamlı hâle getirmektedir. Ayrıca kullandığı raster ve vektör format dönüştürücü kütüphanesi sayesinde TIFF/GeoTIFF, ECW, ESRI shapefile dosya formatlarını desteklemektedir. MapServer harita sunucusu Windows, Linux, Mac OS X işletim sistemleri üzerinde çalışma imkânı sunup, Oracle Spatial, PostgreSQL/PostGIS, MySQL veri tabanlarına bağlantı kurmayı sağlamaktadır (MapServer 2018).

Uygulamada kullanılan PostgreSQL/PostGIS veri tabanında depolanan veriler MapServer harita sunucusu ile web sunucusuna aktarılmaktadır. Bu işlem için MapServer konfigüre edilerek veri tabanı bağlantısı ve dosya formatları tanımlanmalıdır. MapServer konfigürasyonunu sağlamak için map formatındaki dosya düzenlenmelidir. Veri tabanı bağlantısı için gerekli olan örnek yazılım şu şekilde olmalıdır;

```
NAME "turkiye_il_merkezleri"
TYPE POINT
CONNECTIONTYPE postgis
CONNECTION "host=localhost user=postgres password=*** dbname=earthquake port=5432" DATA
"the_geom from turkiye_il_merkezleri using srid=4326 using unique id"
```

Uygulamada veri tabanına PostGIS eklentisi tanımlanarak PostgreSQL'in konumsal olarak koordinat sistemlerini içermesi sağlanmıştır. Bu aşamadan sonra veri tabanına statik veri olarak tanımlayabileceğimiz çizgi, nokta, poligon formatındaki veriler altlık olarak farklı katmanlar halinde veri tabanına eklenmiş ve bu süreçte QGIS programı ve PostgreSQL'e ait konsol yazılımı kullanılmıştır. Farklı formatların bir arada tutulduğu veri tabanının MapServer ile bağlantısı map konfigürasyon dosyası ile sağlanmıştır. Bu hususta gerekli kod diziliminin gösterilmiş olduğu TYPE kısmında her bir katman yapısı için LINE, POLYGON tanımlanmak suretiyle harita sunucusunun veri tabanı ile bağlantısı kurulmuştur. DATA kısmında ise "Turkiye_il_merkezleri" katmanına ait srid olarak tanımlanan koordinat sistemi ve il merkezlerine ait nokta verilerinin koordinatlarının bulunduğu "the_geom" sütunu sunucuya gösterilmiştir. Mobil kullanıcılardan gelen veriler nokta formatında aynı kod dizilimi ile "Android_verisi" katmanında sisteme eklenmiştir.

3.3. Arayüz Tasarımı

CBS farklı veri türlerini içerisinde barındıran ve bu verilerden anlamlı bilgiler çıkarmaya sağlayan bir bilgi sistemidir. Farklı veri türlerini birbirinden ayırmak, yönetebilmek için anlaşılır bir arayüz tasarımı ve katman yapısı kullanılmalıdır. Uygulamada arayüz tasarımı için MapServer ile uyumlu çalışan Pmapper Kütüphanesi seçilmiştir. PHP yazılım dili ile geliştirilen harita üzerinde işlemler yapmaya yardımcı olan Pmapper, açık kaynak kodlu bir web görselleştirme kütüphanesidir (Pmapper 2018). Pmapper Kütüphanesi içinde bulundurduğu MapServer konfigürasyon dosyası ile harita sunucusu üzerinden gelen verilerin internet ortamında görselleştirilmesi sağlanmaktadır. Uygulamanın arayüzü Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Pmapper arayüz gösterimi.

Çalışmada katmanlar iki adet gruba ayrılmıştır. İlki olan "PostgreSQL" katman grubunda veriler nokta, çizgi, poligon formatlarındadır. Bu verilerin tamamı veri tabanından çekilmektedir. "Android_verisi" olarak tanımlanmış katman içerisinde 1'den 5'e kadar sıralanmış android verileri bulunmaktadır. Her bir veri grubu için sınıflar açılarak büyüklüklere ve renge göre sınıflamalar yapılmıştır. Bu sınıflar harita sunucusuna ait map dosyasında oluşturulmuştur. Nokta sembolojisinin de tanımlandığı dosya Pmapper ile ilişkilendirilerek lokal olarak görüntülenmesi sağlanmıştır. Kullanılan kod diziliminin bir bölümü ise şu şekildedir:

```
CLASS
NAME "1"
EXPRESSION ([intens] == 1)
COLOR 255 103 103
OUTLINECOLOR 0 0 0
SYMBOL 'circle'
SIZE 5
LABEL
POSITION Auto
COLOR 0 0 150
SIZE 8
MAXSIZE 9
END
```

İkinci katman grubunda ise altlık olarak raster veri görüntülenmektedir. Harita sunucusunun map dosyası içerisine dosya konumu girilerek raster veri sisteme tanımlanmıştır. Tüm verilerin map dosyasında tanımlamaları yapıldıktan sonra verinin arayüz üzerinde yönetilebilmesi için Pmapper konfigürasyon dosyası üzerinde katmanlar tekrar düzenlenmelidir. Bu düzenlemeler yapılırken XML yazılım dili kullanılmaktadır. Uygulamaya ait katman yapısı Şekil 8'de gösterilmiştir. Ayrıca arayüz üzerinden semantik sorgulama, çıktı alma, arama yapma işlemleri gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil 8. Katman Yapısı.

3.4. Sistem Entegrasyonu

Çalışmada birden fazla platform kullanılması, bu platformların arasında bağlantılar kurulmasını gerektirmektedir. Android işletim sistemi SQLite veri tabanı ile uyumlu şekilde çalışmaktadır. Farklı veri tabanları ile çalışabilmesi için web servis kurulumu gerekmektedir. Bu yüzden Android uygulamasından PostgreSQL'e veri aktarımını sağlamak için Spring Framework ile oluşturulan web servis bağlantısı kurulmuştur. Spring, Java tabanlı bir uygulama çatısı olarak tanımlanabilir. Spring ile birbirinden farklı platformların arasındaki ilişkinin kurulması sağlanabilir. Ayrıca güvenlik uygulamalarında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Bünyesinde barındırdığı Model-View-Controller (MVC) ile kodlamalar belli bir düzen içerisinde yazılmaktadır. Spring için uygulamada Intellij IDEA IDE'si kullanılmıştır. Android Studio ile Spring bağlantısı için bir model oluşturulmuştur. Bu modelin hem Android Studio kısmında hem de Spring kısmında Android ile alınacak veriler tanımlanmıştır. Bunlar sarsıntı derecesi, kullanıcının coğrafi konumu, opsiyonel isim-soy isim ve saat verisidir.

Android uygulamasından veri tabanına aktarılan konum verisi, PostGIS eklentisinin tanımlayabildiği bir geometriye çevrilerek anlamlı hâle gelmesi sağlanmalıdır. Bu işlem için gerekli kod dizilimi şu şekildedir (PostGIS 2018):
geometry ST_MakePoint (double precision x, double precision y);

Geometrinin tanımlanması ile MapServer harita sunucusu bu bilgileri bir geometri olarak algılamaktadır. Fakat geometriye ilişkin koordinat sisteminin de bulunması bu verinin kullanılması açısından önemlidir. Bunun için veri tabanında kullanılmak üzere şu kodlama yapılmalıdır (PostGIS 2018):
geometry ST_SetSRID (geometry geom, integer srid);

Bu işlemler yapılması ile Android uygulama üzerinden gelen verilerin belli bir koordinat sisteminde (*EPSG:4326*) harita sunucusuna aktarılıp, yayımlanması sağlanmıştır. PostGIS geometrisine çevrilen konum verisine ilişkin veri tabanının ilgili sütununun bir bölümü Şekil 9'da gösterilmiştir. Çalışmanın bütününde bağlantıların kurulması için köprü görevini ise internet teknolojisi üstlenmiştir.



Şekil 9. Geometri sütunu.

4. SONUÇLAR

Açık kaynaklı web tabanlı CBS için bir altyapı kurularak, örnek olarak bir uygulama geliştirilmiştir. "Sarsıntıyı Hissettim" uygulaması ile ülkemizdeki diğer çalışmalardan farklı olarak kullanıcıların sadece CBS üzerinden veri

görüntülemesi değil CBS'ye entegre olarak veri girişi yapabilmesi sağlanmıştır. Günümüzde geliştirilen programlar arasında açık kaynak kodlu olan yazılımların etkinliğinin giderek artmış olması ve bu yazılımların gönüllülük esasına dayalı olarak geniş kitlelere yayılmış olan topluluklar tarafından desteklenmesi bu türdeki yazılımların verimliliğini ve kullanılabilirliğini artırmaktadır. Çalışmanın bütününde kullanılan yazılımların açık kaynak kodlu olması tercih edilerek açık kaynak kodlarla bir uygulamanın baştan sona ortaya koyulabileceği gösterilmiştir. İlave olarak, açık kaynaklı yazılımlar kullanılması çalışmanın maliyet açısından herhangi bir külfet getirmemesini sağlamaktadır.

Çalışma, "Sarsıntıyı Hissettim" uygulaması dışında da kullanılabilecek şekilde esnek bir yapıda geliştirilmiştir. Teknolojik olarak gerekli altyapının kurulmuş olması bu uygulamanın dışında da kullanıcılardan farklı verilerin toplanıp görüntülenmesinde kullanılabilecektir. Bu şekliyle çalışma farklı uygulamalara altlık olabilecek niteliktedir. Sistemin en önemli bileşeni olan kullanıcılar, yapmış oldukları veri girişleri ile sistemin durağan altlık verilerden hariç dinamik bir yapıyla güncellenmesini sağlamaktadır. Kullanıcı odaklı bu sistemlerin yaygınlaşması CBS için önemli olan veri kaynağına ulaşmayı kolaylaştıracaktır. CBS'ye dışarıdan müdahale edilmeden, sistemin kendi içinde kullanıcılar tarafından güncel tutulması sağlanacaktır. Ayrıca bu sistemlerin geliştirilerek birçok konu üzerinde hızlı ve doğru çözümler üretilmesi sağlanabilir.

Çalışmada kullanılan yazılımlara muadil olarak farklı yazılımlar kullanılarak da uygulamanın geliştirilmesi mümkündür. Söz konusu yazılımlara örnek olarak harita sunucusu MapServer yazılımı yerine GeoServer kullanılabilir. Aynı şekilde veri tabanı yönetim sistemi de farklı olarak tayin edilebilir. Uygulamanın web arayüzü üzerinde yapılabilen semantik sorgulamalara ek olarak bir sonraki çalışmada konumsal sorgulamalar eklenecektir. Ayrıca çalışma 2 boyutlu olarak tasarlanmıştır. Uygulama şemasında gerekli değişiklikler yapılarak sistemin 3 boyutlu olarak dönüştürülmesi de mümkündür.

KAYNAKLAR

Agrawal, S., Gupta, R. D., 2014, Development and comparison of open source based Web GIS Frameworks on WAMP and Apache Tomcat Web Servers, *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, *40*(4), 1.

Alesheikh, A. A., Helali, H., Behroz, H. A., 2002, Web GIS: technologies and its applications. In *Symposium on geospatial theory, processing and applications*, 15.

Andorid, 2018. https://developer.android.com/about/versions/oreo/android-8.1, [Erişim tarihi: 28.07.2018].

Aydınoğlu A.Ç., 2003, *İnternet-CBS Stratejisi ve Gerçekleştirimi*, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon.

Bakırman, T., 2013, *Web tabanlı CBS, Sokak Görünümü Ve Sanal Gerçeklik*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

HTTP, 2018, https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTTP, [Erişim tarihi: 25.07.2018].

MapServer, 2018. http://mapserver.org, [Erişim tarihi: 13.05.2018].

OGC, 2018, http://www.opengeospatial.org/, [Erişim tarihi: 27.07.2018].

OSGeo (The Open Source Geospatial Foundation), 2018, https://www.osgeo.org, [Erişim tarihi: 27.07.2018].

OSI (Open Source Initiative), 2018, https://opensource.org/, [Erişim tarihi: 28.07.2018].

Pmapper, 2018. http://www.pmapper.net/, [Erişim tarihi: 13.05.2018].

PostGIS, 2018, http://www.postgis.net, [Erişim tarihi: 28.07.2018].

Taşdelen, A., 2015. *Android Programlama Eğitimi,* 2.Basım, Pusula 20 Teknoloji ve Yayıncılık, İstanbul.

Yalçın İ., 2018, Açık Kaynaklı Web Tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemi Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.

Zheng, K. G., Rahim, S. T., Pan, Y. H., 2000, Web GIS: implementation issues, *Chinese Geographical Science*, *10*(1), 74-79.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6160

TAŞINMAZ DEĞERLEMEDE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİNİN KULLANILMASI: MARDİN MİDYAT ÖRNEĞİ

Gülçin YAĞMAHAN[1], Fatih GÜLGEN[2]

[1]Mardin Kadastro Müdürlüğü, 47500, Midyat, Mardin, gulcin.sahin47@gmail.com
[2]Doç.Dr. Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, Davutpaşa, İstanbul, fgulgen@yildiz.edu.tr

ÖZET

Taşınmazlar, insan yaşamında ekonomik ve sosyal anlamda önemli bir yere sahiptir. Ülkemizde taşınmaz değerlemesine olan ilgi ve ihtiyaç son zamanlarda hızla artmaktadır. Buna karşın, taşınmaz değerlemeye ilişkin uygulamaların henüz belli bir modele oturtulamadığı; alım - satım, vergilendirilme, kamulaştırma ve arsa düzenleme gibi uygulamalar için değer tespitine yönelik bir standardın geliştirilemediği görülmektedir. Bu sorunun temel nedeni taşınmazların niteliklerini ortaya koyabilecek verilerin mekânsal referanslı olarak bir bilgi sistemi içinde değerlendirilmemiş olmasıdır. Taşınmaz değerlerinin hızlı ve doğru bir şekilde tahmin edilebilmesi için; taşınmaza ilişkin çevresel, yasal ve teknik bilgiler ile taşınmazın konumuna bağlı bilgilerine kolaylıkla erişebileceği, sorgulama ve analiz yapabileceği bir Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) oluşturulması gerekir. CBS verilerin belirli standartlarda toplanması, analiz edilmesi, sorgulanması ve kullanıcıya sunulması günümüzde oldukça etkin olarak kullanılan bir teknolojidir.

Bu çalışmada ilk olarak en çok tercih edilen taşınmaz değerleme yöntemleri (gelir, iskontolu nakit akış, maliyet, likidasyon, kalıntı, hedef (ağaç), puanlama ve stokastik yöntemler) incelenmiştir. Yöntemler arasındaki farklar ortaya konularak puanlama yöntemi ile bir taşınmaz değerleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Puanlama yönteminde taşınmazın değerine etki eden başlıca faktörler belirlenip ağırlıklandırılır. Taşınmaz değerine etki eden ve Türkiye genelinde anketlerle belirlenen faktörlerin ağırlık katsayıları hesaplanarak tahmini değerler belirlenir. Bu çalışmada test işlemleri Mardin ili Midyat ilçesi Bahçelievler mahallesinde belirlenen 324 adet yapısız parsel için yapılmıştır. CBS araçları sayesinde taşınmazlara ilişkin bakı, parsel şekli, kamu hizmetlerinden faydalanma, eğim, gürültü kirliliği, eğitim kurumlarına uzaklık, sağlık ve yeşil alanlarına olan mesafeleri gibi veriler öznitelikler olarak yapılandırılmıştır. Bölgedeki taşınmazların değerlerini belirlemek için kullanılan öznitelik verileri faktörler ve etki değerleri ile desteklenerek bölgenin taşınmaz değerleme haritası oluşturulmuştur. Her bir faktörün taşınmazın değeri üzerindeki etkileri ayrı ayrı incelenerek sonuçlar elde edilmiştir. Oluşturulan taşınmaz değerleme haritası ile birlikte taşınmazların alıcı satıcıları daha doğru kararlar alabileceklerdir. Her ne kadar kesin değer olmazsa da taşınmaza ait tespit edilen özellikler ve tahmini değer sayesinde kişilerin doğru kararlar almasına yardımcı olacaktır.

Anahtar Sözcükler: CBS, puanlama, taşınmaz değerleme

ABSTRACT

USE OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS IN REAL ESTATE APPRAISAL: MARDIN MIDYAT EXAMPLE

Real estates have significant effects on human life sociologically and economically. In Turkey, attention to real estate appraisal is increasing rapidly due to the need to determine the land value. However, it has been seen that the implementations related to real estate appraisal have not worked in accordance with a certain model. In other words, there is no standard for purchase and sale, taxation, expropriation and land management. The main reason for the problem is that the data revealing the nature of the real estates has not been handled yet within the spatial information system. For the fast and accurate estimation of their prices, a Geographical Information System (GIS), which is used for analyzing and searching environmental, legal and technical information related to real estate, should be created. Nowadays, GIS is a very effective technology used for collecting, analyzing, searching and providing data in a certain standard.

In this study, the most preferred methods used for real estate appraisal were examined at first. They are called income, discounted cash flow, cost, liquidation, remnant, goal (tree), rating and stochastic methods. After examining the differences between the methods, it was decided to use the rating method in the implementation of the valuation process. The rating method is based on identifying and weighting the major factors that affect the price of real estate. The weight coefficients are calculated by the data obtained from the surveys. In this study, test process was conducted for 324 parcels located in Mardin Province, Midyat County, Bahçelievler District. Thanks to GIS tools, the several attributes for the parcels are configured as the data: i.e. its shape, usage of public service, slope, noise pollution, and distance to educations, health institutions and to green areas. The real estate appraisal maps of the region was created by supporting the attribute values along with the weight coefficients used to determine the values of the parcels in the region. The results were analyzed for the each factor affecting price of estate. The buyers and sellers of real estates can make more accurate decision thanks to the estate valuation maps. These will help people to make more accurate decisions when they buy or sell, even if the real estate prices are not precise.

Keywords: GIS, rating, real estate appraisal

1. GİRİŞ

Bilişim teknolojileri alanındaki hızlı gelişmeler, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve uygulama alanları üzerine yeni ve önemli çalışmaların yapılmasına imkân sağlamaktadır. CBS; sosyal, ekonomik, çevresel vb. karmaşık sorunlarının çözümüne yönelik mekâna/konuma dayalı karar verme süreçlerinde kullanıcılara yardımcı olan büyük hacimli coğrafi verilerin; toplanması, depolanması, işlenmesi, yönetimi, analizi, sorgulanması ve sunulması fonksiyonlarını yerine getiren donanım, yazılım, personel, veri ve yöntem bileşenlerinin bütününü ifade eder. CBS, taşınmazlara ilişkin coğrafi veri tabanlarının oluşturulması, çeşitli kaynaklarından toplanan verilerin coğrafi entegrasyonunun sağlanması ve taşınmaz değerinin belirlenmesi üzerine yeni bakış açıları oluşturmaktadır. Bu kapsamda günümüzde taşınmaz değerleme işlemlerinde CBS kullanımı hızla artmaktadır.

Gelişen ve gelişmekte olan ülke ekonomilerinde taşınmazların değerinin belirlenmesi son yıllarda büyük önem kazanmıştır. Taşınmaz değerlerinin nesnel ölçütlere bağlı, doğru ve güvenli olarak belirlenmesi taşınmaz sahipleri, satıcıları ve alıcıları ilgilendirir. Ayrıca ülke ekonomisinin gelişmesine önemli katkılar sağlar (Açlar ve Çağdaş 2002). Taşınmazın değerini tahmin etmek için değer oluşumuna etki eden tüm faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekir. Farklı özelliklerdeki taşınmazların değerine etki eden faktörler ve bunların etki değerleri değişebilir (Steudler vd. 2004, Erdem ve Çete 2015). Taşınmaz değerine etki eden temel faktörler; taşınmazın kullanım amacı, mahallî özellikleri, mevzi özellikleri, konumu ve yasal durumu olarak sıralanabilir. Bir taşınmaz için bu faktörlerin herhangi birinde olabilecek değişimler taşınmazın değerini arttırabilir ya da azaltabilir. Taşınmazların değeri, insan ihtiyaçlarını karşılamak için alış veriş yapma olanağı sunan ve değişim aracı olarak kullanılan para ile ölçülmektedir.

1.1 Taşınmaz Değerlemesi ve Değerleme Yöntemleri

Taşınmaz değerlerini saptamak için pek çok yöntem kullanılsa da en çok bilinen yöntemler; karşılaştırma, gelir, maliyet ve puanlama yöntemleridir. Değerleme için seçilecek yöntem, değeri saptanacak taşınmazın konumuna ve taşınmaz piyasasının egemen alışkanlıklarına göre belirlenir. Üzerinde yapı bulunan ya da bulunmayan imar parselleri için en açık ve inandırıcı değer saptama, sürüm değerleri yardımı ile olur (Deveci ve Yılmaz, 2009).

Karşılaştırma yöntemi, elde yeteri derecede emsal değer bulunduğunda karşılaştırma yöntemi en ideal yöntemdir. Yöntem benzer özellikli taşınmazların kıyaslanması esasına dayanır. Bu yöntemin ön koşulu karşılaştırılabilir taşınmazlar için güvenli sürüm değerlerinin var olmasıdır. Genellikle arsa ve arazi değerlendirilmesinde tercih edilen bir yöntemdir. Yapılı bir taşınmazın parselinin boyutları, derinliği, plan şekli, kentsel işlevi, yapılanma koşulları, alanı, kültürel donatılardan ve ulaşım olanaklarından yararlanma durumu, üzerindeki tüm hak ve yükümlülükler vb. zemine ilişkin yapıların türü, tarzı, tasarımı, donanımı, büyüklüğü, yaşı, güncel durumu vb. de yapıya ilişkin nitelik ve öznitelikleridir. Bunlardan kentsel işlev, yapılanma koşulları gibi genel özellikler nitelik, topoğrafik yapı, taşınmaz üzerindeki tüm hak ve kısıtlıklar, manzara gibi taşınmazın diğer taşınmazlardan farklı, belirgin özellikleri ise öznitelik sayılır (Açlar ve Çağdaş 2002).

Taşınmazların değeri yalnızca getirecekleri gelire göre saptanabiliyorsa sürüm bedellerinin bulunması için gelir yönteminin uygulanması kuraldır. Gelir yöntemi ile üzerinde yapı bulunan bir taşınmazın değerinin belirlenmesinde ölçüt, elde edilebilecek net gelirdir. Bu net gelir, yapıya ilişkin diğer yapısal tesisler ve arsa payından oluşur. Arsanın sürekli olarak kullanılma olasılığına karşın, bir yapının kullanılma süresi sınırlıdır. Bu nedenle net gelirin parasal karşılığının saptanmasında arsa, yapı ve yapıya ilişkin diğer yapısal tesislerin değerleri ayrı kısımlarda belirlenir (Almy, 2014; Fernandez, 2007; Yalçın, 2007; Gültekin, 2007).

Maliyet yöntemi, otel, fabrika, sanayi sitesi, iş hanı, yönetsel yapılar ya da bahçeli ev gibi üzerinde yapı bulunan ve kira gelirleri bilinmeyen yapılı taşınmazların değerlemesinde kullanılabilir. Yönteminin temelini kesin değere taşınmazın değer saptama tarihindeki maliyet bedeline yaklaşma oluşturur. Bu değer, yapı değeri, dış tesis, özel işletme donatıları ve arsa değerlerinden oluşur. Arsa değeri kural olarak gelir yönteminde olduğu gibi fiyatların karşılaştırılması ile belirlenir. Yapı değeri ise, yapı, dış tesisler ve özel işletme donatılarının değerleme günündeki niteliklerine göre saptanan değerleri toplamıdır. Bu değer; yeni maliyet değerinden fiziksel, fonksiyonel ve çevresel etmenlerin değer azaltıcı etkileri çıkarılarak hesaplanır (Yetkin ve Eroğlu, 2009; SPK, 2006).

İskontolu nakit akış yöntemi, genel anlamda klasik gelir yönteminde, iskontolu nakit akışına bağlı bir "Nakit Değer Formülü" uyarlamasıdır (Nişancı, 2005).

$$D_g = \frac{G_{n_1}}{q} + \frac{G_{n_2}}{q^2} + \frac{G_{n_3}}{q^3} + \cdots + \frac{D_b}{q^n} \qquad (1)$$

Formülde,

D_g : Nakit gelir değeri

D_b : Bakiye değeri

G_n : Net gelir

P : Taşınmaza özgü faiz oranı q: Faiz faktörü (1+p/100)'dir.

Terimler sırasıyla birinci, ikinci, üçüncü yıl iskonto edilmiş net gelirleri, son terim ise tüm gözlem zaman için bakiyenin iskonto edilmiş değeridir. (p) Alman Değerleme Tüzüğü'ne göre gelir yönteminde kullanılan taşınmaza özgü faiz oranıdır.

Likidasyon yöntemi, üzerinde bina ve tesisler bulunan bir taşınmazın yıllık net getirisinin, zemin değerinin yıllık faiz getirisinden küçük ya da zemin değerinin yıllık faiz getirisine eşit olduğu durumlarda kullanılır. Böyle durumlarda zemin değeri, yıkma, temizleme, düzenleme giderleri belirlenerek düzeltilir ve gelir olarak kullanılır.

Taşınmaz zemin değerlerinin var olan güvenli ve kesin normal alım-satım ya da sürüm değerlerinden yararlanılarak saptanması gerekiyorsa kalıntı yöntemine başvurulur. Değer saptama anında alım satım ya da sürüm değerlerinden tüm giderler toplamı düşülür. Sonuç yatırımcı için kuramsal yönden kabul edilebilir bir arsa değeri olmalıdır.

Erek ağaç yöntemi, kesin fiyatlarla karşılaştırma yönteminin özel bir uygulama şeklidir. Bu yöntemle ilgili Weib "Grundstucksbewertung" adlı yayınında, "Erek ağaç ya da karar verme ağacı adıyla tanınan bu yönteme, değeri saptanan ve emsal taşınmazlar arasında bir geçiş sağlar" demektedir. Gerçekten bir erek ağaç değerleme uzmanınca değer biçeceği taşınmazın özelliğine göre geliştirilmelidir. Kısacası uzman, erek ağacı kendi kendine tasarlar ve tasarımda ağacın yapısını, yatay ve düşey yönlerde dallandırılmasını istediği gibi seçebilir.

Puanlama yöntemi, değerleme çalışmalarında temelde statik değerler, yani belli bir tarihteki sürüm değerleri kullanılmakta ve bu değerler çeşitli ekonomik parametrelerde değerleme gününe dönüştürülmektedir. Ancak böylesi bir güncelleme, makroekonomik değişkenlerin yerel taşınmaz piyasası koşullarıyla tamamen örtüşmemesi nedeniyle çeşitli sakıncalar doğurabilir. Bazı yasalarımız, vergi ya da harç bedellerinin hesaplanmasında, taşınmaz rayiçlerinin güncellenmesi için yeniden değerleme oranının kullanılmasını öngörmektedir. Taşınmazlardaki net değer artışının yeniden değerleme oranında gerçekleştireceğini öngören bu anlayış, özellikle 2002 yılında emlak vergi değerlerinin kimi kent kesimlerinde çok büyük değerlere ulaşmasına ve bildirge değeri düşük gösterilen taşınmaz değerleriyle büyük saptamalar göstermesine neden olmuştur. Vatandaşların yoğun tepkisini çeken bu uygulama, yapılan düzenlemelere vergi tutarının, kıymet takdir komisyonlarınca saptanacak vergi değerleri üzerinden alınması yönünde değiştirilmiştir (Dugan, 1999).

Taşınmazın değerinin saptanmasında istatistik araştırmaların birimini, aralarında işlevsel bağımlılıklar bulunmayan tesadüfi değişkenler oluşturur. Bu nedenle de değişkenlerin birinden yararlanarak diğerleri için matematiksel bağıntılar kurma olanağı zayıftır. Buna karşın bir küme oluşturan taşınmaz değerleri arasında bazen tesadüfi bağımlılıklar olabilir. Değerler arasındaki böyle bağımlılıklara stokastik bağımlılık denir. Stokastik kelimesi olasılık ve istatistikten oluşur. Stokastik değerlendirme yöntemleri;

- ✓ Nominal Değerlendirme Yöntemi,
- ✓ Regresyon Yöntemi,
- ✓ Lineerleştirme,
- ✓ Matris Yöntemi

olmak üzere elde edilen veri kümelerinin değişik özellikleri dikkate alınarak çözümlenmesi ilkesinden hareket etmektedir.

2. ÇALIŞMA BÖLGESİ

Bu çalışmada Mardin ili Midyat ilçesi, Bahçelievler mahallesindeki 324 adet yapısız parselin, taşınmaz değer haritası Puanlama Yöntemi ile belirlenmiştir. Parsellerin CBS ile entegrasyonu, ESRI firmasının Arcmap yazılımı kullanılarak sağlanmıştır. Coğrafi Bilgi Sisteminde depolanan veriler üzerinde konuma dayalı kararlar verebilmek için coğrafi verinin sorgulanması, görüntülenmesi analizler ile yapılmıştır. Parsel değerine etki eden faktörleri Puanlama Yöntemi ile "değer" verilmiş olup belirlenen faktörlerin ağırlıklarıyla taşınmazların değer haritası oluşturulmuştur.

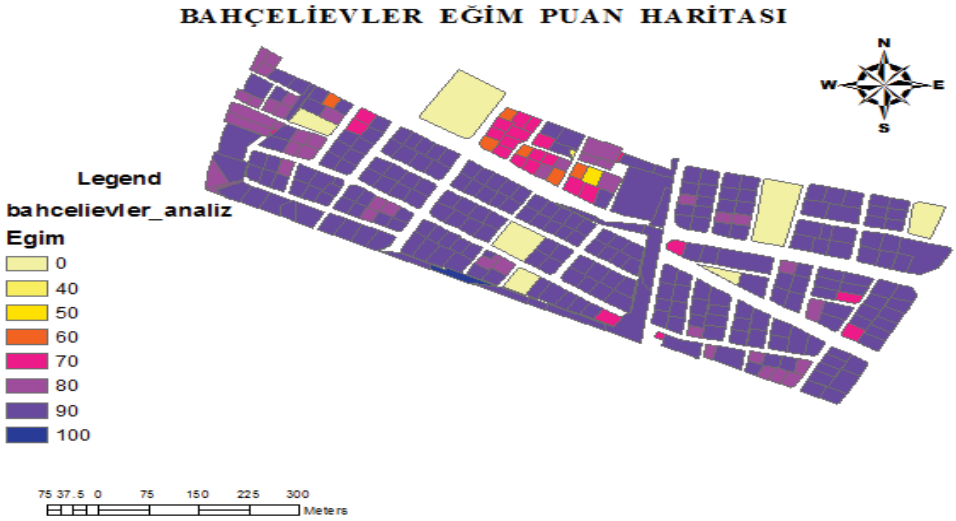
Yapısız parsellere etkiyen faktörleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

a) Eğim

İmar parselinde eğimin fazla olması inşaat maliyetini yükseltmektedir. Çok eğimli parsellerde fazla kazı yapılması, zemin kaymasının önlenmesi için istinat ve iksa duvarlarının yapılması zorunluluğu maliyet artırıcı unsurların başında sayılabilir. Ayrıca eğimin fazla olduğu parsellere altyapı hizmetlerinin (su, kanalizasyon hizmetlerinin) götürülmesi oldukça zahmetli ve maliyet artırıcı nedendir (Yalın, 2005).

Çizelge 1. Belli eğim değişimlerine puanlama yapılmış olup eğim faktör ağırlığı %61 olarak alınmıştır.

% Eğim	Puan	% Eğim	Puan
0-3	100	10-12	60
3-5	90	12-15	50
5-7	80	15-20	40
7-10	70	20+	0

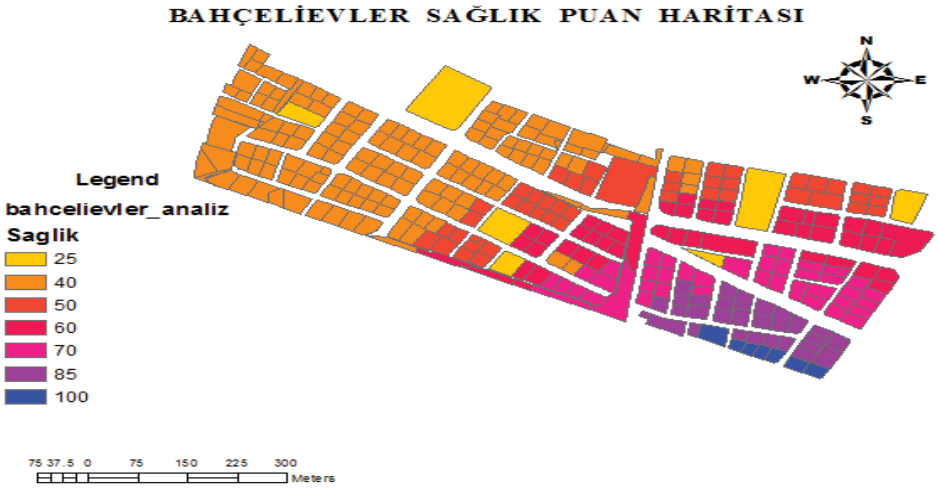


Şekil 1. Puanlama yöntemine göre eğim haritası.

b) Sağlık

Çizelge 2. Taşınmazların hastane ve sağlık ocaklarına olan mesafeler puanlandırılmış olup faktör ağırlığı %61 olarak alınmıştır.

Mesafe	Puan	Mesafe	Puan
0-100	100	400-500	50
100-200	85	500-600	40
200-300	70	600>	25
300-400	60		



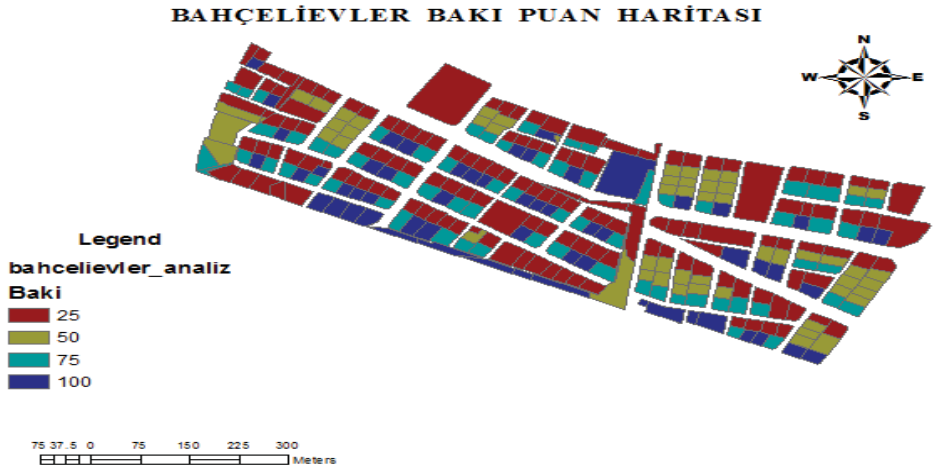
Şekil 2. Puanlama yöntemine göre sağlık haritası.

c) Bakı

Genellikle parselin güney cephesine eğimli olması, güneş ışınlarından daha iyi faydalandığı için olumlu bir faktördür. Birden fazla cepheli parsellerde en geniş yol cephesi baz alınmıştır.

Çizelge 3. Taşınmazların en geniş yola göre yönleri belirlenerek puanlandırılmış, faktör ağırlığı %85 alınmıştır.

Yönler	Puan	Yönler	Puan
Güney	100	Doğu	50
Güneydoğu	75	Kuzeydoğu	25
Güneybatı	75	Kuzeybatı	25
Batı	50	Kuzey	25



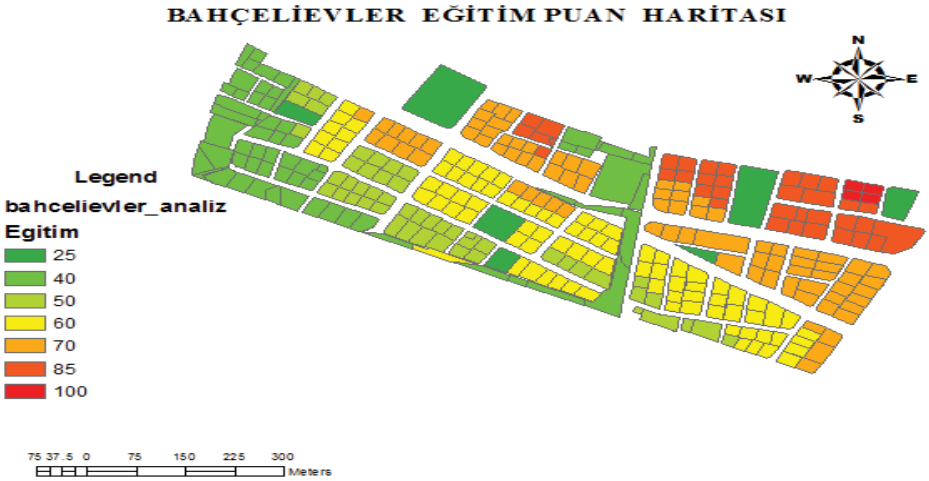
Şekil 3. Puanlama yöntemine göre bakı haritası.

d) Eğitim

İmar parsellerinin eğitim kurumlarına olan uzaklığının artması değeri olumsuz yönde etkilemektedir. Dolayısıyla parselin bu kurumlara olan uzaklığı ile değeri arasında ters bir orantı mevcuttur (Yomralıoğlu, 1997).

Çizelge 4. Taşınmazların okullara olan mesafeler puanlandırılmış olup faktör ağırlığı %64 olarak alınmıştır.

Mesafe	Puan	Mesafe	Puan
0-100	100	400-500	50
100-200	85	500-600	40
200-300	70	600>	25
300-400	60		

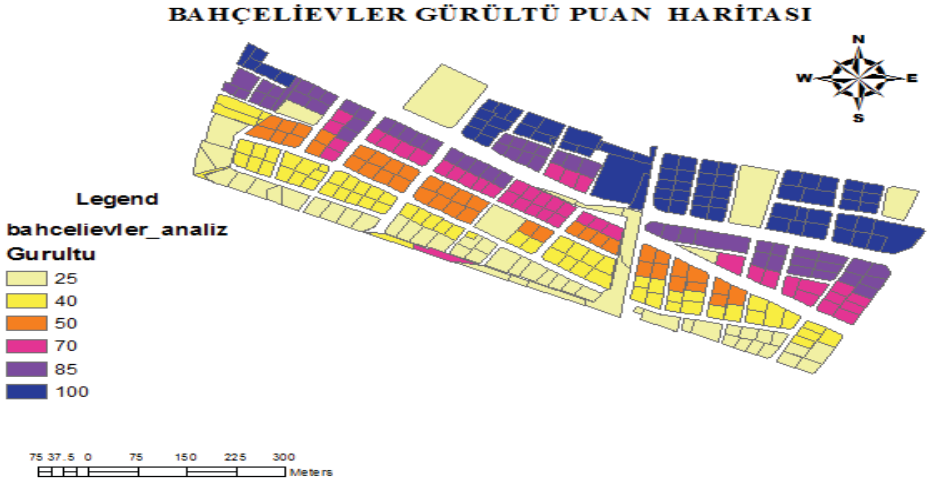


Şekil 4. Puanlama yöntemine göre eğitim haritası.

e) Gürültü

Çizelge 5. Taşınmazların ana yollara olan mesafeleri ters orantı şeklinde puanlandırılmış olup faktör ağırlığı %66 olarak alınmıştır.

Mesafe(m)	Puan	Mesafe(m)	Puan
0-50	25	200-250	70
50-100	40	250-300	85
100-150	50	300-300>	100
150-200	60		



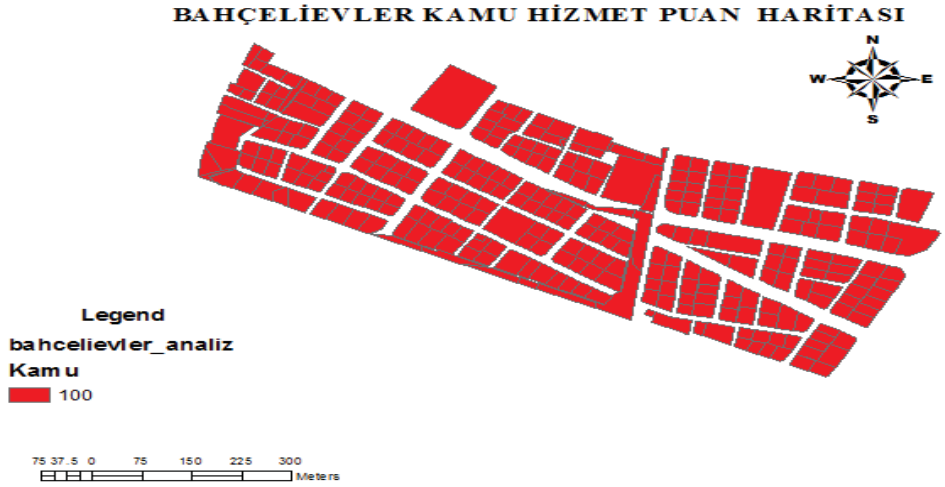
Şekil 5. Puanlama yöntemine göre gürültü haritası.

f) Kamu hizmetlerinden faydalanma

İmar parseli tanımının yapılabilmesi, parselin altyapı tesislerine bağlantısının olması ile mümkündür.

Çizelge 6. Taşınmazların kamu hizmetlerinden faydalanması şeklinde puanlandırılmış olup faktör ağırlığı %88 olarak alınmıştır.

Hizmet	Var(100)	Yok(0)	Hizmet	Var(100)	Yok(0)
elektrik	100		Doğalgaz	100	
su	100		Telefon	100	
Kanalizasyon	100		Toplam	500	



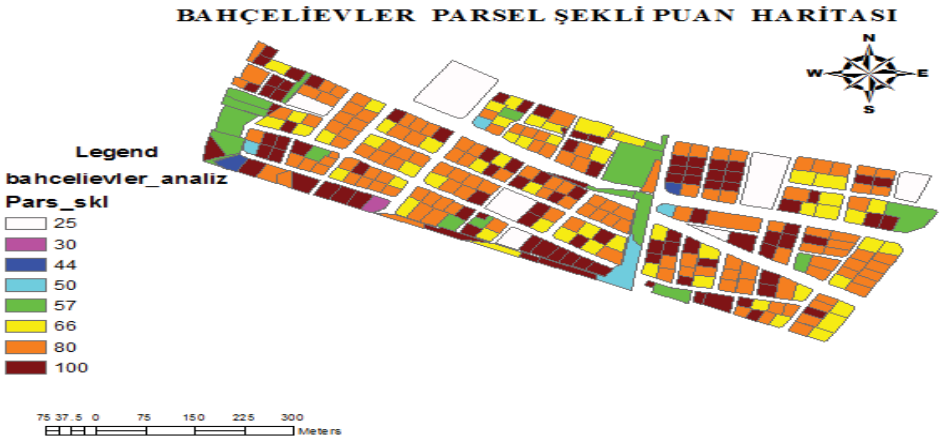
Şekil 6. Puanlama yöntemine göre kamu hizmet haritası.

g) Parsel Şekli

Parsel alanı ile imar verilerine göre üzerine yapılacak tesisin alanı doğru orantılıdır. Uygulama alanındaki parsellerin alansal büyüklükleri yapılaşma koşullarına uygun biçimde tasarlanmalıdır. Parsel şekli, parsel köşe sayısı ve parsel sınırlarındaki kırıklık açıları ile ilgilidir. Birbirine yakın noktalarda aradaki açının küçük olması parsel biçimini fazla etkilemez. Ancak parsel şeklinin değere etkisi ifade edilirken genelde köşe sayısı ile ilgili olarak iç açıları toplamına bağlı matematiksel bağıntılardan yararlanılır (Yomralıoğlu 1997).

Çizelge 7. Faktör ağırlığı %70 alınmıştır.

V(ps)	parsel şekli için değer puanı
k	parsel köşe sayısı
V(ps)	(1/k)x400

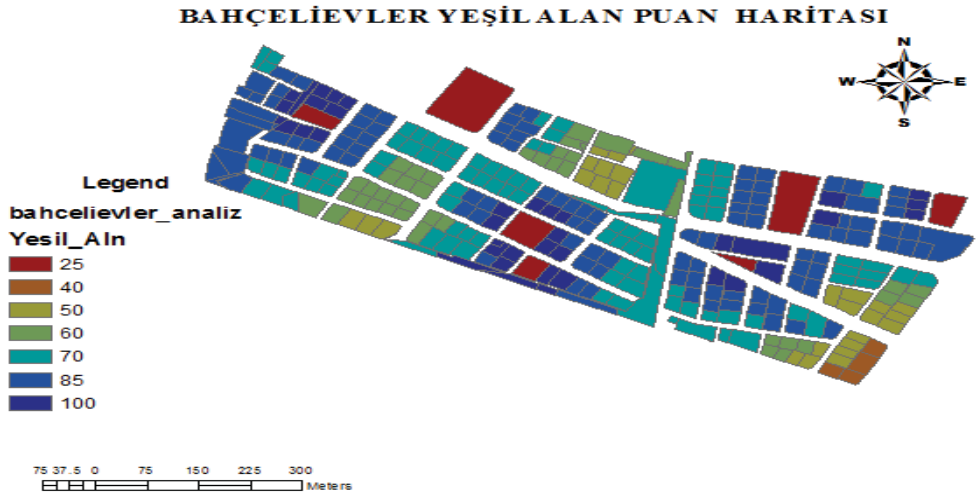


Şekil 7. Puanlama yöntemine göre parsel şekli haritası.

h) Yeşil Alana Yakınlık

Çizelge 8. Taşınmazların parka olan mesafelerine göre puanlandırılmış olup faktör ağırlığı %58 olarak alınmıştır.

Mesafe(m)	Puan	Mesafe(m)	Puan
0-50	100	200-250	50
50-100	85	250-300	40
100-150	70	300-300>	25
150-200	60		

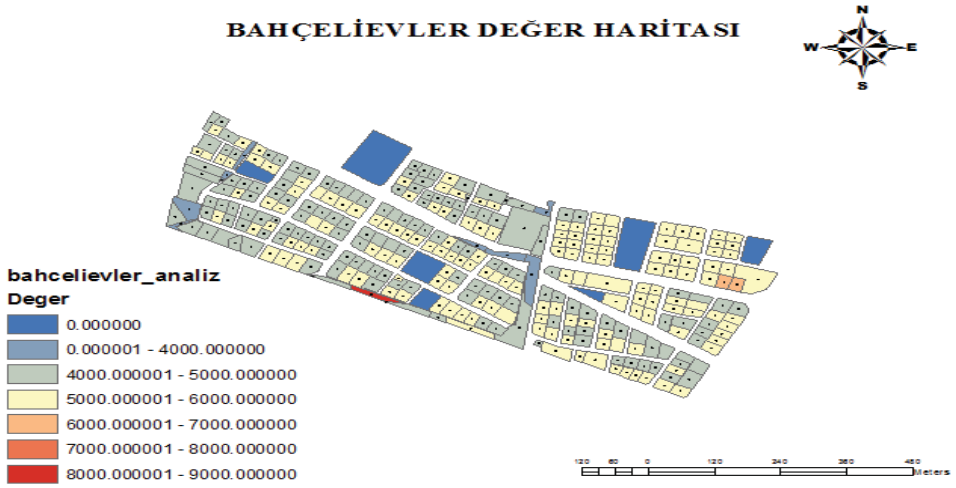


Şekil 8. Puanlama yöntemine göre yeşil alan haritası.

i) İmar Durumu

Çizelge 9. Taşınmazların imar planına göre verilen kat sayısına baz alınarak puanlandırma yapılmış olup, faktör ağırlığı %81 olarak belirlenmiştir.

KAKS/TAKS	PUAN	KAKS/TAKS	PUAN
5	100	2	40
4	80	1	20
3	60		



Şekil 9. Puanlama yöntemine göre faktör ağırlıklarıyla oluşturulan taşınmaz değer haritası.

$$Parsel\ değeri\ =\ (\ Eğim\ Puanı\ x\ 0.61 + Kamu\ Hizmetlerinden\ ve\ Altyapı\ Tesislerinden\ Yararlanma\ Puanı\ x\ 0.88 + Sağlık\ Puanı\ x\ 0.61\ +\ Bakı\ Puanı\ x\ 0.85\ +\ Eğitim\ Puanı\ x\ 0.64 + Gürültü\ Puanı\ x\ 0.66\ +\ Mevcut\ İmar\ Planı\ x\ 0.81 + Parsel\ şekli\ puan\ x\ 0.70 + Yeşil\ alan\ puan\ x\ 0.58)\ /\ 9 \quad (2)$$

Bağıntısı ile parsellerin sahip oldukları değer puanları 100 üzerinden hesaplanmıştır.

3. SONUÇLAR

Geçmişten günümüze kadar taşınmaz alım satımı insanlar için önemli bir yere sahip olmuştur. Dolayısıyla bu süreçte taşınmazların doğru ve kolay bir şekilde değerin belirlenmesi zorunlu bir ihtiyaç hâline gelmiştir. Çünkü insanlar sahip oldukları taşınmazların her zaman gerçek değerini bilmek isterler. Taşınmazların değerinin doğru ve kolay bir şekilde belirlenmesi alıcı-satıcının yanında ülke ekonomisi için de büyük bir öneme sahiptir. Bu bağlamda taşınmaz değerlemesi için en uygun yöntem belirlendikten sonra taşınmaza ilişkin her türlü yasal, teknik, konumsal vb. özelliklerin rahat ve kolay bir şekilde sorgulayabilecek bir sistemin olması birçok kolaylığı beraberinde getirecektir. Ülkemizde taşınmaz değerlemesini sorgulama-analiz etmeye yönelik henüz bir sistemi mevcut değildir. Coğrafi bilgi sistemleri ile bu ihtiyacın giderilebileceği düşünülmektedir. Bu nedenle taşınmaz değerlemesi CBS ile ilişkilendirilmiştir. Ülke genelinde taşınmaz değerleme yöntemlerinde belli bir standart ve uygulama birliğin sağlanması hâlinde CBS daha rahat ilişkilendirilip doğru sonuçlara varılacaktır.

KAYNAKLAR

Açlar, A. ve Çagdas, V., 2002. "Tasınmaz (Gayrimenkul) Degerlemesi ", Birinci Baskı, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ankara.

Steudler, D., Rajabifard, A. and Williamson, I. P., 2004. Evaluation of Land Administration Systems. *Land Use Policy*, 21(4): 371–380.

Erdem, N. ve Çete, M. 2015. An Approach for Re-Engineering Organizational Structure of Real Estate Valuation System in Turkey, *FIG Working Week 2015*, Sofia, Bulgaria.

Deveci, E. ve Yılmaz İ., 2009. "Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Taşınmaz Mal Değerlemesi: Afyonkarahisar İl Merkez Öı

Almy, R., 2014. "Valuation and Assessment of Immovable Property." *OECD Working Papers on Fiscal*

Fernandez, P., 2007. "Company valuation methods. The most common errors in valuations. " IESE Business School, *449*.

Nişancı, R., 2005. "Coğrafi Bilgi Sistmeleri ile Nominal Değerleme Yöntemine Dayalı Piksel Tabanlı Kentsel Taşınmaz Değer Haritalarının Üretilmesi", Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Yetkin, F ve Eroğlu, E., 2009. *Proje Değerlemesi: Örnek Uygulamalar İle Gayrimenkul Değerlemesi.* Ġstanbul. Creative yayıncılık.

Dugan, John W., 1999. "*Real estate appraisal method and device for standardizing real property marketing analysis by using pre-adjusted appraised comparable sales*. " U.S. Patent, 5:857-174.

Yalçın, A., 2007. *Gayrimenkul Değerleme Uzmanlığı: Lisanslama Sınavlarına Hazırlık*. Ġstanbul. Geçit Kitabevi.

Yalın, S.D., 2005. Kentsel ve Kırsal Alanda Taşınmaz Değerlemesi ders notları, İstanbul

Yomralıoğlu T., 1997. "Taşınmazların Değerlendirilmesi ve Kat Mülkiyeti Mevzuatı", JEFOD-Kentsel Alan Düzenlemelerinde İmar Planı Uygulama

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6166

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ TABANLI KAVRAMSAL AYLIK YAĞIŞ-AKIŞ MODELİ

Kader BENLİ[1], Okan FISTIKOĞLU[2]

[1]Çev., Müh.,Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidrolik, Hidroloji ve Su Kaynakları Anabilim Dalı, 35160, Tınaztepe, İzmir, kaderbenli48@gmail.com

2Doç. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidrolik, Hidroloji ve Su Kaynakları Anabilim Dalı, 35160, Tınaztepe, İzmir, okan.fistikoglu@deu.edu.tr

ÖZET

Aylık yağış-akış modelleri, su kaynakları ile ilgili planlama çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Aylık yağış girdisini aylık akış çıktısına dönüştüren bu modeller, genellikle havza ortalama değerleriyle çalışan ortalanmış model yapısına sahiptirler. Ortalanmış modeller, havza karakteristiklerinin alansal değişkenliklerini dikkate almazlar. Ancak su kütlesi ve/veya alt havza esaslı planlama çalışmalarında, havzaların arazi kullanımı, toprak özellikleri ve jeolojik özellikleri gibi alansal değişim gösteren fiziksel unsurlarının alansal değişimleri ile birlikte ele alınmaları gerekmektedir. Bu amaçla literatürde birçok ortalanmış model geliştirilmiş ve bu modeller CBS araçları ile entegre edilerek planlama çalışmalarında kullanılır hâle getirilmiştir.

Sunulan bu çalışmada, havzaların arazi kullanımları, toprak yapısı ve jeolojik özeliklerini esas alan 5 parametreli ortalanmış aylık yağış-akış modeli, raster katmanlar üzerinde çalışan ve bu sayede model parametrelerinin alansal değişkenliklerini dikkate alabilen şekle dönüştürülmüştür. Geliştirilmiş model, CBS ile hazırlanmış hücre esaslı raster veri yapılarını kullanan, matris bazlı bir bilgisayar programı olarak tasarlanmıştır. Kullanıcı tarafından istenilen alansal çözünürlükle çalışabilecek şekilde tasarlanan model, CBS analizleri sayesinde havzaların aylık akışlarını alansal dağılımlarıyla birlikte verebilmektedir. Geliştirilen model, Gediz Havzası'nın önemli bir kolu olan Gördes Çayı üzerinde kurulan Gördes Baraj akımlarının modellenmesinde kullanılmış ve havzanın aylık su bütçesi mekânsal dağılımlarıyla birlikte belirlenmiştir. İzmir kentinin önemli bir içme suyu kaynağı olan Gördes Baraj Havzası'nda uygulanan bu modelin, havzadaki yayılı kirlilik kaynaklarının su kaynakları üzerindeki baskılarının da tanılanmasında kullanılabileceği gösterilmiştir.

Anahtar Sözcükler: aylık yağış akış modeli, coğrafi bilgi sistemleri (CBS), Gördes Havzası, kavramsal hidrolojik model

ABSTRACT

A GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM BASED CONCEPTUAL MONTHLY RAINFALL RUNOFF MODEL

Monthly rainfall-runoff models are frequently used in water resources planning and management. These models convert monthly rainfall values into monthly runoff series. In practice, lumped models representing average basin characteristics are commonly preferred for simplicity. However, the evaluation of the water resources require to consider the spatial and temporal variation of the basin parameters such as land use, land cover, soil structure and geology. Thus, many lumped models in the literature were integrated mainly with GIS environment to respond that requirements.

This paper presents the integration of the 5-parameter lumped monthly rainfall-runoff model to the geographical information systems. The new model considers the spatial variability of the land use, soil structure and geological formations into account. In the model, inputs and variables in a raster data structure are evaluated by raster analysis to get cell based runoff estimations. Conceptual basin processes in the model are simulated by matrix-based computer program, so that the resultant runoff values are presented in a GIS raster dataset. The result of the test implemented for Gördes basin, which is important for drinking water source of Izmir city; the GIS based 5-parameter monthly rainfall-runoff model provided the valuable runoff estimates. The model would also be beneficially used for the identification of the distributed pollution sources.

Keywords: monthly rainfall-runoff model**,** geographical ınformation systems **(**GIS), Gördes Basin, conceptual hydrologic model

1. GİRİŞ

Sonsuz olmayan fakat yenilenebilir bir doğal kaynak olan su, tüm canlılar için yaşamsal bir öneme sahiptir. Savaş senaryolarına bile konu olan su kaynakları, bir ülkenin gelişmesinde çok büyük bir rol oynamaktadır. Özellikle son yıllarda iklim değişikliği nedeniyle yaşanan su kıtlığı ya da taşkınlar birçok ülkeyi olumsuz etkilemekte ve suyun kalitesinde de hızla bozulmalara neden olmaktadır. Bu problem, sosyal ve ekonomik açıdan zincirleme olarak birçok sorunu da beraberinde getirmektedir. Bu nedenle, su kaynakların sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda korunması ve kullanılması ve gelecek nesillere aktarılması gerekmektedir (Özkan vd., 2013). Bu ise ancak sürdürülebilir su kaynakları yönetimi anlayışı ile sağlanabilmektedir.

Sürdürülebilir su kaynakları yönetimi anlayışı, bugünün hedef ve ihtiyaçlarının, gelecek kuşakların hedef ve taleplerini

tehlikeye sokmadan ve doğal kaynaktan maksimum faydayı elde etmek üzere gereken yönetim kararlarının alınmasını zorunlu kılmaktadır (Erkul ve Sarıgül, 2008). Söz konusu yönetim kararlarının sürdürülebilir olup olmadığını irdelemenin tek yolu ise, bu kararların uygulanmadan önce sınanması ile mümkündür. Kararların sınanmasında ise havza sistemini bilgisayar ortamında simüle eden hidrolojik modeller planlamacılara büyük kolaylıklar sağlamaktadır (Fıstıkoğlu, 2001).

Hidrolojik modeller, bir havzada gerçekleşen hidrolojik çevrimi kısmen ya da tamamen modelleyerek havzadaki suyun miktar ve kalitesini zaman ve mekân boyutunda simüle ederler (Bayazıt,1998). Su kalitesi, su miktarına doğrudan bağlı olduğu için hidrolojik modellerin merkezinde yağış-akış modelleri yer almaktadır (Yogesh vd., 2017). Yağış akış modelleri kapalı kutu ve kavramsal modeller olmak üzere 2'ye ayrılmaktadır. Kapalı kutu modeller, havza sisteminde yer alan sızma, zemin nemi ve evapotranspirasyon gibi hidrolojik süreçlere odaklanmadan, sadece yağışı akışa dönüştürürken; kavramsal modeller hidrolojik çevrim içindeki tüm süreçleri dikkate alarak, yağışları akışlara dönüştürmektedir (Chow vd., 1988).

Kavramsal modellerin bünyelerinde yer alan model parametreleri havzaların topoğrafyası, arazi örtüsü, toprak yapısı ve jeolojisi gibi pek çok fiziksel karakteristiği ile doğrudan ilişkilidir. Bu fiziksel karakteristikler aynı zamanda havza içerisinde alansal değişim göstermektedirler. Dolayısıyla, kavramsal modellerin performansı, parametrelerin alansal değişimlerini dikkate aldıkça artmaktadır (Bayazıt, 1998). Kavramsal modellerde, havzanın fiziksel özelliklerinin alansal değişkenliklerinin dikkate alınması konusunda Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) modelcilere büyük kolaylıklar sağlamaktadır (Singh ve Fiorentino, 1996). Vektör ya da hücre esaslı CBS analizleri ile havza özelliklerinin alansal değişimleri incelenebilmekte ve/veya kavramsal model doğrudan CBS ortamında geliştirilerek havzaya ilişkin vektör ya da hücresel katmanlar model içinde kullanılabilmektedir (Olivera vd., 2006; Güreşçi vd., 2012).

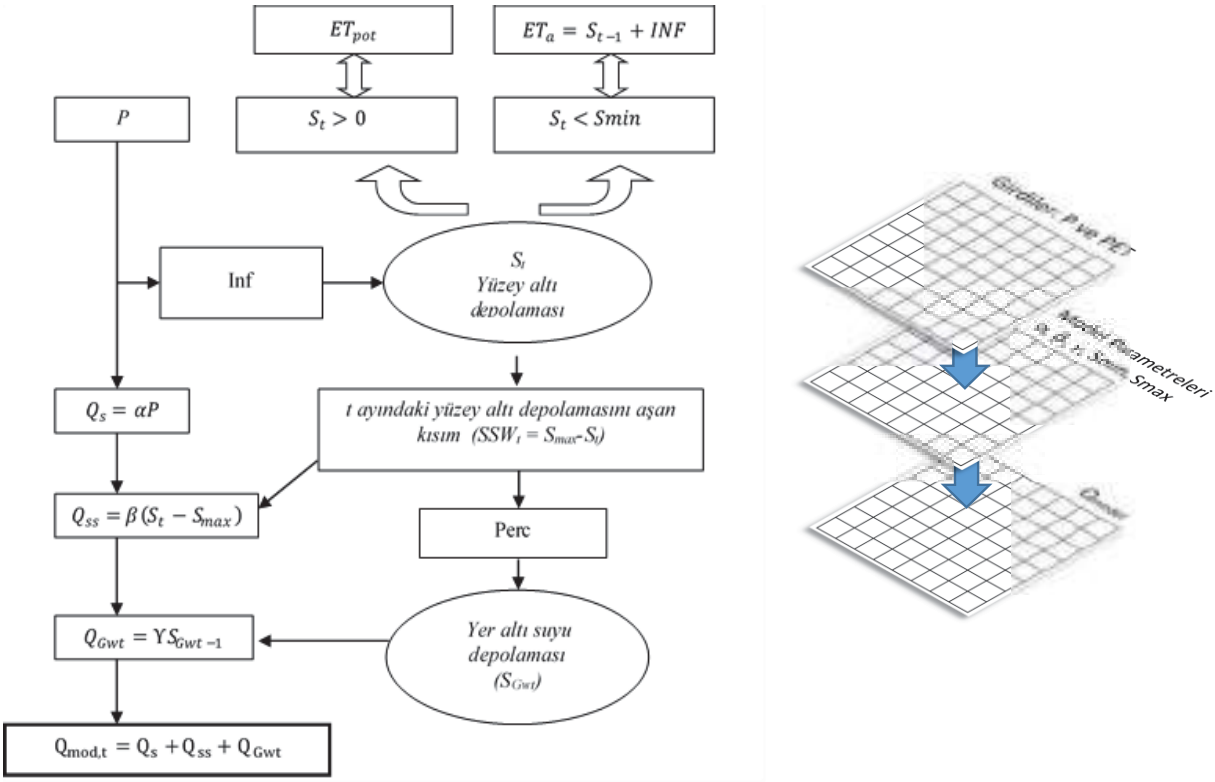
Sunulan çalışmada, ortalanmış yapıdaki 5 parametreli aylık yağış akış modeli, hücresel (raster) CBS ortamında yeniden derlenerek model hücresel tabanlı hâle dönüştürülmüştür. Modelin girdileri olan yağış ve evapotranspirasyon değerleri ile parametrelerini oluşturan arazi örtüsü, toprak yapısı ve jeolojik unsurları CBS ortamında hazırlanmış ve söz konusu bu katmanlar yeniden tasarlanan bu model ile akışlara dönüştürülmüştür. Geliştirilen model havzadaki sızma, perkolasyon, zemin nemi ve gerçek evapotranspirasyon gibi hidrolojik süreçler yanında yüzeysel, yüzey altı ve yer altı akış bileşenlerini alansal dağılımları ile birlikte verebilmektedir.

2. YÖNTEM VE UYGULAMA

Çalışmada kullanılan 5 parametreli aylık yağış akış modeli, su bütçesini esas alan parametrik ve kavramsal bir modeldir (Fıstıkoğlu ve Harmancıoğlu, 2001). Model aylık yağışı, yüzeysel, yüzey altı ve yer altı akış bileşenlerine ayırmaktadır. Modelde yüzeysel akış, aylık yağışın doğrusal bir fonksiyonu olarak tanımlanmakta, sızma ise yağış ile yüzeysel akış arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır. Sızma ile yüzey altına geçen su, yüzey altı biriktirme elemanında depolanmakta, evapotranspirasyon ve derine sızma (perkolasyon) yüzeyaltı biriktirme elemanının depolama miktarına göre hesaplanmaktadır. Yüzey altı biriktirme elemanı, gerçekte zemin nemi bölgesini ifade etmektedir. Zemin nemi depolaması maksimum depolama değeri olan tarla kapasitesi değerini aştığı zaman derine sızma (perkolasyon) ve yüzey altı akış bileşenleri ortaya çıkmaktadır. Perkolasyon yoluyla derine sızan su, yer altı biriktirme elemanında depolanmakta, bu eleman ise yine doğrusal olarak boşalarak akarsudaki baz akışı oluşturmaktadır. Çalışmada kullanılan kavramsal 5 parametreli aylık yağış-akış modelinin akış diyagramı Şekil 1'de özetlenmektedir. Modelin 5 parametresi α, β, γ, S_{min} ve S_{max}'dır. Modelde α, arazi örtüsüne bağlı akış katsayısını temsil ederken, β zemin özelliklerine bağlı zemin nemi boşalım katsayısıdır. Modelin S_{min} ve S_{max} parametreleri zemin neminin minimum ve maksimum kapasite değerleridir. Modeldeki γ ise havzanın jeolojik özelliklere bağlı tanımlanan yeraltı suyu depolaması boşalım katsayısıdır (Fıstıkoğlu, 1999; 2001).

Modelin CBS ile entegrasyonu öncesinde, model girdisi olan ve istasyon bazlı hesaplanan yağış ve evapotranspirasyon değerleri Thiessen poligonları yöntemi ile alana yayılmıştır. Böylece model girdileri, matris formda zaman serileri hâlinde saklanmaktadır.

Havzada alansal dağılım gösteren model parametreleri (α, β, γ, S_{min} ve S_{max}) ilgili CBS katmanlarından (arazi örtüsü, toprak özellikleri ve jeoloji) derlenerek hücresel (raster) veri yapısındaki parametre katmanları oluşturulmuştur. α parametresi aylık yağışı yüzeysel akışa dönüştüren parametre olduğu için bu parametre havzanın arazi kullanımı ile ilişkilendirilmiştir. β, S_{min} ve S_{max} parametreleri ise zemin nemi bölgesine ait parametreler olduğundan havzanın toprak bünyesini ifade eden toprak özellikleri ile ilişkilendirilmiştir. Modelin yer altı suyu depolamasının boşalımını ifade eden γ parametresi ise havzanın jeolojik formasyonları dikkate alınarak tanımlanmıştır. Sonuç olarak, havzanın arazi kullanımı, toprak yapısı ve hidrojeolojik özellikleri, model parametrelerinin alansal dağılımları belirlenirken ana katmanlar olarak seçilmiş ve model parametreleri bu katmanlara bağlı olarak dikkate alınmıştır. Matris formda tasarlanan model girdileri ve model parametreleri, Matlab ortamında yazılan model kodu (Şekil 1) ile birlikte çalıştırılarak modelin yine matris formdaki hidrolojik süreçleri hesaplaması sağlanmıştır.



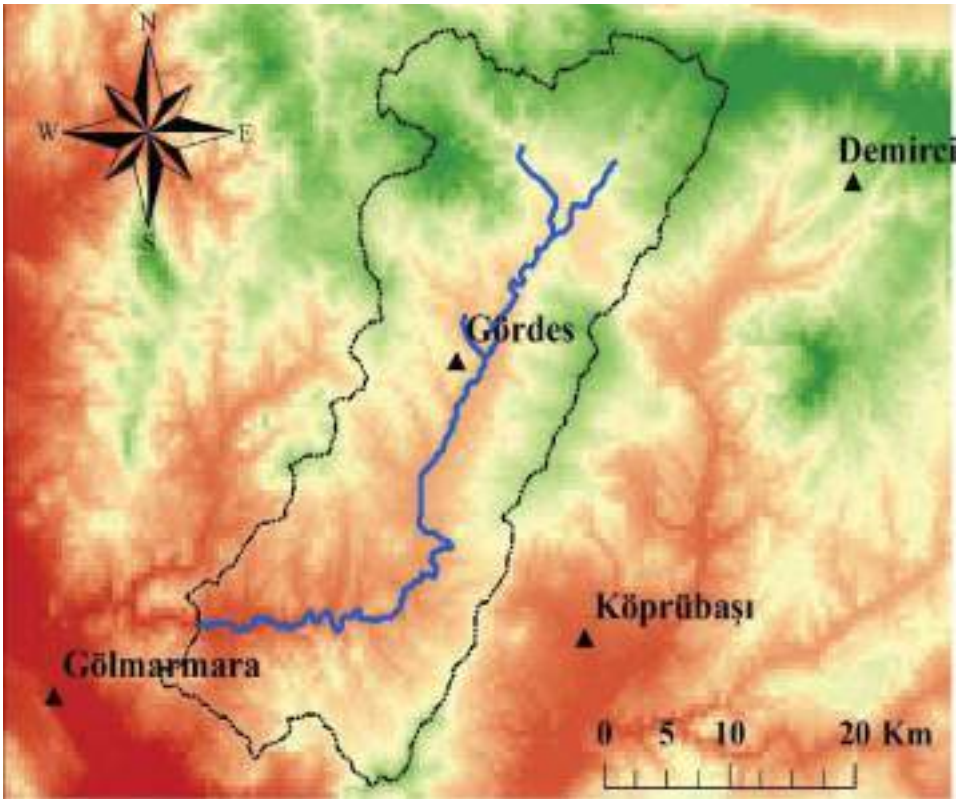
Şekil 1. 5 Parametreli aylık yağış-akış modeli akış diyagramı (Fıstıkoğlu, 1999; 2001).

Raster formda çalışan model, Gediz Havzası'nın Gördes alt havzasında uygulanmıştır. Gördes Havzası'nı da kapsayan bölgenin 1/25000 ölçekli sayısal kontur haritası kullanılarak, çalışma alanının 500m x 500m çözünürlüklü sayısal yükselti modeli elde edilmiştir (Şekil 2). Söz konusu sayısal yükselti modelinden her bir hücredeki hakim akış yönü (flowdirection) ve buna bağlı bölgenin kümülatif akım değerleri (flow accumulation) elde edilerek akarsu ağı belirlenmiştir. Gördes Barajı'nın konumu dikkate alınarak havzanın drenaj sınırları elde edilmiştir. Böylece CBS'nin hidrolojik analizleri sayesinde bölgenin sayısal yükselti modeline dayanan hidromorfolojik (havza sınırı, akarsu ağı) sayısal altlıkları elde edilmiştir.

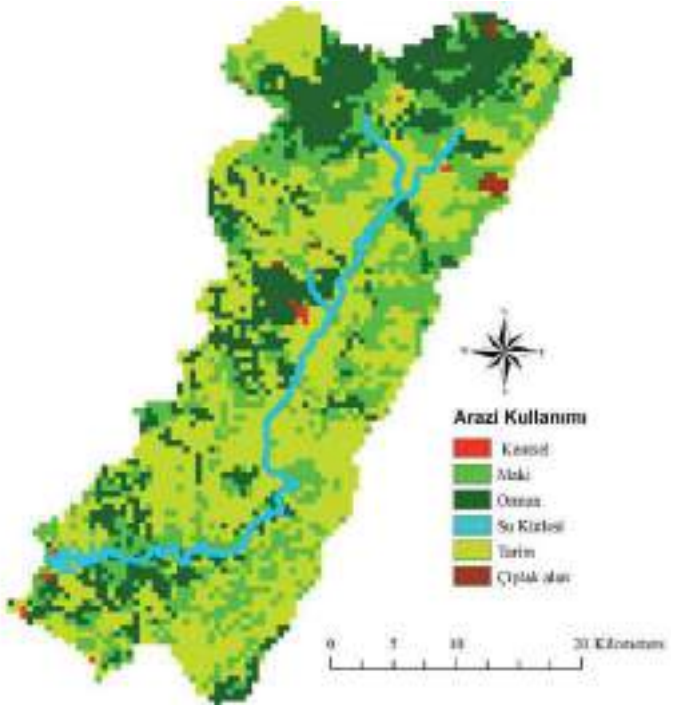
Model parametrelerine ilişkin sayısal altlıklar konusunda ülkemizde geniş kapsamlı ulusal veri tabanları bulunmamaktadır. Bu nedenle, çalışma alanının arazi kullanımı CORINE veri setinden (Şekil 3) (CORINE, 2006), toprak bünyesine ait özellikleri ise Dünya Tarım Örgütü'nün Global Soil Database (GSD) (FAO, 1992) veri tabanından (Şekil 4) elde edilmiştir. CORINE sınıflarının alansal dağılımları α parametresinin alansal dağılımı olarak dikkate alınmış; GSD veri tabanındaki bünye özellikleri ise, β, S_{min} ve S_{max} parametrelerinin alan dağılımları olarak dikkate alınmıştır. Bu parametrelere ait CBS katmanları yine aynı alan kapsamı için 500mx500m alansal çözünürlükte hazırlanmıştır.

Ülkemiz jeolojisine ilişkin kapsamlı çalışmalar MTA tarafından sürdürülmektedir. MTA tarafından hazırlanmış sayısal jeolojik haritalar pek çok çalışmada önemli bir altlık olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada da bölgenin hidrojeolojik özellikleri MTA' nın 1/100000 ölçekli haritalarından derlenmiştir (Şekil5) (MTA, 1988).

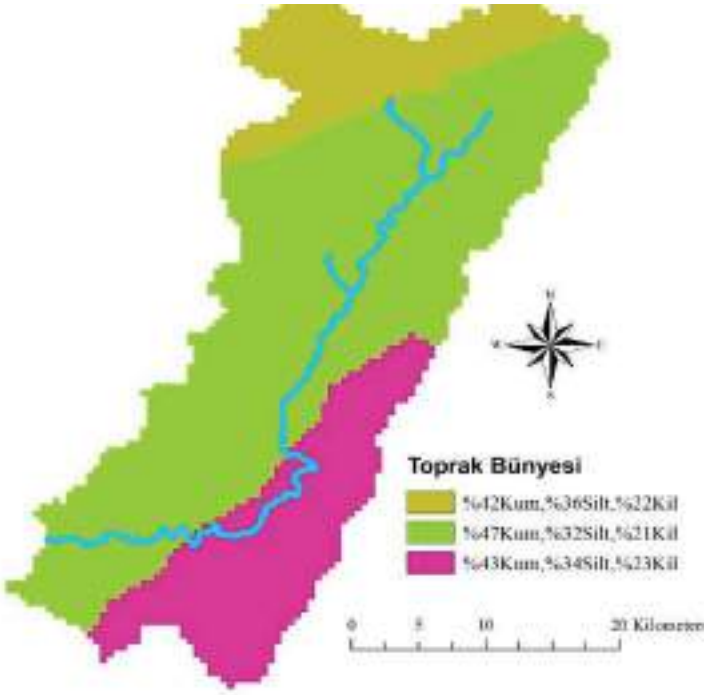
Havza çevresindeki Gördes, Gölmarmara, Demirci ve Köprübaşı meteoroloji istasyonlarının yağış ve sıcaklık kayıtları model girdisi olarak kullanılmış, havza çıkışındaki Hacıhıdır AGİ istasyonundan ise akım gözlemleri temin edilmiştir (Şekil 2). Çalışma alanının potansiyel evapotranspirasyon değerleri aylık ortalama sıcaklık ile atmosfer dışı radyasyon değerlerine dayanan Hargreaves metodu ile (Hargreaves, 1985) hesaplanmıştır. Tüm yağış ve evapotranspirasyon değerleri Thiessen poligonları yöntemi ile hücre esaslı alansal zaman serileri hâline dönüştürülmüştür.



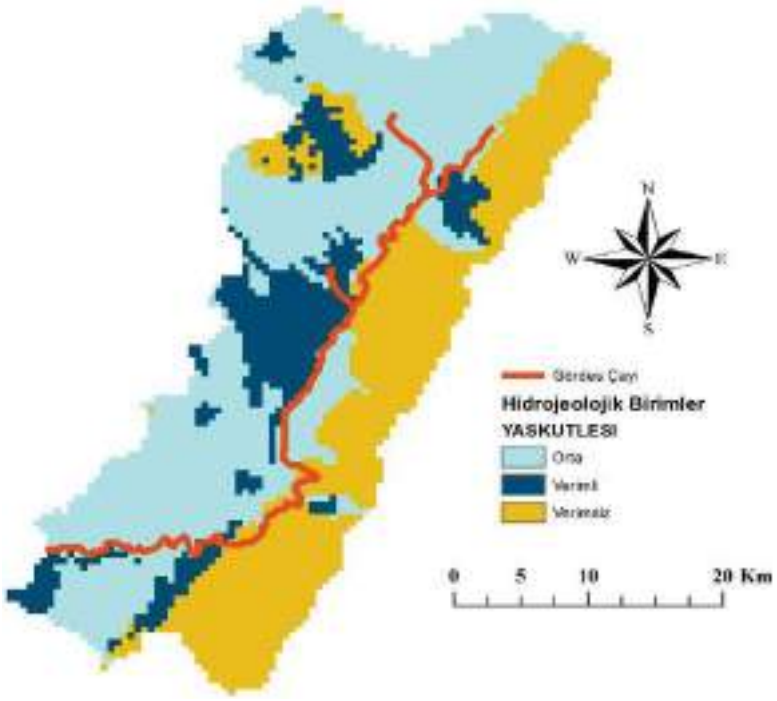
Şekil 2. Gördes Havzası 500mx500m çözünürlüklü sayısal yükselti modeli, akarsu ağı ve çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonları.



Şekil 3. Gördes Havzası CORINE arazi sınıfları.



Şekil 4. Gördes Havzası GSD toprak bünyesi dağılımı.



Şekil 5. Gördes Havzası'ndaki hidrojeolojik birimlerin dağılımı.

Şekil 1'de verilen akış diyagramına uygun olarak, hücre esaslı hâle dönüştürülen hidrolojik model, Matlab ortamında matris formunda çalışabilecek şekilde kodlanmıştır. Hesaplama süresinin çok uzun olmaması için modele ait tüm CBS

katmanları 500m x 500m çözünürlüklü katmanlar hâlinde tanımlanmış ve bu katmanlar Matlab ortamında 116 x 162 boyutlarında matrisler olarak saklanmıştır.

Matris forma dönüştürülerek alansal dağılım özelliği kazandırılan model, hidrometeorolojik gözlem periyodu olan 1962-1977 yılları arasında önce kalibre edilmiş, bu dönem için belirlenen model parametrelerinin uygunluğu ise 1978-1992 yılları arasındaki gözlemlerle sınanmıştır (verifikasyon). Model kalibrasyonu için havzada kullanılabilecek sadece tek bir akım gözlem istasyonu bulunmaktadır. Bu nedenle alansal modelin otomatik kalibrasyonu mümkün değildir. Bu nedenle model, önce havzanın tek bir hücreden oluştuğu düşünülerek kalibre edilmiş (ortalanmış model) ve model parametrelerinin alansal ortalama değerleri hesaplanmıştır. Ardından 500mx500m çözünürlüklü alansal dağılımlı parametreler ise, alansal ortalama değer sabit kalacak şekilde manuel olarak değiştirilen parametre değerleri ile deneme-yanılma yöntemiyle belirlenmiştir. Birçok denemeden sonra elde edilen en iyi model parametreleri Çizelge 1'de özetlenmektedir. Model kalibrasyonunda Nash&Sutcliffe kriterini (Denklem 1) maksimum yapan parametre kümeleri esas alınmıştır (Nash & Sutcliffe, 1970).

$$NS = 1 - \frac{\Sigma_{i=1}^{N}\left[Q_{gözl}(t) - Q_{model}(t)\right]^2}{\Sigma_{i=1}^{N}\left[Q_{gözl}(t) - \bar{Q}_{gözl}(t)\right]^2} \quad (1)$$

Burada;
NS : Nash & Sutcliffe kriteri
$Q_{gözl}(t)$: Gözlenmiş akımlar (mm/ay)
$Q_{model}(t)$: Model akımları (mm/ay)
$\bar{Q}_{gözl}(t)$: Gözlenmiş akımların ortalaması (mm/ay)
N : Veri sayısı

Çizelge 1. Manuel kalibrasyon süreci sonunda belirlenen model parametre değerleri.

Arazi Kullanımı	
α	***Açıklama***
0.38	Kentsel
0.06	Maki
0.05	Orman
0.11	Tarım
0.15	Çıplak arazi

Toprak Bünyesi	
β / Smin / Smax	***Açıklama***
0.80 / 0.0 / 180	%42 Kum, %36 Silt, %22 Kil
0.55 / 5 / 150	%47 Kum, %32 Silt, %21 Kil
0.44 / 15 / 160	%43 Kum, %34 Silt, %23 Kil

Jeolojik Formlar	
γ	***Açıklama***
0.65	Verimli
0.60	Orta
0.42	Verimsiz

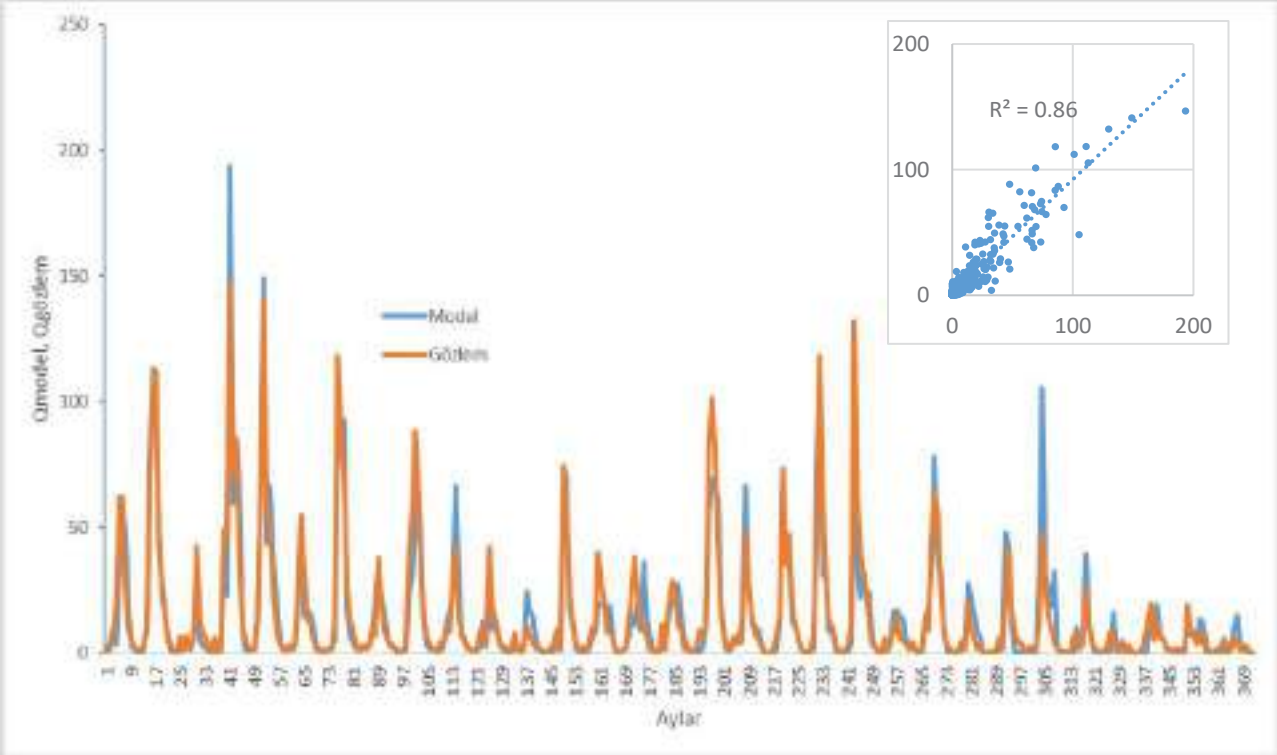
Çizelge 1'de verilen model parametreleri ile çalıştırılan modelin 1962-1992 yılları arasında ürettiği model sonuçlarına ait temel istatistikler Çizelge 2'de, model sonuçları ise gidiş grafikleri olarak Şekil 6'da verilmektedir.

Çizelge 2. Temel istatistikler.

Dönem	**İstatistikler**	**Gözlem**	**Model**
Kalibrasyon N=186 ay	*Ortalama (mm/ay)*	16.9	17.5
	Std. Sapma (mm/ay)	27.8	26.8
	NS	**0.88**	
	MAE (mm/ay)	5.51	
	R^2	0.88	
Verifikasyon N=186 ay	*Ortalama (mm/ay)*	12.0	11.7
	Std. Sapma (mm/ay)	21.0	20.9
	NS	**0.83**	
	MAE (mm/ay)	4.56	
	R^2	0.83	

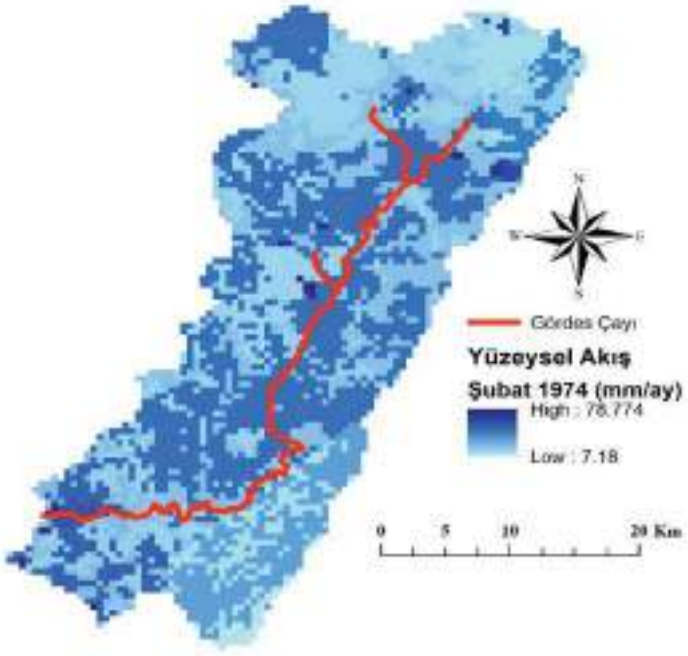
Çizelge 1 ve Şekil 6'da verilen model sonuçları irdelendiğinde alansal dağılımlı hidrolojik modelin gözlenmiş akımları başarıyla modellediği görülmektedir. Nash & Sutcliffe parametresinin pratik olarak 0.7'den büyük çıkması, ortalama

mutlak hatanın (MAE) 4-5 mm civarında olması model sonuçlarının istatistiksel açıdan yeterli doğruluğa ulaştığını göstermektedir (Legates ve McCabe, 1999).



Şekil 6. Gözlenmiş ve modellenmiş akımların (1962-1992) gidiş ve saçılım grafikleri.

CBS tabanlı hâle dönüştürülen aylık yağış-akış modeli ile Gördes Havzası'ndaki sızma, perkolasyon, yüzeysel akış, yüzey altı akış ve yer altı akış bileşenlerinin alansal dağılımı elde edilebilmektedir. Ortalanmış modelle kıyaslandığında, havzadaki bu bileşenlerin alansal dağılımının elde edilmesi, havza planlama çalışmalarında büyük değer taşımaktadır. Örneğin, havzada tarımsal alanlardan kaynaklanan yayılı kirliliğin tespitinde, tarımsal bölgelerde oluşan yüzeysel ve yüzey altı akışın belirlenmesi yayılı kirlilik konsantrasyonlarının hesaplanmasına imkân tanımaktadır. Böylece hangi arazi kullanımından ne oranda yüzeysel akışın ve kirletici yükünün ortaya çıktığı kolaylıkla belirlenebilmektedir (Şekil 7). Benzer şekilde havzada gerçekleşen sızma ve perkolasyon süreçlerinin alansal dağılımlarının belirlenmesi yer altı suyunun beslenimi açısından da planlamacılara büyük kolaylıklar sağlamaktadır.



Şekil 7. Gördes Havzası'nda 1974 yılının Şubat ayında modellenmiş yüzeysel akışın alansal dağılımı.

3. SONUÇ

Sunulan çalışmada, 5 parametreli ortalanmış bir yağış-akış modeli CBS tabanlı hâle dönüştürülerek akış bileşenlerinin alansal olarak hesaplanması mümkün hâle getirilmiştir. Modelde hem model girdileri hem de model parametreleri hücresel (raster) katmanlar hâline tanımlanmış ve model, her bir hücre için çalıştırılarak sonuçların raster formatta elde edilmesi sağlanmıştır.

Geliştirilen CBS tabanlı kavramsal aylık yağış-akış modeli Gördes Baraj Havzası akımlarını istatistiksel açıdan başarılı bir biçimde tahmin etmektedir. Model aylık akışların alansal dağılımlarını da verdiği için yüzeysel, yüzey altı ve yer altı akışının havzada mekânsal olarak izlenmesine imkân tanımaktadır. Bu model sayesinde, havzadaki antropojenik ve/veya doğal baskıların yüzey ve yer altı suları üzerindeki etkilerini irdelemek mümkün olabilmektedir.

Gördes Havzası özelinde gerçekleştirilen bu modelleme çalışması, Coğrafi Bilgi Sistemlerinin hidrolojik modelleme çalışmalarında büyük kolaylıklar sağladığını göstermektedir. Çalışma, ayrıca CBS'nin modelleme çalışmalarında değerlendirilen ve üretilen hidrolojik bilginin mekânsal hâle dönüştürülmesinde son derece etkin bir rol oynadığını da ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

Bayazıt, M., 1998. *Hidrolojik Modeller*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W., 1988, *Applied Hydrology*, Mc Graw-Hill Book Company.
Corine Land Cover Raster Data, 2006, European Environment Agency.
Erkul, H., Sarıgül, C.E., 2008.*Sürdürülebilir Su Yönetimi Açısından Sürgü Alt Havzasının İrdelenmesi*, TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, Ankara,

Fıstıkoğlu, O., 1999 *Hidrolojik Modeller*, Türkiye İnşaat Mühendisliği 15. Teknik Kongre ve Sergisi Bildiriler Kitabı, Ankara, (799-809).

Fıstıkoğlu, O., Harmancıoğlu, N., 2001 *Yukarı Gediz Havzasında Aylık Su Bütçesi Modeli Uygulaması*, III. Ulusal Hidroloji Kongresi Kitabı, SUMER, İzmir, (269-278).
FAO., 1992. Global and National Soil and Terrain Database, World Soil Resources Report 74, FAO, Rome.

Güreşci, N. G., Seyrek, K. ve Sargın, A. H., 2012, *Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Hidroloji Uygulamaları*, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Teknoloji Dairesi Başkanlığı, CBS Şube Müdürlüğü.
Hargreaves, G. H., & Samani, Z. A., 1985, *Reference Crop Evapotranspiration From Tempature*, Transaction of the ASAE.

Legates, D. R., & McCabe Jr, G. J.,1999. *Evaluating The Use of Goodness-of-Fit Measures In Hydrologic And Hydroclimatic Model Validation.*, Water Resources Research, 35(1), 233-241.
Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), 1988. 1:100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası
Nash, J. E. & Sutcliffe, J. ,1970, *River Flow Forecasting Through Conceptual Models*, Journal of Hydrology, 10 :282-290.
Olivera, F., Valenzuela, M., Srinivasan, R., Choi, J., Cho, H., Koka, S., & Agrawal, A. (2006). ARCGIS-SWAT: A GEODATA MODEL AND GIS INTERFACE FOR SWAT 1. JAWRA Journal of the American Water Resources Association, 42(2), 295-309.
Özkan, E., Aydın, B., Hurma, H., ve Aktaş, E., 2013, *Su Kaynaklarının Sürdürülebilir Kullanımında Su Yönetiminin Önemi,* Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi 6 (1): 150-153, 2013 ISSN: 1308-0040, E-ISSN: 2146-0132, www.nobel.gen.tr
Singh, V. P., ve M, Fiorentino, 1996, *Hydrologic Modeling with GİS Geographical İnformation Systems in Hydrology*, V.P., Singh and M, Fiorentino, Eds., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands, p.1-13
Yogesh N Saraf, Shruti N Pawar, Alok P Jadhav, 2017*, Rainfall Runoff Calculator with Matlab,* International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science, Vol. No.5, Issue No. 04

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6898

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) VE ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ (AHS) KULLANILARAK AFET SONRASI POTANSİYEL TOPLANMA ALANLARININ YER SEÇİMİ: DENİZLİ KENTİ ÖRNEĞİ

Arzu PALAZCA[1], Nur Sinem PARTİGÖÇ[2]

[1] Yüksek Lisans Öğrencisi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, 20160, Denizli, arzupalazca@gmail.com
[2] Yrd.Doç.Dr., Pamukkale Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, 20160, Denizli, npartigoc@pau.edu.tr

ÖZET

Kentlerin gelişimine yön veren planlama çalışmalarında olası tehlikelerin yeterince dikkate alınmıyor olması afet duyarlı mekansal gelişme ihtiyacını daha kritik bir hale getirmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerin kentlerinde görülen hızlı nüfus artışı ve yapılaşmanın neden olduğu fiziksel nitelik kaybı ve altyapı yetersizlikleri, günümüzde bu kentleri afetler ve acil durumlar karşısında daha dayanıksız bir hale getirmektedir. Farklı disiplinlerin rol oynadığı ve toplumun tüm kaynaklarıyla afet öncesinde, sırasında ve sonrasında yapılması gereken çalışmaların planlandığı afet yönetimi kavramı, kentsel yerleşmelerin afet ve acil durumlara karşı kırılganlığının azaltılması için geliştirilen mekân organizasyonu temelli bir yaklaşım biçimidir. Bu çerçevede, kentsel yerleşmelerde afet risklerinin azaltılması ve afetlere dirençli sürdürülebilir yaşam çevrelerinin oluşturulması amacıyla, risk azaltma stratejilerinin ve eylem planlarının geliştirilmesi öngörülmektedir. Yapılı ve yapılı olmayan çevreye ilişkin bu tür strateji ve planlara altlık oluşturacak çok katmanlı çalışmalar için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin olanakları kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Denizli İli Pamukkale İlçesi'nde seçilen 5 mahallede bulunan açık ve yeşil alanların afet esnasında ve sonrasında toplanma alanı olarak kullanılabilme potansiyelinin irdelenmesidir. Bu amaç doğrultusunda, seçilen mahallelerde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi kullanılarak potansiyel toplanma alanı niteliği taşıyan alanlara ilişkin çeşitli niteliklerin (konum, büyüklük, kapasite, fiziksel ve doğal özellikler, arazi kullanım durumu, vb.) karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi ve CBS kullanılarak yapılan analiz çalışmalarının mekansallaştırılması hedeflenmektedir. Çalışma, açık ve yeşil alanlarının afete duyarlı bir imar planlaması süreci içerisinde işlevlendirilmesi gerekliliğine, CBS ve AHS'nin belirlenen parametrelerin analiz ve sentezinde etkin bir araç olarak kullanılabilirliğine temellendirilmiştir. Sonuç olarak, belirlenen değişkenler çerçevesinde çalışma alanında uygun nitelikleri taşıyan potansiyel toplanma alanları tespit edilecek ve afet risklerinin azaltılması bağlamında ne tür kentsel politikalar üretilmesi gerektiği tartışılacaktır.

Anahtar Sözcükler: afet yönetimi, analitik hiyerarşi süreci (AHS), coğrafi bilgi sistemleri (CBS), Denizli, kentsel politikalar

ABSTRACT

THE POTENTIAL GATHERING POINTS' SITE SELECTION AFTER DISASTER USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS) AND ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP): THE CASE OF DENIZLI CITY

The need for disaster – sensitive spatial development becomes more critical because the potential dangers are not taken into consideration in planning facilities leading to the urban development. Due to the lack of physical quality and infrastructure based on the rapid population growth and dense housing, cities are more resilient in the face of disasters and emergencies especially in developing countries. The concept of disaster management is a space organization-based approach developed to reduce the vulnerability of urban settlements to disasters and emergencies and also planned all phases before, during and after disasters in which different disciplines play a role and all the resources of countries are used. In this context, it is envisaged to develop risk reduction strategies and action plans in order to reduce the risk of disasters in urban settlements and to create sustainable urban environments which are resistant to disasters. For accomplishing this goal, Geographical information systems (GIS) are used for multi-layered studies that will provide basis for such strategies and plans for built and natural environment. The aim of this study is to examine the potential of open and green areas to be used as gathering areas during and after the disaster in 5 selected neighborhoods in Pamukkale district of Denizli Province. For this purpose, it is aimed to evaluate various qualifications of these potential areas (location, size, capacity, physical and natural features, land use types, etc.) comparatively using Analytical Hierarchy Process (AHP) method and also making spatial analysis using GIS in selected neighborhoods. The study is based on the necessity to function the open and green areas within a disaster-sensitive development planning process and also the availability of GIS and AHP as effective tools in the analysis and synthesis of the identified parameters. As a result, potential gatherings points with appropriate qualifications will be identified within the framework of the determined variables and the context of urban policies as part of reducing the risk of disasters will be discussed.

Keywords: disaster management, analytic hierarchy process (AHP), geographic information systems (GIS), Denizli province, urban policies

1. GİRİŞ

Ülkemizde nüfusun büyük çoğunluğunun (yaklaşık %92'si) I.derece deprem bölgesinde yer alan il ve ilçelerde birikmiş olması, artan nüfus yoğunluğu ve plansız kentleşmeye bağlı fiziksel nitelik kaybı nedeniyle kentsel yerleşmeleri afetler karşısında daha kırılgan ve dayanıksız bir hale getirmektedir. Piyasa mekanizmalarının yönlendirdiği yoğunluk ve arazi kullanım kararları, günümüz kentlerinde afet esnasında ve sonrasında oluşabilecek tehlike ve risklerden insan canını ve malını korumak, afetten etkilenen toplulukların hayati gereksinimlerini en kısa zamanda karşılamak ve hayatın normale dönmesini sağlamak konusunda büyük sorunlar açığa çıkarmaktadır. Bu nedenle başta deprem olmak üzere, çeşitli afetler karşısında kentsel yerleşmelerin direncinin arttırılması ve böylece olası kayıpların en aza indirilmesi yönünde geliştirilebilecek kentsel politikalar ve stratejiler her zamankinden daha önemli hale gelmiştir. Bunun yanı sıra, küresel ölçekte yaşanan iklim değişikliği sorununun önemli ölçüde tetiklediği afet olayları, mekânsal kırılganlığın azaltılması, afete dayanıklı mekânsal gelişim, kent mekânının dirençliliğini arttırmak gibi kentsel politikaların önemini daha da arttırmaktadır.

Afet kaynaklı oluşabilecek riskler karşısında güvenli olmayan alanlar haline gelen kentlerimizde, afet öncesinde acil kurtarma ve yardım için hazırlıkların etkin bir biçimde yapılmamış olması, afet esnasında ve sonrasında ise kentlilerin ilk toplanma ve geçici barınma ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik stratejilerin oluşturulmamış olmasından kaynaklı sorunlar yaşandığı görülmektedir. Bu noktada, afet öncesi ve sonrasında yapılması gereken hazırlık çalışmalarını kapsayan ve bütünsel bir yaklaşım niteliği taşıyan afet yönetimine duyulan gereksinim çarpıcı biçimde ortaya çıkmaktadır. Ülkemizde yaşanan pek çok olumsuz deneyim (17 Ağustos 1999 Marmara, 12 Kasım 1999 Düzce ve 23 Ekim 2011 Van depremleri, vb.) kent planlama süreçlerinde "klasik imar planlaması" anlayışının yerine "afete dayanıklı mekansal gelişim" anlayışının benimsenmesi gerekliliğine dikkat çekmektedir. Afet olgusuyla ilişkilendirilerek kentlerdeki imar faaliyetlerinin "kentsel dönüşüm uygulamaları" adı altında yönlendildiği bu dönemde yapılan yasal düzenlemelerin kentsel yerleşmelerdeki risklerin azaltılmasında yeterince etkin olmadığı görülmektedir. Bu düzenlemelerden biri olan ve 2012 yılında çıkarılan "6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun", kentlerin risk taşıyan bölgelerinin belirlenmesi ve yapı ölçeğinde yenileme operasyonlarının yapılması içeriğiyle karşımıza çıkmaktadır. Görece daha sağlıklı yapı stoğunun elde edilmesi amacına hizmet ediyor gibi görünse de, bu yasal düzenleme noktasal müdahaleler ve kentsel alanlarda yeni yoğunluk odakları oluşturulması sebebiyle, özellikle yoğun nüfus ve yapı stoğunun bulunduğu büyükşehirlerde olası bir afet durumunda afet sırasında ve sonrasında halkın yararlanabileceği toplanma alanlarına olan ihtiyacı önemli ölçüde arttırmaktır.

Afete dayanıklı mekansal gelişim sürecinin etkin bir biçimde planlaması kapsamında önemli rolü olan afet yönetimi kavramı, afet sonucunda doğacak can ve mal kayıplarının önlenmesi veya olası zararların azaltılmasına yönelik afet öncesinde, esnasında ve sonrasında yapılması gereken çalışmaların planlanması ve uygulanması için toplumun tüm kaynaklarını ve kurumlarını sürece katarak yönetilmesi işi olarak tanımlanmaktadır (Özcan vd., 2013). Afet yönetimine ilişkin mevzuat ve literatür araştırmaları göstermektedir ki, bir afet ya da acil durumun ortaya çıkması halinde farklı amaçlara hizmet edebilecek çok sayıda alan kullanımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu alanların, afet esnasında ilk toplanma ve geçici barınma alanlarının oluşturulması, konuşlanma ve depolama alanları ile lojistik merkezlerin yer seçimlerinin yapılması, tahliye alanlarının ve tahliye koridorlarının belirlenmesi, arama ve kurtarma faaliyetlerinin yürütülmesi, afet durumunda yaralılara ilk yardımın sağlanabilmesi gibi önemli işlevleri vardır (Erdin vd., 2017).

2002 yılında İstanbul kenti için hazırlanan raporda da belirtildiği üzere, afet yönetimi içerisinde tanımlanan bu işlevlerin yerine getirilmesinde kamu tesislerinin varlığı oldukça önemlidir (JICA-IBB, 2002). 2014 yılında yürürlüğe giren Mekansal Planlar Yapım Yönetmeliği'nde "Sosyal Altyapı Alanları" olarak tanımlanan ve eğitim, sağlık, dini, kültürel ve idari tesisler, açık ve kapalı spor tesisleri, park, çocuk bahçesi, oyun alanı, meydan, rekreasyon alanı gibi açık ve yeşil alanlar olarak çeşitlendirilen alanlar afet yönetimi çerçevesinde halkın toplanması amacıyla kullabileceği kentsel alanları ifade etmektedir. İlgili mevzuat dikkate alındığında, afet yönetimi içerisinde ihtiyaç duyulabilecek alanların genel olarak kentsel boşluklar, kamusal alanlar ile açık ve yeşil alanlar aracılığıyla sağlandığı görülmektedir. Özellikle, afet ve acil durum anında kamusal nitelik gösteren, kolaylıkla fark edilebilen, hızlı ve düzenli bir şekilde erişilebilen ve yeterli kapasiteye sahip olan alanlar biçiminde tanımlanan toplanma alanları (ilk toplanma alanları) (Maral vd, 2015) ağırlıklı olarak açık ve yeşil alanlardan oluşmaktadır. Kentsel açık ve yeşil alanların afet esnasında ve sonrasında toplanma alanı olarak kullanılma potansiyeli; afet yönetiminde mekansal organizasyonun ilk basamağı olarak düşünülen, afet sonrasında ilk 12 ila 24 saat aralığında insanlara kendi durumlarını anlama, yardım alma, yakınlarından haber alma, yaşanan olayla ilgili bilgiye ulaşma konularında önemli olanaklar sağlayabilecek alanlar olan toplanma alanları (Partigöç vd., 2018) yalnızca alansal büyüklük ve nüfus üzerinden değil, aynı zamanda doğal nitelikleri ve erişilebilirlikleri üzerinden değerlendirilmiştir.

Afete duyarlı kentsel gelişim süreçleri içerisinde mevcut kentsel kullanımlardan biri olan açık ve yeşil alanların afet esnasında ve sonrasında toplanma alanı olarak kullanılabilme potansiyelinin irdelenmesi çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Bu amaç doğrultusunda, Denizli ili Pamukkale İlçesi'nde yer alan 5 mahalle (İstiklal, İncilipınar,

Kınıklı, Siteler ve Yunus Emre mahalleleri) özelinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi kullanılarak "potansiyel toplanma alanı" niteliği taşıyan açık ve yeşil alanlara ilişkin çeşitli niteliklerin (konum, büyüklük, kapasite, fiziksel ve doğal özellikler, arazi kullanım durumu, vb.) karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi ve yapılan analiz çalışmalarının mekansallaştırılması söz konusudur. Çalışma, mevcut açık ve yeşil alanlarının afete duyarlı bir imar planlaması süreci içerisinde işlevlendirilmesi gerekliliğine, CBS ve AHS'nin belirlenen faktörlerin analiz ve sentezinde etkin bir araç olarak kullanılabilirliğine temellendirilmiştir.

2. AFET YÖNETİMİNDE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ'NİN ROLÜ

Afet olgusu, çok kısa bir zaman aralığında meydana gelmesine rağmen, insani tüm faaliyetleri kesintiye uğratarak veya tamamen durdurarak toplum yapısına zarar veren, pek çok bakımdan (sosyal, fiziksel, ekonomik, çevresel, vb.) kayıplar doğuran doğal ve insan kaynaklı olay biçiminde tanımlanmaktadır (EMA, 1998). Afet yönetimi kavramının özellikle doğal afetlerin (jeolojik, klimatik, vb.) meydana geliş biçimi veya gerçekleşme süresi üzerinde herhangi bir etkisi söz konusu değildir. Buna karşın, afetlerin oluşmasına sebep olan sonuçların azaltılması, afet öncesi, esnası ve sonrasında alınması gereken önlemlerin planlanması, çalışmaların yönlendirilmesi ve etkin biçimde uygulanması konularında afet yönetiminin multidisipliner ve çok paydaşlı bir yönetim süreci olduğu bilinmektedir (Demir vd., 2011). Kısa zamanda etkin bir yönetim geliştirilebilmesi için bu süreçte görev alan tüm paydaşların sağlıklı, doğru, yararlı ve yönlendirici bilgilere (mekansal ve mekansal olmayan) kısa sürede erişebilmesi önemli bir ihtiyaçtır. Bu ihtiyaç gözönünde bulundurulduğunda, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin afet yönetimi sürecinde hayati bir işlevi ve rolü vardır. Karar destek mekanizmalarının doğru işletilmebilmesi amacıyla, günümüzde afet yönetimi ve planlaması çalışmalarında yaygın olarak kullanılan, mekansal ve mekansal olmayan analizlerin yapılması sürecinde etkin bir araç niteliği taşıyan CBS kullanılmaktadır. CBS, afet yönetimi gibi multidisipliner çalışmalarda farklı kurumlardan (yerel yönetimler, ilgili bakanlıklar, AFAD, vb.) farklı formatlarda (CAD veya CBS tabanlı yazılımlar kullanılarak üretilen vektör veri, raster veri, vb.) elde edilen mekansal / mekansal olmayan verilerin depolanması, analiz edilmesi, sorgulanması, haritalandırılması, yönetilmesi ve karar destek sistemlerinde kullanılarak planlama sürecine yön verilmesi gibi amaçlar doğrultusunda hızlı ve etkin çözümler üretilmesini sağlamaktadır (Chan, 1997; Yomralıoğlu, 2000; Tecim, 2008; Özcan vd., 2013).

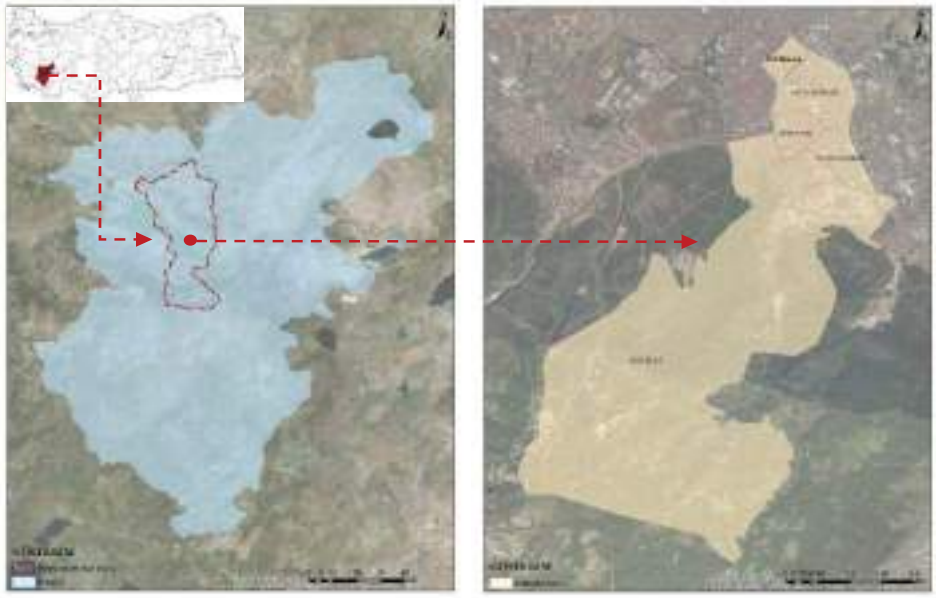
CBS'nin afet yönetimi sürecinde kullanımı ve rolüne ilişkin ulusal ve uluslararası literatürde pek çok çalışma ve araştırma yer almaktadır. Bunlardan biri olan "Coğrafi Bilgi Sistemleri Teknolojisinin Afet Yönetiminde Kullanımı" başlıklı çalışmada, CBS'nin afet öncesinde zarar azaltma, müdahale ve kurtarma, iyileştirme aşamalarında dikkate alınması gereken koşulların belirlenmesi, afet öncesinde gerekli hazırlıkların yapılması, afet sonrasında ise vatandaşların kullanabileceği tesislerin / alanların tespit edilmesi gibi çalışmaların önemine vurgu yapılmaktadır. Ayrıca, CBS kullanılarak oluşturulacak güncel veri tabanlarının alt ve üst ölçek planlama süreçlerinde karar vericilere yardımcı olacağı konusuna dikkat çekilmektedir (Tecim, 2008). Demir vd. tarafından hazırlanan çalışmada ise CBS destekli Afet-Acil Durum Yönetimi (AADY)'nin önemi ve coğrafi veri kullanılarak yapılan modellemenin afet yönetimi sürecindeki kazanımları yangın örneği üzerinden aktarılmıştır (Demir vd., 2011).

Reis ve Yomralıoğlu (2005), konumsal veri tabanı kullanılarak yapılan CBS temelli model analizlerinin doğal afetler karşısında günümüz yerleşmelerinin sürdürülebilirliğinin planlanması ve denetlenmesi konusunda önemi üzerinde durmuştur. Trabzon ili örneği üzerinden aktarılan afet deneyimlerinin afet öncesi hazırlık ve planlama çalışmalarının önemini daha da vurguladığı çalışmada, kentsel gelişme süreçlerinin güncel coğrafi veriler kullanılarak hazırlanacak altlıklardan ve afet temelli analizlerden yararlanılarak yönlendirilmesi gerekliğinin üzerinde durulmuştur (Reis ve Yomralıoğlu, 2005). Benzer sonuçlar ve tespitler ortaya koyan Pektezel (2015), yüksek oranda depreme duyarlı bir yerleşme olan Gelibolu Yarımadası örneği üzerinden olası can ve mal kayıplarını arttıran faktörlere ilişkin analiz sonuçlarını çalışmasında irdelemiştir. CBS ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi kullanılarak yapılan çalışmada mevcut bölgenin deprem riski bakımından yerleşmeye uygun olmadığı, afet odaklı bir arazi kullanım planlaması yapılması gerektiğinde bu araçların tutarlı sonuçlar ortaya koyduğu ifade edilmiştir (Pektezel, 2015).

Tran vd. (2008) tarafından Vietnam örneğinde yürütülen çalışmada ise, CBS teknolojilerinden yararlanılarak yapılan afet risk yönetimi temelli çalışmaların yerel ve ulusal ölçekte afet öncesi olası risklerin azaltılması, afet sonrasında ise yönetim ve kurumsal koordinasyon eksikliği nedeniyle oluşabilecek olası yeni risklerin önüne geçilmesi ve yerleşmelerde afet risklerinin azatılması konularında oldukça etkili olduğu belirtilmektedir (Tran vd., 2008). Wang vd. (2011) tarafından taşkınların sıklıkla gözlendiği Dongting Gölü ve çevresinde (Çin) yapılan çalışmada, yerleşmeye uygun ve uygun olmayan alanların yer tespitinin yapılması, karar vericilerin bölgesel nitelik taşıyan yatırım kararlarının yönlendirilmesi ve afet riskini gözönünde bulundurarak kentsel stratejilerin üretilmesi konularında CBS'nin önemi üzerinde durulmaktadır (Wang vd., 2011). Rahman vd. (2015) tarafından Dhaka kentinde (Bangladeş) yürütülen çalışmada, deprem ve yangın riskinin yüksek olması nedeniyle afet odaklı mekansal gelişim politikalarının üretilmesinin önemine vurgu yapılmaktadır. Özellikle riskli bölgelerin tespiti ve uygun alanlara yerleşilmesi amacıyla oluşturulan stratejilerin belirlenmesinde CBS'den yararlanılmıştır (Rahman vd., 2015).

3. ÇALIŞMA ALANI VE VERİ

Denizli ili, Ege Bölgesi'nin doğusunda yer almakta ve aynı zamanda Ege, İç Anadolu ve Akdeniz Bölgeleri arasında bir geçit niteliği taşımaktadır. İlin yüzölçümü 11.868 km²'dir. Bu yüzölçümüne sahip Denizli ili, alansal büyüklük olarak Türkiye'nin yaklaşık %1,5'ini ve Ege Bölgesi'nin %18,5'ini oluşturmaktadır. Denizli ili merkez ilçelerinden bir olan Pamukkale İlçesi'nin yüzölçümü ise 1323,6 km²'dir (Denizli Valiliği, 2018). TUİK Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS)'nin 2017 yılı nüfus verilerine göre, Denizli ili nüfus toplamı 1.018,735 kişi olup, Pamukkale İlçesi'nin toplam nüfusu ise 343.290 kişidir ve nüfus bakımından Denizli'nin en büyük ilçesidir. Pamukkale İlçesi coğrafi konum olarak 28° 38' – 30° 05' doğu boylamları ile 38° 29' – 38°52' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır (Pamukkale Belediyesi, 2018). İlçenin komşuları ise batıda Merkezefendi ve Sarayköy, kuzeyde Güney ve Çal, doğuda Çal ve Honaz ve güneyde Tavas ilçeleridir. Şekil 1'de Denizli İli, Pamukkale İlçesi ve çalışma kapsamında yer alan mahallelerin konumları gösterilmiştir.



Şekil 1. Denizli İli, Pamukkale İlçesi'nin konumu (solda) ve seçilen mahallelerin konumu (sağda).

Denizli İli merkez ilçelerinden biri olan Pamukkale İlçesi sınırlarında yer alan ve çalışma alanı olarak belirlenen mahalleler İstiklal, İncilipınar, Kınıklı, Siteler ve Yunus Emre mahalleleridir. Bu mahallelerden İstiklal ve İncilipınar mahalleleri kent merkezine oldukça yakın konumda olup; ağırlıklı olarak konut, ticaret ve hizmet kullanımlarının bulunduğu merkez mahallelerdendir. Özellikle İncilipınar mahallesinde kentsel ve bölgesel ölçekte hizmet veren Vali Recep Yazıcıoğlu (İncilipınar) Parkı hem kentsel kullanım hem de afet esnası ve sonrasında toplanma alanı olma potansiyeli bakımından önemli bir odak niteliği taşımaktadır (Bkz. Çizelge 1). Siteler ve Yunus Emre mahalleleri, Pamukkale Üniversitesi'ne yakın konumda olup, kent merkezine görece daha uzak mahallelerdendir. İncilipınar ve Kınıklı mahalleleri ile karşılaştırıldığında, bu mahallelerde kentsel açık ve yeşil alanın daha az ve seyrek olduğu görülmektedir (Bkz. Çizelge 1). Kınıklı mahallesi ise yüzölçümü bakımından görece en fazla alan büyüklüğüne sahip olmasının yanı sıra, Pamukkale Üniversitesi, Pamukkale Üniversite Hastanesi, çeşitli kamu kurum ve kuruluşları ile üniversitenin varlığıyla gelişen konut ve ticaret bölgelerini barındırmaktadır. Şekil 2'de bu mahallelere ilişkin açık ve yeşil alan kullanımlarına yer verilmiştir. Çizelge 1'de ise seçilen mahallelere ilişkin karşılaştırmalı alansal büyüklükler ve oranlar yer almaktadır.

Çizelge 1. Mahallelere ilişkin karşılaştırmalı alansal büyüklük değerleri ve oranlar.

Mahalle Adı	Mahallenin Alansal Büyüklüğü (m^2)	Mevcut Açık ve Yeşil Alanların Büyüklükleri (m^2)	Mevcut Açık ve Yeşil Alanların Büyüklüklerinin Mahallenin Alansal Büyüklüğüne Oranı (%)
İstiklal	315.175	5.227	1.66
İncilipınar	1.235,040	189.459	15.34
Siteler	495.549	42.451	8.57
Yunus Emre	603.936	33.314	5.52
Kınıklı	20.570,300	1.325,507	6.44



Şekil 2. Pamukkale Üniversitesi – Kınıklı Mahallesi (sol üstte), Yunuz Emre Mahallesi (sağ üstte), İncilipınar Parkı – İncilipınar Mahallesi (sol altta), Siteler Mahallesi (sağ altta).

4. YÖNTEM

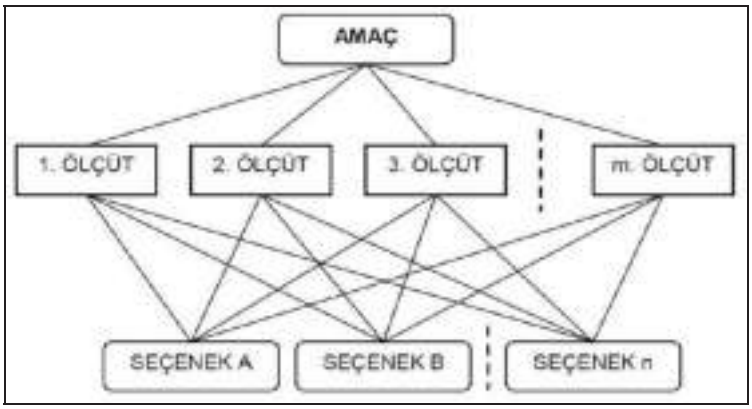
Kentsel yerleşmelerde afet esnasında ve sonrasında toplanma alanı olarak kullanılabilecek alanların seçimi üzerine birçek faktörün rolü vardır. Bu faktörler arasında, potansiyel alanların fiziksel ve doğal niteliklerine ilişkin faktörler (eğim durumu, topoğrafik yapısı, alanların denizden yüksekliği, jeolojik formasyon türleri, fay hattının varlığı ve etki düzeyi, enerji nakil hattının varlığı ve etki düzeyi, litolojik özellikleri, iklim özellikleri, meteorolojik koşullar, vb.) ile uygulama, yönetim ve plan kararlarıyla ilişkilendirilebilen faktörler (doluluk-boşluk oranı, teknik altyapı varlığı, ulaşım ve erişim olanakları, mevcut arazi kullanım durumu, yürürlükte olan imar planı kararları ve yapılaşma koşulları, İl Afet Müdahale Planı'ndaki işlevi, çevresel risk durumu, alansal büyüklük, vb.) yer almaktadır. Ulusal ve uluslararası kaynaklar araştırılarak yapılan literatür taramasında öne çıkan bu faktörler arasından, çalışma kapsamında alansal büyüklük, arazi kullanım durumu, fay hattının etki durumu, yol kademelenmesi, eğim durumu ve nüfus büyüklükleri seçilmiştir. Bu faktörlere ait haritaların oluşturulmasında çalışma alanına ait güncel halihazır ve imar planı kararları Denizli Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Şube Müdürlüğü'nden; fay hatlarına ilişkin güzergahlar Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nden; il, ilçe ve mahalle nüfuslarına ilişkin sayısal veriler ise TÜİK Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi'nden temin edilmiştir (Bkz. Çizelge 2).

Çizelge 2. Çalışma kapsamında elde edilen veriler.

Temin Edilen Veriler	Temin Edilen Veri Formatı	Temin Edilen Kurum Adı / İlgili Birim	Çalışma Kapsamında Üretilen Haritalar
Çalışma alanına ait güncel halihazır	NetCAD (.ncz formatı)	Denizli Büyükşehir Belediyesi / İmar ve Şehircilik Şube Müdürlüğü	Arazi kullanım haritası
Çalışma alanına ait plan kararları	NetCAD (.ncz formatı)	Denizli Büyükşehir Belediyesi / İmar ve Şehircilik Şube Müdürlüğü	Yol kademelenmesi haritası
Eş yükselti eğrileri	NetCAD (.ncz formatı)	Denizli Büyükşehir Belediyesi / İmar ve Şehircilik Şube Müdürlüğü	Eğim haritası
Fay hatlarına ilişkin güzergahlar	ArcMap (.shp formatı)	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü / Yerbilimleri Harita Görüntüleyici ve Çizim Editörü	Fay hattı etki durumu haritası
İl, ilçe ve mahalle nüfusları (2017 yılı)	Excel (.xls formatı)	Türkiye İstatistik Kurumu / Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS)	Mahalle nüfus haritası

Çalışmadaki sayısal analizlerin (alansal büyüklük ve kapasitenin hesaplanması, ağırlıklandırma, vb.) gerçekleştirilmesinde, faktörlere ilişkin tematik haritaların üretilmesinde ve faktör temelli sınıflamaların yapılmasında, bu alanda hazırlanan pek çok çalışmada olduğu gibi, CBS yazılımlarından biri olan ArcMap (Versiyon 10.1) paket programından yararlanılmıştır. Ayrıca, bu çalışmada çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan ve karar verme problemlerinde etkin bir araç olarak kullanılan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS)'nden yararlanılmıştır. AHS yöntemi, Saaty tarafından 1980'li yıllarda ortaya konulan, temel olarak birden fazla kritere sahip karar süreçlerinde kullanıcıya belirlenen kriterlerin önceliklerini belirlemede ve karar alma süreçlerinde yönlendirici bir uygulamadır. Bir başka deyişle, karmaşık boyutlu karar alma süreçlerinde kriterler arasında ikili karşılaştırmalar yaparak, hem öznel yargılara hem de nesnel gerçeklere göre sonuçların incelenmesine olanak tanıyan bir yöntemdir. Yöntemin çok ölçütlü bir sıralamaya dönüştürülebilmesi bakımından son derece esnek ve pek çok disiplinde kolaylıkla uygulanabilir bir model olduğu bilinmektedir (Saaty, 1987). AHS yöntemi, yapılan araştırmaların konusu gereği belirlenen her bir kriterin önemi hakkında hüküm verilmesini sağlamaktadır. Araştırmayı yürüten karar vericinin / vericilerin uzman görüşüne göre kriterler de karar alternatiflerine göre yapacağı tercihler de farklılık gösterebilir. Çalışmanın konusu üzerinden bir örnek vermek gerekirse; toplanma alanlarının yer seçim kriterleri bu alanla ilgili araştırmalar yürüten her disipline (şehir planlama, inşaat mühendisliği, vb.) göre farklılık gösterecektir (Dağdeviren ve Eren, 2001; Özşahin, 2014).

AHS yönteminin temelinde öncelikle çalışma amacının belirlenmesi ve bu amaç doğrultusunda alan seçimini etkileyen faktörlerin oraya konulması yer almaktadır. Bir başka deyişle, çalışma hedefinin ve faktörlerinin belirlenmesi yöntemin ilk aşamasıdır. Belirlenen faktörler gözönünde bulundurularak, farklı alternatiflerin geliştirilmesi ve hiyerarşik bir yapının oluşturulması sonraki aşamayı oluşturmaktadır (Bkz. Şekil 3). Faktörler arasında karşılaştırma matrisinin oluşturulması ve buna bağlı değerlendirmelerin yapılması, faktörlere Saaty (1987) tarafından ortaya konulan önem ölçeğine göre ağırlıklar belirlenmesi de yöntemin diğer bir aşamasıdır. Seçilen faktörlerin tutarlılık oranlarının hesaplanması, bu oranlar ve faktörlerin önem dereceleri baz alınarak harita üzerinde raster görüntüler kullanılarak yapılan çeşitli hesaplamalar ve uzman görüşüne göre yer / alternatif seçiminin yapılması ise yöntemin son aşamasını oluşturmaktadır. Şekil 3'te AHS yöntemine ilişkin şemaya, Çizelge 3'te ise ikili karşılaştırmalarda sıklıkla kullanılan önem dereceleri skalasına yer verilmiştir.



Şekil 3. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi şeması (Wang vd., 2008).

Çizelge 3. Önem derecelerine ilişkin skala (Saaty, 1987).

Derecelendirme	Tanımı
1	I. ve II. kriter eşit derecede önemli
3	I. kriter II. kritere göre fazla önemli
5	I. kriter II. kritere göre daha fazla önemli
7	I. kriter II. kritere göre çok fazla önemli
9	I. kriter II. kritere göre aşırı derecede önemli
2, 4, 6, 8	Ara (ortalama) değerler



Şekil 4. Çalışmada kullanılan faktörlere ilişkin haritalar (Sırasıyla alansal büyüklük, arazi kullanım durumu, eğim durumu, fay hattı varlığı ve etki durumu, nüfus büyüklüğü ve yol kademelenmesi).

Karşılaştırmalı değerlendirmeler yapılması amacıyla faktör matrisinin oluşturulması ve önem derecelerinin belirlenmesinin ardından seçilen faktörlerin tutarlılık oranları hesaplanmıştır. AHP Template programından yararlanılan yöntemde tutarlılık oranı (CR), tutarlılık indeksi (CI) ve rastgele indeks (RI) hesaplanmıştır. Tutarlılık değerinin (CR) hesaplanması için kullanılan formüller şu şekildedir (Wind ve Saaty, 1980):

$$Tutarlılık\ Indeksi\ (CI) = \frac{\lambda max - n}{n - 1} = 0{,}12$$ → Çalışmada elde edilen CI Değeri = **0,056**

$$Rassallık\ Oranı\ (RI) = 1{,}51$$ → Saaty tarafından geliştirilen ve kriter sayısına (n) bağlı olarak verilen değerler tablosundan seçilmiştir. n=4 için RI Değeri = **0,90**

$$Tutarlılık\ Oranı\ (CR) = \frac{Tutarlılık\ Indeksi\ (CI)}{Rassallık\ Oranı\ (RI)} = 0{,}08$$ → Çalışmada elde edilen CR Değeri = **0,062**

Tutarlılık oranı (CR), değerlendirmelerde tutarlılığın tespiti için belirlenen 0,10 değerine eşit veya daha küçükse (0 < CR değeri < 0,10) oluşturulan matrisin tutarlı olduğu kabul edilir ve yapılan değerlendirmeleri yeniden gözden geçirmeye gerek yoktur. Elde edilen CR değeri belirlenen 0,10 değerinden büyükse (CR değeri > 0,10) oluşturulan matrisin tutarlı olmadığı söylenebilir ve yapılan değerlendirmelerin yeniden gözden geçirilmesi gereklidir (Wind ve Saaty, 1987). Çalışma kapsamına elde edilen tutarlılık oranı (CR = 0,062), değerlendirmelerde tutarlılığın tespiti için belirlenen 0,10 değerinden daha küçük olduğu için, Şehir ve Bölge Planlama uzmanlığı çerçevesinde oluşturulan karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğu söylenebilir.

Çizelge 4. Çalışmada kullanılan kriterler, alternatiflerin ağırlık değerleri ve AHS tutarlılık oranları.

Faktör	Sembol	Aralik / Sınıfı	Kod	AHS Yöntemiyle Elde Edilen Ağirlik	AHS Tutarlılık Oranı
Eğim (%)	E	0 - 5	1	0,270	0,062
		5,1 - 10	2		
		10 ve üzeri	3		
Fay hattının etki düzeyi	F	Etkisi yok	0	0,570	
		Az etkili	1		
		Çok etkili	2		
Yol kademelenmesi	YK	Ana cadde	1	0,090	
		Toplayıcı yol	2		
		Servis yolu	3		
Alansal büyüklük (m^2)	AB	0 - 2700	1	0,070	
		2701 - 6700	2		
		6701 - 22000	3		
		22001 - 220000	4		
		220000 ve üzeri	5		

Yöntemin son aşamasında ise, çalışma özelinde yapılan değerlendirmelerin tutarlılığı ölçüldükten sonra, herhangi bir tutarsızlık söz konusu olmadığı anlaşıldığından, kriterlerin önem dereceleri / ağırlıkları ile toplanma alanı seçimi arasında tespit edilen ilişki doğrusal (*linear*) bir modele aktarılmıştır. Oluşturulan modele göre; bağımlı değişken olarak "toplanma alanı seçimi" belirlenmiş olup; bu değişkenin doğrusal bir ilişki olduğu bağımsız değişkenler olarak eğim, fay hattının etki düzeyi, yol kademelenmesi ve alansal büyüklük belirlenmiştir. Belirlenen değişkenler kullanılarak elde edilen doğrusal ilişki fonksiyonu denklemi şu şekildedir:

$$Toplanma\ Alanı\ Seçimi = (E \times 0{,}270) + (F \times 0{,}570) + (YK \times 0{,}090) + (AB \times 0{,}070)$$

Bilindiği üzere, kentsel mekanda yer alan her açık veya yeşil alan fonksiyonel olma özelliği taşısa da, afet sırasında ve sonrasında halkın yararlanabileceği yeterli kapasiteyi veya uygun niteliği sağlayamayabilir. Bu noktadan hareketle, mevcut açık ve yeşil alan stoğunun tespit edilmesi ve ilgili literatürden yapılan çıkarımlar eşliğinde uygun toplanma alanı niteliklerinin ortaya konulmasının ardından belirlenen faktörler baz alınarak bu alanların afet sonrası toplanma alanı olarak seçilmesinde önceliklerin mutlaka değerlendirilmesi gerekmektedir.

5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Kentsel alanlarda afet esnasında ve sonrasında toplanma alanı olarak kullanılabilecek mevcut açık ve yeşil alanların "potansiyel toplanma alanı" olarak seçilmesi üzerinde birçok faktörün etkisi vardır. Fiziki, doğal, uygulama ve plan kararlarıyla ilişkilendirilebilecek faktörler arasından çalışma kapsamında alansal büyüklük, arazi kullanım durumu, fay hattının etki durumu, yol kademelenmesi, eğim durumu ve nüfus büyüklükleri seçilmiştir. Çalışmaya ilişkin haritalar ve analizler halihazırda devam etmekte olan yüksek lisans tezinden üretilmiş olup; tez kapsamında Bölüm 4'te belirtilen kurum ve kuruluşlardan (Bkz. Çizelge 2) veri temin süreci devam etmektedir. Bu nedenle çalışma 6 faktörle sınırlandırılmıştır. Tez çalışmasının tamamlanması halinde temin edilen verinin niceliği ve niteliği gözönünde bulundurularak, daha kapsamlı mekansal ve sayısal analizler yapılabilir.

Çalışma kapsamında belirlenen faktörlere ilişkin elde edilen haritalardan (Bkz. Şekil 4) faktör temelli çıkarımlar yapılabilir. Mevcut açık ve yeşil alanların toplanma alanı olarak seçilmesinde etkili faktörlerden biri olan arazi kullanım türleri 5 mahalle özelinde detaylı olarak incelenmiş; çalışma alanında bulunan açık ve yeşil alanların % 78'inin parklar, % 12'sinin açık alanlar, % 6'sının spor alanı ve % 1'inin pazaryeri ve meydanlardan oluştuğu tespit edilmiştir. Yeşil alan türlerinden biri olan park alanlarının çalışma alanı içerisinde homojen dağıldığı, ancak diğer alan kullanımlarının (meydanlar, spor alanları, pazaryeri ve üniversite) heterojen dağılım gösterdiği saptanmıştır. Açık alan kullanımlarının ağırlıklı olarak Siteler mahallesinde, üniversite ve spor alanlarının Kınıklı mahallesinde, meydanların ise İncilipınar mahallesinde yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Park alanlarının niceliksel ve niteliksel olarak büyük çoğunlu ise Kınıklı ve İncilipınar mahallelerinde yoğunlaşmaktadır. Diğer bir faktör olan fay hatlarının etki durumu incelendiğinde, her ne kadar Denizli İli I.derece deprem kuşağında yer alıyor olsa da, çalışma alanı içeriisnde herhangi bir aktif / pasif fay hattına rastlanmamıştır (Bkz. Şekil 4).

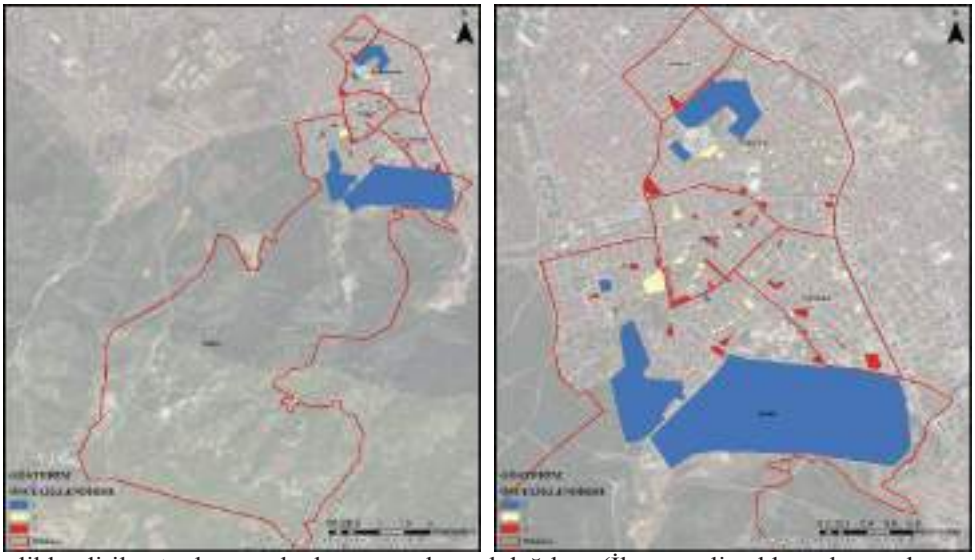
Eğim durumunun bir faktör olarak belirlendiği çalışmada, üç farklı eğim aralığı (% 0 – 5, 5.1 – 10, 10 ve üzeri) tespit edilmiştir. Çalışma alanında bulunan mevcut açık ve yeşil alanların % 97'si % 0 - 5 eğim aralığında yer alırken, % 3'ü ise % 5.1 – 10 eğim aralığında yer almaktadır. Pamukkale İlçesi'nde çalışma alanı olarak belirlenen 5 mahalle dışında kalan yerleşim alanını güney ve güney batı yönlerinden sınırlayan topoğrafik eşiklerin varlığı sebebiyle, bu bölgede yer alan açık veya yeşil alanların % 10 ve üzeri eğim aralığında olduğu tespit edilmiştir (Bkz.

Şekil 4). Mevcut açık ve yeşil alanların alansal büyüklüklerine ilişkin yapılan analiz sonucunda, alanların % 79'unun 0 - 2700 m^2 aralığında, % 13'ünün 2701 - 6700 m^2 aralığında, % 5'inin 6701 - 22000 m^2 aralığında, % 2'sinin 22001 - 220000 m^2 aralığında, % 1'inin ise 220000 ve üzeri aralığında yer aldığı tespit edilmiştir (Bkz. Şekil 4). Çalışma alanı içerisinde yer alan İstiklal, İncilipınar, Kınıklı, Siteler ve Yunus Emre mahallelerinin nüfus büyüklüklerine ilişkin yapılan analiz sonucunda; Kınıklı mahallesinde yaşayan nüfusun (17.134 kişi) çalışma alanındaki diğer mahallelere göre görece daha fazla olduğu, en az nüfusun ise Yunusemre Mahallesi'nde (6810 kişi) yaşadığı görülmüştür (Bkz. Şekil 4). Seçilen faktörlerden sonuncu ise yol kademelenmesidir. Yapılan üçlü sınflamaya göre (servis yolu, toplayıcı yol ve ana yol), mevcut açık ve yeşil alanların % 57'sinin servis yollarından, % 40'ının toplayıcı yollardan ve % 3'ünün ana yollardan hizmet aldığı tespit edilmiştir (Bkz. Şekil 4).

Ayrıca, çalışmada CBS temelli AHS yönteminin uygulanması sonucunda elde edilen bulgulara göre; bağımsız değişkenler olarak belirlenen faktörlerin (eğim durumu, fay hattının etki düzeyi, yol kademelenmesi ve alansal büyüklük) AHS yöntemi kullanılarak elde edilen kat sayılarla çarpılması sonucunda bulunan değerlerin 4 - 10 arasında farklılık gösterdiği saptanmıştır. Bu değerler, toplanma alanı olarak kullanılma potansiyeli taşıyan toplam 95 alanda (11 adet açık alan, 84 adet yeşil alan) her alan özelinde ayrı ayrı hesaplanmış olup; alan bazında ulaşılan bu değerler toplanma alanı seçiminde dikkate alınacak önceliklendirmede 3 sınıfa ayrılmıştır. Potansiyel toplanma alanlarının "I-II-III. Derece Öncelikli Alan" olarak ifade edildiği bu sınıflamada, çalışma alanında yer alan 5 mahallede toplam 95 potansiyel toplanma alanından 8 adeti I.derece öncelikli alan (%8,42 oranında), 52 adeti II.derece öncelikli alan (%55 oranında), 35 adedi III.derece öncelikli alan (%37 oranında) olarak tespit edilmiştir. I. derece öncelikli alanların Kınıklı ve İncilipınar mahallelerinde; II. derece öncelikli alanların Siteler mahallesinde ve Kınıklı mahallesinin kuzey batısında, III. derece öncelikli alanların ise Yunus Emre ve Siteler mahalleleri ile Kınıklı mahallesinin batısında yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. İstiklal mahallesinde toplanma alanı niteliği taşıyan sınırlı sayıda alan olduğu, bu alanların ise III. derece öncelikli alan olduğu saptanmıştır. Çizelge 5'te potansiyel toplanma alanlarının önceliklendirilmesi konusunda elde edilen sonuçlara yer verilirken; Şekil 5'te ise önceliklendirilen bu toplanma alanlarının mekansal dağılımı gösterilmiştir.

Çizelge 5. Potansiyel toplanma alanlarının önceliklendirilmesi ve alansal dağılımı

Öncelik Sınıfı	AHS Yöntemine Göre Belirlenen Aralık	Alan	
		Büyüklük (m^2)	Yüzde (%)
I	4 – 6	1.415,692	88.7
II	6 – 8	94.944	5.9
III	8 - 10	85.323	5,4



Şekil 5. Önceliklendirilen toplanma alanlarının mekansal dağılımı (İlçe geneli solda, çalışma alanı geneli sağda).

Afet risklerine karşı giderek daha güvensiz hale gelen kentlerimizde, afet öncesinde esnasında ve sonrasında gerekli tedbirlerin alınması ve hazırlıkların yapılmasına yönelik kapsamlı stratejilerin oluşturulmasıyla olası can ve mal kayıplarının en aza indirilmesi mümkündür. Yapılması gereken en önemli çalışmalardan biri, özellikle kentsel alanlarda afet riski altında olan ve olmayan alanların tespit edilmesi ve sonrasında afet esnasında ve sonrasında vatandaşların tehlikeden kaçabileceği güvenli toplanma alanlarının oluşturulmasıdır. Yapı ve nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu ve doluluk-boşluk dengesinin yitirildiği kentlerde mekansal dokusu içerisinde, teknik altyapıdan

erişilebilirlik olanaklarına kadar pek çok farklı kriteri kapsayan vektör / raster veri tabanlarının hazırlanması afete hazırlık çalışmalarının önemli bir parçasıdır. Söz konusu veri tabanları, alt ve üst ölçekli afet temelli planlama çalışmalarında karar vericilere yardımcı olacaktır. Bu yönüyle, karar destek süreçlerinde rasyonel politika ve stratejilerin üretilmesi, farklı ölçeklerde (mahalle, semt, ilçe, kent, bölge, ülke, vb.) afet temelli planlama çalışmalarının eşgüdüm ve koordinasyon içerisinde yürütülmesi, güncel ve doğru mekansal / mekansal olmayan veriye daha hızlı biçimde ulaşılması Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin sağladığı önemli avantajlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

Chan, S., 1997. *The Development of Planning Support Systems By Integrating Urban Models and Geographic Information Systems*, Doktora Tezi, The University of Pennsylvania, Pennsylvania, USA.

Dağdeviren, M., Eren, T., 2001. Tedarikçi firma seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve 0-1 hedef programlama yöntemlerinin kullanılması, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Sayı: 16 (2), s. 41-52.

Demir, E., Yomralıoğlı, T., Çağdaş Aydınoğlu, A., 2011. Afet-Acil Durum Yönetimine Yönelik Coğrafi Veri Modelinin Tasarlanmasi: Yangin Örneği, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.

EMA, 2008. Risk Analysis of Technological Systems Application Guide, *Standards Australia, Emergency Management in Australia*, Homebush.

Japon Uluslararası İşbirliği Ajans (JICA), İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB), 2002. *Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Plan Çalışması*, Son Rapor, Cilt V.

Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, 2018. Yenilenmiş Diri Fay Hatları. http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/doc/yenilenmis_diri_fay_haritalari/denizli.pdf, [31.07.2018].

Maral, H., Akgün, Y., Çınar, A.K., Karaveli, A.S., 2015. İzmir'deki Afet Sonrası Toplanma ve Acil Barınma Alanları Üzerine Bir Değerlendirm,. *3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Özcan, N. S., Erdin, H.E., Zengin, H., 2013. Kentlerde Açık ve Yeşil Alan Sistemlerinin Afet Yönetimi Bağlamında Kullanılabilirliğinin Değerlendirilmesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS): İzmir Örneği.*TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 2013*, Ankara.

Özşahin, E., 2014. Earthquake damage risk analysis in Tekirdağ province using Geographic Information Systems (GIS) and Analytic Hierarchy Process (AHP) Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) kullanılarak Tekirdağ ilinde deprem hasar riski analizi, *International Journal of Human Sciences*, 11.1: 861-879.

Pamukkale Belediyesi, 2018.İlçemiz. https://www.pamukkale.bel.tr/s-29-cografya-ve-iklimi, [31.07.2018].

Partigöç, N.S., Erdin, H.E., Zengin Çelik, H., Sılaydın Aydın, M.B., 2018. The Examination Of Gathering Points' Capacity Regarding Mobility And Accessibility: Case Of Bayrakli District, *The International Archives of the Photogrammetry*, *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLII-3/W4, syf:413-419.

Pektezel, H., 2015. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Ve Analitik Hiyerarşi Sistemine (AHS) Göre Gelibolu Yarimadasi'nin Deprem Duyarlilik Analizi, *International Journal of Social Science*, Number: 36 , p. 179-201, Summer II.

Rahman, N., Islam, I., 2015. GIS based mapping of vulnerability to earthquake and fire hazard in Dhaka city, Bangladesh, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, Volume 13, Pages 291-300.

Reis, S., Yomralıoğlu, T., 2005. Coğrafi Bilgi Sistemleri İle İl Ölçeğinde Afet Yönetim Amaçli Planlama, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.

Saaty, R.W., 1987. The Analytical Hierarchy Process What It Is and How It Is Used, *Mathi Modelling*, Vol.9 (3-5), 161 – 176.

T.C. Denizli Valiliği, 2018.Genel Bilgiler. http://www.denizli.gov.tr/cografi-konum, [31.07.2018].

Tecim, V., 2008. *Coğrafi Bilgi Sitemleri: Harita Tabanlı Bilgi Yönetimi*, Nadir Yayıncılık, Ankara.

Tran, V., Phan Nguyen, H., Tien Ti Xuan, A., Dahdouh-Guebas, F., Koedam, N., 2013, Application of remote sensing and GIS for detection of long-term mangrove shoreline changes in Ca Mau, Vietnam, *Biogeosciences Discuss*., 10, 20047–20077.

Türkiye İstatistik Kurumu, 2018. Konularına Göre İstatistikler, [31.07.2018].

Wang Y., Liu J., Elhag T., 2008. An Integrated AHP-DEA Methodology For Bridge Risk Assessment, *Computers & Industrial Engineering,* 54(3): 513-525.

Wind, Y., Saaty, T. L., 1980. Marketing Applications of the Analytic Hierarchy Process, *Management Science*, Volume: 26 (7), 641- 658.

Zengin Çelik, H., Özcan, N.S., Erdin, H.E., 2017. Afet ve Acil Durumlarda Halkin Toplanma Alanlarının Kullanılabilirliğini Belirleyen Kriterler, *4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.



20 Eylül 2018

11:00-12:20

SALON 2009

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6227

KAYNAŞLI İLÇESİ İÇİN DEPREM TABANLI KAYIP TAHMİNİ

Hüseyin BAYRAKTAR[1]

[1] Dr.Öğr.Üyesi., Düzce Üniversitesi, Kaynaşlı Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, 81900, Kaynaşlı, Düzce, huseyinbayraktar@duzce.edu.tr

ÖZET

Kuzey Anadolu Fay hattının bir kolu Düzce fayı üzerinde yer alan Kaynaşlı ilçesi deprem bakımından kritik bir bölgede olduğundan depreme her an hazırlıklı olması gerekmektedir. 12 Kasım 1999 Düzce Depremi'nde Kaynaşlı ilçesi can ve ekonomik kayıpların en çok yaşandığı ilçe olmuştur. Depremde Kaynaşlı'da 1537 hane ağır hasar almış, 244 kişi yaşamını kaybetmiş, 544 kişi ağır yaralanmıştır (JICA 2002). İlçede deprem sonrası uzun süre iyileştirme çalışmaları devam etmiştir. Bu çalışmada Kaynaşlı ilçesi deprem riski açısından değerlendirilmiş, ilçeye ait deprem öncesi ve sonrası veriler kullanılarak deprem senaryosu yapılmış, barınma için öneriler getirilmiştir. Hasarlı bina sayıları, etkilenen kişi sayıları mahalle bazında çıkarılmıştır. Son olarak her mahallede barınma için uygun alanlar CBS yöntemi kullanılarak belirlenmiş ve barınmada referans olarak kullanılan Shpere projesi (Humanitarian Charter and Minimum Standards in Humanitarian Response) Afete Müdahalede Asgari Standartlar ve İnsani Yardım Sözleşmesi değerlendirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: afet yönetimi, coğrafi bilgi sistemleri, deprem kayıp tahmini

ABSTRACT

EARTHQUAKE BASED LOSS ESTIMATION FOR KAYNAŞLI DISTRICT

The Kaynaşlı district on the Düzce fault, a branch of the North Anatolian Fault line, is in a critical region in terms of earthquake, so the depression must be ready at all times. 12 November 1999 Düzce Earthquake Kaynaşlı district where life and economic losses are experienced the most. In the earthquake of Kaynaşlı, 1537 households were seriously damaged, 244 people lost their lives and 544 people were seriously injured (JICA 2002). Long-term recovery work continued after the earthquake in the district. In this study, the Kaynaşlı district was evaluated from view of earthquake risk, earthquake scenario was made using post-earthquake data before the earthquake and suggestions for marriage were made. The number of damaged buildings and the number of affected people were determined on a neighborhood basis. Finally, the appropriate areas for sheltering in each neighborhood were determined using the GIS method, and the Shpere project (the Humanitarian Charter and Minimum Standards in Humanitarian Response), which is used as a reference in the settlement, was examined.

Keywords: disaster management, geographic ınformation systems, earthquake loss assessment

1. GİRİŞ

Deprem Şurası, 2004, doğa kaynaklı afet türlerinden olan depremler tüm dünyada olduğu gibi Ülkemizde de etkisini göstermektedir. Topraklarının %93'ü, nüfusunun ise %98'inin deprem bölgeleri etkisinde kalan Ülkemizde 1900 ve 2003 yılları arasında toplam 182 hasar yapıcı deprem oluşmuş ve bu depremler sonucunda yaklaşık 100 bin vatandaşımız hayatını yitirmiştir (Kadıoğlu, 2008). Yerleşim yerlerinde yönetimlerin doğru kararlar alamaması, vatandaşın deprem hakkında yeterli farkındalığının olmaması ve teknik yeterliliklerin uygulanamaması gibi bazı nedenler depremin bu denli olumsuz etki göstermesinde rol oynamıştır. Fakat günümüzde depreme yönelik teknik ve bilimsel çalışmaların artması, yönetimlerin uzman kadrolardan destek alması ve halkın eskiye göre deprem olgusunu daha iyi kavraması, yönetmeliklerin tekrar gözden geçirilerek yenilenmesi gibi olumlu adımlar olası bir depremin etkilerinin azalmasını sağlayacaktır.

Gelişmiş ülkelerde olduğu gibi deprem öncesi yapılacak hazırlıkların ön plana alınması can ve ekonomik kaybın en aza indirgenmesinde yapılacak en önemli basamağı oluşturacaktır. 17 Ağustos 1999 Körfez Depremi ve 12 Kasım 1999 Düzce Depremi'nden sonra depreme yönelik çalışmalar artmıştır. Örneğin ülke ve bölge düzeyinden il düzeyinde de gelişme planları hazırlanması politikası Bakanlar Kurulu kararı ile kabul edilmiş ve ilk uygulama 2001 yılında Bolu ile Düzce illerinde başlatılmıştır. İl düzeyinde hazırlanacak planlama çalışmalarında "doğal afetlere ve çevreye duyarlı mekânsal gelişme" temel amaç olarak yer almıştır (Tatar, 2005).

Ülkemizde bulunan 19 milyon konutun % 67'sinin ruhsatsız, % 60'ının 20 yaşından büyük (Türkoğlu ve Yönder 2011) ve 7 milyondan fazla riskli konut olduğu göz önüne alındığında deprem tehlikesinin yapabileceği olumsuz etkinin oranları da yüksek olacaktır. Ülkemizin yapılaşmada sahip olduğu olumsuz göstergeler kentsel dönüşümün de gerekliliğini ortaya çıkarmıştır (Uslu ve Uzun 2014). 17 Ağustos 1999 ve 12 Kasım 1999 depremlerinden sonra 2001 yılında çıkarılan 4708 sayılı Yapı Denetim Kanunu (yapıların proje ve yapım aşamasında denetlendiği), 2012 yılında kabul edilen 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun (riskli alan, riskli yapı ve rezerv alan çalışmalarının yapıldığı) ve 18 Mart 2018 yılında Resmî Gazetede Bakanlar Kurulu Kararı

yayımlanan 1 Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe girecek olan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2007 Deprem Yönetmeliğinin geliştirilerek yeni maddelerin yer aldığı) gibi çalışmalar depremin insanlar ve yapılar üzerinde yapacağı riskin azalması sağlanmaktadır. Bu tür kanun ve yönetmelik tabanlı gelişmeler yönetimlerin deprem tehlikesine karşı elini güçlendirmektedir. Deprem tehlikesine karşı alınacak kararların yönetmeliklere ve bilimsel çalışmalara dayandırılması afet alanında gelişmiş ülkelerin yakalamış olduğu hedeflere ulaşmamızda en temel yapı taşlarını oluşturacaktır.

2. KAYNAŞLI İLÇESİ VE DEPREMSELLİĞİ

Düzce iline bağlı olan Kaynaşlı ilçesi Ankara ve İstanbul gibi iki büyük şehrin ortasında kalan, 2017 yılı belde ve köyler nüfusu 10 888, ilçe merkez nüfusu 9 593 olmak üzere toplam nüfusu 20 481 olan bir yerleşim yeridir. Geçimini genellikle tarım ve D-100 karayolu üzerinden sağlamaktadır. Şekil 1'de Kaynaşlı yerleşim yerini içerisine alan 2018 yılı uydu görüntüsü verilmiştir.

Kaynaşlı ilçesi Birinci Derece Deprem Bölgesinde yer almaktadır. Kaynaşlı merkezinden batıda Efteni Gölü ile doğuda Bolu Dağı tüneli batı girişi arasında uzanan yaklaşık 40 km uzunluğunda Düzce Fayı geçmektedir. 17 Ağustos 1999 Marmara Depremi'nde Düzce fayının batı bölümü kırılmıştır. 12 Kasım 1999 Düzce Depremi'nde ise Düzce fayının doğu bölümü kırılmış ve Düzce iline bağlı ilçeler arasında Kaynaşlı ilçesinde en fazla can ve mal kaybı olmuştur. Kaynaşlı'daki konutların % 72'si ağır hasara uğramıştır. 12 Kasım 1999 Düzce Depremi Mw=7.2 büyüklüğünde bir deprem meydana getirmiş, ilçe merkezinden geçen 6.5 km uzunluğunda fay yapılarda büyük hasarlar oluşturmuştur (Özmen, 2000).



Şekil 1. Kaynaşlı yerleşim yeri uydu görüntüsü.

3. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Kaynaşlı ilçe merkezinde yer alan 7 mahalle için deprem senaryosu hazırlanmıştır. Bahsi geçen mahalleler sırasıyla; Şimşir, Çele, Merkez, Sarıyer, Kumluca, Karaçalı ve Eskiköy mahalleleridir. Deprem senaryosu için Mw=7.2 büyüklüğünde bir deprem baz alınmıştır. Çalışmada (Özmen, 2002) tarafından yapılan "İstanbul İli İçin Deprem Senaryosu" verileri Kaynaşlı deprem senaryosu için kullanılmıştır. Özmen, çalışmada 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depreminde etkilenen konutların hasar dağılımlarını ağır, orta ve az hasarlı olarak depremin şiddet değerine göre yüzde vermektedir (Çizelge 1). Çizelge 1'e göre örneğin VIII şiddetinde depremden etkilenen bir yerde konutların %2.82'sinin ağır ve yıkık hasara, %4.41'inin orta hasara ve %5.31'inin az hasara uğrayabileceği örneklenmektedir.

Çizelge 1. 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi'nde farklı şiddetlerde etkilenmiş bölgelerdeki hasar oranları (Özmen, 2002).

Şiddet (msk)	Ağır ve yıkık hasar (%)	Orta hasar (%)	Az hasar (%)
VI	0.04	0.22	0.24
VII	0.91	2.67	2.59
VIII	2.82	4.41	5.31
IX	15.70	18.16	22.75
X	33.06	15.29	19.14

Yerleşim yerleri için konut sayısı eğer bilinmiyor ise nüfus sayısı dört kişilik aile sayısına bölünerek konut sayıları bulunabilmektedir. Konut sayıları bulunduktan sonra Çizelge 1 kullanılarak konutların hasar dağılımları şiddet değerlerine göre hesaplanmaktadır. Ölü sayısı 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi'ndeki ölü sayısının ağır hasarlı konut sayısına bölünmesiyle elde edilen %26 oranı kullanılarak, yaralı sayısı ise ölü sayısının 2.515 katsayı ile çarpılması sonucu bulunmaktadır. Açıkta kalacak insan sayısı ise ağır ve orta hasarlı konut sayısının hane sayısı ile çarpılması sonucu elde edilmektedir. Depremde yaralananların %75'inin ayakta tedavi olabileceği, %25'inin ise hastanede yatakta tedavi edilebileceği belirtilmektedir. Çadır ihtiyacı belirlenirken ise açıkta kalan kişilerin dörde bölünmesi ile ihtiyaç karşılanmaktadır. Özmen, 2002 tarafından verilen bu değerler kullanılarak Kaynaşlı Deprem Senaryosu Çizelge 2'de verilmektedir.

Çizelge 2. Deprem senaryosu sonucu hesaplanan Kaynaşlı'da hasarlı konut, etkilenecek kişi sayısı ve çadır ihtiyacı.

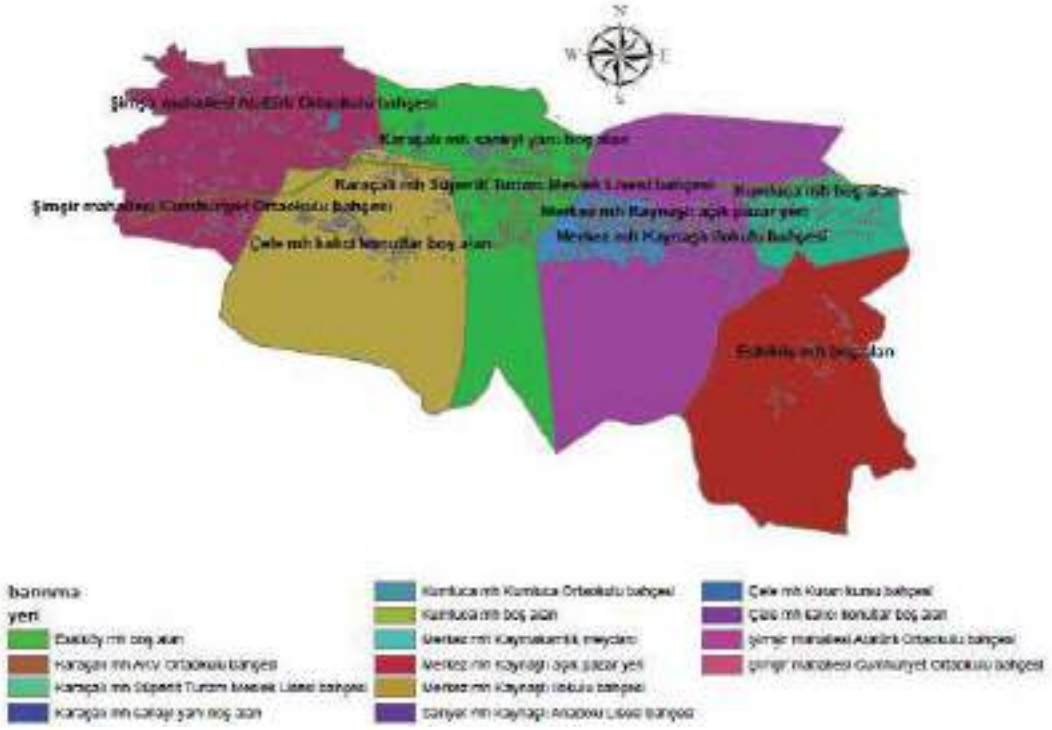
Mahalleler	**Nüfusu**	**Konut sayısı**	**Şiddet (msk)**	**Ağır ve yıkık konut**	**Orta hasarlı konut**	**Az hasarlı konut**	**Ölü sayısı**	**Yaralı sayısı**	**Ayakta tedavi**	**Yataklı tedavi**	**Açıkta kalacak insan sayısı**	**Çadır ihtiyacı**
Şimşir	827	207	VIII	6	9	11	2	5	4	2	60	15
Çele	1799	450	VIII	13	20	24	4	10	7	2	132	33
Merkez	1961	490	IX	77	89	112	20	50	38	12	664	166
Karaçalı	1918	480	VIII	14	22	26	4	10	7	3	144	36
Sarıyer	1675	419	IX	66	76	95	17	43	32	11	568	142
Kumluca	1172	293	IX	46	53	67	12	30	23	7	396	99
Eskiköy	241	60	VII	1	2	2	1	1	1	1	12	3
Toplam	**9593**	**2399**	**-**	**223**	**271**	**337**	**60**	**149**	**112**	**38**	**1976**	**494**

Deprem senaryosuna göre 7 mahallenin nüfus bilgileri 2017 yılı TÜİK'ten alınarak konut sayıları bulunmuştur. Bulunan konut sayıları Çizelge 1'deki değerler ile oranlanarak ağır, orta ve az hasarlı konut sayıları hesaplanmıştır. Hasar sayılarına göre de etkilenebilecek kişi sayıları tespit edilmiştir. Çizelge 2'de Kaynaşlı ilçesinde toplam 2399 konut bulunmuştur. Bu konutların 223'ü ağır ve yıkık, 271'i orta ve 337'si az hasarlı olarak hesaplanmıştır. Toplam ölü sayısı 60, yaralı sayısı 149, ayakta tedavi 112, yataklı tedavi 38 olarak bulunmuştur. Deprem sonrasında ağır ve orta hasarlı konutlarda barınma sağlanamayacağından ağır ve orta hasar konut sayısına göre 1976 kişi açıkta kalacak ve bu açıkta kalacak kişiler için toplam 494 çadır ihtiyacı oluşacağı deprem senaryosuna göre elde edilen değerlerdir. Bu sonuçlara göre Kaynaşlı ilçe kapasitesi değerlendirilerek karşılaştırmaların yapılması sağlanabilecektir. Çadır yerlerin belirlenmesinde okul bahçeleri, açık alanlar ve her mahallenin kendi sınırları içerisinde belirlenmesi doğru olacaktır.

Barınma yerlerinin belirlenmesinde Sphere Projesi (Afetle Mücadelede Asgari Standartlar ve İnsani Yardım Sözleşmesi) afetten etkilenen insanların uygun koşullar altında yardım alma prensiplerini ifade etmektedir. Su temini, beslenme, gıda yardımı, barınak, yer planlama ve sağlık hizmetleri sözleşmenin temel asgari standartlarıdır.

Maral vd. (2015), Sözleşmede çadır kent kapasitesinin belirlenmesinde minimum 2000 çadır (10 000 kişi), maksimum 3000 çadır (15 000 kişi) olarak belirtmektedir. Yer seçiminde ve altyapı standartlarında afetzedeler için seçilecek çadır kent alanının yerleşim alanına mümkün olduğu kadar yakın olması, yerleşilecek alanın yerleşime uygun olması ve insanların güvenliğinin sağlanması, mevcut sosyal ve ekonomik tesislere yakın olması, yeterli suyun olması, toprağın kazıya ve suyu geçirmeye uygun olması, çadır kentin yerinin elektrik, su ve altyapıya bağlanmaya uygun bölgede yer alması, çadır kentin kurulacağı yerin eğiminin %7'yi geçmemek üzere tercihen %2 ile %4 arasında olması ve drenajının sağlanması, mümkünse çadır kentin hazine arazisine kurulması ve önceden zemin etütlerinin yapılmış olması, seçilen alanın tarım arazisi olmamasına özen gösterilmesi, yerleşim alanının kişi başına en az 45 m² düşmesi, çadırlar arasında yangın önleyici boşluklar bırakılması (çadırlar arası 2m, çadır kümeleri arasının ise 6m olmalı), çadır kent içerisinde okul, kreş, destek merkezi, kahve evleri, çamaşırhane, marketler, ibadet alanları, sağlık merkezleri, su kaynakları, beslenme yerleri, spor ve sosyal tesisler gibi yerlerin planlanması, yönetim binası, lojistik ve dağıtım gibi yerlerin belirlenmesi, planlamada toplumun sosyal yapısının yanı sıra kadın ve erkek ayrımının gözetilmesi önem arz etmektedir (The Sphere Project, 2000).

Sphere projesi, afetzedelerin alacakları yardımlarda ve acil barınma için yerleşim yerinin seçiminde insan haklarını gözeterek belli kurallara, yönlendirmelere dayanan bir çalışma olarak tüm dünyada afet sonrası uygulanabilecek standartları içermektedir. Sphere Projesi, afete maruz kalmış insanların yardım almalarının bir hak olduğunu, insanların kendilerini güven içerisinde hissetmelerini ve temel ihtiyaçların ana hedefler arasında yer alması gerektiğini işaret etmektedir.



Şekil 2. Deprem senaryosuna göre Kaynaşlı ilçesi acil barınma yerleri.

Barınma alanlarının seçiminde özellikle her mahallede en az bir yer ve kapasite yeterliliğine göre yer seçimi yapılmıştır (Şekil 2). Yer seçiminde CBS yöntemi kullanılmıştır. Barınma için çadırlar mahallelerin ihtiyaç kapasitelerine göre genellikle okul bahçelerine yerleştirilmiştir. Çünkü okullar hem hazine arazisine aittir hem de elektrik, su vb, altyapı hizmetlerinin alınabileceği, ayrıca güvenliğin daha rahat sağlanabileceği yerlerdendir. Diğer bazı mahallelerde Sphere standartlarında belirtilen eğim, altyapı vb standartlar düşünülerek seçilmiştir. Toplam 14 yerleşim alanı, çadır alanları olarak belirlenmiştir. Bu çadır alanlarından 11 tanesi hazineye ait, altyapısı ve güvenliği sağlanabilen yerlerden seçilmiştir. Diğer kalan 3 boş alan ise Shpere standartlarına göre belirlenmiştir.

Deprem senaryoları deprem öncesi yapılması ön görülebileceklerin belirlenmesinde yol gösterici olabilmektedir. Depremin ne zaman olacağı kesin olarak bilinememekle birlikte Ülkemiz açısından bakıldığında her an depreme hazır olmamız gereken bir bölgede yer almaktayız. Bu yüzden deprem senaryoları mevcut kapasitemizi görmemizi sağlamaktadır. Bu sayede deprem olmadan önce planlamaları ve yapılması gerekli tüm çalışmaları yapmamız deprem sonrası büyük kayıpların önüne geçmemizi sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Kadıoğlu, M., 2008. Sel, Heyelan ve Çığ için Risk Yönetimi; Kadıoğlu, M. ve Özdamar, E., (editörler). 'Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri' JICA Türkiye Ofisi Yayınları No: 2, Ankara. s. III, 2-3

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (Mülga Bayındırlık ve İskan Bakanlığı) Deprem Şurası 2004, Ankara. Mevcut Yapıların İncelenmesi ve Yapı Denetimi Komisyonu Raporu. s. 224.

Tatar, Y., 2005. Düzce İl Gelişme Planı, Çevre ve Mekansal Gelişme. Düzce.

Türkoğlu, H. ve Yönder, A., 2011. Türkiye'de son 10 yılda afet yönetiminde gelişmeler, 1.Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, ODTÜ, Ankara.

(URL_1) http://www.hurriyet.com.tr/ekonomi/7-milyondan-fazla-riskli-konut-var-40549394 [Erişim tarihi: 05.07.2018].

Uslu, G., ve Uzun, B., 2014. Kentsel Dönüşüm Projelerinde Deprem Etkisi, Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, 6 (2), 1-11.

4708 sayılı Yapı Denetim Kanunu. http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.4708.pdf [Erşim tarihi: 21/07/2018].

6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun. http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.6306.pdf [Erşim tarihi: 21/07/2018].

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/89227ad223d3b7a_ek.pdf [Erşim tarihi: 21/07/2018].

Özmen, B,. (2002, 1). İstanbul İli İçin Deprem Senaryosu. Türkiye Mühendsilik Haberleri, s. 23-28.

Maral, H., Akgün, Y., Çınar, A.K., ve Karaveli, A.S. 2015. İzmir'deki Afet Sonrası Toplanma ve Acil Barınma Alanları Üzerine Bir Değerlendirme. 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, İzmir.

(URL_2) http://www.kaynasli.gov.tr/jeolojikyapi [Erşim tarihi: 04/08/2018].

Özmen, B., 2000. 12 Kasım 1999 Düzce Depreminin Konut ve İşyeri Hasarları (Rakamsal Verilerle), 12 Kasım Düzce Depremi Raporu (Editör: Bülent ÖZMEN ve Günruh BAĞCI), Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, Ankara, s: 155-214.

The Sphere Project, 2000. Humanitarian Charter and Minimum Standards in Humanitarian Response. http://www.ifrc.org/PageFiles/95530/The-Sphere-Project-Handbook-20111.pdf [Erşim tarihi: 04/08/2018].

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6652

GÜNEYDOĞU KARADENİZ DENİZ ALANLARINDA RADAR UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMİYLE HİDROKARBON SIZINTILARI TESPİTİ

Ayça KARAÇAY

Kıdemli Yük. Jeoloji Müh., Türkiye Petrolleri, Arama Dairesi, Gravite Manyetik ve Uzaktan Algılama Müdürlüğü, 06530, Söğütözü, Çankaya, Ankara, akaracay@tp.gov.tr

ÖZET

Marmara Denizi'ne İstanbul Boğazı ile bağlı olan Karadeniz, Türkiye, Ukrayna, Rusya, Gürcistan, Romanya ve Bulgaristan tarafından çevrelenmektedir. Karadeniz'de maksimum su derinliği 2200 m olup havza tabanı düz bir deniz tabanından oluşmaktadır. Karadeniz iki adet basenden oluşmaktadır; Batı Karadeniz Baseni ve Doğu Karadeniz Baseni. Bu iki basen Andrusov Yüksekliği ile ikiye bölünmektedir. Batı Karadeniz Baseninin altında okyanusal kabuk, okyanus tabanının altında oluşan kabuk ve 19 km kalınlığında sedimanlardan oluşmaktadır. Doğu Karadeniz Baseni ise yaklaşık 10 km kalınlığında kıtasal ve 12 km kalınlığında sedimanlardan oluşmaktadır. Daha önce incelenmiş sismik verilere göre Karadeniz Baseni beş ana sedimenter birimden oluşmaktadır. Bu birimler, Üst Kretase, Paleosen-Eosen,Oligosen-Alt Miyosen,Üst Miyosen ve Pliyosen-Kuvaterner yaşlardadırlar. Kratese birimleri karbonatlardan, Paleosen ve Eosen birimleri sığ denizel çökeller ve karbonat kayalardan oluşmaktadır. Oligosen -Alt Miyosen kompleksi kil, orta-üst miyosen kompleksi sığ karasal çökellerden oluşmaktadır. Bu projede, Doğu Karadeniz basenin üstündeki deniz alanında hidrokarbon sızıntılarının tespiti amaçlanmaktadır. Bu amaçla, Radar uzaktan algılama yöntemine başvurulmasının daha önceki araştırmalara göre daha uygun olduğu tespit edilmiştir. Bunun için 375 adet ERS verileri Avrupa Uzay Ajansından alınmıştır. Bu veriler NEST, ENVI ve ArcGIS programları kullanılarak analiz edilmiş ve tespit edilen hidrokarbon sızıntıları ve benzerleri zamansal devamlılıkları da göz önüne alınarak kategorize edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: deniz, hidrokarbon sızıntı, karadeniz, radar, SAR

ABSTRACT

DETECTING HYDROCARBON SEEPS ON THE SOUTHEASTERN BLACK SEA USING RADAR TECHNIQUES

The Black Sea linked to the Sea of Marmara by the Bosphorus is surrounded by Turkey, Ukraine, Russia, Georgia, Romania and Bulgaria. The maximum water depth of Th Black Sea is 2200 m and the basin floor of the Black Sea is a flat abyssal plain. The Black Sea basin has two main basins: Western Black Sea Basin and Eastern Black Sea Basin. These two basins are divided by Andrusov High. The western Black Sea basin is underlain by oceanic to suboceanic crust and has 19 km thick sediments. The eastern Black Sea basin is underlain by approximately 10 km-thick continental crust and 12 km-thick sediments. There are five main sedimentary units within the Black Sea Basin according to seismic data. These are Upper Cretaceous, Paleocene-Eocene, Oligocene-Lower Miocene, Upper Miocene and Pliocene-Quaternary. The Cretaceous sedimantary units are composed of carbonates. The Paleocene and Eocene units consist of terrigenous and carbonate rocks. Oligocene-Lower Miocene complex has clay sediments, and Middle-Upper Miocene complex has terrigenous composition. The Pliocene-Quaternary unit is composed of clays, The oil slicks on the sea surface can be detected by the SAR sensors due to the amount of the backscattered radiation The aim of this project is to detect the hydrocarbon seeps over the southeastern part of the Black Sea region. For this purpose, 375 ERS 1/2 data were obtained from ESA (European Space Agency). These data were processed by using NEST, ENVI and ArcGIS softwares. By concentrating on the use of manual approaches, oil slicks were tried to discriminate from look-alikes based on pattern recognition. Also, temporal continuity of the oil slicks on Radar image on the same area were taken into consideration to define precise results.

Anahtar Kelimeler: black sea, hydrocarbon, oil, radar, SAR, seep, slick

1. GİRİŞ

Birçok alanda (maden, jeotermal, vb.) aramacılık açısından kullanılan uzaktan algılama yöntemlerinin petrol aramacılığı içinde avantajlı bir yöntem olduğu pek çok araştırma sonucunda ortaya konulmuştur. Yapılan araştırmalara göre, radyo dalga boyunda sinyallerin kullanan, aktif uydu sistemi olan Sentetik Aralıklı Radar (SAR) uydularından temin edilen görüntülerin analizi sonucunda petrol sızıntılarına ulaşılmaktadır. Aktif uydu sistemleri pasif uydu sistemlerinden farklı olarak enerji kaynaklarını kendi ürettikleri enerji sinyallerinden sağlamaktadır. Bu ürettikleri enerjinin çarptığı nesneden saçılması veya yansıması sonucunda alınan geri sinyaller (back-scattering) sayesinde araştırma yapılan nesne ya da bölge hakkında bilgi elde edilmektedir.

Doğal petrol sızıntılarında deniz tabanından deniz yüzeyine ulaşan petrol sızıntısı, yüzeyde ince bir tabaka hâlinde yayılım göstermektedir. Petrollü bölgeye gelen Radar sinyalleri sakin veya az pürüzlü deniz ortamlarında tam yansımaya uğrayarak verilerin toplandığı uydudan uzaklaşarak bu alana ait bilgi elde edilememesine neden olmaktadır. Bu tam yansıma sonucunda, istenilen çalışma alanına dair alınan uydu görüntülerinde hidrokarbon sızıntısı olan alanlar koyu bölgeler şeklinde görülmektedir. SAR görüntülerinde tespit edilen koyu alanlar büyüklüğüne, şekline ve kontrastına bakılarak doğal petrol sızıntıları veya benzerleri olarak sınıflandırılmaya çalışılmaktadır.

Bu amaçla, veri temini sırasında Avrupa Uzay Ajansı'na (ESA) yazılan öz yazı ile ücretsiz elde edilen ERS1/2 uydusuna ait SAR uydu görüntüleri kullanılarak Doğu Karadeniz Baseninin batı kısmında (Sinop-Ordu) olası petrol sızıntıları belirlenmeye çalışılmıştır.

2. UYGULAMA

Bu çalışmada 2000-2011 yılları arasında elde edilmiş ERS 1/2 SAR uydusuna ait 375 adet görüntüleri yazılı sunulan öneri sonrasında ESA'dan ücretsiz olarak temin edilmiştir.

Çalışma alanı için ESA'dan alına ERS 1/2 SAR uydu görüntüleri, görüntü oluşturması için toplanan radar sinyallerinin bu esnada maruz kaldığı atmosferden ya da topoğrafyadan kaynaklanan etkileri minimuma indirgemek amacıyla bazı işlemler uygulanmıştır. Bu amaçla sırasıyla NEST (Next ESA SAR Toolbox), ENVI (Environment for Visualizing Images) ve ArcGIS programları kullanılmıştır.

.



Şekil 1. ERS1/2 IMP verilerinin işlem aşamaları şeması.

ESA'dan alınan ERS 1/2 SAR görüntüleri SAR_IMP_1P (SAR Image Mode Precision Image-SAR Görüntü Modunda Duyarlı Görüntü) ürün tipinde *N1 formatında elde edilmiştir. IMP modundaki radar görüntüleri iki farklı banttan oluşmaktadır. Bunlar, yoğunluk (intensity) ve genlik (amplitude) bantlarıdır. NEST programına ERS1/2 verisi çağırıldıktan sonra bir görüntü toplanma sırasındaki hataları düzeltme amaçlı Görüntü Ayarlama-Kalibrasyon işlemi uygulanmıştır.

1.1 Kalibrasyon

Kalibrasyon aşaması, alınan ham verinin bileşenlerinin belirli bir hesaplama sonrasında belirli bir standartta düzeltmelerinin yapılıp görüntü hâline getirilme işlemidir. Bu projede kullanılan veri tipinden ötürü (IMP verisi) ERS1/2 verilerinde ölçümleme işlemini kendi arşivindeki imkanlarını kullanarak yapmaktadır.
Level 1 seviyesinde olan SAR verileri, radyometrik polarlaması bulunmayan ve düzeltmesi yapılmamış verilerdir. Radyometrik düzeltmelerin yapılması yansıma verilerinin piksel verilerinin doğru değerlendirilmesinin yapılması açısından önemlidir. Bir radar sinyali, sinyal vericisinden çıkmaya başladığı andan sinyal alıcısına yeniden ulaşana kadar çeşitli etkilere maruz kalmaktadır. Bu etkileri azaltmak amacıyla daha önceki SAR görüntüleriyle karşılaştırma yapılması önemlidir. SAR verilerinden iyileştirmeye gidilen bu aşama Görüntü Ayarlama-Kalibrasyon adı verilen işlemle gerçekleştirilmektedir.
Kalibrasyon aşamasında üç adet düzeltme uygulanmaktadır; bunlar geliş açısı (incidence angle) düzeltmesi, görüntü ayarlama sabiti (calibration constant) ve analogdan dijitale çevirici doğrusalsızlığı (analogue to digital converter non-linearity) düzeltmesidir.
IMP görüntülerinde ölçümleme işlemi yapılırken NEST programı tarafından kullanılan hesaplama formülü aşağıdaki gibidir.

$$\sigma_{i,j}^{\theta} = \frac{DN_{i,j}^2}{K}\sin(\sigma_{i,j}) \qquad \gamma_{i,j} = \frac{\sigma_{i,j}^{\theta}}{\cos(\sigma_{i,j}^{\theta})} \qquad (1)$$

For i=1……L and j=1….M

- *DNi,j2 piksel i, j için piksel yoğunluğu*
- *θi,j bakış açısı*
- *K mutlak ayarlama sabiti*
- *αi,j geliş açısı*

1.2 Çoklu Bakış (Multilooking)

ERS1/2 SAR IMP verisi elde edilirken bazı düzeltmeleri yapılıp kullanıcıya sunulmasına rağmen kendi içinde benek gürültüsünü (speckle noise) barındırmaktadır. Bu gürültünün azaltılması için daha önce aynı alan için çeşitli açılardan çekilmiş Radar görüntüleri birleştirilir. Bu işlem çoklu bakış (multilooking) işlemi aşamasında gerçekleştirilmektedir. Çoklu bakış (multilooked) haline getirilen verinin yorumlanabilirliği artmaktadır.
Çoklu bakış (Multilooking) işlemi iki farklı şekilde uygulanabilmektedir;

- 2 boyutlu Kernel sarımı kullanarak ya da kullanmaksızın tek bakışlı görüntünün uzay-tabanlı ortalamasından üretmek
- Ya da frekans-tabanlı metot kullanılarak üretilebilmektedir.

NEST programı uzay-tabanlı çoklu bakış metodunu kullanmaktadır.
Bu işlemde SAR görüntülerinin klavuz verilerindeki *Number of Range Looks* ve *Number of Azimuth Looks* değerleri sistemin otomatik olarak atadığı verilerle karşılaştırılmış ve aynı oldukları görülmüştür. Bu nedenle sonraki görüntülerde otomatik olarak algılamasına izin verilmiştir.

1.3 Görüntü Projeksiyonlama (Reprojection)

Çoklu Bakış işlemi sonrasında Görüntü Projeksiyonlama (Reprojection) işlemi uygulanmıştır. Görüntü

projeksiyonlama (Reprojection) işlemi, alınan SAR verisinin dünya düzleminde konumlandırılmasının yapıldığı aşamadır. Bu konumlama işlemi sırasında Koordinat Referans Sistemi (Coordinate Reference System-CRS) kullanılmaktadır. Projeksiyonlama ve jeodetik başlangıç noktası seçilerek verinin hangi bölgeye ait olduğu bu şekilde programa tanıtılmış olur.

1.4 Filtreleme (Filtering)

Projeksiyonlama işleminden sonra Filtreleme (Filtering) işlemine geçilmiştir. Radar verilerindeki gürültülerin yok edilmesi Filtreleme işlemi sayesinde olmaktadır. Radar görüntüleri yapısal olarak tuz ve karabiber (Salt and pepper) görüntüsü veren bir yapıdadır. Bu görünüm verinin kalitesini düşürmekte ve analiz edilmek istenen görüntünün yorumlamasını zorlaştırmaktadır. Benek gürültüsünün azaltılması Çoklu Bakış işlemi ile başlamaktadır fakat asıl uygulama Filtreleme işleminde yapılmaktadır. Bu işlemi bütün görüntülere uygulamadan önce, yapılan araştırmalar sonucunda, uygulanacak en iyi filtreleme yöntemine çeşitli hesaplamalar sonucunda karar verildiği görülmüştür. Bu yüzden öncelikle seçilen bir görüntü üzerinde bütün filtreleme işlemleri uygulanmış, bu işlemler sonucunda her bir işlem için görüntünün istatistiği çıkarılmış ve bu istatistikteki bazı veriler kullanılarak hesaplama yapılmıştır.
Programda 6 farklı filtreleme çeşidi bulunmaktadır. Bunlar;

- *Mean*
- *Median*
- *Frost*
- *Lee*
- *Refined Lee*
- *Gamma-MAP'tir.*

Geçmişte yapılmış çalışmalarına göre fitreleme işlemindeki önemli parametreler;
ENL (Equivalent Number of Looks-Bakının Eşdeğer Sayısı), SSI (Speckle Suppression Index- Benek Yok Etme Katsayısı), ve SMPI (Speckle Suppression and Mean Preservation Index- Benek Yok Etme ve Ortalama Koruma Katsayısı)'dır.

$$\underline{\mathbf{ENL}}=(Mean \div StandartDeviation) \text{ ^2} \quad (2)$$

Yüksek ENL değeri homojen alanlar için daha uygun bir filtreleme yöntemini işaret eder.

$$\underline{\mathbf{SSI}}= ((\sqrt{var(If)}) \div mean(If)) \times (mean(Io) \div (\sqrt{var(Io)})) \quad (3)$$

If = Filtrelenmiş görüntü
Io = Gürültülü görüntü

Bu hesaplama sonucunda çıkan değerin 1'den daha az olması gerekmektedir. Çıkan sonuç ne kadar küçük olursa kullanılan filtreleme işlemi o görüntü için en uygun olandır.

$$\underline{\mathbf{SMPI}}= Q \times (\sqrt{var(If)} \div \sqrt{var(Io)}) \quad (4a)$$

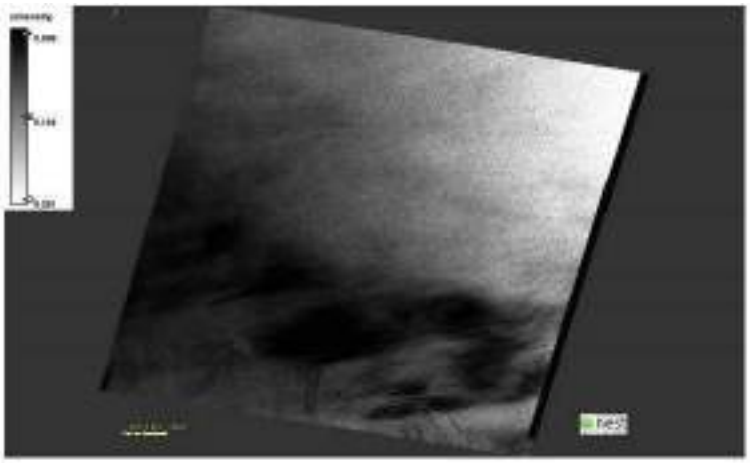
$$\underline{Q}=1 + |mean(Io) - mean(If)| \quad (4b)$$

Bu hesaplama sonucunda çıkan sonuç ne kadar küçük olursa o kadar iyi ortalamayı koruyan ve gürültü azaltan bir filtreleme kullanıldığı belirtilmektedir. Bu hesaplamalar sonucunda çıkan tablo aşağıda verilmektedir.

Filtering	Mean 3*3	Mean 5*5	Mean 7*7	Median 3*3	Median 5*5	Median 7*7	Frost 3*3	Frost 5*5	Frost 7*7	Gamma 3*3	Gamma 5*5	Gamma 7*7	Lee 3*3	Lee 5*5	Lee 7*7	Refined Lee 5000	Refined Lee 6000	Refined Lee 7000	Real Data
#Pixels count	81955662	81908326	81864988	81994987	81995002	81995002	81951662	81908326	81864988	81994993	81994993	81994993	81951662	81908326	81864988	81888791	81888791	81888791	26921164
Minimum	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Maximum	1,944	1,127	0,968	2,154	1,835	1,837	2,011	2,402	2,932	2,238	2,238	3,097	1,944	1,689	1,978	1,744	1,744	1,744	747,529
Mean	0,106	0,107	0,107	0,101	0,095	0,098	0,106	0,105	0,105	0,105	0,105	0,104	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,014
Median	0,080	0,081	0,081	0,072	0,068	0,075	0,079	0,080	0,080	0,074	0,075	0,075	0,076	0,079	0,081	0,078	0,078	0,078	0,000
Std deviation	0,096	0,090	0,088	0,094	0,085	0,092	0,096	0,091	0,089	0,096	0,090	0,088	0,096	0,091	0,089	0,094	0,094	0,094	0,316
Coef Variation	0,885	0,837	0,816	0,916	0,849	0,923	0,893	0,848	0,827	0,896	0,844	0,822	0,893	0,843	0,821	0,869	0,869	0,869	2,114
ENL	1,299	1,428	1,502	1,196	1,388	1,473	1,258	1,398	1,464	1,248	1,403	1,479	1,258	1,404	1,482	1,325	1,325	1,325	0,224
PTS threshold	0,144	0,147	0,148	0,139	0,135	0,136	0,145	0,145	0,143	0,140	0,144	0,145	0,144	0,145	0,147	0,147	0,147	0,147	0,000
PBD threshold	0,167	0,170	0,170	0,160	0,155	0,154	0,165	0,164	0,166	0,162	0,166	0,163	0,163	0,168	0,166	0,167	0,167	0,167	0,000
PBS threshold	0,194	0,196	0,197	0,185	0,180	0,179	0,193	0,192	0,195	0,192	0,192	0,194	0,194	0,195	0,193	0,194	0,194	0,194	0,000
PBD threshold	0,232	0,233	0,233	0,223	0,215	0,212	0,232	0,230	0,229	0,232	0,227	0,230	0,232	0,231	0,232	0,232	0,232	0,232	0,000
PBS threshold	0,300	0,291	0,287	0,290	0,273	0,269	0,299	0,291	0,286	0,297	0,288	0,284	0,300	0,290	0,286	0,293	0,293	0,293	0,000
Q	1,092	1,093	1,093	1,088	1,083	1,084	1,092	1,092	1,091	1,091	1,091	1,090	1,092	1,092	1,092	1,093	1,093	1,093	1,000
SMPI	0,708	0,688	0,676	0,715	0,681	0,676	0,710	0,691	0,682	0,710	0,689	0,680	0,710	0,690	0,681	0,703	0,703	0,703	1,000
SSI	0,083	0,080	0,079	0,085	0,078	0,081	0,084	0,082	0,081	0,085	0,080	0,082	0,084	0,081	0,080	0,082	0,082	0,082	1,000

Şekil 2. Çeşitli filtreleme yöntemlerinin istatistiksel hesaplamalarının tablosu.

Yapılan hesaplamalar sonucunda Median 7*7'in en iyi ENL ve en düşük SSI ve SMPI değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Bu hesaplamalar sadece 1 adet ERS1/2 görüntüsü üzerinde uygulanmıştır ve geriye kalan 374 adet ERS1/2 görüntüsü üzerine Median 7*7 filtrelemesi direkt uygulanmıştır.



Şekil 3. Median 7*7 filtresi uygulanmış ERS1/2 SAR görüntüsü.

1.5 Petrol Sızıntısı Tespiti Aşamaları

Petrol sızıntısı tespiti kısmında NEST programı ile otomatik olarak deniz alanlarının üzerindeki petrol sızıntısı veya benzerlerinin oluşturduğu koyu alanlar tespit edilmektedir. Belirlenen alanlar ENVI programının yardımıyla hücresel veriden vektörel veri hâline getirilip oradan da ArcGIS programına aktarılmaktadır. ArcGIS programında da bu veriler kategorize edilmektedir. Bu sayede petrol benzeri kısımlar ve doğal petrol sızıntılarının birbirinden ayrıştırılmış olur.

1.5.1 NEST Programında Otomatik Koyu Alanların Tespiti (Oil Spill Detection)

NEST programında Oil Spill Detection modülü otomatik olarak SAR görüntüsünün deniz alanları üzerindeki koyu alanları yakalamaktadır. Bu işlem sırasında filtrelenmiş her bir SAR görüntüsünün Treshold Shift ve Minimum Cluster boyutu değiştirilip doğru sonuçlara ulaşılmaya çalışılmıştır.

Threshold Shift değeri, sisteme girilen değerin altında ortalama geri-yansıma değeri veren bölgeleri yakalamaktadır.

Minimum Cluster boyutu, sisteme girilen alan boyutunun üzerinde kaplanan koyu alanları yakalamaktadır.

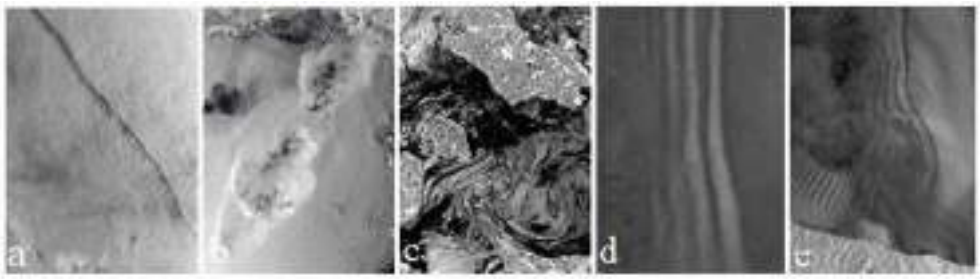
NEST programında otomatik olarak belirlenen sızıntı alanlarının hücresel veriden vektörel veriye çevirimi için ENVI programına aktarılması gerekmektedir Fakat yukarıdaki şekilde de görüldüğü üzere gereksiz alanların da sızıntıymış gibi algılanmasından kaynaklı veriler NEST-OST işlemi yapılmadan direk ArcGIS programına aktarılmıştır. Bu program aracılığıyla sızıntı ve sızıntı benzeri ögeler tespitinin kullanıcı tarafından belirlenmesine karar verilmiştir.

1.5.2 ArcGIS Programında Sızıntı Verilerinin Sınıflandırılması

ArcGIS programına aktarılan ERS1/2 görüntülerinin sızıntı ve sızıntı benzeri görüntü veren kısımları belirlenerek, kirlilik, olası sızıntı ve sızıntı olarak üç kategoride sınıflandırılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla toplamda 375 adet SAR görüntüsü tek tek incelenmiştir. Analiz edilen her bir görüntüdeki sınıflandırılmış sızıntı ve sızıntı benzeri görüntüler gruplarına göre renklendirilip zamanla olan tekrarlamaları dikkate alınmıştır.
Sınıflandırma yapılırken kullanılan kriterler Görüntü Sınıflandırılması ve Olası Sızıntıların Belirlenmesi kısmında ayrıntılı olarak anlatılmaktadır.

1.6 Görüntülerin Sınıflandırılması ve Olası Sızıntıların Belirlenmesi

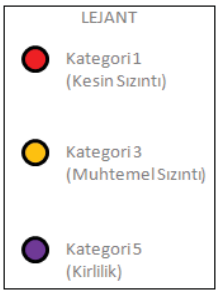
Yapılan literatür çalışmalarına göre doğal sızıntıların ve sızıntı benzeri yapıların ayrımının nasıl yapıldığına dair bilgiler edinilmiştir. Araştırmalar doğrultusunda biyojenik tabakaların, yağmur hücrelerinin, deniz içi oluşan dalgaların, atmosferik etkilerin ve gemi izlerinin hidrokarbon sızıntısı benzeri görüntüler verildiği görülmüştür. Bu rastlanan tabakaların kirlilik olarak adlandırılmasında karar verilmiştir.



Şekil 4. SAR görüntüsünde sızıntı ve sızıntı benzeri yansıma gösteren yapılar; a) Tipik sızıntı (Foto: Alpers et al. 2004); b) yağmur hücreleri (Foto: ESA); c) biyojenik tabakalar (Foto: Alpers et al. 2004a); d) deniz içi oluşan dalgalar (Foto: Alpers et al. 2011); e) atmosferik etkilerle oluşan dalgalar (Alpers et al. 2011), (Zhang et al. 2014).

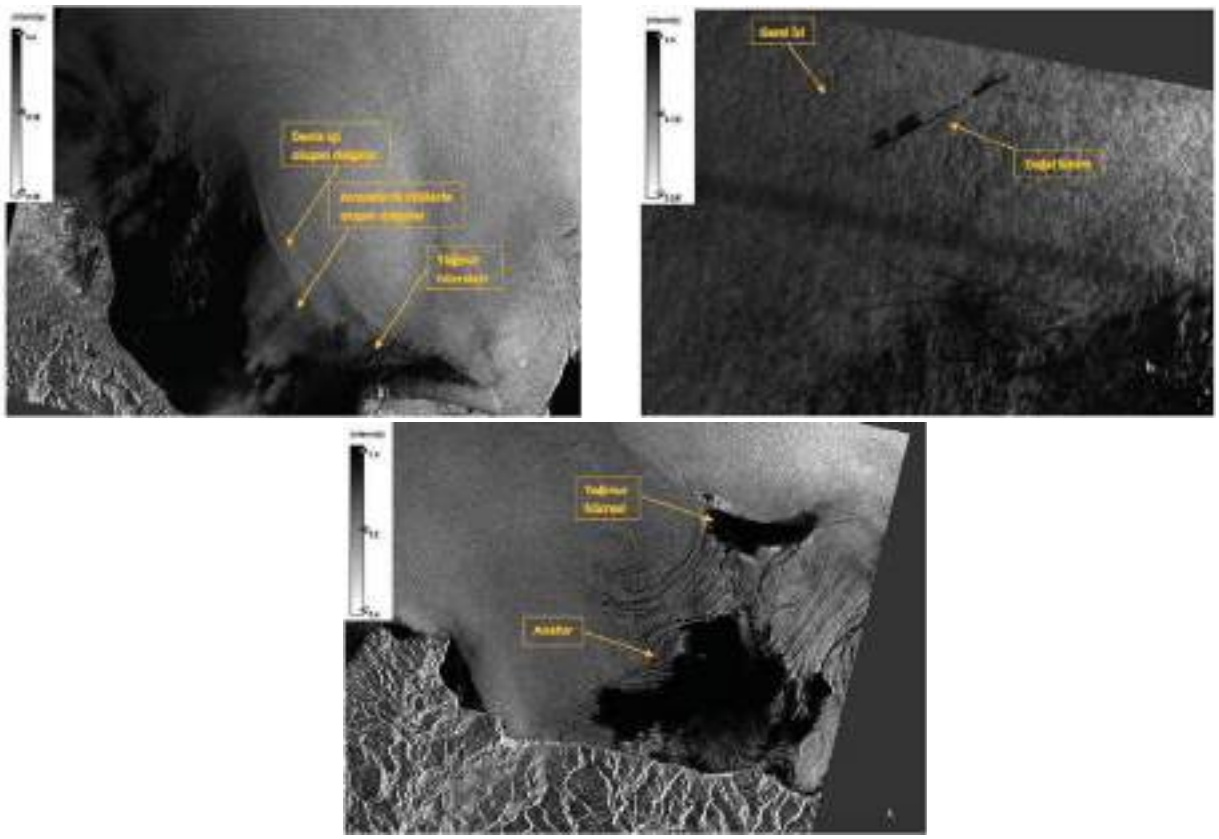
Yukarıdaki şekillerde belirtilen görüntüler dışında hidrokarbon sızıntısı görüntüsü veren alanlar belirlendiğinde, bu alanlarda sızıntı görüntülerinin tekrarı görülmüyorsa, bu görüntüler olası sızıntı kategorisi altında sınıflandırılmaya karar verilmiştir.
Eğer doğal sızıntı olarak tespit edilen görüntüler, farklı zamanlardaki SAR verilerinde aynı bölgede ya da yakınında tekrar ediyorsa bunlar kesin sızıntı olarak kategorize edilmiştir.

Sınıflandırma kısmında her bir kategori için kullanılan renkler daha önceki çalışma alanlarında yapılan petrol sızıntısı tayini raporlarına bakılarak renklerinin bozulmaması adına aynı şekilde kullanılmıştır.
Bu işlem için kullanılan lejant aşağıda gösterilmektedir.



Şekil 5. Bu çalışmada kullanılan renk tanımlaması.

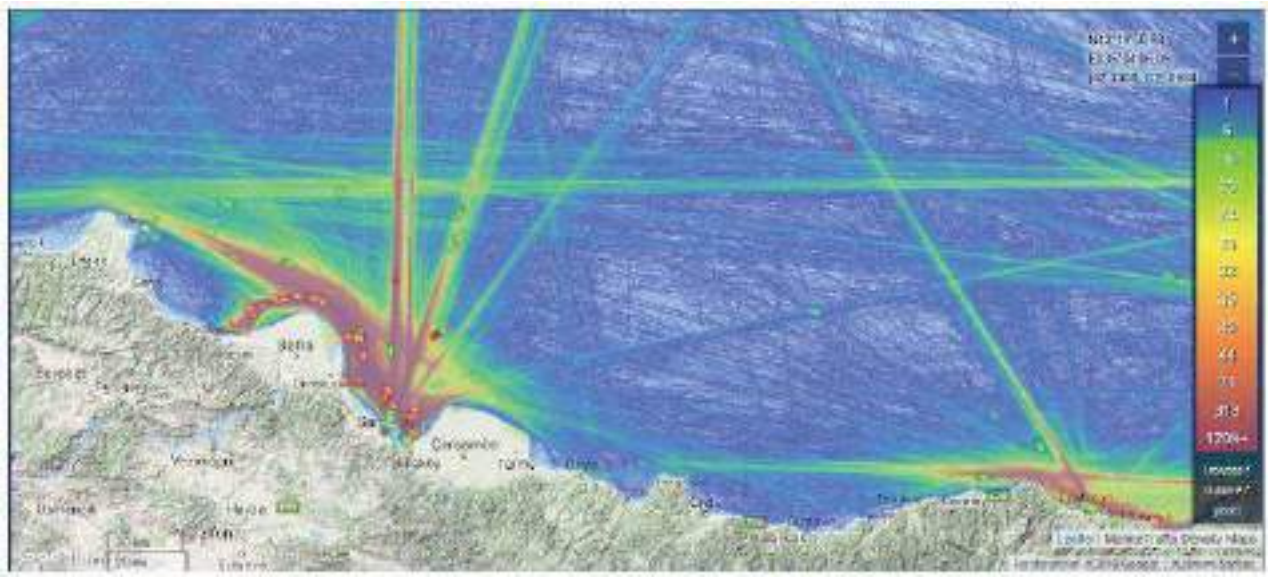
ERS 1/2 görüntülerinde tespit edilen sızıntı ve sızıntı benzeri yapıların görüntü olarak nasıl farklılık gösterdiğinin daha açık belirtilmesi için bazı örnekler aşağıda bulunan görüntülerde görülebilmektedir.



Şekil 6. a., b., c. Analiz edilen ERS1/2 SAR görüntülerindeki sızıntı ve sızıntı benzeri yansıma gösteren yapılar.

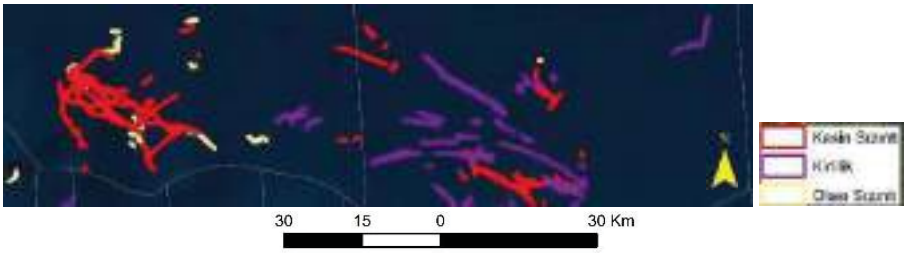
Yapılan araştırmalar sonucunda hidrokarbon sızıntılarına en yakın görüntü veren gemi izlerinin büyük önem taşıdığı belirlenmiştir. Kirlilik olarak adlandırdığımız bu yapıların doğal sızıntılardan ayrıştırılması için çalışma alanına ait gemi trafiğinin incelenmesi gerektiği anlaşılmış ve bu tarz verilerin elde edildiği Marrine Traffic internet sitesinin interaktif bilgi haritası kaynağına başvurulmuştur. Bunun yanı sıra, doğal sızıntı gibi görünen bazı büyük yapıların gerçek petrol sızıntısı mı yoksa tanker kazası sonrası deniz üzerine yayılan petrol kirliliği mi olduğunun belirlenmesi

amaçlı geçmiş dönem gazete ve haberleri de araştırılmıştır. Bu veriler sayesinde doğal sızıntıları, sızıntı benzeri veren yapılardan ayrıştırılmış ve kirlilik olarak adlandırdığımız kısımların da doğruluğunu kanıtlar nitelikte olmuştur.



Şekil 7. Çalışma alanındaki deniz trafiği yoğunluğunu gösteren harita (Kaynak: MarineTraffic.com).

ArcGIS programında analiz edilen 375 adet ERS görüntüsünden elde edilen sonuçlar bir görüntü üzerine yerleştirilip yeniden gözden geçirilmiştir. Bu sonucuna göre yeniden sızıntı ve sızıntı benzeri adı altında kategorize edilen her tabaka yeniden isimlendirilmiştir.



Şekil 8. Çalışma alanına dair kategorize edilmiş sızıntı ve sızıntı benzerleri.

3. SONUÇ

Bu çalışmada 2000-2011 arasındaki yıllara ait 375 ERS1/2 verisi elde edilmiş ve bu veriler sırasıyla NEST, ArcGIS programlarında işlenmiştir. İzlenen metotlar ve yapılan işlemler sonucunda bulunan petrol ve petrol benzeri tabakalar 3 kategoride incelenmiş ve sınıflandırılmıştır. Sınıflandırmaya göre petrol benzerlerinin hepsi (anaforlar, rüzgâr gölgeleri, yağmur hücreleri, biyojenik tabakalar, gemi izleri ya da atıkları, nehirlerle taşınan kirlilikler, vb.) 'Kirlilik' olarak kategorize edilmiştir. Diğer yandan tam olarak sızıntı olduğuna karar verilemeyenler 'Olası Sızıntı' olarak adlandırılmıştır. Kesin sızıntı olduğuna kanaat getirilen kısımlar 'Sızıntı' olarak kategorize edilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda kesin sızıntı olarak sınıflandırılan ve zaman içinde bu sızıntıların sürekliliğini gösteren 3 bölge tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

Alpers W., & H. Espedal, 2004a, Oils and surfactants. In "Synthetic Aperture Radar Marine User's Manual", *US Department of Commerce*: Washington, DC, pp. 263-275

Alpers, W., and W. Huang, 2011, On the discrimination of radar signatures of at- mospheric gravity waves and oceanic internal waves on synthetic aperture radar im- ages of the sea surface, *IEEE Trans. Geosci. Rem. Sens*., vol. 49, no. 3, pp. 1114-1126.

Akkartal, A., Sunar, F., 2008, The usage of Radar images in oil spill detection, The International Archives of the Photogrammetry, *Remote Sensing and Spatial Informaiton Sciences.* Vol XXXVII. Part B8, 271-276

Bilgin, C., 2003, Gemi Kökenli Petrol Kirliliği Biyolojik Yöntemlerle Giderilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi

Durna, S., 2014, Denizlerdeki Yağ Tabakasının Tespitinde Radar Görüntülerinin Kullanımı, denizcilik Uzmanlık Tezi, T.C: *Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı*.

Zhang, Y., Li, Y., and Lin, H., 2014, Oil-Spill Pollution- Remote Sensing by Synthetic Aperture Radar, *Advanced Geoscience Remote Sensing*, Chapter 2, 27-50, http://dx.doi.org/10.5772/57477

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6135

AFET YÖNETİMİ DÖNGÜSÜNE ÜNİVERSİTE GENÇLİĞİNİN DÂHİL EDİLMESİ: IUSARC ÖRNEĞİ

Yusuf EKER[1]

[1]Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti Sivil Savunma Teşkilatı Başkanlığı, Harekat ve Eğitim Şube Müdürlüğü, 99280, Lefkoşa, uacyprus@gmail.com

ÖZET

Uluslararası Üniversiteler Arama Kurtarma Konseyi (IUSARC), Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde faaliyet gösteren üniversitelerin gayretleri ile 24 Nisan 2012 tarihinde hiçbir şekilde din, dil, ırk ve coğrafya ayrımı gözetmeksizin tamamen insani amaca yönelik olarak, gençleri kötü alışkanlıklardan uzak tutmak, ülkeye ve insanlığa faydalı birer birey olmalarını sağlamak, gençlerin modern ve bütünleşik afet yönetimi sisteminin içerisinde yer almalarını sağlamak amaçlarıyla kurulan uluslararası bir örgüttür. Konseyin kuruluşuna, 20 ülkeden 30 üniversite katkı sağlamıştır. Hâli hazırda Konseye 22 ülkeden 52 üniversite ve ulusal kuruluş üye bulunmaktadır. Ayrıca konseyin bir onursal başkanı, beş bireysel, bir de onur üyesi mevcuttur.

Dünyada gerek insan gerekse doğa kaynaklı afetlerden kaynaklanan can ve mal kayıplarının artış göstermesi ile birlikte, afet yönetimi sistemleri de çok disiplinli ve toplumun her kesimini kapsayıcı bir yapıya doğru evrilmiştir. Günümüzde uygulanan ve birçok ülke tarafından da benimsenen modern ve bütünleşik afet yönetimi sitemi risk ve zarar azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme gibi safhalarını içermektedir. Bu safhaların her birinde profesyonel afet yöneticileri yer almakla birlikte, toplumların sahip olduğu potansiyel gücün de harekete geçirilmesi büyük önem taşımaktadır. Özellikle üniversite gençlerinin afet yönetimi ve evreleri hakkında eğitilmesi, onları gelecek için bulundukları veya yaşamlarını sürdürecekleri toplumda afetlerle mücadele konusunda bilinçli birer birey hâline getirecektir. IUSARC, kuruluşundan itibaren yürüttüğü eğitim, tatbikat, çalıştay, sempozyum vb. gibi faaliyetleriyle üniversite gençliğine yönelik bahsedilen amaç doğrultusunda yalnızca teorik bilgi aktarımı değil aynı zamanda alınan bilgilerin pratikte de uygulanması esasıyla çalışmaları sürdürmektedir. Özellikle 2016 yılından itibaren her yıl gerçekleştirilen ve dünyada ilk ve tek olma özelliğini taşıyan "Ulusal ve Uluslararası Üniversiteler Arama Kurtarma Oyunları" ile üniversite gençlerinin afetlerle mücadele konusunda potansiyel bir güç olabileceğini ortaya koymuştur.

Anahtar Sözcükler: afet yönetimi, arama kurtarma, üniversite gençliği

ABSTRACT

INCLUSION OF UNIVERSITY YOUTH TO THE DISASTER MANAGEMENT CYCLE: IUSARC CASE

The International Universities Search and Rescue Council (IUSARC), was established with the efforts of the universities operating in the Turkish Republic of Northern Cyprus on April 24, 2012, aimed at completely eliminating youth from bad habits and aiming at completely humanitarian purposes without any discrimination of religion, language, race and geography, to ensure that they are useful individuals, and that young people take part in the modern, integrated disaster management system., 30 universities from 20 countries contributed to the establishment of the Council. Currently there are 52 universities and national organization members from 22 countries in the Council. In addition, the council has an honorary president, five individuals, and an honorary member.

Disaster management systems have evolved into a multidisciplinary and inclusive structure of society as the loss of life and property from human and natural based disasters has increased in the world. The modern and integrated disaster management system that is applied today and adopted by many countries includes the stages of risk reduction, preparation, intervention and mitigation. In each of these phases, professional disaster managers are involved, and it is of great importance that the potential power of society is mobilized. In particular, the training of university youth about disaster management and staging will make them conscious individuals in the fight against disasters in the society where they live for the future or their lives. With the trainings, drills, workshops, symposiums etc. held by the IUSARC, it is not only aimed to transfer of theoretical knowledge but also the application of the information at the same time in practice. Especially with the "National and International Universities Search and Rescue Games", which is held every year since 2016 and is the unique in the world, it has been revealed that university youth can be a potential force in the fight against disasters.

Key Words: disaster management, search and rescue, university youth

1. GİRİŞ

Dünyada afetlerden kaynaklanan can ve mal kaybı gün geçtikçe artış göstermektedir. Afet Risklerinin Azaltılması Küresel Platformunun 2017 yılında yaptığı toplantı sonucunda açıklanan verilere göre son on yılda

afetler nedeniyle yaşanan maddi hasar yaklaşık 1.4 trilyon dolar olmuştur(UNISDR, 2017a). Aynı toplantıda ayrıca afet risklerinin azaltılması konusunda farkındalık oluşturulması amacıyla eğitime yatırım yapılmasına devam edilmesi kararı alınmıştır (UNISDR, 2017b). Bu kararla afet risklerinin azaltılması ve afet yönetiminin bir sistem olarak tüm ülkeler tarafından benimsenmesinin önemine vurgu yapılmıştır.

Modern ve bütünleşik afet yönetimi sisteminde, afetlere hazırlık ve afet risklerinin azaltılması konularında devlet kurumlarının yanında özel sektör kuruluşları da sürece dâhil edilmektedir ki bu katılım ne kadar yüksek ve kurumlar arası bağ ne kadar güçlü olursa, sistemin işleyişi de o denli kusursuz hâle gelir. Ulusal afet yönetimi sistemleri, bir ülkenin maruz kalabileceği afet risklerini tespit eder ve onları en aza indirgemek için belirlenen paydaşlarla birlikte çalışmalar yürütür. Aynı işbirliği hazırlık, müdahale ve iyileştirme safhalarında da sürdürülür. Ulusal sistemler, kapasiteleriyle orantılı olarak öncelikle yakın coğrafyalardaki ülkelere, daha sonra ise coğrafi olarak uzak fakat afetlere maruziyet bakımından ihtiyaçlı ülkelere yardımda bulunmak için de gerekli planlamaları yapar. Bu yardımın karakteristiği genel anlamda afetin gerçekleşmesiyle birlikte yapılan müdahale yani bir başka deyişle "insani yardım faaliyetleri" olarak tanımlanabilir. Afetlerin meydana gelişi ile birlikte ortaya çıkan hasarın ölçeği ile doğru orantılı olarak afetin vurduğu ülkedeki ilk müdahale ekipleri de gerek personel gerekse ekipman olanakları bakımında yetersizlikler yaşayabilmektedir. Meydana gelen afetlerde "altın saatler" olarak tanımlanan ilk 72 saat içerisinde bu ekiplerin gerekli organizasyonu sağlayıp müdahalede bulunabilmesinin yanında, ihtiyaç duyulması muhtemel uluslararası yardımların da ülkeye ulaşması hayati öneme sahiptir. Bu noktaya kadar hem ulusal hem de uluslararası ekiplerin tamamen profesyonel kişilerden oluştuğu, afet yönetimi konusunda uzman, müdahale süreci hakkında eğitilip teçhiz edilmiş kişilerden oluşması gerektiği varsayılmaktadır. Ancak bugüne kadar yaşanan birçok felaket sonrasında gözlemlendiği gibi, yaşanan yıkımın büyüklüğü ile birlikte, toplumun her kesiminden insanın kurtarma çalışmalarına katıldığı, zaman zaman çalışmalara büyük katkı sağladığı ancak çoğu zaman ise yürütülen faaliyetlerin koordinasyondan yoksun olması nedeniyle kaosa neden olduğu görülmüştür. Bu koordinasyon eksikliğinin en can alıcı örneklerinden biri 17 Ağustos 1999 yılında Gölcük'te meydana gelen depremin ardından gerçekleştirilen arama kurtarma çalışmaları olarak gösterilebilir. 1999 yılında yaşanan bu yıkıcı deprem sonrası oluşan yaraların sarılmasının ardından, Türkiye afetlere karşı alınması gereken tedbirler konusunda acı bir şekilde bilinçlenmiş ve 2009 yılına gelindiğinde günün gereksinimlerine uygun, modern ve bütünleşik afet yönetimi sistemi prensiplerini dikkate alarak Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığını (AFAD) oluşturmuştur. Bu yeni yapının belki de en önemli özelliği, afetlerle ilgili tüm kurumları organik bir bağla bir araya getirmesi ve gerçekleşmesi muhtemel bir afete yönelik tüm çalışmaların koordine edilmesine yönelik yetki ve sorumlulukla donatılmış olmasıdır(2018).

Özellikle afete ilk müdahale ve arama kurtarma çalışmaları çok ciddi bir eğitim gerektiren, insan hayatı ile doğrudan etkileşimde bulunulan bir afet yönetimi safhasıdır. Bu safhada faaliyet gösterecek kişilerin olay bölgesinde sergileyeceği davranıştan, kullanacağı basit veya komplike bir ekipmana kadar teorik ve pratik eğitimler alması hayati öneme sahiptir. Şayet söz konusu sürece toplumun farklı kesimlerinden kişilerin de dahil edilmesi düşünülürse, 2015 yılında kabul edilen Sendai Afet Risklerinin Azaltılması çerçevesinde de belirtildiği gibi, bunların başında zihnen ve bedenen en verimli çağına yeni giren gençlerin gelmesi en uygun seçim olacaktır(2015). Özellikle üniversitelerde eğitim gören gençlerin, afet yönetimi konusunda bilinçlendirilmesi ve müdahale konularında eğitilmesi, onların söz konusu faaliyetlerde potansiyel bir güç olarak kullanılabilmesinin önünü açacaktır.

2. UYGULAMA

Yukarıda bahsedilen sebepler göz önünde bulundurularak, 2012 yılında tamamen insani amaca yönelik olarak, gençleri kötü alışkanlıklardan uzak tutmak, ülkelerine ve insanlığa faydalı birer birey olmalarını sağlamak ve gençlerin modern ve bütünleşik afet yönetimi sisteminin içerisinde yer almalarını sağlamak amaçlarıyla Uluslararası Üniversiteler Arama Kurtarma Konseyi (IUSARC) kurulmuştur. Kuruluşundan itibaren gerek Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde (KKTC) faaliyet gösteren üniversitelerde öğrenim gören yerli öğrencilerle ulusal afet yönetimi sistemine gerekse söz konusu üniversitelerde bulunan ve dünyanın dört bir yanından gelen uluslararası öğrenciler kanalı ile afet yönetimi konusundaki bilgi ve deneyimin yurt dışına aktarımı konusunda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu öğrencilere ek olarak, 2018 yılı itibarı ile 22 ülkeden 52 üyeye ulaşan IUSARC, üye ülkelerdeki üniversitelerle ve orada öğrenim gören öğrencilerle de hem akademik çalışmalar yürüterek literatüre önemli katkılar sağlamakta hem de afet yönetimi döngüsünün safhaları hakkında teorik ve uygulamalı eğitimler yolu ile gençlerin sistemin birer parçası hâline getirilmesi için çeşitli faaliyetler yürütmektedir. Bu faaliyetler yürütülürken KKTC Sivil Savunma Teşkilatı Başkanlığının afet yönetimi konusundaki bilgi ve tecrübesinin yanında, üye üniversitelerin çeşitli alanlarında görev yapan akademisyenlerin de katkılarıyla çok disiplinli bir yapı ile birlikte afet yönetimi döngüsünün her safhasına katkı sağlaması hedeflenmiştir.

2.1. 22 Mart Dünya Su Günü Faaliyetleri

Dünyamızın yüzde 70'inin suyla kaplı olmasına rağmen, dünya su rezervinin yalnızca yüzde 3'ü tatlı sudan oluşmaktadır(WWF, 2018). Bu yüzde 3'lük rezervin ise yalnızca 3'te 1'inin kullanılabilir olması sebebiyle su kıtlığı ve kuraklık dünya genelinde etkili bir afet türü olarak değerlendirilmektedir(WWF, 2018). Öte yandan yaşanan iklim değişikliği nedeniyle yağış miktarı azalmakta, gerçekleşen yağışların düzensiz ve şiddetli hâle gelişiyle birlikte de sel ve su baskınları meydana gelerek diğer bir afet türüne neden olmaktadır. Tüm bu etkenler göz önünde bulundurulduğunda su konusunun afet yönetiminin önemli bir öznesi olduğu yadsınamaz bir gerçektir. 2017 yılında Meksika'nın Cancun kentinde düzenlenen Afet Risklerinin Azaltılması Küresel Platform toplantısının üst düzey sonuç bildirisinde, 1990 yılından bu yana dünyada gerçekleşen en yıkıcı 1000 afetin yüzde 90'ının iklim değişikliği ve su kaynaklı olduğu vurgulanmıştır(2017).

Afet türleri içerisinde bu kadar önemli bir yere sahip olan su konusu ile ilgili her yıl, 1993 yılında Birleşmiş Milletler tarafından "Dünya Su Günü" olarak ilan edilen 22 Mart'ta IUSARC Başkanlığı ve üye üniversiteler tarafından çeşitli faaliyetler gerçekleştirilmektedir. Bu faaliyetlerin teması her yıl farklılık göstermekle birlikte genel anlamda ciddi bir afet türü olan kuraklık ve kuraklığa karşı alınacak tedbirler, temiz su kaynaklarında yaşanan kirlilik ve iklim değişikliği ile yetersiz altyapı sistemlerinin sebep olduğu sel ve su taşkınlarıyla mücadele olarak tanımlanabilir. 2018 yılında IUSARC'ın kurucu üyeleri arasında yer alan Yakın Doğu Üniversitesi İletişim Fakültesi tarafından gerçekleştirilen online sergide kuraklık konusu ele alınmış, öğrencilerin bu konuya dikkat çekmek için Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti özelinde fotoğrafladığı dikkat çekici karelerle bu büyük afet türü ile ilgili farkındalık oluşturulması hedeflenmiştir.

2.2. 13 Ekim Birleşmiş Milletler Dünya Afet Risklerinin Azaltılması Günü Faaliyetleri

Yine Birleşmiş Milletler tarafından "Dünya Afet Risklerinin Azaltılması Günü" olarak belirlenen 13 Ekim tarihinde, modern ve bütünleşik afet yönetimi sisteminin belki de en önemli safhası olan risk azaltma konusunda her yıl belirlenen tema kapsamında çalıştay, sempozyum, konferans vb. faaliyetler gerçekleştirilmektedir. Yapılan faaliyetlere KKTC'deki alanlarında uzman akademisyenlerin yanında dünyanın çeşitli ülkelerinde bilim adamları da davet edilmekte, tüm katılımcıların çeşitli konularda sunduğu bildirilerle hem öğrencilere hem de afet yönetimi sistemi içerisinde yer alan kamu ve özel sektör yetkililerine afet yönetimi alanında yaşanan gelişmeler hakkında önemli katkılar sağlanmaktadır. 2017 yılında, gerçekleştirilen iki önemli organizasyon olan Avrupa Afet Risklerinin Azaltılması Forumu (EFDRR) ve Afet Risklerinin Azaltılması Küresel Platformuna katılım gösterilmesinin ardından, bu organizasyonların ve onların odak noktası olan Sendai Afet Risklerinin Azaltılması Çerçevesi'nin rehber olarak kullanıldığı bir çalıştay gerçekleştirilmiştir. 12-13 Ekim 2017 tarihlerinde Yakın Doğu Üniversitesi'nde gerçekleştirilen "Ulusal Afet Yönetimi Çalıştayı"nda "İnsan Kaynaklı Afetler" ve "Doğa Kaynaklı Afetler" ana başlıkları altında 6 sunum yapılmış, yapılan sunumlar sonucunda hazırlanan bildiriler, daha önce Nisan 2017 ayında gerçekleştirilen "Uluslararası Afet Yönetimi Sempozyumu" bildirileri ile birlikte akademik yayın olarak basılmıştır.

"Ulusal Afet Yönetimi Çalıştayı" sırasında, KKTC Afet Yönetimi Sistemi ile ilgili konular ele alınmış, mevcut işleyişin Sendai Afet Risklerinin Azaltılması Çerçevesi ve diğer uluslararası standartlarla uyumu, mevcut imkânlar ve yapılması gereken hazırlıklar tartışılmıştır. Bu tartışmalara, ülkedeki afet yönetimi sistemi içerisinde yer alan kamu ve özel kurum/kuruluşlar da dahil edilerek, sistemin tamamının geniş katılımlı bir çalışmayla revize edilmesi hedeflenmiştir.

2.3. Akademik Faaliyetler

Konsey çatısı altında gerçekleştirilen faaliyetler sırasında sunulan bildirilerin, yapılan sözlü sunumların ve yıl içerisinde afet yönetimi ile bağlı disiplinlerle ilgili yapılan çalışmaların literatürde yerini alması amacıyla, IUSARC çatısı altında oluşturulan Bilim Kurulunun değerlendirmesinin ardından, söz konusu bildirilerden oluşan akademik kitaplar yayımlanmaktadır. Çalıştay, sempozyum ve konferans gibi bilimsel organizasyonların, IUSARC'ın 30 Nisan 2018 tarihinde gerçekleştirilen 7. Genel Kurul toplantısında alınan kararla oluşturulan Bilim Kurulunun uhdesine bırakılmasıyla birlikte, akademik çalışmaların farklı disiplinlerden, konularında uzman ve kariyerleri boyunca ilgili alanlarda değerli çalışmalar yapan gerek yurt içi gerekse yurt dışından akademisyenlerin katkı sağlaması amaçlanmaktadır.

2.4. Sosyal Sorumluluk Haftası Faaliyetleri

IUSARC faaliyetlerinin bir diğer önemli parçası ise sosyal sorumluluk etkinlikleridir. Bu etkinliklerin amacı gençlere yalnızca afet zamanı değil, afet öncesi zamanlarda da toplumdaki yaşlı, çocuk, engelli vb. gibi dezavantajlı grupların yanında olma, onların ihtiyaçları hakkında fikir edinme ve empati kurabilme niteliklerinin kazandırılmasıdır. Bu nedenle her yıl Aralık ayında "Sosyal Sorumluluk Haftası" olarak belirlenen tarihlerde söz konusu dezavantajlı gruplara yönelik kan bağışı, moral ziyareti, kermes gibi faaliyetler organize edilerek üniversitelerin Arama Kurtarma (AKUT) kulüplerine üye öğrencilerin katılımı planlanmaktadır.

2.5. Uluslararası/Ulusal Üniversiteler Arama Kurtarma Oyunları (USARGames)

Her ne kadar afet yönetimi döngüsü bir bütün olarak ele alınması gereken bütüncül bir sistem olsa da alınan bütün tedbirler ve gerçekleştirilen bütün afet öncesi faaliyete rağmen, afet sonrası müdahale safhası sistemin en can alıcı unsurlarından biridir. IUSARC'ın faaliyet takvimine 2016 yılında ilave edilen "Uluslararası Üniversiteler Arama Kurtarma Oyunları", niteliği bakımından hayat kurtarma temalı dünyadaki ilk ve tek organizasyon olması sebebiyle ayrı bir öneme sahiptir. Oyunların gerçekleştirme fikri, Sendai Afet Risklerinin Azaltılması Çerçevesinin rehber ilkelerinde belirtilen "Tüm politika ve uygulamalara cinsiyet, yaş, engellilik ve kültürel bakış açısı entegre edilmeli, kadın ve gençlik liderliği desteklenmelidir" ifadesinden yola çıkılarak bu yönde anlamlı ve etkin bir adım atılması yönünde oluşturulmuştur(2015). Oyunlarla birlikte 18-25 yaş aralığında bulunan, fiziki açıdan arama kurtarma faaliyetlerini yürütmeye elverişli, üniversitelerin çeşitli fakülte ve bölümlerine mensup olmaları nedeniyle afet yönetimi döngüsünün çok disiplinli yapısına uygun gençlerin sisteme entegre edilmesi amaçlanmıştır.

2016 ve 2018 yıllarında uluslararası, 2017 yılında ise KKTC'de faaliyet gösteren üniversitelerin katılımı ile ulusal olarak gerçekleştirilen oyunlar, meydana gelmesi muhtemel afetlere ilk müdahalede karşılaşılabilecek olası senaryolar ışığında ve Uluslararası Arama Kurtarma Danışma Grubunun (INSARAG) bu müdahaleler konusunda belirlediği standartlar çerçevesinde icra edilmiştir. Bu standartların benimsenmesindeki en temel sebep, Konseyin kuruluş prensipleri içerinde yer alan "edinilen bilgi ve deneyimin farklı ülke orijinli öğrenciler vasıtasıyla uluslararası alanda yayılması" ilkesidir. Bu tercih, gerçekleştirilen faaliyetlerde dünya ile aynı dilin kullanılması ve elde edilen sonuçların tüm ülkelerde belirlenen standartlarla uyum sağlamasına vesile olacaktır. 2018 yılında gerçekleştirilen oyunlara KKTC'den 12, Türkiye, Pakistan ve Endonezya'dan 7 olmak üzere toplam 19 ekip katılmıştır. Oyunlara katılan ekipler "Engel Parkuru" ile "Hedef Bulma", "Beton Kütle Sürükleme", "Araçtan Kurtarma ve İlk Yardım", "Enkazda Temiz Beton Çalışması ve Enkazdan Kurtarma" ve "Havai Hatla Kurtarma" olmak üzere toplam 5 etapta yarışmışlardır. Bu etaplar, bir arama kurtarma ekibinin karşılaşması muhtemel riskler ve tehlikeler göz önünde bulundurularak tasarlanmış ve yarışmaya dahil edilmişlerdir.

3. SONUÇ

IUSARC afet yönetimi disiplini altında, uluslararası çerçeve anlaşmalarında öngörülen ve bu alanda eksikliği hissedilen konularda faaliyet gösteren, gençlerin sisteme dahil edilmesi odak noktasıyla çalışan ve gün geçtikçe üye sayısını, kapsadığı coğrafyayı ve yaptığı akademik çalışmalarla literatüre yaptığı katkıyı geliştiren uluslararası bir örgüttür. Bu çalışmada bahsedilen faaliyetlerinin çeşitliği göz önüne alındığında, günümüzde birçok ülkede uygulanması hedeflenen modern ve bütünleşik afet yönetiminin çok disiplinli yapısına uygun olarak hareket etme bilinci ile bünyesinde barındırdığı farklı uzmanlık alanlarına sahip akademisyenlerle sistemin her safhasına ve afet risklerinin azaltılmasına alternatif çözümler üretmeyi hedeflemektedir. Konsey bu hedefi yerine getirirken de sürdürülebilir bir yapı oluşturmak adına başta eğitim olmak üzere gerçekleştirilen faaliyetlerde en büyük yatırımı üniversite gençlerine yaparak bilgi ve tecrübe paylaşımındaki devamlılığı prensip olarak benimsemektedir. 2005 yılında kabul edilen Hyogo Çerçeve Eylem Planı'nda öngörülen öncelikli konularda da bahsedildiği üzere, afet risklerinin azaltılması için kapasite artırımına yönelik bilgi, deneyim ve teknolojilerin transferi ile en iyi uygulamaların, kazanılan tecrübelerin ve araştırma sonuçlarının paylaşımı belirlenen hedeflere ulaşılması için büyük önem taşımaktadır (UN, 2005). IUSARC'ın kuruluş amacı ve yürütülen faaliyetler bu prensiplere dayanmaktadır.

Uluslararası bir yapı olarak IUSARC, tüm bu unsurların yanında, arama kurtarma ve acil yardım konularında farklı coğrafyalarda meydana gelecek afetlerde bir bilgi ve iletişim ağı olma yolunda da önemli adımlar atmaktadır. Konseye üye olan farklı ülkelerde bulunan üniversiteler ve bu üniversitelerde eğitim gören öğrenciler gerek Konsey aracılığı ile gerekse Konsey vasıtasıyla kurdukları doğrudan iletişimle, insani yardım konularında bilgi ve tecrübe paylaşımında bulunmaktadırlar. Afet yönetiminde ilk müdahalecilerin yürüttükleri görevin

önemine, 2017 yılının Nisan ayında KKTC'de gerçekleştirilen Uluslararası Afet Yönetimi Sempozyumu'nda konuşan Uluslararası Acil Durum Yönetim Topluluğundan (TIEMS) ABD'li Prof. Dr. Carl W. Taylor "Bizim ülkemizde onur madalyası denen bir nişan vardır. Biz bunu ne bir yöneticiye, ne bir üst düzey bürokrata ne de bir politikacıya veririz. Bu nişanı sadece ve sadece bir başkasının hayatını kurtarmak için kendi hayatını riske atan kişilere veririz. İşte sizin yaptığınız budur. Bununla övünün ve bunu tüm dünyaya anlatın" sözleriyle vurgu yapmıştır.

Özetle, IUSARC odaklandığı hedef kitle itibarı ile afet yönetimi konusunda oluşturulan bilgi ve deneyim ile söz konusu alanda akademik yönde yapılan çalışmalar bağlamında, gençlerin bu alana yönlendirilmesi, bahse konu bilgilerle donatılarak uluslararası alanda benzer faaliyetler yürüten kuruluşların içerisinde yer almalarını sağlayarak, afet yönetimi alanında çekirdekten yetişen bireylerin iletişim içerisinde olacağı bir ağ oluşturmaktadır. Bu çalışmaların yürütülmesinde, Konseyin oluşumuna ön ayak olan ve Afet Yönetimi döngüsünün en önemli safhalarından müdahale safhasında faaliyet gösteren Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti Sivil Savunma Teşkilatı Başkanlığının katkıları, çalışmaların salt teoriye dayalı bilgi yığını olmaktan çıkarıp yıllar süren ve başkalarının hayatlarının kurtarmak için kendi hayatlarını riske atan kişilerin tecrübelerine dayanan gerçek uygulamalar hâline gelmesini sağlamaktadır. Başka bir deyişle, sahada operasyonu yürüten ve alanda akademik çalışmalarla sistemin gelişimi için çalışanların birlikte hayata geçirdiği bir yapı oluşturulmuş, bu yapı ile de yatırımın en değerlisi olan gençliğe yatırım yapılarak dünyada afetlerden kaynaklanan gerek insani gerekse maddi kayıpların en aza indirilmesi hedefine katkı koyulmaktadır.

KAYNAKLAR

AFAD. *Hakkımızda: AFAD.* 2018. https://www.afad.gov.tr/tr/2211/AFAD-Hakkinda (Mayıs 10, 2018 tarihinde erişilmiştir).

***Sendai Framework for Disaster Risk Reduction.* A/RES/69283** (UN General Assembly, 03 June 2015).
«The Cancun High-Level Communiqué.» *Global Platform for Disaster Risk Reduction.* Cancun: UNISDR, 2017. 2.

UN. *Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters.* Hyogo: ISDR, 2005.

UNISDR. «Leaders' Forum for Disaster Rsik Reduction.» *The Cancun High Level Communiqué.* Cancun, 2017. 1.

WWF. *World Wildlife Fund.* 2018. https://www.worldwildlife.org/threats/water-scarcity (Haziran 20, 2018 tarihinde erişilmiştir).

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6342

HEYELAN AFETİNİN YAPILAR VE TOPOGRAFYA ÜZERİNDE BIRAKTIĞI ETKİLER: YUKARI AĞCAGÜNEY ÖRNEĞİ(SAMSUN)

Emre ÇOŞKUNLU[1], Aytek ERSAN[2], Erkin TEKİN[3], Emre DOĞRAMACI[4], Kıvanç ÇALIŞKAN[5], K. GÖKHAN SANCAK[6], Levent UÇARLI[7]

[1]Müh.,İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, İstiklal Mah., 928. Cad. No:26 55200 Atakum/SAMSUN (emre.coskunlu@afad.gov.tr)
[2] Müh., İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, İstiklal Mah., 928. Cad. No:26 55200 Atakum/SAMSUN (aytek.ersan@afad.gov.tr)
[3] Müh., İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, İstiklal Mah., 928. Cad. No:26 55200 Atakum/SAMSUN (erkin.tekin@afad.gov.tr)
[4] Müh., İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, İstiklal Mah., 928. Cad. No:26 55200 Atakum/SAMSUN (emre.dogramaci@afad.gov.tr)
[5] Müh., İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, İstiklal Mah., 928. Cad. No:26 55200 Atakum/SAMSUN (kivanc.caliskan@afad.gov.tr)
[6] Müh., İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, İstiklal Mah., 928. Cad. No:26 55200 Atakum/SAMSUN (kgokhan.sancak@afad.gov.tr)
[7] Ş.B.P., İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, İstiklal Mah., 928. Cad. No:26 55200 Atakum/SAMSUN (levent.ucarli@afad.gov.tr)

ÖZET

Heyelanlar, kaya, toprak veya arazi parçalarının, yer çekimi veya depremler, aşırı yağışlar gibi dış etkenlerin etkisi ile fark edilebilir düzeyde eğim aşağı doğru kayması veya hareket etmesi durumu olarak tanımlanmaktadır (Afad, 2015). Samsun ili sınırları içerisindeki yerleşim yerlerinde can ve mal kaybına sebebiyet veren heyelanlar, ulaşım yollarında hasara ve tarım arazilerinde önemli zararlara da yol açmaktadır.

Samsun ili Çarşamba ilçesi Yukarı Ağcagüney Mahallesi sınırlarında meydana gelen heyelan, mülga Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından 18/05/1984 tarihli raporu ile ilk kez kayıt altına alınmış olup, Samsun İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü teknik personellerinin 11/03/2011 tarihinde gerçekleştirdiği heyelan etüdü sonucu hazırlanan 04/04/2011 tarihli raporda, heyelan aktivitesinin hızlandığı belirlenmiş ve heyelanın yapılarda oluşturduğu hasarlar kayıt altına alınmıştır. Söz konusu raporda heyelan afetinin ~127 ha. büyüklüğünde bir alanda etkili olduğu, 31 binadaki 52 konut, 2 ahır ve 5 depo/ samanlığın heyelan afetinden etkilendiği, mahalle içi ve grup yollarında heyelan kaynaklı çökmelerin meydana geldiği, topografyada ~12 m'ye varan düşey atıma ve atım önlerinde göllenmelere neden olduğu belirtilmiştir.

İnceleme alanında gözlenen Sarıyurt Formasyonuna ait ileri derecede alterasyona uğramış, yer yer jips arabantlı ve saçınımlı, çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı, kiltaşı ardalanmalı fliş serisinin su ile teması söz konusu heyelanın temel nedenini oluşturmaktadır. Sahadaki mevcut kütle hareketinin nedenlerini ve zemin karakterini belirlemek amacıyla 6 adet sondaj çalışması yapılmıştır. Heyelan aktivitesinin zamana göre değerlendirilmesi ve ileride meydana gelebilecek deformasyon ve deplasmanların ne ölçüde gelişebileceğinin belirlenmesi amacıyla, sondaj kuyularına inklinometre boruları yerleştirilmiş ve düzenli şekilde ölçümleri yapılmıştır. Buna ek olarak, topografyada meydana gelen düşey ve yatay hareketlenmelerin ortaya konulabilmesi için, belirlenen koordinatlı noktaların periyodik aralıklarla GPS/GNSS ile jeodezik ölçümleri alınmış, meteorolojik verilerle karşılaştırması yapılmış, coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak heyelan afetinin yapılar ve topografya üzerinde bıraktığı etkiler 3 boyutlu olarak görsel hâle getirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: afet, CBS, inklinometre, heyelan, jips

ABSTRACT

EFFECTS OF LANDSLIDE DISASTER ON BUILDINGS AND TOPOGRAPHY: EXAMPLE OF UPPER AĞCAGÜNEY (SAMSUN)

Landslides are defined as sliding or moving of earth surfaces (parts) because of gravity, earthquakes, mass rains, etc. at noticeable level. Landslides causing loss of life and property in the residential areas within the borders of Samsun Province, lead to damages in transportation roads and agriculturelands as well.

The landslide where located in Samsun Çarşamba is recorded and reported by Disaster Works Headquarters (which is closed) on 18/05/1984. A second report prepared by Samsun Provincial Directorate of Disaster and Emergency (AFAD) engineers on 04/04/2011 from 11/03/2011 dated fieldwork, which expresses the acceleration of the landslide and damage generated by landslide. In this report, written that landslide affected 127 ha. area, 52 houses, 2 barns and 5 depots (over 31 buldings), collapsed over roads and generated pondings and downfalls over 12 m. on sliding surface and around it.

Sarıyurt Formation had observed in the field which landslide happened on. It has very altered gravelstone, sandstone, siltstone, and claystone with thin gypsum layers. The main reason of landslides is close contact between water table and gypsum layers. For understanding the reason of landslide and character of soils, 6 drill holes had opened. For surveying the evaluation of landslide and predicting deformations before it happens, inclinometric mesasurements had been taken on these holes. Beyond that, geodesic measurements had been taken with GPS/GNSS for proving horizontal and vertical movements and it had been compared with meteorological datas. Damage effects over buildings and topography had been recorded and visualized into 3D model.

Keywords:disaster, GIS, gypsum, inclinometer, landslide

1. GİRİŞ

Ülkemiz, sahip olduğu jeolojik, jeomorfolojik ve meteorolojik özellikleri nedeniyle dünya ölçeğinde doğal afetlerden en fazla etkilenen ülkeler arasında yer almaktadır.Yıkıcı etkileri açısından değerlendirildiğinde ilk sırayı alan depremlerden sonra heyelanlar ülkemizdesıklıklakarşılaşılan afet türlerindendir.Bu konuda Şen (2009: 1), ulusal ölçekte doğal afetlerden etkilenen konut sayıları baz alınarak yapılan çalışmaların tamamında, heyelandan kaynaklanan kayıpların depremden sonra ikinci sırada olduğunu belirtmiştir.Kaya, toprak veya arazi parçalarının, yer çekimi veya depremler, aşırı yağışlar gibi dış etkenlerin etkisi ile fark edilebilir düzeyde eğim aşağı doğru kayması veya hareket etmesi durumu, toprak kayması (Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü, 2015) olarak tanımlanan heyelanlar, Samsun ili afet olayları incelendiğinde en sık karşılaşılan olaydır. Bölgede heyelanlar daha çok akma şeklinde gözlenmektedir.

Heyelanlar, genel olarakaşırı yağışlar sonrası aniden meydana gelerek can ve mal kayıplarına sebebiyet vermektedir. Bunun yanında meydana gelen heyelanlar nedeni ile etkilenenyerleşim birimleriafete maruz bölge (AMB, yapı ve ikamete yasaklı alan) olarak ilan edilmektedirler. Ayrıca heyelan aktiviteleri, arazide büyük çaplı deformasyonlara, yerleşim yerleri, tarım arazileri, kara ve demir yolları gibi alanlarda can ve mal kaybına yol açabilmektedir. Heyelan afetinden doğacak zararların azaltılabilmesi adına lokal olarak yapılan çalışmaların yanında, geniş ölçekli çalışmaların yapılması da gerekmektedir. CBS ve Uzaktan Algılama teknikleri kullanılarak geniş ölçekli yapılacak olan çalışmaların, illerin risk azaltma çalışmalarına temel teşkil etmesi, can ve mal kaybının en aza indirilebilmesi, afet ve acil yardım planlarına esas olabilecek bilgilerin hazırlanması, bölge planlama ve çevre düzeni planlarına altlık teşkil etmesi, karar verici ve uygulayıcı mekanizmaya doğru ve güncel sonuçların aktarılmasına hizmet etmesi beklenmelidir. CBS'nin konumsal veri yönetimi, konumsal analiz ve grafik görüntüleme gibi olağanüstü kapasitesi ile Uzaktan Algılamanın geniş alanlardan sağlanan bilgilerin entegrasyonu sonucu, planlama çalışmalarına altlık olacak haritaların hazırlanmasını daha hızlı ve verimli bir şekilde yürütecek yeni araçlar olmuştur (Yomralıoğlu, 2009).



Şekil 1. Heyelan sahasının genel görünümü ve heyelan afetinin etki alanları (Google Earth 2012).

Karadeniz Bölgesi ülkemizde zemine ilişkin stabilite sorunlarının en yaygın gözlendiği alanların başında gelmektedir. Bölgeninbol miktarda yağış alması, eğimli yamaçlar, zeminin suya doygun olması ve jeolojik özellikler gibi faktörlerin birkaçı birleştiğinde heyelan olarak adlandırılan yer kaymaları için uygun koşullar sağlanmış olmaktadır. Bunun yanında Samsun ili Çarşamba ilçesi Yukarı Ağcagüney Mahallesi'nde gözlenen heyelan afetinin tipik Karadeniz Bölgesi heyelanlarından farklı olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle sahada jeolojik, jeomorfolojik, jeofizik ve jeoteknik çalışmalar yapılmış,arazi üzerinde yer alan yapılar sayısallaştırılarak 3 boyutlu hâle getirilmiş, heyelan aktivitesinin zamana göre değerlendirilmesinin belirlenmesi amacıyla, sondaj kuyularına inklinometre boruları yerleştirilmiş ve düzenli şekilde ölçümleri yapılmış, bu

çalışmalara ek olarak topografyada meydana gelen düşey ve yatay hareketlenmelerin ortaya konulabilmesi için, belirlenen koordinatlı noktaların periyodik aralıklarla jeodezik ölçümleri alınmıştır.

2. YUKARI AĞCAGÜNEY HEYELAN ALANININTANITILMASI

Yukarı Ağcagüney Mahallesi Çarşamba ilçesi sınırları içerisinde olup ilçe merkezine ~14 km mesafededir. Bölgeye tipik Karadeniz iklimi hakimdir. Her mevsim yağışlı geçmektedir. İnceleme alanının topografik eğim değerleri 5-15º, deniz seviyesinden yüksekliği ~60-150 m arasındadır. Jeomorfolojik özelliklerden yamaç şekli konkav, yamaç yönelimi ise kuzeybatı-güneydoğudur.Bölgede gözlenen hakim formasyon; çakıltaşı, kumtaşı-marn, silttaşlarından oluşan Üst Eosen yaşlı Sarıyurt Formasyonu'dur (Ts) (**Şekil 5**). Mahalle merkezi, bölgenin önemli akarsularından Abdal Deresi üzerinde Samsun ilinin içme, kullanma ve sanayi suyu ihtiyacına yönelik kil çekirdek zonlu toprak dolgu olarak inşa edilen Çakmak Baraj Gölü kıyısındadır. Barajın talvegden yüksekliği 45 m, temelden yüksekliği 57 m, kret kotu 125 m, maksimum su seviyesi 122.80 m, minimum su seviyesi 103.30 m'dir. (Dsi 7. Bölge Müdürlüğü, 2013). Meydana gelen/gelmesi muhtemel heyelan afeti yaklaşık 127 ha. büyüklüğünde bir alanda etkili olmakta olup, heyelan sahasının topografik eğimi %5-10 gibi düşük bir değer olarak göze çarpmaktadır. Söz konusuheyelan afeti, üst eosen yaşlı fliş serisinin hakim olduğu formasyondadairesel ve düzlemsel kayma şeklindegelişmiş olup, rezidüel zeminde şişme, kabarma olarak kendini göstermektedir. Günümüzde aktivitesi devam etmekte olan heyelan, mahallenin kuzeydoğu istikametinde açıkça izlenmekte; yollarda büyük yarıklara, tarım arazilerinde ~12 m'ye varan düşey atıma, düşük kotlarda ve heyelan atımları önlerinde göllenmelere, binaların şakulundan sapmasına, yapısal derecedehasar almalarına ve hatta yıkılmalarına neden olmuştur.



Şekil 2. Çalışma alanı yer bulduru haritası(Google Earth 2012).

3. YAPILAN ÇALIŞMALAR

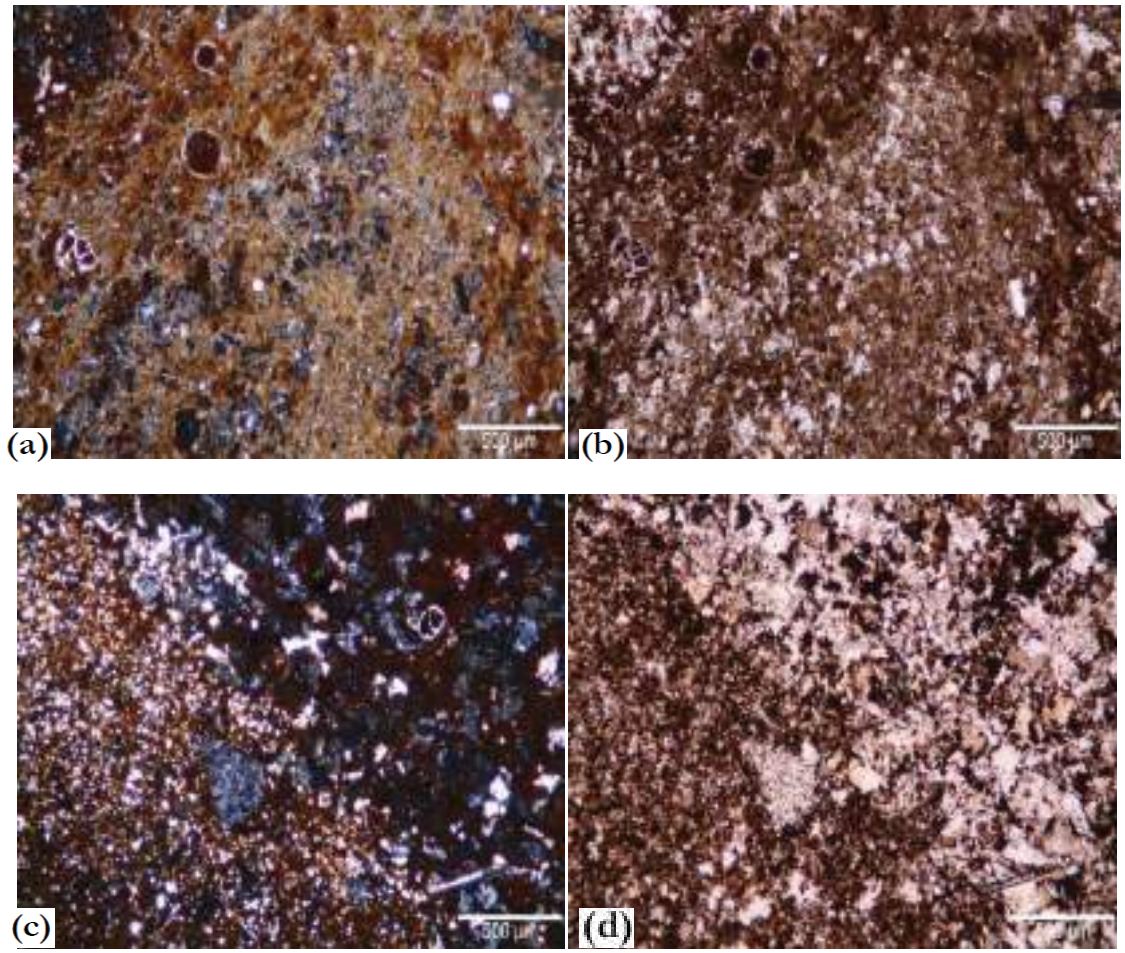
3.1 Litolojik Tanımlamalar

Çakmak Baraj Gölü civarında ~120 m ve ~170 m kotlarından alınan kayaç örneklerinin (**Şekil 3**) Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce Kesit Laboratuvarı'nda ince kesitlerinin mikroskobik olarak incelenmesi sonucunda birimin fliş fasiyesini temsil ettiği tespit edilmiş olup; içeriğindeki kayaçların kumtaşı, silttaşı, kireçtaşı, marn ve kiltaşı olduğu görülmüştür. Buna gore 1. örneğin asitle yoğun bir şekilde tepkime verdiği, neticede örneğin yüksek oranda $CaCO_3$ içerdiği anlaşılmaktadır. İnce kesit sonucunda 1. örnek siltli biyomikrit (Folk, 1962) olarak adlandırılmıştır (Şekil 4a, 4b). 2. örneğin el örneğinde kumtaşının alttan ve üstten kiltaşı ile sınırlandırıldığı görülmüştür. İnce kesit sonucunda örneğin litik kumtaşı/silttaşı olarak

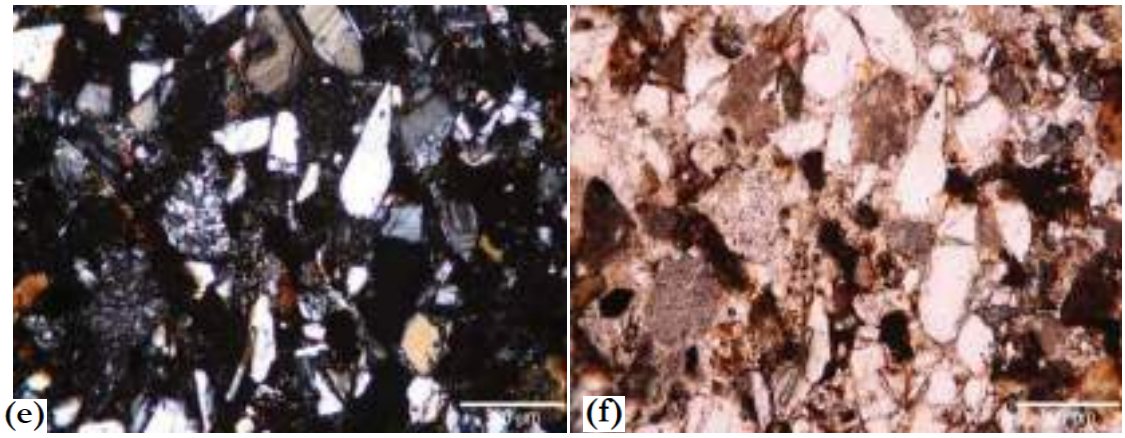
adlandırılmıştır (Şekil 4c, 4d).Araziden alınan 3. örnek gözlemsel değerlendirmeler neticesinde kumtaşı olarak tanımlanırken, ince kesit çalışması sonucunda litik kumtaşı olarak adlandırılmıştır (Şekil 4e, 4f).



Şekil 3. İnceleme alanını gösterir uydu fotoğrafı ve kayaç örneklerinin alındığı lokasyonlar.



1.



Şekil 4. Kayaç örneklerinin ince kesit fotoğrafları; **(a-b)** siltli biyomikrit (Folk, 1962),**(c-d)** litik kumtaşı/silttaşı ve **(e-f)** litik kumtaşı.



Şekil 5. İnceleme alanının genel jeoloji haritası (1/100000, MTA).

3.2 Temel Sondaj Çalışmaları ve Yapılan Deneyler

Arazide alınan kayaç örneklerinin ince kesitlerinin incelenmesinin yanında, sahadaki mevcut kütle hareketinin nedenlerini ve zemin karakterini belirlemek amacıyladerinlikleri 40-60 m arasında değişen 6 adet temel sondaj çalışması yapılmış, genel itibarıyla 12-15 m arası derinliklerde yer yer bol jips arabantlı-saçınımlı ve karbonatlı, yüksek plastisiteli kil boyutlu zeminlerin (tamamen-çok ayrışmış gevşek yapılı kil-kiltaşı), rezidüel zeminlerin altında ise genelde orta derecede ayrışmış kiltaşı, marn birimlerinin yer aldığı gözlenmiştir. Statik su seviyesinin ise 1.20-2.55 m arasında olduğu görülmüştür. Uygun derinliklerden alınan örnekler ile jeolojik birimlerin özelliklerini belirlemek amacıyla elek analizi, hidrometre, atterberg limitleri, birim hacim ağırlıklar, özgül ağırlık, su muhtevası tayini, üç eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır.

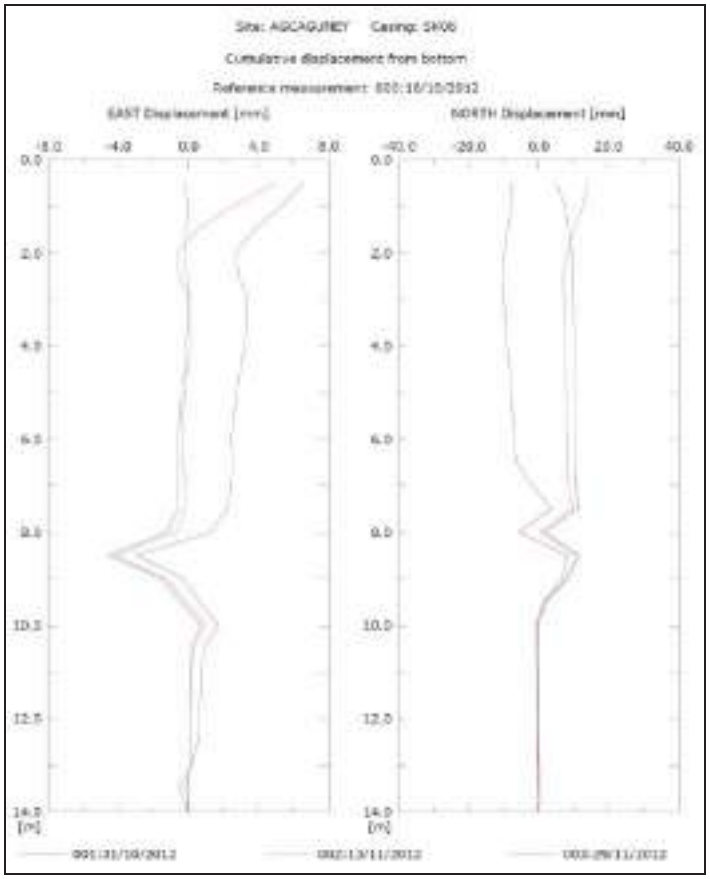
Söz konusu sondajlardan heyelan sahasına ~ 2 km mesafede olması dolayısı ile heyelanın Çakmak Baraj Gölü ile ilişkisinin belirlenmesi amacıyla 3 sondaj lokasyonunda litolojik birimlerin süreksizlik-su hareketi ilişkisi tespitine yönelik çift lastikli basınçlı su deneyi yapılmış olup; deneyde kuyulara 2-4-6-8-10-8-6-4-2 kg/cm^2 artan ve geri dönen basınçlarla ortama su verilmiştir. Deney kademesi uzunluğu 2 olarak alınmıştır.

Deney yapılan sondajlarınbelirli derinliklerinde alınan ölçüm değerlerinin;

SK-1'de 12-16 m derinliğinde lugeon=1,04-2,96 lt/dak/m (Az Geçirimli), 28-32 m derinliğinde lugeon=1,03-1,22lt/dak/m (Az Geçirimli),
SK-2'de 14-18 m derinliğinde lugeon=6,22-7,08 lt/dak/m (Geçirimli), 18-26 m derinliğinde lugeon=1,18-2,58lt/dak/m (Az Geçirimli), 30-34 m derinliğinde lugeon=1,21-1,30lt/dak/m (Az Geçirimli),
SK-3'te 34-42 m derinliğinde lugeon=1,02-3,70 lt/dak/m (Az Geçirimli) sınıflandırma aralığında olduğu tespit edilmiştir.

Her kademe boyunca tespit edilen lugeon değerleri incelendiğinde; SK-1 ve SK-3 no.lu araştırma kuyularında lugeon değerlerinin ortalamasının (0,66 lt/dak/m) <1lt/dak/m altında ve su kaçaklarının çok az olduğu, SK-2 no.lu kuyuda ise (1,34 lt/dak/m) 1-5lt/dak/m arasında ve alt limit değerinde kaldığı tespit edilmiştir. Çamurtaşı-marn birimlerine ait ortalama lugeon değerlerinin SK-1 ve SK-3 no.lu kuyularda Geçirimsiz, SK-2 no.lu kuyuda ise Az Geçirimli olduğu tespit edilmiştir (Akın, 2012).

Heyelan aktivitesine bağlı yerdeğiştirmelerin zamana göre belirlenmesi ve değerlendirilmesi amacıyla, 3 adet sondaj kuyusuna inklinometre boruları yerleştirilerek ölçümler yapılmıştır. Söz konusu ölçümler periyodik olarak Samsun İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü teknik personelleri tarafından alınmıştır. İnklinometre borusu konulan sondaj kuyularında kırılma, tıkanma vb. problemin olup olmadığını anlamak amacıyla, öncelikle kılavuz prob (algılayıcı) makara düzeneğine sahip çelik bir halat yardımıyla kuyu içerisine indirilmiştir. Kuyularda herhangi bir problemin olmadığı anlaşılınca inklinometre probu ölçüm kablosuna bağlanmış ve periyodik ölçümlerin alınmasına başlanılmıştır. Söz konusu ölçümler her 50 cm'de bir kabloda bulunan işaretlerin yardımıyla alınmış olup alınan veriler bilgisayar ortamına aktarılmış ve INCLI programı ile ilgili grafikler üretilmiştir. Değerlendirme çalışmalarında cumulative displacement ve incremental displacement grafikler kullanılmıştır. AGCAGUNEY SK06 kuyusuna ait sonuçlar tipik bir örnek olarak Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6.AGCAGUNEY SK06 kuyusuna ait Cumulative Displacement grafikleri.

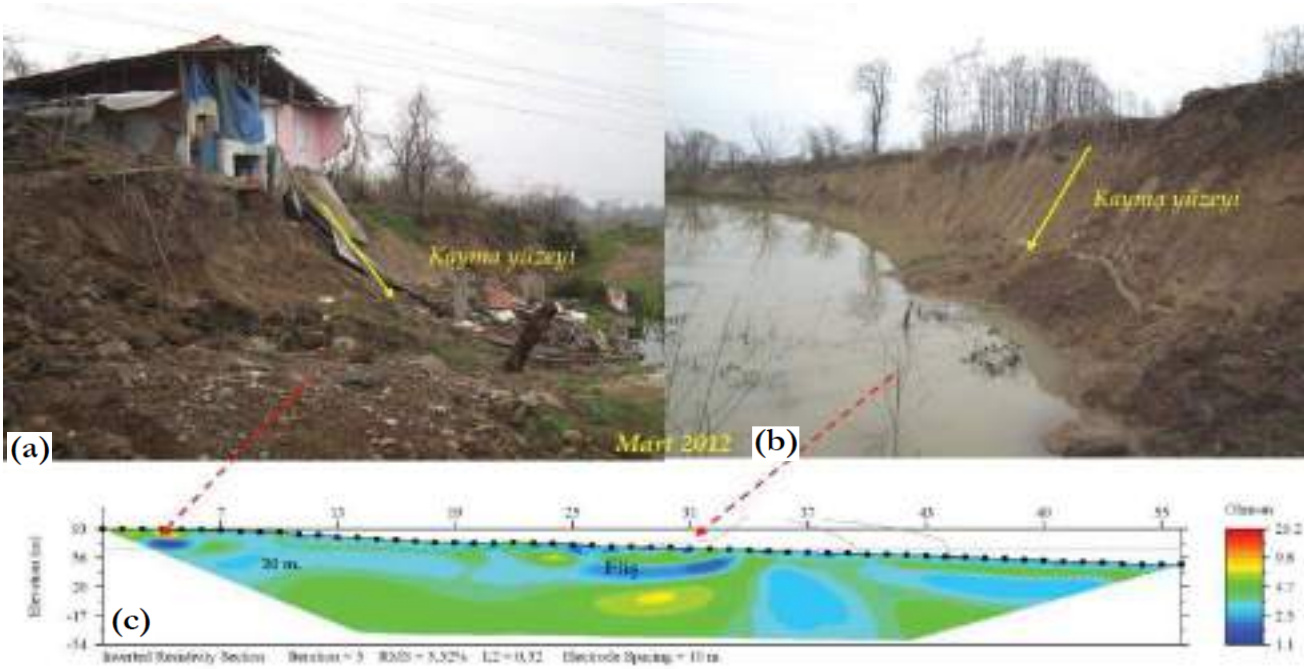
Çakmak Baraj Gölü sağ sahilinde, 140 m ve 125 m kotlarında açılan sondajlarda yapılan inklinometre ölçümleri değerlendirildiğinde kuyularda herhangi bir hareketin söz konusu olmadığı belirlenmiştir. Heyelan afetinin etki alanı içerisinde ~ 92 m kotunda açılan kuyu ölçümüne 31/10/2012 tarihinde başlanılarak 2 haftalık aralıklarla ölçümlere devam edilmiş ve alınan 3. ölçüm ile sondajın 9. m'sinde yatayda 15 mm'lik kaymanın meydana

geldiği görülmüştür. Aynı kuyuda 2 hafta aralıklarla ölçümler yapılmaya çalışılmış olsa da 13/12/2012 tarihinde kuyu içerisine indirilen probun 9. metrede kaldığı ve inklinometre borusunun bu seviyeden kırıldığı anlaşılmıştır.

3.3 Jeofizik Çalışmalar

İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü teknik personelince heyelan aynasının takip edildiği ve düşey atımın maksimum seviyelere ulaştığı kara yolu civarındaki bölgede dipol-dipol dizilimi ile her biri 42 m uzunluğunda 3 adet elektrik özdirenç yöntemi uygulanmıştır.2 boyutlu andıran kesitlerde ~85 m kotunda bulunan kara yolunun bir bölümünde ~8 m dolgu malzemesi kullanıldığı tespit edilmiş ve belli bir su kaynağının heyelan hareketini tetiklemeye devam ettiği yorumlanmıştır (Ersan vd., 2012).

Dipol-dipol andıran kesitlerine ait veriler ışığında; ~85 m kotlu karayolu civarında, Çakmak Barajı kuzeyinde ve belde merkezine ~2 km uzaklıktaki heyelan bölgesindeİl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü kontrolünde Schlumberger-Wenner-Dipol-dipol dizilimi ile her biri 550 m uzunluğunda 3 adet çok elektrotlu -supersting-elektrik özdirenç yöntemi de uygulanmıştır(Şekil 7). Çoklu elektrot sistemiyle uygulanan jeofizik çalışmalardan özellikle 60-100 m kotları arasındaki zeminin yüksek oranda suya doygun olduğu belirlenmiştir.



Şekil 7. Hat üzerindeki **(a-b)** deformasyon ve yüksek heyelan atımı **(c)** andıran kesitlerde düşük özdirenç değerlerini göstermiştir.

3.4 Jeodezik Çalışmalar

Topografyada meydana gelen deformasyonların ortaya konulabilmesinde yüksek doğruluk değerleri sunan jeodezik ölçüm çalışmaları vasıtasıyla, Yunus Emre Mevkiinde 11 adet (4'ü hareket etmeyen, 7'si hareket hâlinde olduğu düşünülen), Mevlana Mevkiinde ise 15 adet (4'ü hareket etmeyen, 11'i hareket hâlinde olduğu düşünülen) ölçüm noktası zeminde betonlanarak işaretlenmiştir, Samsunİl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü ve Dsi 7. Bölge Müdürlüğü teknik elemanlarınca deformasyonların takibi sağlanmıştır. 10/12/2012 tarihi itibarıyla alınmaya başlanılan ölçümler belirli periyotlarla sürdürülmüştür. DSİ 7. Bölge Müdürlüğü teknik elemanlarınca 10.12.2012-05.04.2013 tarihleri arasında jeodezik ölçümleri alınan noktaların 88-339 cm aralığında hareket ettiği belirtilmiştir (Dsi 7. Bölge Müdürlüğü, 2013). İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü teknik elemanlarınca 09/04/2018 tarihi itibarıyla arazide gözlenebilen tek noktadan alınan ölçüm sonucunda, 10/12/2012 tarihi itibarıyla yatay yönde 4,80 m yer değiştirmenin meydana geldiği belirlenmiştir. Ayrıca 2013 tarihli ortofoto görüntüleri üzerinden sayısallaştırılan 3 adet yapının köşe koordinatları09/04/2018 tarihinde arazide ölçülen köşe koordinatları ile karşılaştırıldığında, 1. binanın 10,12 m, ikinci binanın 6,32 m yer değiştirdiği, 3. binanın ise güneydoğu cephesinden heyelan aynasının geçmesi kaynaklı şakulundan saptığı belirlenmiştir (Şekil 2, 3).



Şekil 8. Yapılarda gözlenen yer değiştirme.



Şekil 9. Yapılardan ve topografyadan alınan jeodezik ölçüm.

2011 yılından itibaren İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğünce tekrarlı yapılan arazi çalışmalarıyla söz konusu heyelanın aktivitesinin ne denli hızlı olduğu ortaya konulmuştur. Şekil 10, 11'de görüleceği üzere 2011 yılı Mart ayında 0,5 m. olan heyelan atımı, 2011 yılı Eylül ayında 4 m, 2012 yılı mart ayı itibariyle ise 8 m olarak belirlenmiştir. Ayrıca söz konusu topografyada heyelan atımı önünde göllenmeler meydana gelmiştir. Yapılan arazi çalışmaları meteorolojik koşullar ile birlikte değerlendirildiğinde, meteorolojik şartların Samsun ili yıllık ortalama yağış miktarının altında olduğu zamanlarda dahi heyelan afetinin aktivitesini devam ettirdiği gözlenmiştir (Mgm, 2017).



Şekil 10. Topografyanın2011 Mart ayındaki görünümü.

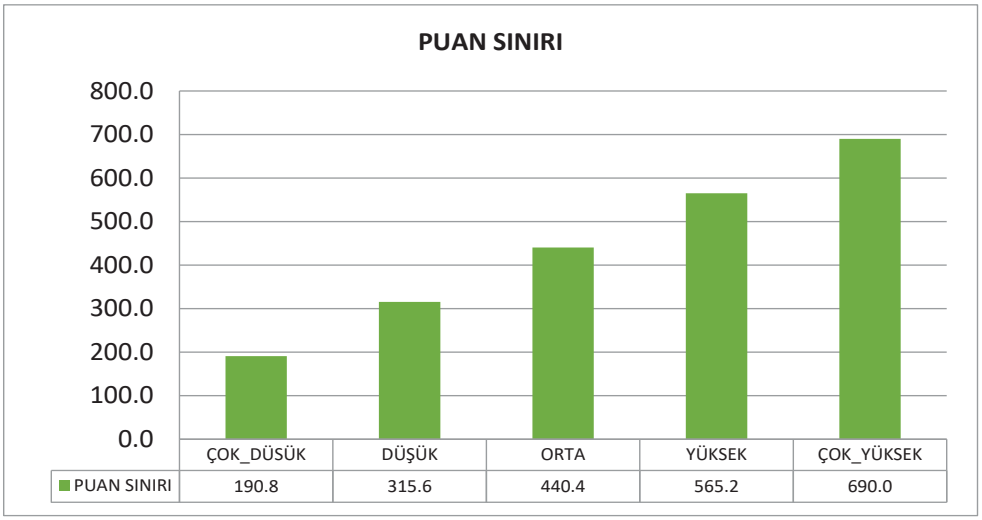


Şekil 11. Topografyanın 2012 Mart ayındaki görünümü.

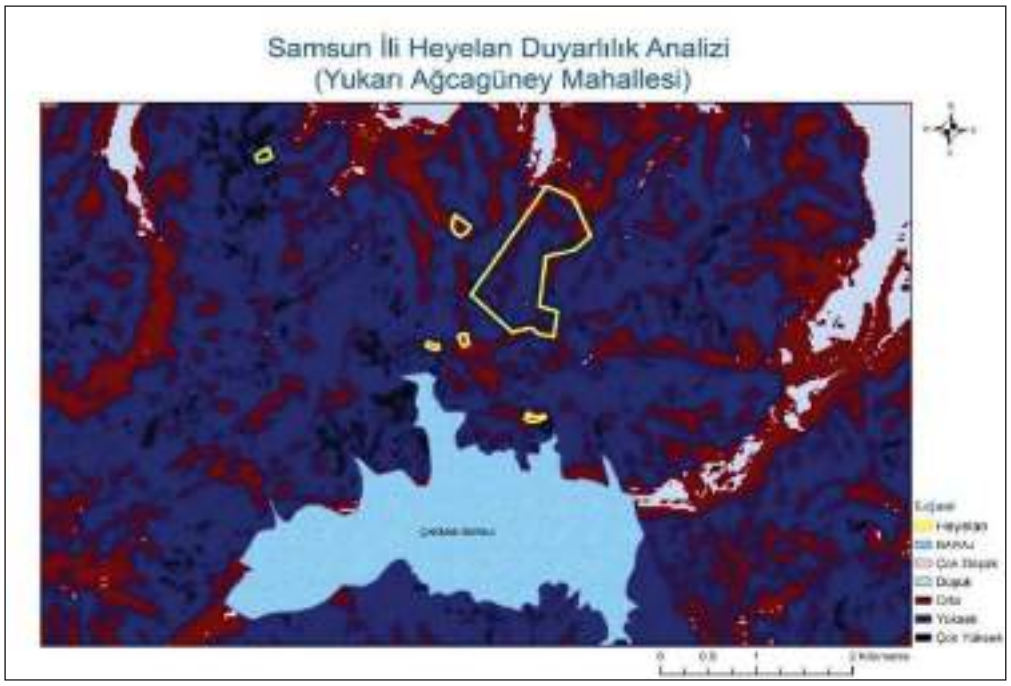
3.5 Heyelan Duyarlılık Analizi

Analiz için literatürde sıkça kullanılan bir yöntem olan Frekans Oranı Metodu (Frequency Ratio, FR) kullanılmıştır (Akgün, 2007; Akgün vd., 2008; Akıncı vd., 2010; Akıncı vd., 2011; Dağ ve Bulut, 2012; Ersan vd., 2013; Akıncı ve Kılıçoğlu, 2015). Piksel boyutu 25*25 olarak tanımlanmıştır.8 adet parametre ile analiz işlemleri tamamlanmıştır. Envantere alınan 749 adet heyelan kütlesinin öncelikle çalışma alanının farklı bölgelerinden olmak üzere; 149 tanesi (% 20) analiz sonrası kontrol edilmek üzere ayrılmıştır. Ayrıca DEM haritası Samsun ilinin tamamı için üretilmiş; yükseklik, eğim, bakı ve eğrilik haritaları da DEM kullanılarakhazırlanmıştır. Yine akarsuya yakınlık ve jeoloji parametresi de ilin tamamı için oluşturulmuştur.Çalışma alanının toplam piksel sayısı il sınırının tamamı olarak alınmış olup; heyelanlı piksel sayıları ise, analize alınan 600 adet vektör formatlı poligon şeklindeki heyelanların raster formatlı parametre haritalarından CAD ortamında mask yapılması ile hesaplanmıştır. Bu şekilde frekans değerleri hesaplanmış ve 8 adet harita CAD ortamında toplanarak heyelan duyarlılık haritası üretilmiş ve 5 eşit sınıfa ayrılmıştır.Üretilen heyelan duyarlılık haritasının 5 eşit sınıfa ayrılmadan önceki puanlamasına bakıldığında; maksimum frekans puanı 690, minmum frekans puanı da 66 olarak hesaplanmıştır. 5 derece için puan aralığı da 690-66 sonucunun 5'e bölünmesiyle 124.8 olarak belirlenmiştir. 124.8'lik puan aralığı duyarlılık sınıflandırmasında kullanılan 5 zonun sınır değerlerini ortaya çıkarmıştır (Çizelge 1).

Çizelge1. Duyarlılık Zonlamasında Kullanılan 5 Zonun Sınır Değerleri.



Heyelan afetinin meydana geldiği saha; İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü tarafından 2015 yılında frekans oranı yönteminden faydalanılarak, litoloji, eğim, bakı, yükseklik, akarsuya yakınlık, yola yakınlık, erozyon ve eğrilik parametreleri kullanılarak üretilen Samsun ili heyelan duyarlılık analizine göre orta ve yüksek duyarlı alanlar içerisinde kalmaktadır (Şekil 12).



Şekil 12. Yukarı Ağcagüney Mahallesi'nde meydana gelen heyelanın Samsun Heyelan Duyarlılık Haritasındaki yeri.

4. DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, Samsun ili Çarşamba ilçesi Yukarı Ağcagüney Mahallesi'nde meydana gelen ve aktivitesini devam ettiren heyelanın jeolojik ve jeodezik açıdan değerlendirmesi verilmiş olup yapılar ve tarım arazileri üzerindeki etkileri göz önüne konulmuştur.



Şekil 13. Yukarı Ağcagüney Mahallesi'nde meydana gelen heyelan afetinin atımı Mart 2011'de 0.5 m iken, Mart 2012'de 3 m dolayındadır.



Şekil 14. Yukarı Ağcagüney Mahallesi'ni çevre mahallelere ve ilçe merkezine bağlayan grup yolunda Mart 2011'de sadece deformasyon mevcut iken, Nisan 2018'de 6m civarı (yolun onarımı için uygulanan dolgu kalınlığı hariç) heyelan atımı meydana gelmiştir.



Şekil 15. Kamil AYDIN'a ait konutun doğu cephesinden geçen heyelan sonucu Mart 2011'de şakuldan sapma meydana gelen yapı, Nisan 2018'de yıkık hâle gelmiştir.

Mahallenin kuzeydoğu-güneybatı istikametinde açıkça izlenmekte olan heyelan afeti; yollarda deformasyona ve ulaşımda aksamalara (Şekil 14), topografyada ~12 m'ye varan düşey atıma (Şekil 11, 13), atım önlerinde ve düşük kotlarda göllenmelere (Şekil 11), mahaldeki yapıların hasar görmesine (Şekil 15) ve elektrik iletim hatlarında kopmalara neden olmuştur.

Söz konusu sahada temel sondaj çalışmaları yapılmış, jeofizik ve jeodezik ölçümler alınmıştır. Sondajların uygun derinliklerinden numuneler alınmış, alınan örnekler ile jeolojik birimlerin mühendislik özelliklerini belirlemek amacıylaçeşitli laboratuvar deneylerinin haricinde, litolojik birimlerin süreksizlik-su hareketi ilişkisi tespitine yönelik olarak basınçlı su deneyi yapılmıştır.

Yapılan bu çalışmalar sonrasında; sahanın jeolojik yapısı, jeomorfolojik unsurlar, atmosferik koşullar, yer altı su durumu ve arazi kullanımı gibi faktörler dikkate alındığında, bölge potansiyel heyelan sahası olarak göze çarpmaktadır. Söz konusu saha, Samsun İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü tarafından hazırlanan heyelan duyarlılık analizinde de orta ve yüksek duyarlı alanlar içerisinde kalmaktadır (Şekil 12).

5. SONUÇLAR

Samsun ili Çarşamba ilçesi Yukarı Ağcagüney Mahallesi sınırlarında meydana gelen heyelan afeti düşük-orta eğime sahip olan topografyada gözlenmesine rağmen, aktivitenin bu denli hızlı ilerleyerek oldukça geniş alanda etkili olması; aktivite nedenlerinin jeolojik, jeodezik ve meteorolojik veriler açısından değerlendirilmesi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Söz konusu sahada Kocaeli Üniversitesi öğretim görevlileri, Samsun İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü ve DSİ teknik personelleri tarafından teknik çalışmalar yapılmış ve söz konusu çalışmalar sonucunda ortak kanı;yöredeki heyelan aktivitesinin gelişimine ve ilerlemesine ilişkin etken faktörün "yer altı su seviyesinin yüksek olması ve mevcut jeolojik birimlerin (özellikle jipsli seviyelerin) yer altı suyu ile temas etmesi" olarak belirlenmiştir.

7269 sayılı Afet Kanunu'nun 2. maddesi gereğince heyelandan etkilenen 40 ailenin bulunduğu 52 konut (1 yıkık) ve 7 ahır/depo/samanlığınİl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü tarafından tahliyeleri gerekli görülmüş (Ersan vd., 2012), heyelan afetinin etki alanı için Afete Maruz Bölge Kararı alınmıştır. Hak sahibi kabul edilen afetzedelere yönelik konut yapım işlemleriivedilikle tamamlanmış ve hak sahiplerinin kullanımına sunulmuştur.

Yukarı Ağcagüney Mahallesi'ni çevre mahallelere ve ilçe merkezine bağlayan grup yolunda meydana gelen deformasyonlarsonrası, ilgili belediye ve 6360 sayılı Kanun kapsamında kapatılan Samsun İl Özel İdaresitarafındaniyileştirme çalışmaları yapılmış, ulaşım devamlılığı sağlanmaya çalışılmıştır. Ayrıca meydana gelen heyelan afetinin etki alanı içerisinde bulunan yüksek gerilim hatlarında gözlenen sorunlar (iletim hatlarında oluşan ilave gerilmeler, direklerin şakulundan sapması vb.), ilgili kurum olan Tedaş'ın İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğünce bilgilendirmesiyle, gerek hattın farklı güzergâhtan verilmesi gerekse onarımı ile can ve mal kaybının önüne geçilebilmesi açısından çözüme kavuşmuştur.

Bölge heyelan afetine duyarlı olduğundan Samsun İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğünce yerinde yapılacak arazi çalışmaları ile kontrol edilerek periyodik etütler gerçekleştirilecektir.

KAYNAKLAR

Akın, K., 2012, Çarşamba İlçesi (Samsun) Ağcagüney Beldesi Heyelanı Temel Sondaj Çalışması ve Arazi Deneyleri, s.14-24.

Akıncı, H. & Kılıçoğlu, C., 2015. Atakum (Samsun) İlçesinin Heyelan Duyarlılık Haritasının Üretilmesi, Ulusal Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu, 03-05 Eylül 2015, KTÜ, Trabzon.

Akıncı, H., Doğan, S., Kılıçoğlu, C., 2011. Frekans Oranı Metodu Kullanılarak Samsun İl Merkezinin Heyelan Duyarlılık Haritasının Üretilmesi, 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 18-22 Nisan 2011, Ankara.

Akıncı, H., Doğan, S., Kılıçoğlu, C., Keçeci, S. B., 2010. Samsun İl Merkezinin Heyelan Duyarlılık Haritasının Üretilmesi, Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt 2, No:3, 13-27 s.

Akgün, A., 2007. Ayvalık ve Yakın Çevresinin Erozyon ve Heyelan Duyarlılığının Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı İncelemesi, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Akgün, A., Dağ, S., Bulut F., 2008. Landslide Susceptibility Mapping for a Landslide-Prone Area (Fındıklı, NE of Turkey) by Likelihood Frequency Ratio and Weightened Linear Combination Models, Environmental Geol., 54 (6), 1127-1143.

Dsi 7. Bölge Müdürlüğü, 2013, Jeodezik Çalışma Teknik Raporu, SAMSUN s. 1-6.

Dsi 7. Bölge Müdürlüğü, 2013, Teknik Gezi Raporu, SAMSUN s. 1-2.

Ersan, A., Çoşkunlu, E., Tekin, E., Çalışkan, K., Livaoğlu, S. ve Koparmal, E., 2012. Aktif Heyelanda Afet Yönetimi: Ağcagüney Örneği (Samsun). 65. Türkiye Jeoloji Kurultayı, MTA, Ankara, Bildiri Özetleri Kitabı, s. 244-245.

Ersan, A., Çoşkunlu, E., Tekin, E., Çalışkan, K., Uçarlı, L., Koparmal, E., 2012a. Ağcagüney (Samsun) Heyelanı ve Afet Yönetimi, III. Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu, 4-6 Ekim 2012, Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay, Bildiriler Kitabı, s. 334-345.

Folk, R. L., 1962. Spectral subdivision of limestone sypes. In Classification of carbonate rocks, ed. W. E. Than. Memoir of the American Association of Petroleum Geologist, 1:62-84.

Google Earth, 2012.

MTA, 1/100000 Ölçekli Genel Jeoloji Haritası.

Şen, S. C., 2009. Erdemli (Mersin İlçesinde Yağışlara Bağlı Olarak Gelişen Heyelanların İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi, Adana.

Yomralıoğlu,T.,2009, Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar, 5.BASKI, s. 48-49.

http://aats.afad.gov.tr, Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü, [2015].

http://www.mgm.gov.tr, Uzun Yıllar Maksimum Yağışlar, [2017].



20 Eylül 2018

11:00-12:20

SALON 2016

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6102

KORUNAN ALANLARIN ZAMANSAL DEĞİŞİMİNİN LANDSAT UYDU GÖRÜNTÜLERİ İLE ANALİZİ: İĞNEADA LONGOZ ORMANLARI ÖRNEĞİ

Merve TOKER[1], Filiz SUNAR[2]

[1] Orman ve Su işleri Bakanlığı, 06560, Yenimahalle, Ankara, m.toker@ormansu.gov.tr

[2] Prof. Dr. İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul, fsunar@itu.edu.tr

ÖZET

Korunan alanlar sahip oldukları biyoçeşitlilik, çeşitli flora, fauna alanları ile koruma statüsü bulunan önemli kara ya da su kütlesine sahip ekosistemlerdir. Millî parklar da 2873 sayılı Millî Parklar Kanunu'na göre yönetilen koruma alanlarından biridir. İğneada Longoz Ormanları Millî Parkı sahip olduğu ve ülkemizde ender görünen ekosistemi ile Türkiye'nin 39. millî parkıdır. Yıldız (Istıranca) Dağları'ndan Karadeniz'e doğru akan derelerin kıyı kumullarından dolayı denize ulaşamayıp birikmesi ve mevsime bağlı olarak sular altında kalmasıyla oluşan longoz ormanları, Türkiye'nin sahip olduğu iklimsel özellikler nedeniyle ender görülen ekosistemlerdendir. Bu ender alanın sahip olduğu hassas dinamiklerin belirlenmesi ve korunması ekosisteminin sağlıklı olarak devamlılığı için önemlidir. Korunan alanların planlaması koruma/kullanma dengesi gözetilerek çeşitli yöntemlerle yapılmaktadır. Planlama sırasında ya da planlama sonrası koruma alanlarını izleme-kapasite faaliyetleri için uzaktan algılama teknolojisinin kullanımı sürdürülebilirlik ve sağlıklı yönetimi için gereklidir. Bu çalışmada İğneada Longoz Ormanlarının sahip olduğu özelliklerin belirlenmesi ve millî park statüsü kazanması sonrasında olası değişimi ve yönünü incelemek amacıyla 1987 yılından 2007 yılına kadar 5 yıllık periyotlarda alınan Landsat TM görüntüleri ile millî park olarak ilan edilen 2007 yılından 2017 yılına kadar olan sürede 2 yıllık periyotlarda alınan Landsat TM ve OLI görüntüleri kullanılmıştır. Orman örtüsündeki değişimin saptanması amacıyla öncelikle Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) uygulanmıştır. Daha sonra bu spektral dönüşümün kullanıldığı Landtrendr analizi ile İğneada Longoz Ormanlarının 1987 yılından 2017 yılına kadar değişimi ve değişimin yönü incelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: korunan alanlar, Landsat, Landtrendr algoritması, zaman serileri, değişim saptama

ABSTRACT

Protected areas are important land or water body ecosystems that have biodiversities, flora and fauna spaces. National Parks are the protected areas which are managed by 2873 number National Park Law. İğneada Floodplain Forests National Park is also one of the rare ecosystems in Turkey. The Floodplain forests are occurred, that the creeks flowing from Yıldız Mountains to the Black Sea cannot reach the sea due to the coastal dunes and they are flooded depending on the season. The floodplain forests one of the rare ecosystem due to climatic conditions that Turkey possesses. The identification and conservation of the sensitive dynamics of this rare area is important for healthy continuity. Planning the protected areas is carried out by several methods considering the protection / usage balance. Taking advantage of using satellite imagery during planning or using remote sensing technology for monitoring-capacity activities after planning, is essential for nature's sustainability and healthy management of protected areas. In this study national park, from 1987 to 2007, the change has been analyzed with Landsat time series quinquennialy. After declaration of national park in 2007, two years' interval up to 2017 Landsat TM and OLI images has been analyzed. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was applied to determine the change in forest cover. This spectral transformation (NDVI) was arranged as input data in the Landtrendr algorithm and trend analysis performed at National Park. Through this analysis, the change and the direction of change at İğneada floodplain forests from 1987 to 2017 has been examined.

Keywords: protected areas, Landsat, Landtrendr algorithm, time series, change detection

1. GİRİŞ

İğneada Longoz (subasar) Ormanları millî parkı içinde barındırdığı farklı yaşam alanları ve Türkiye'nin sahip olduğu iklimsel özellikler nedeniyle ender görülen ekosistemlerdendir. Longoz ormanlarının asıl yaşam alanı tropikal bölgelerdir. Ülkemizde Karadeniz'de küçük bir bölgede de yer almakla birlikte ekosistem olarak en büyüğü İğneada Longoz Ormanlarıdır. Bu alan Bern Sözleşmesi'ne göre 'tehlike altında habitat tipi' olarak tanımlanan longoz ekosistemlerindendir. İğneada Longoz Ormanları, Yıldız Dağları'ndan Karadeniz'e akan göllerin önlerindeki kumullar nedeniyle ilkbaharda fazla şişerek suyun geriye doğru taşması ve araziyi kaplamasıyla oluşmuştur. Kış ve ilkbahar aylarında sularla kaplı, yaz aylarında ise kısmen suyu çekilen ormanlardan oluşmaktadır. Ayrıca birçok flora ve faunayı içinde barındıran, kuş göç yolları üzerinde yer alan, endemik türlere ev sahipliği yapan bu alan kıyı kumulları ile beraber sulak alanlara da sahiptir (Çevre ve Orman Bakanlığı ve Agrin Konsorsiyum, 2010).

Bu ender alanın sahip olduğu hassas dinamiklerin korunması ekosisteminin sürdürülebilirliği açısından önemli olduğundan bölgede meydana gelebilecek değişimlerin saptanması ve izlenmesi gerekmektedir. Günümüzde uydu

teknolojileri kapsamında uzaktan algılama ve dijital görüntü işleme teknolojileri ile arazi örtüsündeki değişim alanlarının tespiti ve analizi etkin olarak yapılabilmektedir (Aslan vd., 2002).

Arazi örtüsündeki değişimlerin incelenmesinde kullanılan farklı analizlerden biri de trend analizidir. Bu amaca yönelik çeşitli trend analiz yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalar literatürde mevcuttur. Bu çalışmalardan bir tanesi 1989-2013 yılları arasında Landsat uydu görüntülerini kullanarak Angola, Güney Afrika'da yer alan Miombo ormanlarında tarımsal işlemlerin sebep olduğu değişimleri ve yönlerini belirlemeyi amaçlayan trend analizidir. Çalışmada, Landsat uydu görüntülerinden zaman serileri oluşturulmuş ve bozulma indeksleri hesaplanmıştır. Trend analizi sonucunda orman örtüsünde yanarak bozulan alanların tarım arazisine dönüştürüldüğü saptanmış arazi çalışmaları ile de doğrulanmıştır (Schneibel vd., 2017).

Başka bir çalışmada; Amazon bölgesinde yer alan longoz ormanları örtüsündeki değişimin izlenmesi için 1984 ve 2009 yılları arasında alınan Landsat görüntüleri Landtrendr algoritması (Kennedy vd., 2010) ile incelenmiştir. Bu çalışmada longoz orman örtüsündeki gerilemenin insan baskısı ya da doğal koşullar sonucunda gerçekleştiğinin ortaya konulması amaçlanmıştır. İnsan baskısı sonucunda oluşan gerilemeyle zaman serilerinde ani değişimler gözlenirken doğal koşullar sonucu oluşan değişimler ise daha yavaş gerçekleşmektedir (Fragal vd., 2016).

2010 yılında yayımlanan başka bir çalışmada ise trend analizi olarak Landtrendr yönteminin etkinliği test edilmiştir. Bu çalışmada Landtrendr algoritması ile Pasifik ormanlarında meydana gelen ani (yangın, toplu ağaç kesimi vb.) ve zamansal değişimlerin (böcek zararları vb.) tespitinin yapılabildiği gösterilmiştir (Kennedy vd., 2010).

Bu çalışmada, İğneada Longoz Ormanlarının sahip olduğu özellikleri ile millî park statüsü kazanması sonrasında olası değişimi ve yönü landtrendr yöntemi ile incelenmiştir. Uydu veri seti olarak 1987 yılından 2007 yılına kadar 5 yıllık periyotlarda alınan Landsat TM görüntüleri ile millî park olarak ilan edilen 2007 yılından 2017 yılına kadar olan sürede 2 yıllık periyotlarda alınan Landsat TM ve OLI görüntüleri kullanılmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN VERİLER

İğneada Longoz Ormanları Millî Parkı, Bulgaristan sınırı yakınında Karadeniz kıyısında ve Kırklareli ili, Demirköy ilçesi, İğneada beldesinde yer almaktadır. 27 derece doğu boylamı ile 41 derece kuzey enlemi arasında kalan alan, Batı Karadeniz iklimi etkisi altındadır. Şekil 1'de çalışma alanının konumu ve uydu görüntüsü verilmektedir.

Çalışma alanının tamamını oluşturan Millî Park; longoz orman ekosistemi, sulak alan ekosistemi, kıyı ekosistemi, kumul ekosistemi ve yaprak döken orman ekosistemlerinden oluşmaktadır. Alanda 9 tanesi endemik olmak üzere 12 tanesi nadir yayılış gösteren 21 tür flora çeşidi bulunmaktadır. Ayrıca Türkiye'de yaşayan 454 kuş türünün yarıya yakın kısmı İğneada Longoz Ormanları Millî Parkı'nda görülebilmektedir. Sulak alan ekosistemleri birçok göçmen kuşun uğrak yeridir (Çevre ve Orman Bakanlığı ve Agrin Konsorsiyum, 2010).



Şekil 1: Çalışma alanının konumu ve uydu görüntüsü.

Uzaktan algılamanın ilk uygulama alanı askerî amaca yöneliktir ancak zaman ve teknolojinin ilerlemesine paralel olarak daha sonraları sivil amaçlara yönelik olarak kullanılmaya başlanmıştır. Landsat uydu sistemi de 1970`li yıllarda arazi örtüsü hakkında detayların toplanması ve haritalandırılması için oluşturulmuştur (Sunar vd., 2011). Bu çalışmada 1987 yılından 2007 yılına kadar 5 yıllık aralıklarla ve 2007 yılından 2017 yılına kadar 2 yıllık aralıklarla alınan toplam 10 Landsat uydu görüntüsü kullanılmıştır. Çizelge 1'de kullanılan uydu verilerinin genel karakteristikleri verilmiştir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan Landsat uydu verilerinin teknik özellikleri.

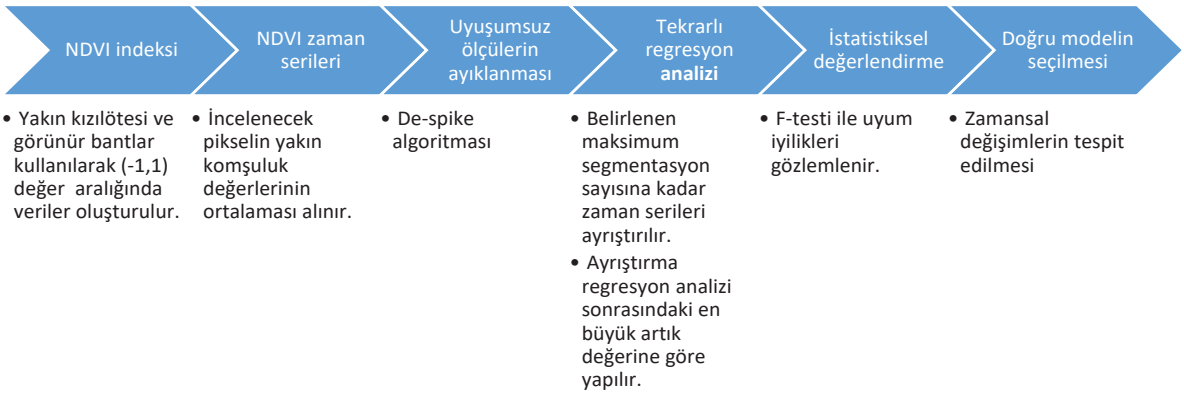
Uydu	Tarih	Spektral çözünürlük (μm)		Mekansal çözünürlük (m)	Zamansal çözünürlük (gün)
Landsat TM	15.08.1987	Band1	0.45 - 0.52	30	16
	28.08.1992	Band2	0.52 - 0.60		
	25.07.1997	Band3	0.63 - 0.69		
	14.06.2002	Band4	0.76 - 0.90		
	05.07.2007	Band5	1.55 – 1.75		
	24.06.2009	Band6	10.40 – 12.50		
	17.08.2011	Band7	2.08 – 2.35		
Landsat OLI	06.08.2013 12.08.2015 01.08.2017	Band1	0.435 – 0.451	30	16
		Band2	0.452 – 0.512		
		Band3	0.533 - 0.590		
		Band4	0.636 – 0.673		
		Band5	0.851 – 0.879		
		Band6	1.566 – 1.651		
		Band7	2.107 – 2.294		
		Band8	0.503 – 0.676		
		Band9	1.363 – 1.384		
		Band10	10.60 – 11.19		
		Band11	11.50– 12.51		

3. YÖNTEM

Bu çalışmada orman örtüsündeki değişimin saptanması amacıyla öncelikle Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) uygulanmış ve daha sonra bu spektral dönüşümün kullanıldığı Landtrendr analizi ile İğneada Longoz Ormanlarının 1987 yılından 2017 yılına kadar değişimi ve değişimin yönü incelenmiştir.

NDVI (Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi) bitki örtüsü indeksleri arasında yaygın olarak kullanılan oransal bir yöntemdir ve NDVI = (Yakın kızılötesi bant – Kırmızı bant) / (Yakın kızılötesi bant + Kırmızı bant) şeklinde matematiksel olarak ifade edilir. Eşitliğin yakın kızılötesi ve kırmızı bantlarla normalize edilmesi ile farklı güneş ve bakış açıları etkileri giderilmektedir. NDVI indeks değerleri -1 ile 1 aralığındadır. Sağlıklı bir bitki örtüsü alanının indeks değeri +1 değerine doğru yaklaşırken bitki örtüsü taşımayan kayalık alanlar ya da kıraç topraklarda indeks değeri 0 ile -1 aralığında yer alır (Sunar vd., 2011).

Landtrendr algoritması; Landsat uydu görüntüleri kullanılarak arazi örtüsündeki bozulma ve iyileşmeleri piksellerin zamansal değişiminden yola çıkarak zaman serileri ile ortaya koyan bir analiz yöntemidir (Kennedy vd., 2010). Algoritmanın uygulanmasında öncelikle uydu görüntülerinden NDVI indeksleri hesaplanarak normalize edilir. Daha sonra seçilen bölgenin tüm yıllara ait piksel değerleri ile zaman serisi oluşturulur ve regresyon analizinden önce aykırı ölçüler testi yapılır. Aykırı ölçülerden temizlenen zaman serisine lineer trend modeli uygulanır. Analiz sonuçlarına bakılarak modelden sapmanın en fazla olduğu noktadan seri ikiye ayrılır ve her iki zaman serisi için yeniden lineer regresyon modeli uygulanır. Bu işleme maksimum segmentasyon sayısına ulaşıncaya kadar devam edilir. Oluşturulan modeller arasından seçim yapılırken her model için F-test büyüklüğü ve buna karşılık olasılık değerleri (p-değeri) hesaplanır. P olasılık değerlerine bakılarak model seçimine karar verilir (Kayıkçı ve Sopacı, 2015). Yöntemin akış şeması Şekil 2'de verilmektedir.



Şekil 2: Landtrendr algoritmasının akış şeması.

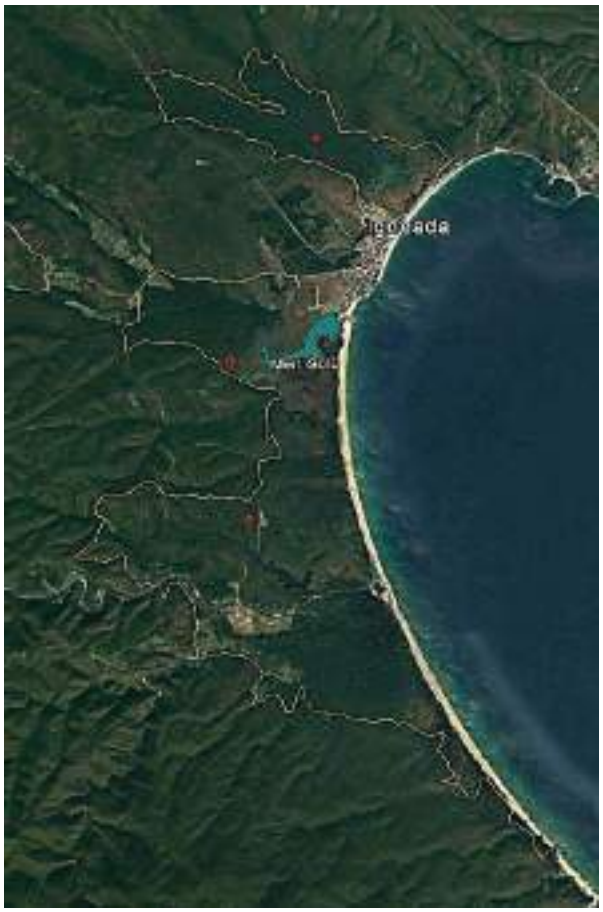
4. UYGULAMA

Bu çalışmada Longoz ormanlarının değişimini ve yönünü analiz edebilmek için Landsat uydu görüntülerine Landtrendr analizi uygulanmıştır. Alınan görüntülerde mevsimsel etkilerinin olmaması için görüntülerin yakın mevsim ve tarihlerde alınmış olmasına dikkat edilmiş, vejetasyon dönemi olarak haziran, temmuz ve ağustos aylarına ait görüntüler kullanılmıştır.

İlk adım olarak görüntüler alana uygun olarak kesilerek geometrik düzeltmeleri yapılmış ve NDVI indeksi ile (-1, 1) aralığına getirilerek normalize edilmiştir. Daha sonra değişimin inceleneceği test bölgeleri belirlenmiş ve zaman serileri oluşturulmuştur. Regresyon analizlerinden önce aykırı değerler de-spike algoritması ile giderilmiştir. Aykırı değerlerden temizlenen zaman serilerine tekrarlı regresyon analizleri yapılmıştır. Her regresyon sonrasında veri en büyük artık değerden ikiye bölünmüştür. Bölünen zaman serileri için yeniden regresyon analizleri yapılmıştır. Bu işleme tekrarlı olarak maksimum segmentasyon değerine ulaşıncaya kadar devam edilmiştir. Oluşturulan birçok regresyon modelleri için F dağılımındaki p olasılık değerleri hesaplanarak modellerin veriye uygunlukları karşılaştırılmıştır. Elde edilen test sonuçları değerlendirilerek zamansal değişimler ve yönleri (örn., gerileme, iyileşme vb.) saptanmıştır.

4.1.Test bölgelerinin seçimi

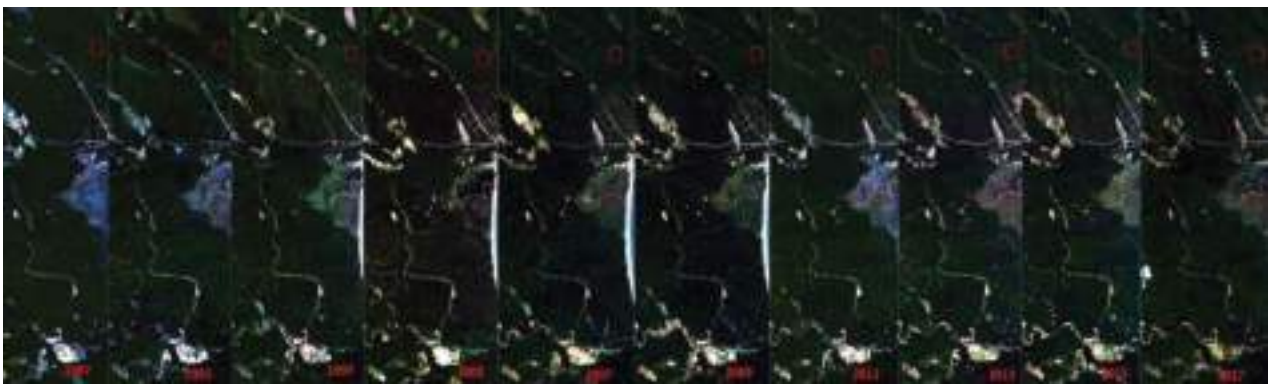
Test bölgeleri seçiminde değişim olabileceği düşünülen alanlar göz önüne alınmıştır (Şekil 3). Şekilde kırmızı renk ile gösterilen 3 test bölgesi alanın kuzeyindeki longoz ormanları, Mert Gölü bölgesindeki sulak alan çevresi ve alanda yer alan karışık orman mesçeresine karşılık gelmektedir.



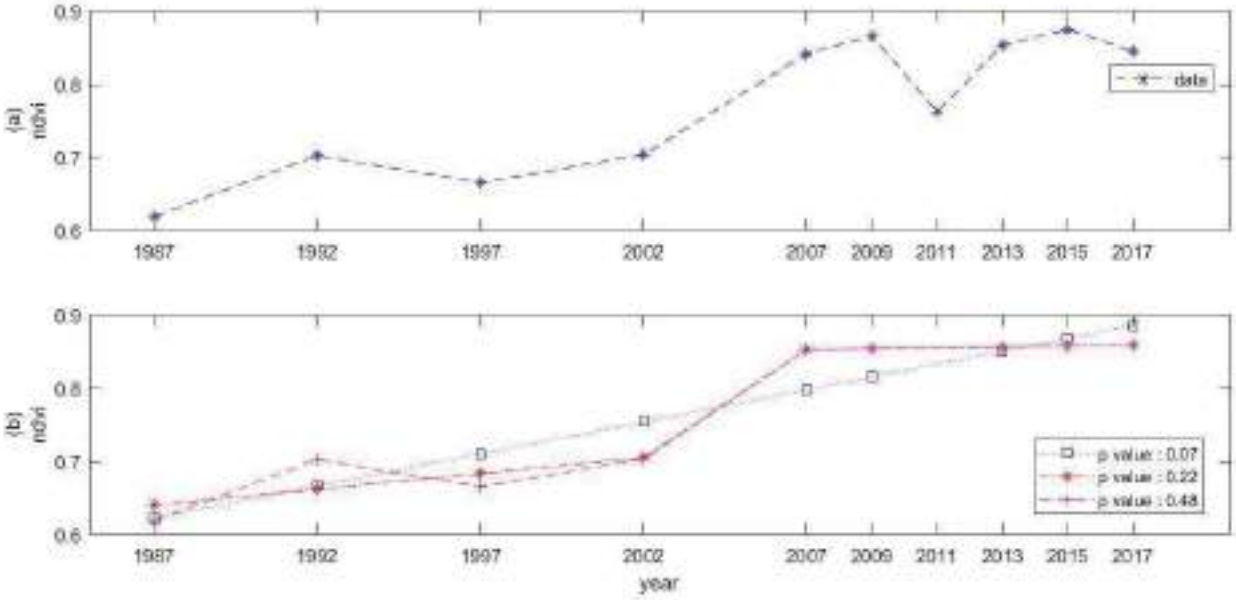
Şekil 3: Çalışmada göz önüne alınan test bölgeleri.

4.2.Landtrendr Algoritması uygulaması

İlk bölge olarak alanın kuzeyinde bulunan longoz ormanı ele alınmış ve bölgeye ait zamansal uydu görüntüleri ile regresyon modelleri Şekil 4ve Şekil 5'te gösterilmiştir. Şekil 5(a)' da görüldüğü gibi 2011 yılındaki değişim, ani bir düşüş sonrasında yine aynı hızla yükselerek eski halini aldığından de-spike algoritması ile aykırı değer olarak saptanmıştır. İlk modelde sadece yukarı yönlü bir trend görülmektedir (Şekil 5(b)). İkinci modelde ise trend 2002 yılına kadar bir eğim değerine, 2007 yılından sonra başka bir eğim değerine sahiptir. Üçüncü model 1997 yılındaki değişimi de saptamıştır. 1997 yılında bu bölgede hem yaşanan kış şartları hem de ağaç kesiminden dolayı eksi yönde değişim yaşanmıştır (Türkiye Büyük Millet Meclisi 2004). Bu dönemden sonra ağaç kesimleri durdurulmuş ve 2002 yılından sonra hızlı bir toparlanma saptanmıştır. Grafikte gösterilen bu değişimler yersel ve yardımcı veriler ile uyuşum göstermektedir. Ayrıca son model, hem 1997 yılında kaynaklanan ağaç kesilmelerini hem de 2002 yılından sonraki vejetasyondaki toparlanmayı daha doğru bir şekilde saptamıştır. F testi olasılık değerlerine bakıldığında da en uygun model son modeldir.



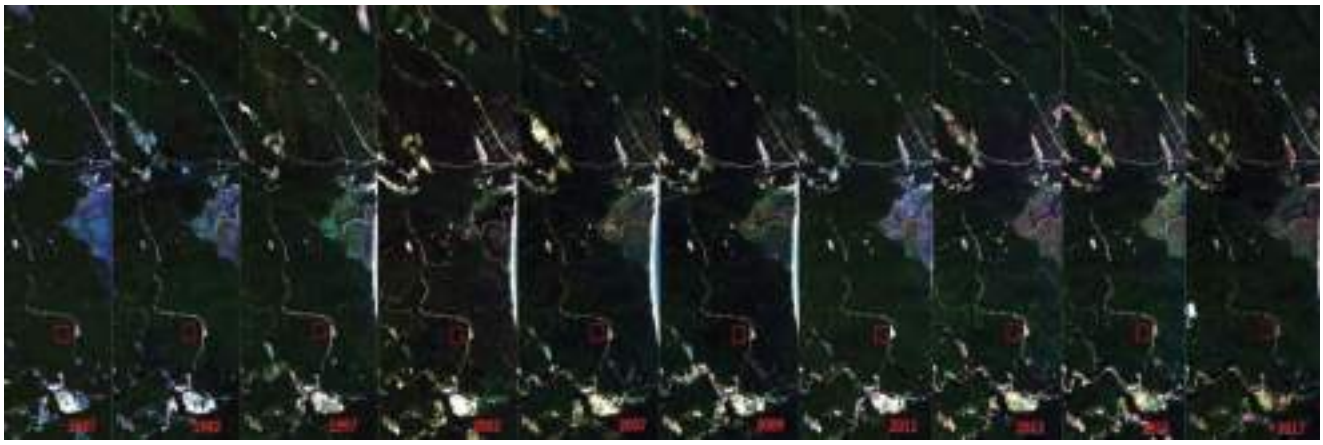
Şekil 4: Korunan alanın kuzey bölümündeki longoz ormanı test bölgesinin zamansal uydu görüntüleri.



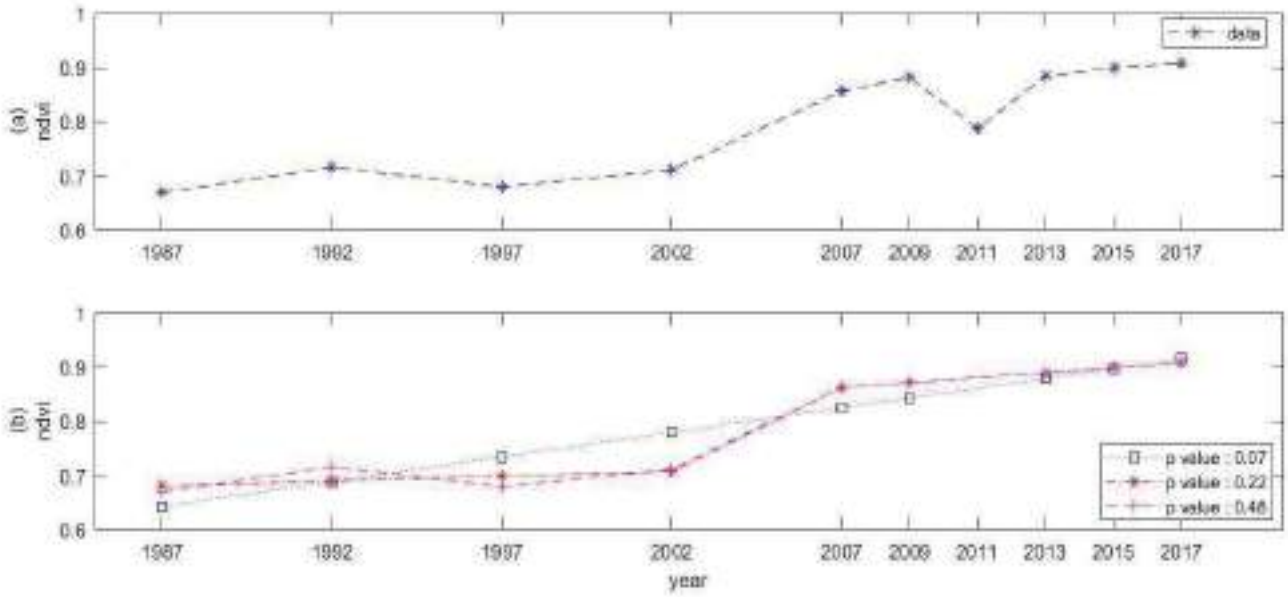
Şekil 5: Korunan alanın kuzey bölümündeki longoz ormanı test bölgesi landtrendr algoritması sonuçları

(a) Ham hâldeki zaman serisi (b) F testi sonucu olasılık değerlerine (p value) göre regresyon analizleri.

Şekil 6'da korunan alanın orta bölümünde yer alan karışık orman mesçeresine ait test bölgesine ait zamansal uydu görüntüleri gösterilmektedir. Şekil 7'de ise test bölgesine ait landtrendr algoritması sonuçları verilmektedir. İlk model düzenli artan bir trend eğiliminde olmakla beraber 1997 yılındaki düşüşü göz ardı etmektedir. Son modelde hem 1997 yılındaki düşüş gözlemlenmiş hem de 2011 yılındaki değişim de-spike algoritması ile aykırı değer olarak saptanmıştır.

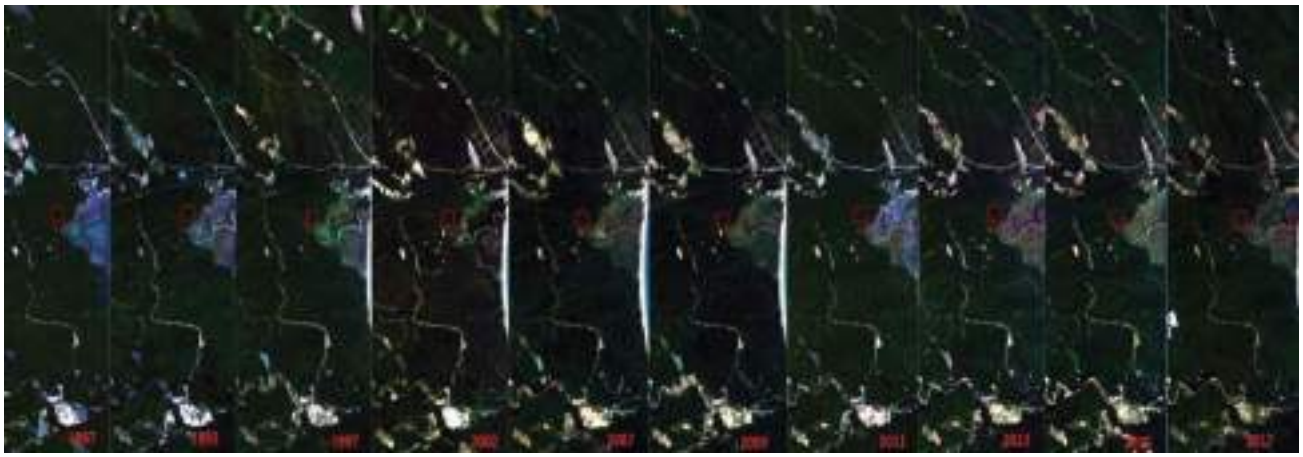


Şekil 6: Korunan alanın orta bölümünde yer alan karışık orman alanına ait test bölgesinin zamansal uydu görüntüleri.

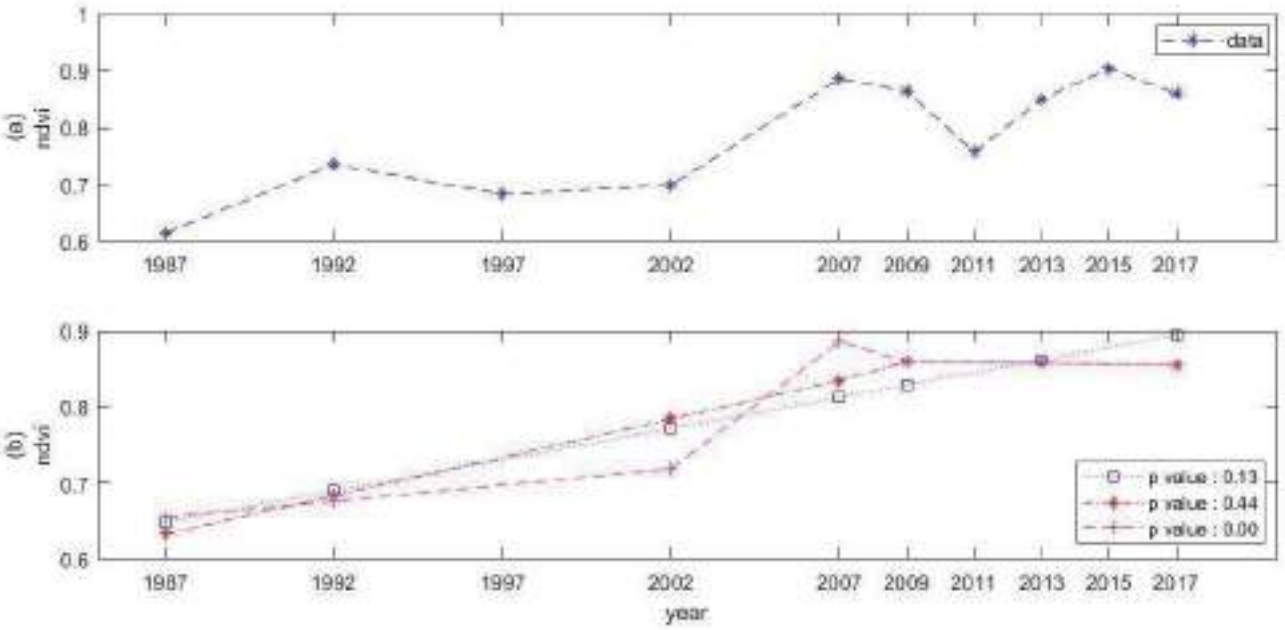


Şekil 7: Korunan alanın orta bölümünde yer alan karışık orman alanına ait test bölgesi landtrendr algoritması sonuçları (a) Ham hâldeki zaman serisi (b) F testi sonucu olasılık değerlerine (p value) göre regresyon analizleri.

Son test bölgesi olan Mert Gölü yakınında yer alan bölgeye ait zamansal uydu görüntüleri Şekil 8'de gösterilmektedir. Mert Gölü, korunan alanı ikiye bölen İğneada beldesine çok yakın bir konumdadır. Şekil 9'da ise Mert Gölü yakınındaki test bölgesine ait landtrendr algoritması sonuçları verilmektedir. Şekil 9(b)'de gösterilen grafikte yer alan ilk modelde sürekli artan bir trend gözükmektedir. İkinci modelde 2002 yılına kadar sert bir düşüş sonrasında ise bir toparlanma görülmektedir. İğneada beldesinden Mert Gölü'ne bırakılan kanalizasyon atıklarının yol açtığı düşüş, 2005 yılından itibaren kullanılan arıtma sisteminin etkisiyle ekosistemin kendini toparlamaya başladığını göstermektedir (World Wildlife Foundation ve Çevre ve Orman Bakanlığı 2007).



Şekil 8: Mert Gölü yakınında yer alan test bölgesinin zamansal uydu görüntüleri.



Şekil 9: Mert Gölü yakınında yer alan test bölgesi landtrendr algoritması sonuçları (a) Ham hâldeki zaman serisi

(b) F testi sonucu olasılık değerlerine (p value) göre regresyon analizleri.

5. SONUÇ

Bu çalışmada Longoz ormanlarının değişimini ve yönünü analiz edebilmek için çok-zamanlı Landsat uydu görüntülerine Landtrendr analizi uygulanmış ve elde edilen model sonuçlarının yersel verilerle uyumlu olduğu saptanmıştır. Landtrendr yöntemine göre 1992 - 1997 yılları arasında orta bölümünde yer alan karışık orman alanlarındaki düşüşler bu yıllar arası zorlu geçen kış şartları ile devrilen ağaçlar ve yine aynı alanda Orman İşletme Müdürlüğü tarafından kesilen ağaçlar neticesinde yaşanmıştır. Sulak alan bölgesindeki düşüşlerin nedeni ise Mert Gölü'ne bırakılan kanalizasyon atıklarından dolayıdır. Koruma alanı statüsü yıllar içinde sürekli değişen, zaman zaman nükleer zaman zaman termik santral yapılması tehlikesi ile karşı karşıya kalan benzer hassas ekosistemlerin dinamiklerinin korunması, izlenmesi, sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından çok önemlidir. Algoritmanın daha fazla sayıda uydu görüntüsü ve farklı doğrulama yöntemleri kullanılarak ülkemizdeki mevcut korunan alanlar için etkin bir izleme ve yönetim aracı olarak kullanılabilirliği bu çalışmada gösterilmiştir.

KAYNAKLAR

Aslan, Z., Skidmore E., Feoli, E., Maktav, D., Erol, H., Erbek, F.S., Okçu, D., Söğüt, A., Giacomich,P., Mauro S. ve Mighozzi, K., 2002. The Use of Conventional Data and Remote Sensing for Classification of Erosion and Land Degradation. *Agro Environ*, Konferans yayını: 1-12.

Çevre ve Orman Bakanlığı, Agrin Konsorsiyum, 2010. *Yıldız Dağları Biyosfer Projesi*, Çevre ve Orman Bakanlığı. Ankara, 154 sayfa.

Fragal, E.H., Silva, T.S.F. ve Novo, E.M.L.M., 2016. Reconstructing Historical Forest Cover Change in the Lower Amazon Floodplains Using the LandTrendr Algorithm. *Acta Amazonica*.46: 13-24.

Kayıkçı, E.T., ve Sopacı, E., 2015. Testing the Normality of the Residuals of Surface Temperature Data at VLBI/GPS Co-located Sites by Goodness of Fit Tests. *Arabian Journal of Geosciences*, 8: 10119-10134.

Kennedy, R.E., Yang, Z. ve Cohen, W.B., 2010. Detecting Trends in Forest Disturbance and Recovery Using Landsat Time Series:1.Landtrendr-Temporal Segmentation Algorithms. *Remote Sensing of Environment*, 2897: 2910 - 2010.

Schneibel, A., Frantz, D., Röder, A., Stellmes, M., Fischer K. ve Hill, J., 2017. Using Annual Landsat Time Series for the Detection of Dry Forest Degredation Processes in South-Central Angola. *Remote Sensing*, 9, 905: 1 - 14.

Sunar, F., Özkan, C. ve Osmanoğlu, B., 2011. *Uzaktan Algılama*, 1.basım, Anadolu Üniversitesi Web-Ofset, Eskişehir, 210 sayfa.

Türkiye Büyük Millet Meclisi *,* 27.10.2004. *Tutanak Dergisi*, Ankara, 284 sayfa.

World Wildlife Foundation ve Çevre ve Orman Bakanlığı, 2007. *İğneada Koruma Alanı Planlama ve Yönetimi*, Çevre ve Orman Bakanlığı. Ankara, 230 sayfa.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6671

GÖRÜNTÜ FÜZYONU VE SINIFLANDIRMA TEKNİKLERİ KULLANARAK SU YÜZEYİNDEKİ ALANSAL DEĞİŞİMİN BELİRLENMESİ

Mesut ÇOŞLU[1], Hasan Raşit TÜRKKAN[2], Namık Kemal SÖNMEZ[3]

[1]Y.Lis.Öğr., Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ABD, 07058, Antalya, mesutcoslu@akdeniz.edu.tr
[2]Y.Lis.Öğr., Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri ABD, 07058, Antalya, hasanrasit@akdeniz.edu.tr
[3]Prof. Dr., Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, 07058, Antalya, nksonmez@akdeniz.edu.tr

ÖZET

Mekânsal çözünürlüğü yüksek, renk bilgisi içeren ve yeni bir veri elde edilmesini sağlayan görüntü füzyonu günümüzde uzaktan algılamada sıkça kullanılmaktadır. Görüntü füzyonu işlemi sonucu elde edilen yeni görüntü başlangıçtaki her iki görüntünün de bilgilerini içermesinin yanı sıra bu görüntülere oranla daha kalitelidir. Burdur Gölü'nde gerçekleştirilen bu çalışmanın amacı görüntü füzyonu ve farklı sınıflandırma teknikleri kullanılarak su yüzeyindeki alansal değişimin tespit edilmesidir. Çalışma 4 temel aşamadan oluşmaktadır. Bunlar veri toplama ve hazırlık, görüntü ön işleme, görüntü füzyonu ve sınıflandırmadır. Birinci aşama olan veri toplama ve hazırlık aşamasında alana ait 2000 tarihli Landsat 7 ETM+ ve 2015 tarihli Landsat 8 OLI verileri temin edilmiştir. İkinci aşamada uydu görüntülerine layerstack ve resampling ön işleme teknikleri uygulanmıştır. Çalışmanın üçüncü aşamasında IHS (Intensity, Hue, Saturation) ve Gram Schmidt görüntü füzyon yöntemleri kullanılarak görüntülerin kalitesinin yanı sıra mekânsal çözünürlüğü de artırılmıştır. Dördüncü aşamada ise görüntü füzyon teknikleri ile elde edilen verilere piksel tabanlı ve nesne tabanlı sınıflandırma işlemleri uygulanmıştır. Çalışmada son olarak elde edilen sınıflandırma sonuç görüntüleri ile görsel analiz sonuçları karşılaştırılarak göl yüzeyindeki değişimle ilgili değerlendirmeler yapılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Landsat, değişim tespiti, görüntü füzyonu, nesne tabanlı sınıflandırma, su yüzeyi

ABSTRACT

DETERMINATION OF AREAL CHANGE OF WATER SURFACE BY USING IMAGE FUSION AND CLASSIFICATION TECHNIQUES

Image fusion, which has a high spatial resolution and contains colour information and enables to obtain new data, is now widely used in remote sensing. The new image resulting from the image fusion process is more accurate than these images, as well as containing the information of both images at the beginning. The aim of this study carried out in Lake Burdur is to determine the areal change of the water surface by using image fusion and different classification techniques. The study consists of 4 basic stages. These are data collection and preparation, image pre-processing, image fusion and classification. In the data collection and preparation stage, which is the first stage, Landsat 7 ETM+ of 2000 and Landsat 8 OLI data of 2015 were provided. In the second stage, layerstack and resampling pre-processing techniques were applied to satellite images. In the third stage of the study, the spatial resolution as well as the quality of the images was increased by using IHS (Intensity, Hue, Saturation) and Gram Schmidt image fusion methods. In the fourth stage, pixel-based and object-based classification operations were applied to the data obtained by image fusion techniques. In the study, the obtained classification result images were compared with the results of the visual analysis to evaluate the changes in the surface of the lake.

Keywords: Landsat, change detection, ımage fusion, object based classification, water surface

1.GİRİŞ

Bilgisayar ve uzaktan algılama teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak günümüzde uzaktan algılama verilerine daha kolay ulaşılabilmektedir. Son yıllarda özellikle yeryüzü kaynaklarına ilişkin bilgilere hızlı ve doğru bir şekilde ulaşmak bunun yanı sıra bilgi akışındaki sürekliliği sağlamak amacıyla etkin bir şekilde kullanılan uzaktan algılama arazi kullanım türlerinin belirlenmesinde ve değişimlerin izlenmesinde büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Bu kapsamda çalışma alanının geçmişteki ve günümüzdeki durumu, insan faktörünün etki düzeyi gibi bir çok bilginin elde edilmesi gerekmektedir (Sönmez vd., 2009)

Çok bantlı görüntü ve pankromatik görüntünün füzyonu olarak da ifade edilen görüntü keskinleştirme işleminde düşük çözünürlüklü çok bantlı bir görüntü ile daha yüksek çözünürlüklü pankromatik görüntü füzyon edilerek çok bantlı ve yüksek çözünürlüklü görüntü elde edilir (Sümengen vd., 2012). Sonuçta elde edilen birleştirilmiş görüntü, giriş görüntülerinden daha kaliteli ve daha fazla bilgi içerir (Sahu ve Parsai, 2012). Bu nedenle görüntü füzyonuuzaktan algılamada kritik bir konudur ve son yıllarda sıkça kullanılmaktadır. Görüntü füzyonu ile ilgili

geliştirilmiş pek çok algoritma bulunmaktadır. Bunlar arasında en önemlileri, yoğunluk-doygunluk (IHS), temel bileşen analizi (PCA), brovey dönüşümü (BT), dalgacık dönüşümü (WT) ve gram schmidt yöntemleri olarak ön plana çıkmaktadır.

Görüntü füzyonu sonuçlarının karşılaştırmalı değerlendirilmesi için bazı yöntemler önerilmiş ve geliştirilmiştir. Füzyon kalitesini değerlendiren yöntemler farklı görüntü ve test bölgeleri için analiz edilmiştir. Yapılan bu analiz sonucunda, çoğu durumda test edilen yöntemlerin iyi performans gösterirken, bazı durumlarda görsel analiz sonuçlarıyla tutarsız olabilmektedir (Klonus ve Ehlers, 2009). Görüntü füzyonu yöntemi olarak IHS ve diğerlerine göre avantajları bulunan WT yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak bu iki tekniğin ayrı ayrı kullanılmasında görüntü üzerinde zaman zaman renk bozulmaları olduğu görülmektedir. Özellikle IKONOS ve QuickBird uydu görüntülerinde füzyon sonuçlarının renk bozulmasını azaltmak için IHS ve dalgacık tekniklerinin avantajlarını birleştiren yeni bir füzyon yaklaşımı sonucunda elde edilen analizler ile önerilen IHS ve dalgacık entegrasyonunun daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir (Zhang ve Hong, 2005).

Arazi örtüsü ve arazi kullanımının değişim tespiti ile ortaya konulması çevresel kaynak yönetiminde kullanılan en etkili araçlarda biridir. Bu kapsamda uzaktan algılamada kullanılan sınıflandırma teknikleri ön plana çıkmaktadır. Klasik piksel tabanlı sınıflandırmanın yanı sıra günümüzde objeye dayalı sınıflandırma tekniği olan nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi yüksek çözünürlüklü görüntülerin kullanımında daha etkili sonuçlar vermektedir. Nesne tabanlı sınıflandırmada kullanıcı tanımlı parametre ve kriterler ile gerçekleştirilen segmentasyon işlemi ile çalışma alanında homojen nesneler üretilir (Zhang vd., 2018). Su yüzeyindeki değişiklikleri tespit etmek için, su özellikleri farklı zamanlarda alınan uydu verileri kullanılarak ayrı ayrı çıkarılır. Daha sonra analiz edilerek değişiklikleri tespit etmek için karşılaştırmalar yapılır. Bunun yanı sıra görüntü füzyonu ve görüntü sınıflandırma tekniklerinin entegrasyonu ile su yüzeyindeki değişimin tespiti de yeni bir yaklaşım olarak kullanılmaktadır (Rokni vd., 2015).

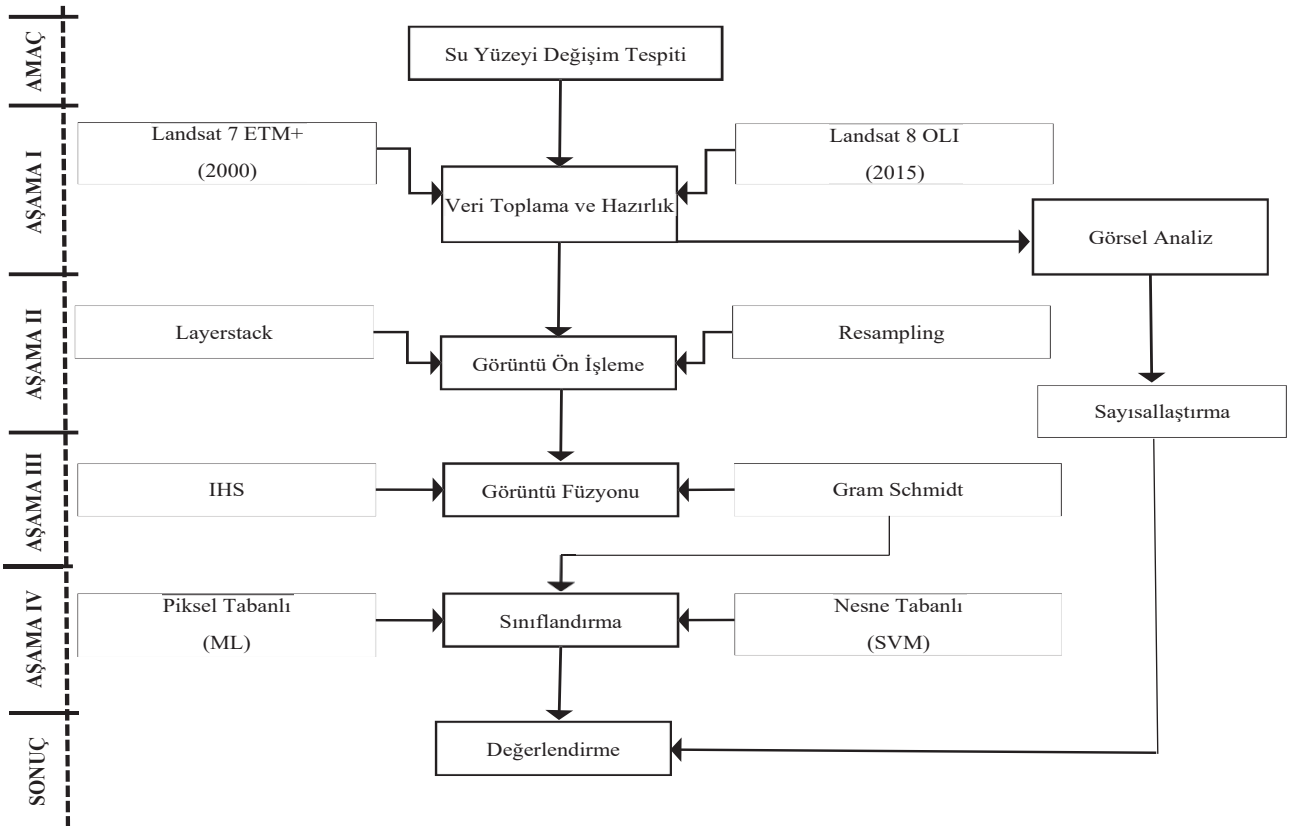
Burdur Gölü'nde gerçekleştirilen bu çalışmada kullanılan temel veriler, farklı tarihlere ait Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 OLI verileridir. Çalışmada Landsat 7 ETM+ uydusunun 15 m mekânsal çözünürlüklü pankromatik-PAN bandı ve Landsat 8 OLI uydusunun 30 m mekânsal çözünürlüklü 4 multispektral bandı-MS (mavi, yeşil, kırmızı ve yakın dalga kızılötesi) kullanılmıştır. Göl yüzeyindeki alansal değişimin tespit edilmesinde hem görüntü füzyon teknikleri hem de farklı sınıflandırma yöntemleri uygulanarak görsel analiz sonuçlarına göre karşılaştırmalı değerlendirmeler yapılmıştır.

2.UYGULAMA

Çalışma alanı Burdur il sınırlarında bulunan Burdur Gölü'dür (Şekil 1). Kapalı bir havzada yer alan gölün akıntısı yoktur. Göl su seviyesinin son yıllardaki aşırı düşüşüne gölü besleyen dere ve çaylar üzerinde yapılan barajlar ve son yıllardaki bölgede yaşanan aşırı kuraklığın neden olduğu sanılmaktadır (Burdur İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 2018). Çalışma 4 temel aşamadan oluşmaktadır ve iş akış şeması Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı.



Şekil 2. İş akışı.

2.1. Veri Toplama ve Hazırlık

Çalışmanın ilk aşamasında alana ait farklı tarihli Landsat 7 ETM+ ve Landsat 8 OLI uydu verileri temin edilmiştir. Landsat 7 ETM+, en hassas şekilde kalibre edilen dünya gözlem uydusudur. Ayrıca 15 m mekânsal çözünürlüğe sahip pankromatik bandı bulunmaktadır (Landsat Science, 2018). Landsat 8 uydusu ise, Dünya'yı her 16 günde bir görüntüler ve uydudaki araçlarla toplanan veriler, 24 saat içinde Earth Explorer, GloVis veya Landsat Look Viewer'dan ücretsiz olarak indirilebilir (USGS, 2018). Landsat 8 uydusu görünür, yakın-infrared, kısa dalga infrared ve termal infrared aralıklarında görüntü almakta olup, spektral aralığa bağlı olarak 15 ile 100 metre arasında bir orta uzamsal çözünürlüğe sahiptir (NİK, 2018). Çalışmanın bu aşamasında görsel analizde kullanılacak olan veri için, alana ait yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü üzerinden sayısallaştırma yapılarak göl sınırları belirlenmiştir. Bu maksatla kullanılan uydu görüntüsü sınıflandırmada kullanılan görüntülerle aynı tarihlidir.

2.2. Görüntü Ön İşleme

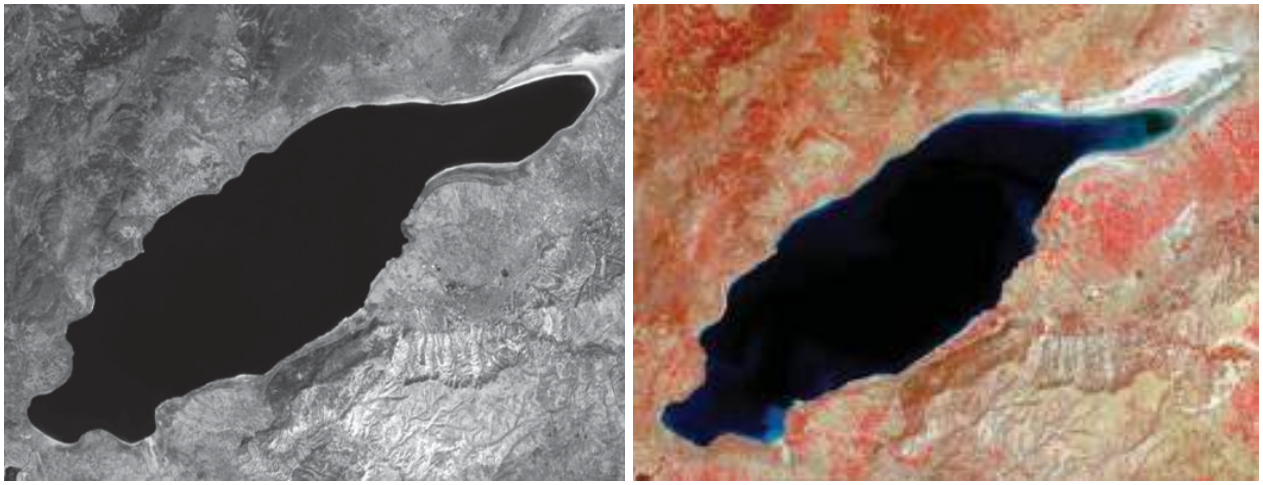
Çalışmanın bu aşamasında ilk olarak Landsat 8 OLI uydu verisinin mavi, yeşil, kırmızı ve yakın dalga kızılötesi bantları (Band 2, Band 3, Band 4, Band 5) layerstack işlemi ile birleştirilmiştir. Diğer görüntü ön işleme adımında ise parlaklık enterpolasyonu adı da verilen yeniden örnekleme (resampling) işlemi gerçekleştirilmiştir. Resampling, dijital bir görüntüyü manipüle etme ve onu başka bir forma dönüştürme tekniğidir (Gurjarand ve Padmanabhan, 2005). Resampling işleminde genel olarak en yakın komşuluk örneklemesi, bilineer enterpolasyon ve kübik enterpolasyon yaklaşımları kullanılmaktadır (Sunar vd., 2013). Bu çalışmada uydu görüntülerine en yakın komşuluk örneklemesi uygulanmıştır.

2.3. Görüntü Füzyonu

Bu çalışmada, aynı veri için farklı bilgiler içeren veri kümelerinin kullanılmasına dayanan ve MS-PAN görüntüler için füzyon yöntemlerinden olan IHS ve Gram Schmidt metotları kullanılmıştır. Her iki metot da görüntü füzyonu işlemlerinde sıkça kullanılmaktadır. IHS dönüşümü metodunda ilk olarak RGB sistemindeki görüntü uygulanan bir dönüşüm aracılığı ile IHS sistemine çevrilir. Daha sonra elde edilen parlaklık değerinin pankromatik görüntü

ile yer değiştirmesi ve ters IHS dönüşümü ile yeni görüntü elde edilir (Kaplan, 2008). Çalışmada kullanılan diğer yöntem olan Gram Schmidt füzyonu, düşük mekansal çözünürlüklü spektral bantlar ile pankromatik bandı simüle eder. Simüle edilmiş pankromatik bant ve çoklu bantlı bantlar için ilk bant olarak kullanılan simüle edilmiş pankromatik bant ile bir Gram Schmidt dönüşümü gerçekleştirilir. Sonra yüksek mekânsal çözünürlüklü pankromatik bant ilk Gram Schmidt bandının yerini alır. Son olarak, pansharpened oluşturmak için bir ters Gram Schmidt dönüşümü uygulanır (Laben vd., 2000).

Landsat 7 ETM+ pankromatik (2000) ve Landsat 8 OLI multispektral (2015) görüntüleri Şekil 3'te ve bu görüntülerin füzyon teknikleri ile birleştirilmesi sonucu ortaya çıkan uygulama sonuçları görüntüleri de Şekil 4'te gösterilmiştir.



a) Landsat 7+ETM 2000 Pan b) ve Landsat 8 OLI çok bantlı görüntüsü

Şekil 3. Orjinal görüntüler.



a) Gram Schmidt b) IHS

Şekil 4. Füzyon görüntüler.

Elde edilen füzyon görüntülerinden, göl yüzeyi suyu değişiminin saptaması Laplacian kenar algılama filtresi kullanılarak değerlendirilmiştir (Şekil 5). Laplacian kenar algılama filtresi sonuçları görüntülerinde, 2000 ve 2015 yıllarında göl kıyılarının sınırları Gram Schmidt füzyon görüntüsünde daha iyi tespit edildiğini göstermektedir. 2000 yılında gölün kıyı şeridi IHS füzyon görüntüsünde çok iyi tespit edilmiş olmasına rağmen, 2015 yılındaki gölün kıyı şeridi bu görüntüde keskin bir şekilde iyi tespit edilememiştir. Ayrıca elde edilen bu füzyon görüntüleri üzerinde görsel yorumlama yapılarak da değerlendirme yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarda, 2000 ve 2015 yıllarında göl kıyılarının tespit edilmesinde Gram Schmidt ile elde edilen füzyon görüntüsünde çok az bozulmalar olduğu ve değişim sınırlarının daha belirgin, IHS füzyon görüntüsünde ise bazı renk bozulmalarının olduğu ve değişim sınırlarının çok belirgin olmadığı görülmüştür. Göl kıyı değişimi tespitinde Gram Schmidt ile elde edilen füzyon görüntüsünün, IHS füzyon görüntüsüne göre daha üstün olduğu ve sonuç olarak göl kıyılarının ayrımlarındaki değişimi daha iyi tespit ettiğini göstermektedir.



Şekil 5. Füzyon görüntülerine uygulanan Laplacian (5x5) filtre görüntüleri Gram Schmidt (sol), IHS (sağ).

2.4. Sınıflandırma

Görüntü füzyonu işlemi sonucu elde edilen 15 m mekânsal çözünürlüklü uydu görüntülerine hem piksel tabanlı sınıflandırma hem de yeni bir yaklaşım olan nesne tabanlı sınıflandırma teknikleri uygulanmıştır. Piksel tabanlı sınıflandırma tekniğinde maksimum olabilirlik (Maksimum Likelihood-ML) sınıflandırma algoritması kullanılmıştır. Uydu görüntülerine uygulanan diğer bir sınıflandırma tekniği olan nesne tabanlı sınıflandırma, piksellerin komşuluk ilişkilerini de dikkate alan bir yöntemdir. Bu yöntemde sınıflandırma birimi piksellerden oluşan nesnelerdir. Nesne tabanlı sınıflandırma aşaması, segmentasyon ve sınıflandırma alt işlem adımlarından oluşmaktadır. Çalışmanın segmentasyon işlem adımında çoklu çözünürlüklü segmentasyon (Multiresolution Segmentation) algoritması kullanılmıştır. Bu kapsamda en uygun ölçek parametresi, şekil ve bütünlük kriterleri uygulanarak segmentasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma alt işlem adımında ise destek vektör makineleri (Support Vector Machine-SVM) sınıflandırma algoritması kullanılmıştır.

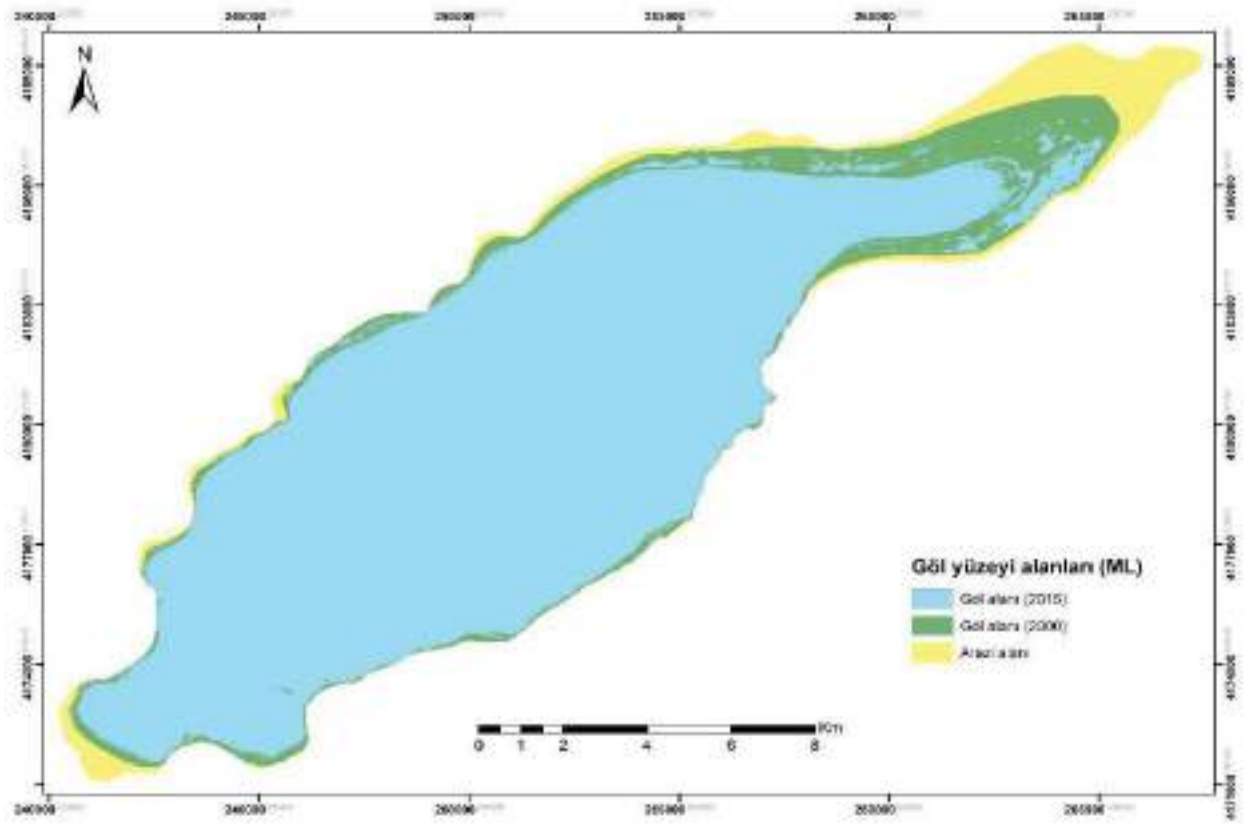
3. SONUÇ

Bu çalışma Burdur Gölü yüzeyindeki değişimin farklı görüntü füzyon teknikleri ve sınıflandırma yöntemleri ile tespit edilmesi amacıyla yapılmıştır. Çalışma sonucunda görsel analiz yöntemiyle tespit edilen göl yüzeyindeki alansal değişim 2038 ha iken, piksel tabanlı sınıflandırma (Gram Schmidt-ML) sonucunda 2113 ha ve nesne tabanlı sınıflandırma (Gram Schmidt-SVM) sonucunda ise 2048 ha olarak belirlenmiştir (Çizelge 1, Şekil 6 ve Şekil 7).

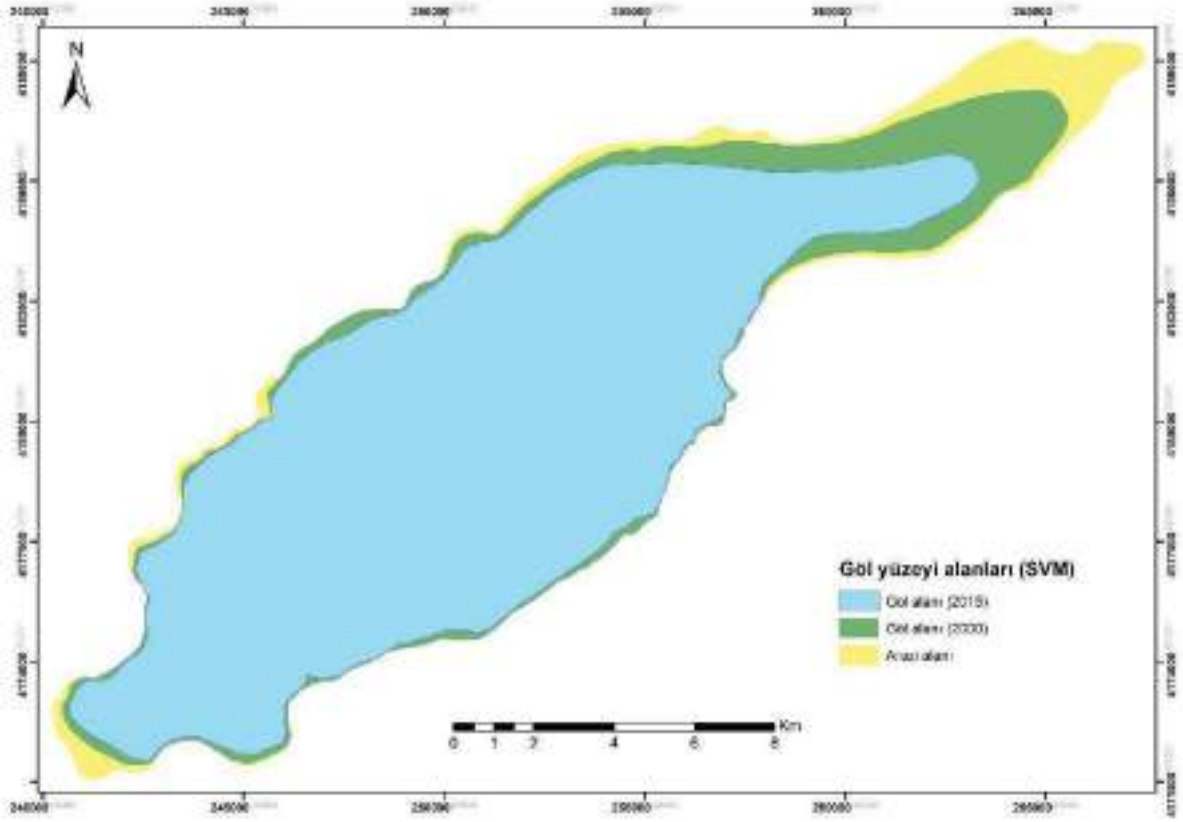
Çizelge 1. Göl yüzeyi alanları (ha).

Yöntem	2000 Yılı	2015 Yılı	Değişim (2000-2015)	Doğruluk (%)
Görsel analiz	15608	13570	2038	**100.00**
Piksel tabanlı sınıflandırma (Gram Schmidt-ML)	15562	13449	2113	**96.50**
Nesne tabanlı sınıflandırma (Gram Schmidt-SVM)	15622	13574	2048	**99.50**

Çizelge 1'den de görüleceği üzere, yapılan yöntemlerden elde edilen bulgularda göl seviyesinde on beş yıllık kısa bir süreç içerisinde ciddi bir azalmanın meydana geldiği belirlenmiştir. Çalışmada temel doğru olarak kabul edilen görsel analize göre her iki yöntemle yapılan analizler birbirine yakın sonuçlar vermekle birlikte, sınıflandırma işlemlerinde nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi ön plana çıkmıştır. Göl seviyesinde tespit edilen bu dramatik durum, 2011 yılında yayımlanan İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planında da (2011) bahsedildiği üzere, Türkiye'de yıllık ortalama sıcaklığın gelecek yıllarda artacağı iç bölgelerde bu sıcaklık artışının 5˚C'yi bulacağı ve Türkiye'nin yakın gelecekte daha sıcak, daha kurak ve yağışlar açısından daha belirsiz bir iklim yapısına sahip olacağını tezini destekler niteliktedir.



Şekil 6. Piksel tabanlı sınıflandırma sonucu.



Şekil 7. Nesne tabanlı sınıflandırma sonucu.

KAYNAKLAR

Burdur İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, 2018. Burdur Gölü, http://www.burdurkulturturizm.gov.tr/TR,154880/burdur-golu.html [Erişim tarihi: 17.05.2018].

Gurjarand, S., B., Padmanabhan, N., 2005. Study of Various Resampling Techniques for High-Resolution. *Remote Sensing Imagery Journal of The Indian Society of Remote Sensing*, Vol. 33, No. 1.

İklim Değişikliği Uusal Eylem Planı, 2011. http://iklim.tarim.gov.tr/dosya/idep.pdf [Erişim tarihi: 18.05.2018].

Kaplan, N.,H., 2008. Kafes Süzgeç Yapıları İle Görüntü Füzyonu.*Yüksek lisans tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. 80 sayfa.

Klonus, S., Ehlers, M., 2009. Performance of Evaluation Methods in Image Fusion, *12th International Conference on Information Fusion Seattle*, WA, USA, July 6-9, 2009.

Laben, C., A., Bernard, V., Brower, W., 2000. Process for Enhancing the Spatial Resolution of Multispectral Imagery Using Pan-Sharpening, US Patent 6,011,875, 2000.

Landsat Science, 2018. Landsat7, https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-7/ [Erişim tarihi: 17.05.2018].

NİK, 2018. Landsat8, http://www.nik.com.tr/content_sistem_uydu.asp?id=49 [Erişim tarihi: 17.05.2018].

Rokni, K., Anuar Ahmada, A., Solaimanib, K., Hazinic, S., 2015. A New Approach for Surface Water Change Detection: Integration of Pixel Level Image Fusion and Image Classification Techniques. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 34 (2015) 226–234.

Sahu, D., K., Parsai, M., P., 2012. Different Image Fusion Techniques –A Critical Review. *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*Vol. 2, Issue. 5, Sep.-Oct. 2012 pp-4298-4301.

Sönmez, N.K., Onur, I., Sari, M., Maktav, D., 2009. Monitoring Changes In Land Cover/Use By Corine Methodology Using Aerial Photographs And Ikonos Satellite Images: A Case Study For Kemer, Antalya, Turkey. *International Journal of Remote Sensing*, vol.7, pp.1771-1778.

Sunar, F., Özkan, C., Osmanoğlu, B., 2013. *Uzaktan Algılama*. 2.baskı. Anadolu Üniversitesi Web-Ofset Tesisleri, Eskişehir. 210 sayfa.

Sümengen, S., Şenaras Ç., Erdem, A., 2012. Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntüleri için Pankromatik Keskinleştirme Yöntemi, https://www.researchgate.net/publication/261037817 [Erişim tarihi: 17.05.2018].

USGS, 2018. Landsat 8, https://landsat.usgs.gov/landsat-8 [Erişim tarihi: 17.05.2018].

Zhang, Y., Hong, G., 2005. An IHS and Wavelet Integrated Approach to Improve Pan-Sharpening Visual Quality of Natural Colour Ikonos And Quickbird Images, *Information Fusion 6* (2005) 225–234.

Zhang, W., Tan, G., Zheng, S., Sun, C., Kong X., Liu, Z., 2018. Land Cover Change Detection in Urban Lake Areas Using Multi-Temporary Very High Spatial Resolution Aerial Images, http://www.mdpi.com/2073-4441/10/2/1/htm [Erişim tarihi: 17.07.2018].

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6678

SENTİNEL-1 VERİLERİ KULLANILARAK SULAK ALANLARIN AYLIK PERİYOTLARLA TAKİP EDİLMESİ

Gordana KAPLAN[1], Uğur AVDAN[2]

[2]Doktora Öğrencisi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı, 26555, Tepebaşı, Eskişehir, kaplangorde@gmail.com
[2]Doç. Dr., Eskişehir Teknik Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı, 26555, Tepebaşı, Eskişehir, uavdan@anadolu.edu.tr

ÖZET

Sulak alanlar, dünyadaki en verimli doğal ekosistemlerden biridir. Bu nedenle sulak alanların izlenmesi ve haritalanması büyük önem taşımaktadır. Sulak alanların takip edilmesinde, uzaktan algılama verileri ve teknikleri başarılı bir araç olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada, sentetik açıklıklı radar ile elden edilen verileri kullanılarak Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi'nde bulunan Balıkdamı sulak alanı aylık periyotlara takip edilmiştir. Bu amaçla, ocak ayından aralık ayına kadar on iki adet Sentinel-1 (C-bandı) görüntüleri indirilip kullanılmıştır. Sentinel-1 verilerini daha iyi anlamak için, çalışma alanından ağustos ayında İnsansız Hava Aracı ile (İHA) veriler toplanmıştır ve bu veriler kullanılarak sulak alanda altı farklı sınıf belirlenmiştir. Noktasal veriler kullanılarak her radar görüntü için geri saçılma değerleri elde edilmiş ve sınıflar birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Sonuçlara göre, Balıkdamı sulak alanında belirlenen sınıfların nisan ayındaki geri saçılım değerlerinin en yüksek olduğu görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: sulak alan, uzaktan algılama, radar, Sentinel-1

ABSTRACT

MONTHLY WETLAND AREA OBSERVATION USING SENTINEL-1 DATA

Wetlands are one of the most productive natural ecosystems in the world, thus wetlands mapping and monitoring it is of great importance. Over the years, both remote sensing data and techniques have proven to be a successful tool for monitoring wetlands. In this study, monthly observation over the Balikdami wetland area in the Central Anatolian Part of Turkey using Synthetic Aperture Radar (SAR) data was made. For this porpoise, twelve Sentinel-1 (C-band) satellite images from January to December were used. For better understating of the SAR data, additional data with Unnamed Arial Vehicle (UAV) were collected and six different sub-classes were determined. Using point data, from every SAR image the backscatter values of each class were obtained and then a comparison between the classes was made. The results showed that the backscatter values of all sub-classes have highest values in April.

Keywords: wetland areas, remote sensing, radar, Sentinel-1

1.GİRİŞ

Karasal ve açık su ekosistemler arasında geçiş olan sulak alanlar (Mitsch ve Gosselink, 2015), hem açık su alanları hem vejetasyon alanlardan oluşmaktadır. Sulak alanlar, yaban hayatı ve bitkiler için yaşam ortamı sağlanması, suyun temizlenmesi, suyun depolanması, sellerin engellenmesi gibi çok önemli fonksiyonlara sahiptir. Sulak alanların karmaşık hidrolojisi; sediment ve besin hareketlerinin kaynağını, miktarını, zamansal ve mekânsal dağılımını kontrol etmekte ve flora/faunanın dağılımını etkilemektedir (Ustin, 2004). Ancak, küresel ısınma, iklim değişikliği ve arazi kullanımının değişimi gibi tehditler, sulak alanların azalmasına neden olmaktadır. Dünya Su Değerlendirme Programına (WWAP) göre, 1900 yıllından beri sulak alanların kaybı % 50'den fazla bir oranda olduğuna dikkat çekmektedir.

Sulak alanların haritalanması ve izlenmesi için son yıllarda, uzaktan algılama teknikleri, başarılı bir araç olarak kullanılmaktadır. Diğer haritalama teknikleri ile kıyaslandığında, uzaktan algılama teknikleri maliyet ve zaman açısından daha çok tercih edilmektedir (Czajkowski vd., 2007). Sulak alanların izlenmesi için hem optik (Baker vd., 2007; Frohn vd., 2009; Jones, 2015; Zhang vd., 2009) hem radar (Zhang vd., 2016) algılayıcılar kullanılabilmektedir. Sentinel-1, Avrupa Uzay Ajansı tarafından Copernicus Programı kapsamında oluşturan uydu misyonudur. Bu misyon, C-bandını taşıyan Sentinel-1A ve Sentinel-1B uydularından oluşmaktadır. Sentinel-1 C-bandı (~ 5.7 cm dalga boyu) sentetik açıklıklı radar cihazı taşımakta ve tüm hava şartlarında, gündüz ve gece veri toplayabilmektedir. Uyduların taşıyan radar cihazı hem tek (HH veya VV) hem çift (HH + VH veya VV+ VH) polarizasyona sahiptir. Son yıllarda sulak alanların izlenmesinde C-bandının kullanımı artmaktadır. L-bandı verilerinin, sulak alanların izlenmesi için en uygun band olmasına rağmen, bitki örtüsü ve su seviyesinin büyüme aşamasına bağlı olarak, C-bandı verileri kullanılarak da iyi sonuçlar elde edilebilmektedir (Zhang vd., 2016).

Bu çalışmanın amacı, radar verileri kullanılarak, sulak alanların aylık periyotlarla takip edilmesidir. Çalışma kapsamında Avrupa Uzay Ajansının internet sitesinden ücretsiz olarak indirilen on iki tane Sentinel-1 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Ayrıca, İnsansız Hava Aracı (İHA) ile toplanan veriler alanı daha iyi anlayabilmek için kullanılmıştır.

Çalışma alanı olarak, Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi'nde bulunan Balıkdamı sulak alanı seçilmiştir. Balıkdamı, kuşlar için barınma ve üreme alanı teşkil etmektedir ve dünyada çok az örneğine rastlanan çok özel bir ekosistemdir.

2. VERİLER VE YÖNTEM

2.1 Çalışma alanı ve metot

Balıkdamı, Sakarya nehri yatağı boyunca oluşan sulak alanlardan biridir. Sakarya nehri, 824 km uzunluğunda Türkiye'nin üçüncü en uzun nehridir. Türkiye'nin Orta Anadolu Bölgesi'nde bulunan Balıkdamı, zengin flora ve fauna ve 256'dan fazla kuş türü içeren eşsiz bir sulak alandır. Bu alan Türkiye'nin birkaç sulak alanından biridir ve kuzey ile güney ülkeleri arasında mevsimsel olarak göç eden kuşların en önemli konaklama noktalarından biridir. Balıkdamı'ndaki sazlık alanlar birçok kuş için barınak ve üreme alanı olarak kullanılmaktadır. Orta Anadolu Bölgesi, sert bir kıştan sonra oluşmaya başlayan doğal bitki örtüsüne sahiptir ve bu örtü yaz mevsiminde yağmurun yağmaması nedeniyle kurumaya başlar. Bu çalışmanın amacı, Sentinel-1 verileri kullanılarak, Balıkdamı sulak alanını aylık periyotlarla takip edilmesidir.



Şekil 1. Balıkdamı sulak alanı.

Çalışmada on iki tane Sentinel-1 uydu görüntüleri ve İHA ile toplanan veriler kullanılmıştır. Sentinel-1 verilerinin tarihleri Çizelge 1'de gösterilmiştir. Sentinel-1 verilerini daha iyi anlamak için, çalışma alanından Ağustos ayında İHA ile veriler toplanmıştır. Balıkdamı sulak alanının yapısı karmaşık ve birkaç farklı sulak alan sınıfını bir arada içermektedir. İHA verileri Balıkdamı'nda bulunan sınıfları birbirinden ayırabilmek için kullanılmıştır ve böylece sulak alanın içerisinde altı farklı sınıf belirlenmiştir. İHA verileri üzerinde her sınıf için rastgele noktalar oluşturulmuş ve Sentinel-1 uydu görüntülerinde bu noktalardaki her ayın geri saçılma (backscatter) değerleri alınmıştır.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan Sentinel 1 görüntüleri.

Gün	Ay	Yıl
28	01	2018
21	2	2018
28	3	2017
27	4	2017
15	5	2017
2	6	2017
2	7	2017
13	8	2017
6	9	2017
12	10	2017
5	11	2017
11	12	2017

2.2 İHA verilerinin toplanması

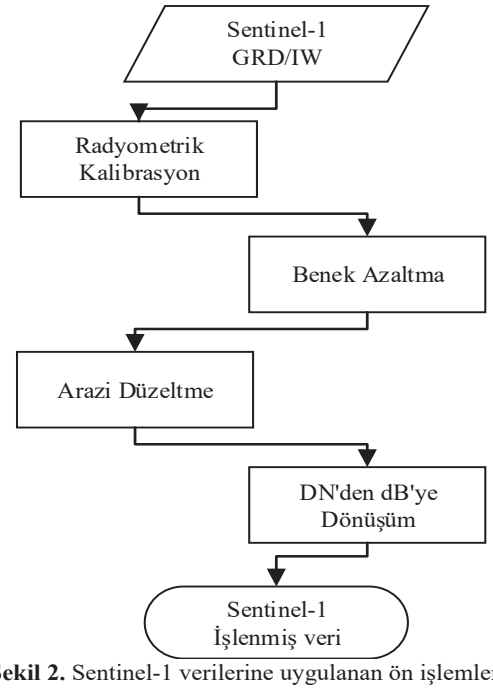
Bu çalışmada, Balıkdamı sulak alanı üzerinde yüksek çözünürlük veri toplamak için İHA kullanılmıştır. Uçuş, Balıkdamı üzerinden 10 Ağustos 2017 tarihinde gerçekleştirilmiştir. İHA verilerini elde etmek için takip edilen adımlar şunlardır: (i) Uçuş Planlama; (ii) Hava görüntülerinin alınması; (iii) Veri işleme ve (iv) Sonuçlar. İHA ve kullanılan kameranın özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. İHA özellikleri.

Kamera	S.O.D.A.
Çözünürlük	7.00 cm/px
Yanal örtüşme	%70
Boyuna örtüşme	%65
Alan	850.5 ha/461.5 ha
Yükseklik	297.6 m
Uçuş çizgileri aralığı	115 m
Fotoğraflar arasındaki mesafe	89 m
Görüntü kapsamı	383x255 m

2.3 Sentinel-1 ön işleme

Radar görüntülerine, her sınıfa ait rastgele atılan noktaların geri saçılma şiddeti (sigmanought) değerinin alınması, görüntüdeki farklı gürültülerden dolayı sakıncalıdır. Bundan dolayı, indirilen verilere analizleri yapmadan önce bir takım ön işlemler yapılmalıdır. Ayrıca uydu görüntülerinde, genellikle birtakım çevre koşulları ve sistem faktörleri nedeniyle etkilenip görüntünün hem parlaklığında hem de geometrisinde sapmalara sebep olabilmektedir (Richards, 2009). Uydudan elde edilen veriler herhangi bir analizde kullanmadan önce radyometrik ve geometrik sapmalardan arındırılmalı veya en aza indirilmelidir. Bu çalışmada, Sentinel-1 verilerinin ön işlemleri için SNAP yazılımı kullanılmıştır. Ön işlemler sırasında takip edilen adımlar Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Sentinel-1 verilerine uygulanan ön işlemleri.

Çalışmanın amacını gerçekleştirmek için on iki adet *Ground Range Detected (GRD) Interferometric Wide (IW) swath* görüntüleri, Avrupa Uzay Ajansının internet sitesinden indirilmiştir. Daha sonra, Şekil 2'de gösterilen adımlar uygulanmıştır. Radyometrik kalibrasyon uygulanan radar görüntüsünde, bir pikselin değeri, yansıyan yüzeyinin radar geri saçılma değerini temsil etmektedir. Radar görüntülerinin, optik algılayıcı ile kıyaslandığında en önemli farkı,

radyometrik kalitesinin düşük olmasıdır (Richards, 2009). Radar görüntüleri üzerinde farklı ve rastgele sebeplerle oluşan ve benek (tuz ve biber etkisi) ismi verilen gürültüler meydana gelmektedir. Benek, radar verisindeki en büyük gürültülerden biri olduğundan dolayı, herhangi bir analiz yapmadan önce azaltılmalıdır. Bu çalışmada kullanılan Sentinel-1 verileri, 5x5 pencere boyulu, Lee Sigma filtresi kullanılmıştır. Radar görüntüsü, 30 metre çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli (DEM) kullanılarak, geometrik bozulmaları düzeltilmiştir. Bu düzeltme ile radar görüntülerinde meydana gelen, yakın-alan-kısalması (foreshortening), yana yatma (overlay) ve gölge (shadowing) gibi geometri etkileri düzeltilmektedir. Aşağıda verilen denklem ile radar görüntünün sayısal değerleri ($\beta°$) desibel ($\beta°_{db}$) ölçeğinde geri saçılma değerlerine dönüştürülmüştür.

$$\beta°_{db} = 10 * \log_{10}(\beta°) \qquad (1)$$

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada Sentinel-1 verileri kullanılarak Balıkdamı sulak alanı aylık periyotlarla takip edilmiştir. Bu amaçla on iki adet uydu görüntü indirilmiştir. Balıkdamı'nın karışık yapısından dolayı, İHA ile bitkilerin yeşil olduğu bir dönemde uçuş gerçekleştirilmiştir. İHA ile toplanan veriler, Balıkdamı'da bulunan sınıfları ayırmak için kullanılmıştır.

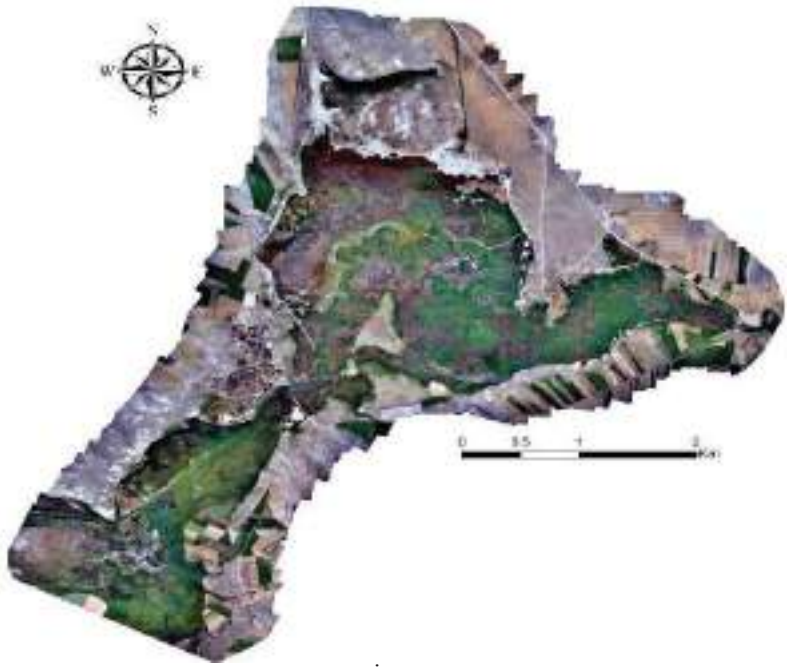
3.1 İHA sonuçları

Balıkdamı'dan veriler toplamak için toplam 6 uçuş yapılmıştır. Uçuşların özellikleri ve yapılan işlemlerden sonra elde edilen görüntülerin özelikleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Uçuş özellikleri.

	Uçuş 1	**Uçuş 2**	**Uçuş 3**	**Uçuş 4**	**Uçuş 5**	**Uçuş 6**	**Uçuş 1-6**
Çözünürlük	7.37 cm	7.32 cm	7.35 cm	7.45 cm	7.59 cm	7.72 cm	**7.37 cm**
Alan	460.8 ha	549.7 ha	547.9 ha	574.0 ha	167.4 ha	162.2 ha	**1891.8 ha**
Görüntüler	393	425	451	486	113	81	**1949**

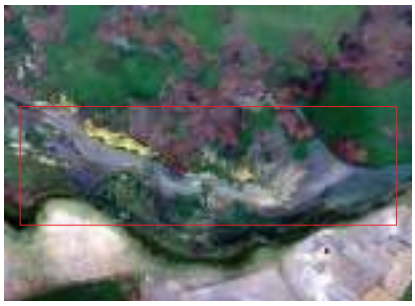
İHA verilerden elde edilen otrofoto görüntüler, Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Balıkdamı çalışma alanının İHA'dan elde edilen ortofoto görüntüsü.

İHA ile elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntüler kullanarak, çalışma alanında altı farklı sulak alan sınıfları ayırt edilmiştir. Sınıfların özellikleri Çizelge 4'te verilmiştir. Her sınıf hakkında detaylı bilgi toplamak için her sınıfa ait rastgele nokta atılmıştır ve her aya ait Sentinel-1 uydu görüntülerden değerler elde edilmiştir.

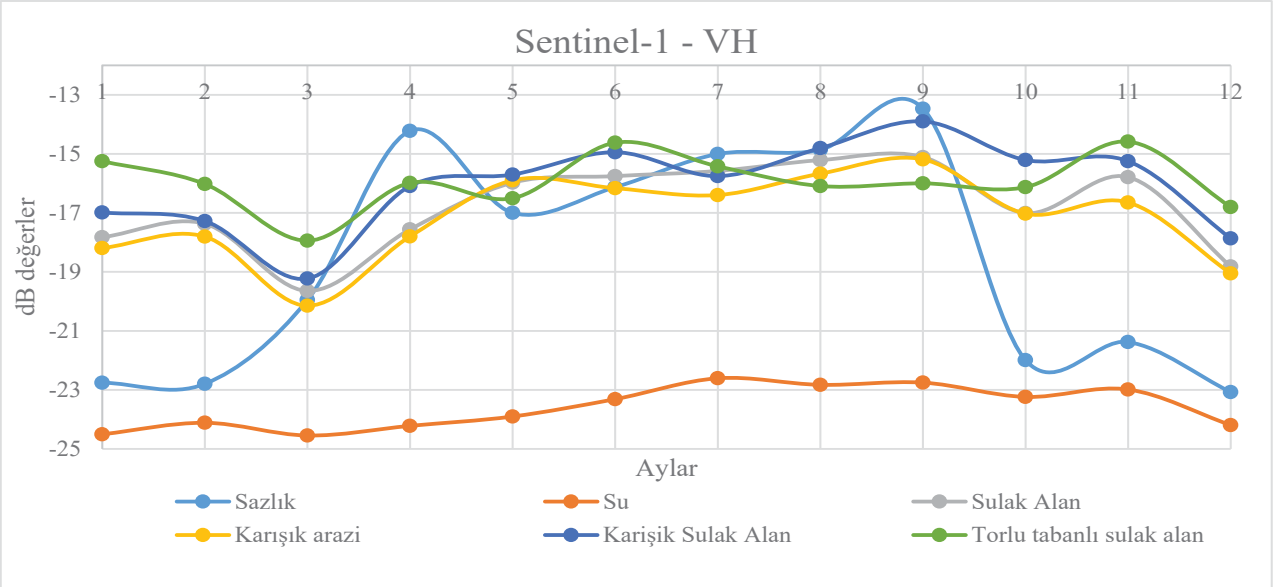
Çizelge 4. Balıkdamı alanında bulunan sınıflar.

Sazlık	Su	Sulak alanlar
		
Karışık arazi	**Karışık sulak alan**	**Tor tabanlı sulak alan**
		

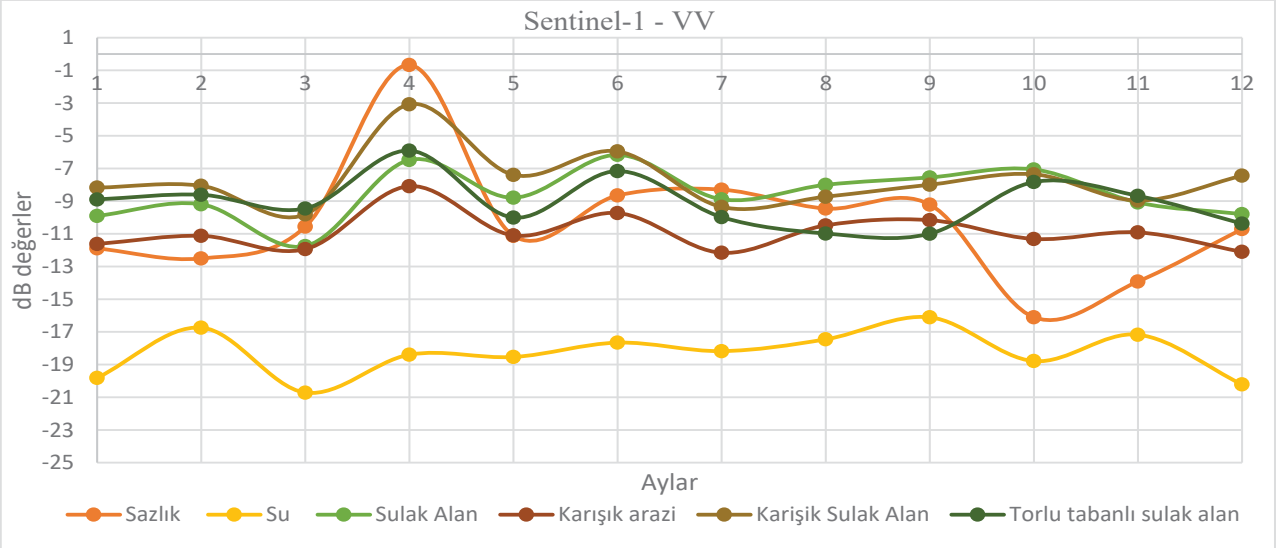
3.2 Sentinel-1 sonuçları

Şekil 4 ve Şekil 5'te önceden belirlenen altı sınıfa ait hem VH hem VV Sentinel-1geri saçılım ortalama değerleri gösterilmektedir. Çalışma sonuçlarına göre, Balıkdamı sulak alanının izlenmesi için üç farklı tarihin önemli olduğu görülmüştür. Bunlar nisan, ağustos ve ekim aylarıdır. Nisan ayı bitkilerin yeşillendiği ve su seviyesinin yüksek olduğu bir dönem, ağustos ayı bitkilerin tamamen büyüdüğü ve suların azaldığı dönem ve ekim ayı ise bitkilerin kurumaya başladığı ve su miktarının tekrar artmaya başladığı bir dönemidir.

Su sınıfının geri saçılma değerleri, beklendiği gibi aylar boyunca fazla değişmezken, diğer sınıf değerleri bitki örtüsü büyümesine bağlı olarak değişmektedir. Sazlık sınıfının değerleri mart ayında yükselmeye başlarken ekim ayında büyük ölçüde düşmektedir. Mart ayı bitkilerin yeşillenme dönemi iken, ekim ayı yaprakların dökülme zamanıdır. Diğer sınıf değerleri birbirine benzerlik göstermektedir. Elde edilen sonuçlar sulak alanların yönetimi açısında oldukça önemlidir. Daha verimli sonuçlar elde etmek için araziden daha detaylı veriler toplanmalıdır.



Şekil 4. Sentinel-1 VH değerleri.



Şekil 5. Sentinel-1 VV değerleri.

4. TEŞEKKÜR

Bu çalışma Eskişehir Teknik Üniversitesi 1705F121 numaralı Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Baker, C., Lawrence, R.L., Montagne, C. ve Patten, D., 2007. Change detection of wetland ecosystems using Landsat imagery and change vector analysis. *Wetlands*, 27(3): 610-619.

Czajkowski, K., Torbick, N. ve Lawrence, P., 2007. Application And Assessment Of A Giscience Model For Jurisdictional Wetlands Identification In Northwestern Ohio. *Wetland and Water Resource Modeling and Assessment: A Watershed Perspective*, CRC Press. syf: 2-12.

Frohn, R.C., Reif, M., Lane, C. ve Autrey, B., 2009. Satellite remote sensing of isolated wetlands using object-oriented classification of Landsat-7 data. *Wetlands*, 29(3): 931-941.

Jones, J.W., 2015. Efficient wetland surface water detection and monitoring via landsat: Comparison with in situ data from the everglades depth estimation network. *Remote Sensing*, 7(9): 12503-12538.

Mitsch, W.J. ve Gosselink, J.G., 2015. Wetlands. *Wetlands*: 155-204.

Richards, J.A., 2009. *Remote sensing with imaging radar*. Springer.

Ustin, S., 2004. *Manual of remote sensing: Remote sensing for natural resource management and environmental monitoring*. Wiley Hoboken, NJ.

Zhang, M., Li, Z., Tian, B., Zhou, J. ve Tang, P., 2016. The backscattering characteristics of wetland vegetation and water-level changes detection using multi-mode SAR: A case study. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 45: 1-13.

Zhang, S., Na, X., Kong, B., Wang, Z., Jiang, H., Yu, H., Zhao, Z., Li, X., Liu, C. ve Dale, P., 2009. Identifying wetland change in China's Sanjiang Plain using remote sensing. *Wetlands*, 29(1): 302-313.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6905

GECE VE GÜNDÜZ YER YÜZEY SICAKLIĞI GÖRÜNTÜLERİ İLE YÜZEY ISI ADASI ANALİZİ

Aliihsan ŞEKERTEKİN[1], Sevim Yasemin ÇİÇEKLİ[2], Niyazi ARSLAN[3]

[1]Arş. Gör. Dr., Çukurova Üniversitesi, Ceyhan Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 01950, Ceyhan/ADANA, asekertekin@cu.edu.tr
[2]Arş. Gör., Çukurova Üniversitesi, Ceyhan Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 01950, Ceyhan/ADANA, yoturanc@cu.edu.tr
[3]Doç. Dr., Çukurova Üniversitesi, Ceyhan Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 01950, Ceyhan/ADANA, narslan@cu.edu.tr

ÖZET

Günümüzde yerel iklim değişiklikleri etkisinin giderek artış göstermesi nedeniyle iklim parametrelerinden biri olan yüzey sıcaklıklarının izlenmesi önemli olup termal uzaktan algılama yöntemleriyle izlenebilmektedir. Uzaktan algılama teknikleri ile elde edilen termal görüntülerin belli algoritmalar yardımıyla işlenmesiyle Yer Yüzey Sıcaklığı (YYS) görüntüleri elde edilebilmektedir. Bu çalışmanın amacı, Terra uydusu üzerinde yer alan ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) algılayıcısına ait veriler kullanılarak gece ve gündüz YYS görüntülerinin çıkarılması ve YYS verileri ile Yüzey Isı Adası (YIA) analizlerinin gerçekleştirilmesidir. ASTER algılayıcısına ait 03/07/2013 tarihinde alınan görüntülerden gece görüntüsü Türkiye saati ile 22.36'da gündüz görüntüsü ise 11.33'te alınmıştır. Çalışmada, ASTER verileri mono-window algoritması ile işlenerek YYS görüntüleri üretilmiştir. Çalışma alanı olarak Adana ilinin merkez ilçeleri dışında en fazla nüfusa sahip olan Ceyhan ilçesi seçilmiştir. Çalışma sonucunda üretilen YYS görüntüleri üzerinde YIA analizi gerçekleştirmek amacıyla farklı Arazi Kullanımı Arazi Örtüsü (AKAÖ) türlerinin gece ve gündüz sahip olduğu YYS değerleri analiz edilmiştir. YYS görüntüleri MODIS YYS ürünleri ile çapraz doğrulama yöntemi ile doğruluk analizine tabi tutulmuştur. Yapılan analizler ile gündüz en yüksek YYS değerinin nadasa bırakılan toprakta elde edildiği gözlemlenirken gece ise kentsel alanlardaki YYS değerinin en yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışa sonucunda, ASTER'in gece ve gündüz verileri sağlaması ile YIA analizinin etkili bir şekilde yapılabildiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: yer yüzey sıcaklığı, yüzey ısı adası, kentsel ısı adası, ASTER, Ceyhan

ABSTRACT

SURFACE HEAT ISLAND ANALYSIS USING DAY-TIME AND NIGHT-TIME LAND SURFACE TEMPERATURE IMAGES

As the effect of local climate change has been increasing nowadays, monitoring of surface temperatures, one of the climate parameters, is important and can be monitored by thermal remote sensing methods. Land Surface temperature (LST) images can be obtained by processing the thermal images obtained by remote sensing techniques with the aid of certain algorithms. The purpose of this study is to extract night-time and day-time LST images using the data of the ASTER sensor located on the Terra satellite and to perform Surface Heat Island (YIA) analyzes on the basis of LST. Day-time and night-time images of ASTER sensor were acquired on 03.07.2013 with acquisition hour 11:33 and 22:36 respectively. In the study, ASTER data was processed by mono-window algorithm, and thus LST images were produced. Ceyhan, having largest population except for central districts of Adana province, was selected as the study area. As a result of the study, day-time and night-time LST values of different land use land cover types (LULC) were analyzed in order to perform SHI analysis. LST images were subjected to accuracy analysis by cross validation method with MODIS LST products. It was observed that the highest LST value in the day-time was obtained from the fallow land, whereas in the night-time, YYS value in the urban areas was found to be the highest. As a result of the study, it was observed that ASTER could perform the SHI analysis efficiently with the day and night-time data.

Keywords: land surface temperature, surface heat island, urban heat island, ASTER, Ceyhan

1. GİRİŞ

Termal uzaktan algılama, elektromanyetik spektrumun kızılötesi bölgesini esas alır ve cisimden yayılan termal enerjiyi ölçer. Cisimden doğal olarak yayılan enerjiyi algıladığı için bir tür pasif uzaktan algılama sistemidir. Yer Yüzey Sıcaklığı (YYS), termal uzaktan algılamanın önemli başlıklarından biri olmakla birlikte son yıllarda yerel ve küresel iklim değişikliği çalışmalarında sıkça kullanılan bir kavramdır. Kentsel Isı Adası (KIA) etkisi, kentsel alanlardaki sıcaklıkların çevresindeki kırsal alanlara nazaran daha yüksek seviyelerde olmasıdır. Yüzey Isı Adası (YIA), uzaktan algılama ile elde edilen verilerden üretilen bir KIA türüdür ve YYS görüntüleri YIA kavramını temsil etmektedir. Klok vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada, Rotterdam (Hollanda) şehrinin YIA'nı konumsal olarak belirlemek için Landsat verileri kullanılmış ve gündüz YIA yoğunluğunun 10 ^{o}C'ye kadar yükseldiği görülmüştür. Peng vd. (2012) yaptıkları çalışmada, gündüz ve gece zamanı için sezonsal YIA yoğunluğunu MODIS YYS verileri ile analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda bitki örtüsünün YIA etkisini azaltmak için önemli bir faktör olduğu vurgulanmıştır. Martin vd. (2015) yaptıkları çalışmada, Landsat verilerinden elde edilen YYS verileri bir zaman serisi analizi gerçekleştirmiş ve YIA analizinden kırsal alanların karşılaştırmasını çıkararak yeni bir YIA

tanımı ortaya koymuştur. Şekertekin vd. (2016) yaptıkları çalışmada, Landsat verileri ile endüstriyel alanlardaki YIA etkisini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda endüstriyel alanlardaki konumsal ve zamansal analizler, bu alanların çevrelerine nazaran daha yüksek YYS değerlerine sahip olduğunu göstermiştir.

Farklı veri kaynaklarına göre YYS elde etme yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler arasında en çok kullanılan algoritmalar; split-window yöntemi (Sobrino vd., 1996), sıcaklık/yayınırlık ayırma (temperature/emissivity separation) yöntemi (Gillespie vd., 1998), mono-window algoritması (Qin vd., 2001) ve single channel yöntemidir (Jimenez-Munoz ve Sobrino, 2003). Bu çalışmada, orijinalinde Landsat verisi için üretilen mono-window algoritması ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) termal verisine uyarlanarak kullanılmıştır. Çalışmanın amacı, Terra uydusu üzerinde bulunan ASTER algılayıcısına ait veriler kullanılarak mono-window algoritması ile gece ve gündüz YYS görüntülerinin çıkarılması ve YYS sonuçları ışığında YIA etkisinin analiz edilmesidir.

2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı olarak fakültemizin içinde bulunduğu Adana ilinin Ceyhan ilçesi ele alınmıştır. Merkez ilçelerin dışında Adana'nın en büyük ilçesi olan Ceyhan, Toros dağlarından denize doğru uzanan Yukarı Çukurova bölümünün ortasında, Ceyhan Nehri'nin doğu sahilinde kurulmuştur (Şekil 1). Güneyde Yumurtalık, kuzeyde Kozan, kuzeybatısında İmamoğlu, kuzeydoğusunda Kadirli, doğuda Osmaniye, Hatay ilinin Erzin ilçesi ve batıda Yüreğir ile komşudur. Bölgede tarımcılık başlıca geçim kaynağıdır ve tarım alanları ile kentsel ve kırsal alanlar birbiri ile iç içedir.



Şekil 1. Çalışma alanının genel görünümü.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada, Adana ilinin merkez ilçeleri dışındaki en fazla nüfusa sahip ilçesi olan Ceyhan'a ait ASTER görüntüleri Amerikan Jeoloji Birliğinin (USGS) sitesinden ücretsiz olarak temin edilmiştir. ASTER görüntüleri gece ve gündüz zamanları için aynı tarih olan 03/07/2013 tarihinde alınmış olmakla birlikte gündüz görüntüsü saat 11.33'te, gece görüntüsü ise 22.36'da sensör tarafından kaydedilmiştir.

Qin vd. (2001) tarafından yapılan çalışmada, Landsat TM görüntülerinden mono-window algoritması ile YYS görüntüleri elde edilmiştir. ASTER algılayıcısı beş adet termal banda sahip olmakla birlikte dalga boyu Landsat TM'den elde edilen termal banda en yakın olan 14. Banttır ve çalışmada bu band kullanılmıştır. Mono-window algoritması için üç ana parametre gerekmektedir. Bunlar; yayınırlık, atmosferik geçirgenlik ve ortalama atmosferik sıcaklıktır. Bu verilerin algoritma denklemleri yardımıyla elde edilebilmesi için meteoroloji genel müdürlüğünden bu görüntülere ait tarihlerdeki sıcaklık ve nem verileri de alınmıştır. Mono-window algoritmasının temel adımlar ve detayları aşağıdaki gibi sıralanabilir. Adımların uygulandığı bantlar parantez içinde gösterilmiştir.

- **Parlaklık değerlerinin spektral radyans değerlerine dönüştürülmesi (Red: R, Near Infrared: NIR, Termal: TIR)**

Bu dönüşüm için (1) nolu denklem kullanılmaktadır.

$$L_{\lambda i} = (DN_i - 1) \times UCC_i \quad (1)$$

$L_{\lambda i}$ ilgili banda ait spektral radyans değerini $W/(m^2*sr*\mu m)$, DN_i ilgili bandın piksel değerlerini, UCC_i ASTER kullanım kılavuzundan alınan Birim Dönüşüm Katsayısını temsil etmektedir.

- **Spektral radyans değerlerinin yansıtım değerlerine dönüştürülmesi (R, NIR)**

Bu dönüşüm R ve NIR bandlara (2) no'lu denklem kullanılarak uygulanmaktadır.

$$\rho_p = \frac{\pi \cdot L_{\lambda i} \cdot d^2}{ESUN_\lambda \cdot \cos\theta_s} \quad (2)$$

ρ_p birimsiz spektral yansıtım değerini, $L_{\lambda i}$ spektral radyans değerini, d astronomik birimdeki Dünya-Güneş mesafesinin, $ESUN_\lambda$ solar irradyans değerini ve θ_s güneş zenit açısını temsil etmektedir.

- **Radyans değerlerinin parlaklık sıcaklığı değerlerine dönüştürülmesi (TIR)**

Bu dönüşüm (3) no'lu denklem kullanılarak yalnızca termal banda uygulanmaktadır.

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad (3)$$

T Kelvin cinsinden parlaklık sıcaklığını, K_1 1 nolu kalibrasyon sabitini, K_2 2 nolu kalibrasyon sabitini, L_λ spektral radyans değerini temsil etmektedir. Band 14 için K_1: 641.3265 ($Wm^{-2}\mu m^{-1}$), K_2: 1271.2217 (K)'dir.

- **Yer yüzey yayınırlık (ε_i) hesabı (Normalize Fark Bitki Örtüsü: NDVI tabanlı)**

Yayınırlık hesabı için pratik bir yöntem olan NDVI tabanlı bir yaklaşım ele alınmıştır. Sobrino vd. (2008) ASTER TIR verisinden NDVI tabanlı olarak yayınırlık hesaplanması için pratik denklemler üretmişlerdir. (4) no'lu denklem ile elde edilen NDVI verisi kullanılarak (5) no'lu denklem yardımıyla bitki örtüsü oranı (P_v) hesaplanır.

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (4)$$

$$P_V = \left[\frac{(NDVI) - (NDVI)_{min}}{(NDVI)_{max} - (NDVI)_{min}}\right]^2 \quad (5)$$

$(NDVI)_{max}$ ve $(NDVI)_{min}$ histogram üzerinden elde edilebileceği gibi küresel durumlarda sırasıyla 0.5 ve 0.2 olarak kabul edilmektedir. (Sobrino vd., 2008). ASTER'in 14 no'lu TIR bandı esas alındığında (6) no'lu denklem ile yayınırlık hesabı yapılabilmektedir (Sobrino vd., 2008).

$$\varepsilon_{14} = 0.970 + 0.020 P_v \quad (6)$$

- **Atmosferik geçirgenlik hesabı (τ_i)**

Çalışma alanına ait atmosferik geçirgenlik hesabı su buharı içeriği (w_i) kullanılarak Çizelge 1'deki denklemler yardımıyla hesaplanabilir (Wang vd., 2015). Su buharı içeriği, meteoroloji istasyonlarından elde edilebilirliğinin yanı sıra hava sıcaklığı ve nispi nem verileri ile de hesaplanabilmektedir (Sekertekin vd., 2016).

Çizelge 1. Çalışma alanı için atmosferik geçirgenlik hesabı.

Atmosfer	Su Buharı (w_i)(g/cm^2)	Geçirgenlik Tahmin Denklemi (τ_i)	R^2
Orta-meridyen Yaz	0.2 – 1.6	$0.9184 - 0.0725 \times w_i$	0.983
	1.6 – 4.4	$1.0163 - 0.1330 \times w_i$	0.999
	4.4 – 5.4	$0.7029 - 0.0620 \times w_i$	0.966

➢ **Ortalama atmosferik sıcaklık (T_a) hesabı**

Qin vd. (2001) yakın yüzey sıcaklığı (T_o) değerleri ile farklı bölgelerdeki ortalama atmosferik sıcaklığı tahmin edebilmek amacı ile doğrusal dönüşüm denklemleri üretmişlerdir (**Çizelge 2**).

Çizelge 2. Estimation of mean atmospheric temperature.

Bölge	Ortalama atmosferik sıcaklık (T_a) Kelvin
USA 1976	T_a= 25.9396 + 0.88045 x T_o
Tropikal	T_a= 17.9769 + 0.91715 x T_o
Orta-meridyen Yaz	T_a= 16.0110 + 0.92621 x T_o
Orta-meridyen Kış	T_a= 19.2704 + 0.91118 x T_o

➢ **Mono-window algoritması ile YYS hesabı**

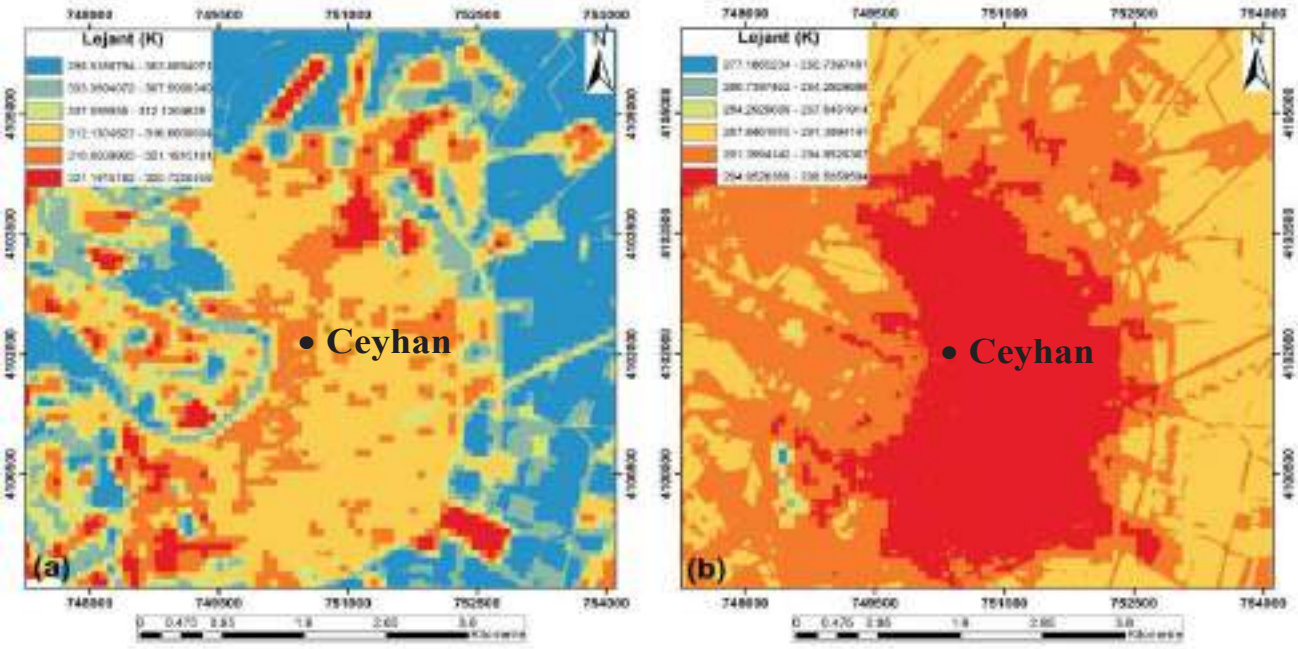
Yukarıda detayları verilen tüm parametreler elde edildikten sonra (7) no'lu eşitlikte verilen mono-window denklemi ile YYS değerleri elde edilmektedir.

$$T_s=\{a\cdot(1-C-D)+[b\cdot(1-C-D)+C+D]\cdot T_i-D\cdot T_a\}\div C \quad (7)$$

T_s Kelvin cinsinden YYS değerini, T_i Kelvin cinsinden parlaklık sıcaklığı değerini, T_a ortalama atmosferik sıcaklığı, τi atmosferik geçirgenlik değerini, ε_i yüzey yayınırlığını, a ve b algoritma sabitlerini, C ve D yayınırlık ve atmosferik geçirgenlik kullanılarak hesaplanan algoritma parametrelerini ifade etmektedir.

4. UYGULAMA

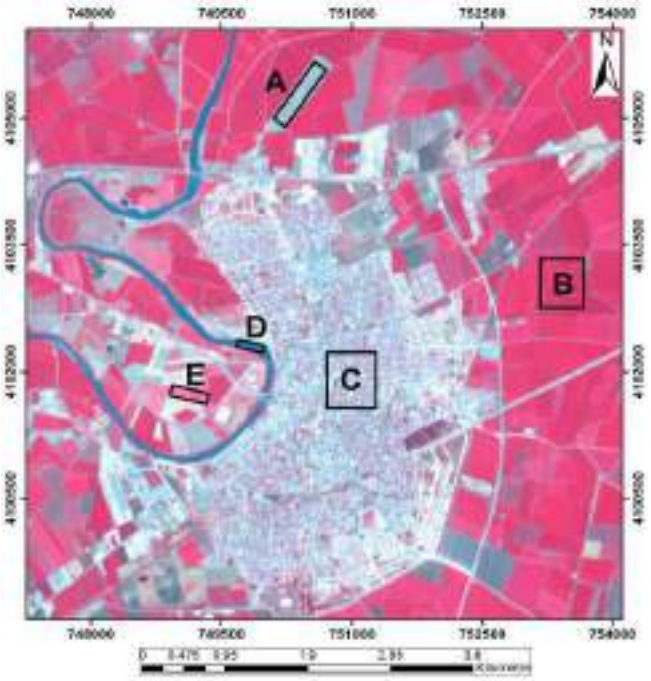
Mono-window algoritması ile elde edilen YYS görüntüleri esasında YIA'nı temsil eden bir parametredir. Gece ve gündüz verileri için üretilen YYS görüntüleri Kelvin biriminde Şekil 2'de gösterilmiştir. Elde edilen YYS görüntüleri, aynı tarihlerde alınan gündüz ve gece MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) verileri ile çapraz doğrulama yöntemi ile doğruluk analizine tabi tutulmuştur. Gündüz görüntüsü içine yapılan değerlendirmede, korelasyon katsayısı (R^2) %90 ve Karesel Ortalama Hata (KOH) 2.05 Kelvin olarak hesaplanırken gece görüntüsü için R^2 % 88 ve KOH 2.25 Kelvin olarak belirlenmiştir.



(a) Gündüz (b) Gece

Şekil 2. ASTER verileri ile üretilen çalışma alanına ait YYS görüntüleri.

Şekil 2'den anlaşılacağı üzere Ceyhan şehir merkezinin YYS değerlerinin, hem gündüz hem de gece görüntüsünde yüksek değerlerde olduğu gözlemlenmektedir. YYS görüntüleri üzerinden YIA etkisinin analizi için beş farklı AKAÖ seçilmiş ve bu alanlar arazi çalışması yapılarak teyit edilmiştir. Şekil 3'de seçilen beş kategoride; A nadasa bırakılan toprağı, B bitki örtüsü yoğun olan tarlayı, C kentsel alanı, D su yapısını, E bitki örtüsü seyrek tarlayı temsil etmektedir.

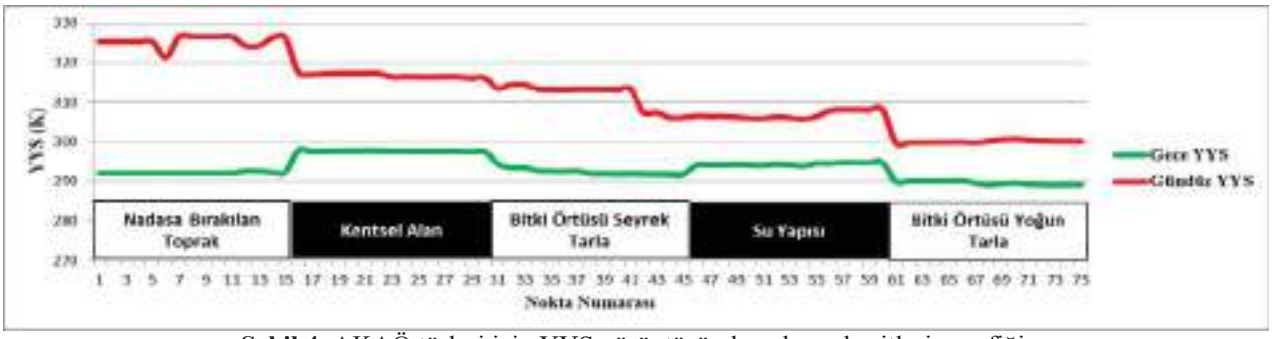


Şekil 3. YIA analizi için seçilen AKAÖ türleri. A: nadasa bırakılan toprağı, B: bitki örtüsü yoğun tarla, C: kentsel alan, D: su yapısı, E: bitki örtüsü yoğun olmayan tarla.

Şekil 2'de belirtilen alanlardaki YYS değerleri çıkarılarak istatistiksel ilişkiler ortaya konulmuştur (Çizelge 3). Çizelge 3'te yer alan ortalama YYS değerleri dikkate alındığında gündüz nadasa bırakılan toprak en yüksek ortalama YYS değerine sahipken, gece kentsel alanın en yüksek ortalama YYS değerine sahip olduğu görülmektedir. En düşük ortalama YYS değerleri ise hem gece hem de gündüz verisinde bitki örtüsü yoğun olan tarlada elde edilmiştir. Çizelge 3'e ek olarak, bu 5 AKAÖ türünden 15 piksellik doğrusal kesitler alınarak Şekil 4'teki grafik elde edilmiştir. Şekil 4'ten de anlaşılacağı üzere Nadasa Bırakılan Toprak gündüz en yüksek YYS değerine sahipken geceleri kentsel alandan daha düşük YYS değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Bitki örtüsü yoğun olan tarlanın hem gündüz hem de gece en düşük YYS değerlerine sahip olduğu da belirlenmiştir.

Çizelge 3. Seçilen AKAÖ türleri için çıkarılan YYS istatistikleri.

YYS Verisi	AKAÖ	Maksimum (K)	Minimum (K)	Ortalama (K)
GÜNDÜZ	**Nadasa Bırakılan Toprak**	326.5908	317.0532	324.8282
	Bitki Örtüsü Yoğun Tarla	301.3471	299.3736	299.9941
	Kentsel Alan	317.5828	313.9929	316.2186
	Su Yapısı	308.186	301.8603	305.0645
	Bitki Örtüsü Seyrek Tarla	314.4394	303.5683	308.1198
GECE	**Nadasa Bırakılan Toprak**	293.2618	292.0318	292.6476
	Bitki Örtüsü Yoğun Tarla	290.2664	289.0312	289.4815
	Kentsel Alan	298.0601	296.3543	297.4643
	Su Yapısı	295.7771	293.9486	294.8908
	Bitki Örtüsü Seyrek Tarla	294.5781	291.0934	291.9579



Şekil 4. AKAÖ türleri için YYS görüntüsünden alınan kesitlerin grafiği.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, ASTER algılayıcısına ait veriler kullanılarak mono-window algoritmasıyla gece ve gündüz YYS görüntüleri elde edilmiş ve YYS sonuçları ışığında YIA etkisi analiz edilmiştir. Çalışma alanı olarak Adana ilinin merkez ilçeleri dışındaki en büyük ilçesi olan Ceyhan ilçesi ele alınmıştır. YIA etkisini analiz edebilmek için Ceyhan şehir merkezi çevresinden beş farklı AKAÖ türü ele alınmıştır. Her bir AKAÖ türü için minimum, maksimum ve ortalama YYS değeri çıkarılarak her bir AKAÖ türün için alınan kesitlerden YYS grafiği elde edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, Nadasa bırakılan toprağın gündüz en yüksek YYS değerine sahip olduğu ve gündüz zamanı YIA'na katkı sağladığı görülürken geceleri kentsel alanın en yüksek YYS değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Kentsel alanlardaki gündüz YYS değerlerinin, nadasa bırakılan topraktan sonra en yüksek seviyede olması ve buna ek olarak gece en yüksek YYS değerinin yine kentsel alanlarda gözlenmesi, YIA etkisine en fazla katkıda bulanan AKAÖ türünün kentsel alanların olduğunu göstermektedir.

Yersel yöntemlerle de analizleri yapılan KIA etkisinin uzaktan algılama teknolojileri ile analizinde, hem maliyet hem de zaman açısından avantajları olduğu görülmektedir. Ayrıca, uzaktan algılama ile elde edilen sonuçların konumsal ve zamansal analizlere imkân sağlaması, sürdürülebilirlik açısından son derece önem arz etmektedir. Tüm bunlara ek olarak, ASTER verilerinin gece ve gündüz TIR verisi sağlaması, YIA etkisinin analizi için önemli bir veri kaynağı olduğunu göstermektedir.

6. TEŞEKKÜR

ASTER verilerini ücretsiz olarak temin etmemizi sağlayan Amerikan Ulusal Uzay Dairesi (NASA) ve Amerikan Jeoloji Birliğine (USGS) teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Gillespie, A.R., Rokugawa, S., Matsunaga, T., Cothern, J.S., Hook, S.J., Kahle, A.B., 1998, A temperature and emissivity separation algorithm for advanced space borne thermal emission and reflection radiometer (ASTER) images. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 36, 1113-1126.

Jimenez-Munoz, J.C., Sobrino, J.A., 2003, A generalized single-channel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data. *J. Geophys. Res.*, 108, 4688-4694.

Klok, L., Zwart, S., Verhagen, H., Mauri, E., 2012, The surface heat island of Rotterdam and its relationship with urban surface characteristics. *Resources, Conservation and Recycling*, 64, 23-29.

Martin, P., Baudouin, Y., Gachon, P., 2015, An alternative method to characterize the surface urban heat island. *International journal of biometeorology*, 59(7), 849-861.

Peng, S., Piao, S., Ciais, P., Friedlingstein, P., Ottle, C., Bréon, F. M., Nan, H., Zhou, L., Myneni, R. B., 2011, Surface urban heat island across 419 global big cities. *Environmental science & technology*, 46(2), 696-703.

Qin, Z., Zhang, M., Amon, K., Pedro, B., 2001, Mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM 6 data. *Acta Geogr. Sin.*, 56, 456-466.

Sekertekin, A., Kutoglu, S. H., Kaya, S., 2016, Evaluation of spatio-temporal variability in Land Surface Temperature: A case study of Zonguldak, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(1), 30.

Sobrino, J. A., Jimenez-Muoz, J. C., Soria, G., Romaguera, M., Guanter, L., Moreno, J., Martinez, P., 2008, Land Surface Emissivity Retrieval From Different VNIR and TIR Sensors. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 46(2), 316–327.

Sobrino, J.A., Li, Z.L., Stoll, M.P., Becker, F., 1996, Multi-channel and multi-angle algorithms for estimating sea and land surface temperature with ATSR data. *Int. J. Remote Sens.*, 17, 2089-2114.

Şekertekin, A., Kutoğlu, Ş.H., Kaya, S., Marangoz, A.M., 2016, Monitoring The Surface Heat Island (SHI) Effects of Industrial Enterprises. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* XLI-B6, 289-293.

Wang, F., Qin, Z., Song, C., Tu, L., Karnieli, A., & Zhao, S., 2015, An Improved Mono-Window Algorithm for Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 8 Thermal Infrared Sensor Data. *Remote Sensing*, 7(4), 4268–4289.



20 Eylül 2018

11:00-12:20

SALON M1

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7095

AKILLI ŞEHİRLERİN AKILLI ATIK YÖNETİMİ ÇÖZÜMLERİ

Kadriye KIRKOCA[1], Zehra YİĞİT AVDAN[2]

[1]Anadolu Üniversitesi, Fen Bil.Ens.-Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bil.Sis. ABD-Tezsiz YL, Eskişehir, toy.kadriye@gmail.com
[2]Dr. Öğr. Üyesi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği, Eskişehir, zyigit@anadolu.edu.tr

ÖZET

Akıllı şehirler son yıllarda çokça duyulan bir kavramdır. Özellikle ulaşım ve enerji tüketimi bu konuda büyük önem arz ederken, yeterli altyapıya sahip şehirlere bilişim teknolojisinin eklenmesiyle kusursuz bir akıllı şehre dönüşmelerinin önünde hiç bir engel kalmamaktadır.

Ülkemizde nüfusun artmasıyla birlikte teknolojiye olan ihtiyaç artmıştır. Bu da şehirlerin akıllı hale gelmesini zorunlu kılmıştır. Bu yüzden özellikle büyükşehirlerde sistemlerin akıllı hale gelmesi çok büyük önem arz etmektedir. Ülkemizde akıllı şehircilikle ilgili pek çok çalışma örnekleri bulunmaktadır. Akıllı şehir hem o şehrin halkının sosyal seviyesini yükseltirken hem de belediyelerin maliyetlerinde çok büyük tasarruf etmeyi sağladığı da gözlenmektedir. Atık toplama çalışmaları bu konuda büyük önem taşımaktadır. Birçok belediyenin bu işi tecrübeye dayalı yaptıkları bilinmektedir. Örneğin güzergahın nereden geçmesi, konteynerin nerede olması, kaç araçla çöpün toplanması gibi bilgilerinin tamamı kişilerin tecrübelerine dayalı olarak yapılmaktadır. Ayrıca bir çok belediyediye saha da kaç konteynerı olduğunu ve bunların nerelerde olduklarını dahi bilmemektedir. Bu sistemler sonucu yapılan rota optimizasyonları sonucunda mesafe ve süreden tasarruf edilmesinin yanında araç, yakıt, araç bakım masrafı, personel maliyeti ve amortismandan da tasarruf sağlanmıştır. Bu sistemler sayesinde personel denetlemesi daha kolay olmaktadır. Böylece halkın şikayetleri de azalmaktadır. Ayrıca tüm bunların yanı sıra rota optimizasyonu ile araç sayısı ve mesafesinin azalması sonucu çevreye salgılanan kirli gazlarda da azalma sağlanarak daha çevre dostu bir sisteme geçilmiş olur.

Atık toplama kontrol sistemleri (ATKS) günümüz toplumsal yapısı ve şehirleşmede oldukça önem taşısada Türkiye'de belediyelerin birçoğu bu sistemleri kullanmamakta ve çok daha maliyetli, iş yükü yüksek olan klasik yöntemleri kullanmaktadır. Akıllı atık sistemlerinin amacı şehirlerde yüksek verimlilik ve düşük maliyetlerle (%50-80 gibi daha az maliyetlerle) çalışabilecek yeni bir akıllı atık toplama sistemleri kurmaktır. Bu çalışma da Dünya'da ve Türkiye'de bu çalışmaların ne durumda olduğu incelenmiş ve avantajları ele alınmıştır.

Anahtar Sözcükler: akıllı şehir, atık toplama kontrol sistemleri (ATKS), coğrafi bilgi sistemleri (CBS), konteyner, optimizasyon

ABSTRACT

Smart cities are a concept that has been widely heard in recent years. Especially transportation and energy consumption are of great importance in this matter, cities with enough infrastructure have no obstacles in front of turning into a perfect smart city by adding information technology.

With the increase of the population in our country, the need for technology has increased. This forced cities to become intelligent. Therefore, it is very important to make the systems intelligent, especially in big cities. There are a lot of examples of smart city planning in our country. It is also observed that the smart city has both raised the social level of its people and saved the municipalities a great deal of money. Waste collection activities are of great importance. It is known that many municipalities have made this work based on experience. For example, where the route passes, where the container is, how many vehicles are collected, and so on, all of the information is based on the experiences of the people. In addition, many municipalities do not even know how many containers they have and where they are. As a result of the route optimizations, these systems save time and distance as well as savings in vehicle, fuel, vehicle maintenance cost, personnel cost and amortization and also staff supervision is easier. Thus, the complaints of the people are decreasing. In addition to all of these, route optimization and reduction in the number of vehicles and their distance will result in a more environmentally friendly system by reducing the amount of polluted gas released to the environment.

Nowadays, Waste collection systems (WCS) of the municipalities in Turkey move it considerable importance in the social structure and urbanization are using these systems and much more cost-effective, high workload, which uses conventional methods. It is a new smart waste collection system that can operate in high efficiency and low cost (less than 50-80%) in the target cities of smart waste systems. This study also examined what is the waste state of the world and Turkey and its advantages are discussed.

Keywords: smart city, waste collection control system, geographic ınformation systems (GIS), container, optimization

1. GİRİŞ

Akıllı şehir kavramı son yıllarda çokça duyulan bir kavramdır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde Akıllı şehir kavramına ilişkin genel geçer tek bir tanım yapılmağı görülmektedir. Deloitte ve Vodafon ortaklığında hazırlanan Akıllı Şehirler Yol Haritası'nda yer alan tanıma göre akıllı şehir "bütünsel bir bakış açısıyla şehrin daha yaşanabilir, daha sürdürülebilir, daha verimli olması amacıyla bilgi iletişim teknolojilerinin sağladığı çözümlerin odağına insanı alarak ilgili tüm paydaşların ve kurumların sahipliğinde kişisel verinin gizliliği ve diğer etik kuralları ihlal etmeden katılımcı ve şeffaf bir şekilde uygulayabilen ve kendini sürekli geliştiren ve öğrenen şehirdir" (**Şekil 1**).



Şekil 1: Akıllı Şehirler (Akıllı Şehirler Yol Haritası).

"Akıllı şehir" öğrenme, teknolojik gelişim, sayısal alanlarda ve bilgi işlemdeki yeni buluşlar, bilgi transferi ve teknoloji araçlarının şehirde yaşayan topluluklar, şehir ve bölge alanları tarafından destekleme yeteneği olarak tanımlanır (Batty vd., 2012).

Birleşmiş Şehirler ve Yerel Yönetimler (UCLG, 2012) kuruluşuna göre ise yeni bir şehir modeli olarak "akıllı şehirler" daha yaşanabilir, fonksiyonel, rekabetçi, yeni teknolojileri kullanan, yenilikçi ve bilgiyi yönetebilir şehirlerdir.

Yapılan araştırmalara göre dünya nüfusunun hemen hemen üçte ikisinin şehirlerde yaşıyor olacağı tahmin edilmektedir. Bu da akıllı şehirlere olan ihtiyacın artması demektir. Fakat bu konu birçok şehir için henüz başlangıç aşamasında bile değildir. Özellikle ulaşım, enerji ve altyapı akıllı şehirler konusu içerisinde büyük önem arz etmektedir.

Avrupa parlementosuna göre şu özellikleri taşıyan şehirler akıllı şehirlerdir.

- Akıllı Yönetim
- Akıllı İnsanlar
- Akıllı Yaşam
- Akıllı Ulaşım
- Akıllı Ekonomi
- Akıllı Çevre

Uluslararası bir araştırma kuruluşu tarafından yapılan çalışmaya göre Barcelona 2015 yılının en akıllı kenti seçilmiştir. Bu çalışmada kentlerin akıllı belediyecilik, şebeke, trafik, ışıklandırma ve diğer sosyal bütünlüğe yönelik teknolojik yetenekler göz önüne alınmıştır. Yapılmış olan bazı çalışmalara göre şehir merkezindeki trafiğin yüzde 40'ı park yeri arayan şoförlerden kaynaklanmaktadır. Otopark alanlarına yerleştirilen algılayıcılar, uygunluk durumunu gösteren panel ve bir cep telefonu uygulaması ile bu sorunun önüne geçilmiştir. Çöpler, çöp seviyesini izleyen akıllı çöp kovalarıyla toplanmaya başlanmıştır. Toplama saatleri ve tehlikeli atık içeren durumlarda uyarıların oluşması sağlanmıştır. (Bakırcı vd., 2013)

Kanada'da bu konuda iddialı olan kentlerden biridir. Özellikle temiz enerji kaynakları konusunda yatırım yapan hükümet, bu sayede akıllı şehir yöntemlerinde oldukça ilerlemiştir. Ontario merkezli bir akıllı şebeke hareketine sahip Kanada, vatandaşlarına daha kaliteli bir yaşam sunmaktadır. (Ercoşkun ve Karaarslan, 2009)

Ülkemizdede nüfusun artmasıyla teknolojiye olan ihtiyaç artmıştır. Bu da şehirlerin akıllı hale gelmesini zorunlu kılmıştır. Bu yüzden özellikle büyükşehirler de sistemlerin akıllı hale gelmesi çok büyük önem arz etmektedir.

Bursa Nilüfer Belediyesi, çevreye zarar veren fosil yakıtlar yerine rüzgar, güneş gibi doğal enerji kaynaklarının kullanılmasını teşvik etmek amacıyla çalışmalar gerçekleştirmektedir. Kamu alanlarının aydınlatılmasında güneş enerjisinin kullanılması uygulamasını başlatan Nilüfer Belediyesi, ilk örneğini Ataevler'deki Yılmaz Akkılıç Parkı'nda uygulamıştır. (Bozbey, 2010)

Nilüfer Belediyesi, Nilüfer Kent Konseyi ve Hayata Artı Gençlik Programı işbirliğiyle başlatılan proje kapsamında Parkın bir bölümüne yerleştirilen güneş panelleri tarafından elde edilen enerji, gece parkın aydınlatılmasında kullanılarak çevreyi koruyarak bunun yanında belediye bütçesine artı değer sağlamıştır (Bozbey, 2010)

Ayrıca günümüzde neredeyse tüm altyapı firmaları alt yapılarını akıllandırmaktadır. Örneğin elektrik üretim firmaları tüm alt yapısını sayısallaştırarak akıllı hale getiriyor. Böylece kayıp kaçaklar tespit edilebiliyor, arızalara anında müdahale edilebiliyor.

Ayrıca Ankara Büyükşehir belediyesinin yapmış olduğu Ego Cepte projesi ile vatandaşlar akıllı telefonlarından otobüsün nerede olduğunu görerek evinden çıkıyor ve böylece durakta uzun süre beklemiyor ya da otobüsü kaçırmıyor. Ya da kurumlar servis optimizasyonları yaparak eskiden 10 servisle toplanan personeli daha optimize edilmiş rotalarla toplayarak servis sayısını azaltabiliyor. Böylece hem kurum tasarruf ediyor hem de çevreye daha az egzoz salgıladığı için doğanın da daha fazla kirlenmesini engelliyor. Araçtan çıkan karbonmonoksit (CO) gazının da azalması sağlanıyor.

2. Atık Toplama Kontrol Sistemi

Atık Toplama Kontrol Sistemi (ATKS) coğrafi bilgi sistemi tabanlı bir analiz ve yönetim mekanizmasıdır. Konteyner ve çöp toplama araçlarının etkin kullanılması ile analiz ve planlamalara olanak sağlamaktadır. Harita üzerine konumlandırılan koordinatlı konteynerler ve çöp toplama araçlarının kontrolü ile sorun yaratan kritik noktalarda karar mekanizması sağlar. Planlamalara olanak sağlayan yapısı ile hangi konteyner nerede, ne kadar yer değiştirmiş, doluluk oranları gibi sorulara cevap verebildiği gibi, araçların takibi ve güzergah optimizasyonu ile yakıt tasarrufu ve gereksiz iş yükünü ortadan kaldırmayı amaçlar.

Büyük küçük birçok şehirde çöplerle ilgili birçok sorun yaşanmaktadır. Bu sorunlar hem belediye hem de vatandaşlar için farklı farklıdır.

Vatandaşlar için sorunlar;

- Çöplerin dolup taşması,
- Yazın az çöp olmasına rağmen çöplerin kokması,
- Çöplerin zamanında toplanmaması,
- Çöp konteynerın yer değiştirmesi,

Belediye için sorunlar;

- Belediyeler hangi sokakta kaç kilo çöp oluşuyor bilmiyorlar. Bunu bilmedikleri için rota yaparken bu bilgiyi göz önünde bulunduramıyorlar.
- Personel Kontrolü; Belediyeler bu durumu genellikle araç takip cihazlarıyla çözüyorlar ancak çöp arabası o sokağa girebilse bile konteynerın birini unutmuş ya da almamış olabiliyor.
- En önemli problemlerden biri de araçların yakıt problemidir. Çöp toplama işinde en büyük maliyet araçların yakıtıdır.

Belediyeler ve vatandaşlar bunlar gibi daha birçok problemle uğraşmaktadırlar. Bu problemlerin çözülmesi için belediyelerin atık kontrol sistemlerine geçmeleri gerekmektedir.

Bölgesel ve genel analizlere de olanak sağlayan atık kontrol sistemlerinde, tüm konteynerlerin tekil ağırlıkları ölçülebilir ve dinamik yapılarıyla bunu sisteme ileterek bölgeler arası çöp analizleri yapılabilir, bunun ışığında bölgesel kararlar alınabilir. Geniş bir kullanım ağına sahip bu çözümler tüm yerel yönetimler ve özel sektör tarafından rahatlıkla kullanılabilmektedir.

Bu sistemler aynı zamanda çözüm olarak envanter yönetimi de sağlar. Demirbaşlarının sisteme işlenmesi ile tüm konteynerler ve kamyonlar kontrol altında tutulabilir.

ATKS'leri atık konteynerlerini harita üzerinden koordinatlı bir şekilde kontrol edebileceğiniz, geçmişe yönelik raporlama alabileceğiniz Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımlarıdır. Bu sistemler sayesinde;

- Kategorilendirilen konteynerleri harita üzerinde ayrı ayrı görüntülenmesi,
- Etiket ile hangi konteynerin hangi sıra ile alınacağının görüntülenmesi,
- Yeraltı konteynerleri için doluluk ve sıcaklık bilgileri,
- Konteynerler için belirlenen mesafeden fazla yer değiştirme olursa uyarı mekanizması,
- Kayıt sistemi ile çöp alınmadan halka sms ile bilgilendirme,
- Araçların planlanan güzergahtaki hareketinin simülasyonu,
- Adres seçimi yapılarak istenilen bölgenin analiz edilmesi,
- Araçların planlanan ve gerçekleşen güzergahlarının görünmesi,
- ATS ile araçları anlık olarak takip etme gibi birçok işlem yapılabilmektedir.

Ayrıca ATKS'ler ilerleyen süreçte çöp vergilerinin de bu sistemler üzerinden verilmesini sağlayacaktır. Bu tarz örnekler yurt dışında mevcuttur. Alınan çöp ağırlıkları ve hacimleri bu sistemlerde zaten tutulmaktadır. Bu bilgi işlenerek hangi mahalleden hangi semtten hatta hangi çöp konteynerından ne kadar çöp çıktığı haritalandırılabilir. Böylece daha az çöp atan vatandaşlardan daha az vergi almak mümkün olabilecektir. Hem bu sistemi desteklemek hem de konteyner dışına çöp atılmasını önlemek için de her konteynera kart okuyucu takılarak vatandaşlara kart verilecektir. Vatandaş kartını okutarak çöpünü attığında karta puan yüklenecek ve kişi bu puanları otobüs bileti ya da yakıt gibi alanlarda kullanabilecektir.

3. Atık Toplama Kontrol Sistemlerinde Donanım

Atık toplama kontrol sistemlerinde önemli olanlardan biri de konteynerın doluluk oranıdır. Geleneksel yöntemlerde çöp arabasının her mahalle ya da sokak toplaması için günleri vardır. Bu yöntemde çöp dolsa bile belediye bundan haberdar olmayacağı için o gün o konteyner boşaltılmamakta ve hem kötü koku hem de kötü görüntü oluşmaktadır. Ayrıca dolmayan çöp konteynerları için yine belediye bunu bilmeyeceği için çöp arabası rotasında bulunan tüm konteynerları dolaşarak hepsini boşaltacaktır. ATKS'ler ise konteynerlera takılan seviye sensörleriyle çöpün doluluk oranını ölçerek gerçek zamanlı doluluk takibi yapar. Ölçtüğü bilgiyi merkeze yollar ve canlı sistem üzerindeki haritada tüm konteynerlar dolu ya da boş olarak gösterilir **(Harita 1)**.



Harita 1: Çöp konteynerlarının zamanlı doluluk takibine göre haritada gösterimi.

Çöp konteynerı eğer dolmadıysa o gün oluşturulacak rota optimizasyonuna o çöp konteynerı dahil edilmez. Eğer çöp konteyner dolu ise optimizasyona dahil edilir ve en uygun rotadaki araç o konteynerı boşaltır. Bu sistemde dikkat edilmesi gereken nokta koku problemidir. Çöp dolu olmasa bile çöpe kokan ya da bekleyince koku yapacak atıklar atılmış olabilir. Türkiye'deki sistemler henüz koku ölçen seviyede değildir. Ancak çöpü soğuk tutan, ya da konteynerlara koku giderici kimyasallar eklenebilir. Fakat her konteyner için bu sistemler oldukça maliyetli olacaktır. Bu gibi durumlarda ATKS'ler de yazın ve kışın farklı seviyelerde çöp alımı yapılır. Örneğin kışın çöp %70 oranında dolu ise konteyner dolu kabul edilirken yazın %40 oranında dolu kabul edilebilir. Böylece koku probleminin önüne geçilmektedir.

Türkiye'de bu sistemin önündeki en büyük engel ise insanların konteynera değil çöpün dışına çöp atmalarıdır. Bu nedenle konteynerdaki ölçüm sistemi de çöpün seviyesini doğru hesaplayamamaktadır. Bu sorunun önüne geçebilmek için yeni gelişen teknolojilerden biride sadece konteynerı değil aynı zamanda konteyner etrafında belirli yarıçapta bir tampon bölge oluşturarak sensörün çöpün dışını da okuması sağlanmaya çalışılmaktadır.

ATKS'lerde kullanılan diğer bir donanım ise RFID(açık halini yazalım) etiketlerdir. Her konteynera RFID etiketi takılır ve her araca da bu etiketleri okuyacak bir RFID okuyucu takılır. Çöp arabası bir konteynerın içerisindeki çöpü aldığında çöp arabasındaki RFID okuyucu etiketi okuyarak canlı sisteme çöpün alındığını bildirir. Böylece alınan her çöp anlık olarak harita üzerinde işaretlenir.

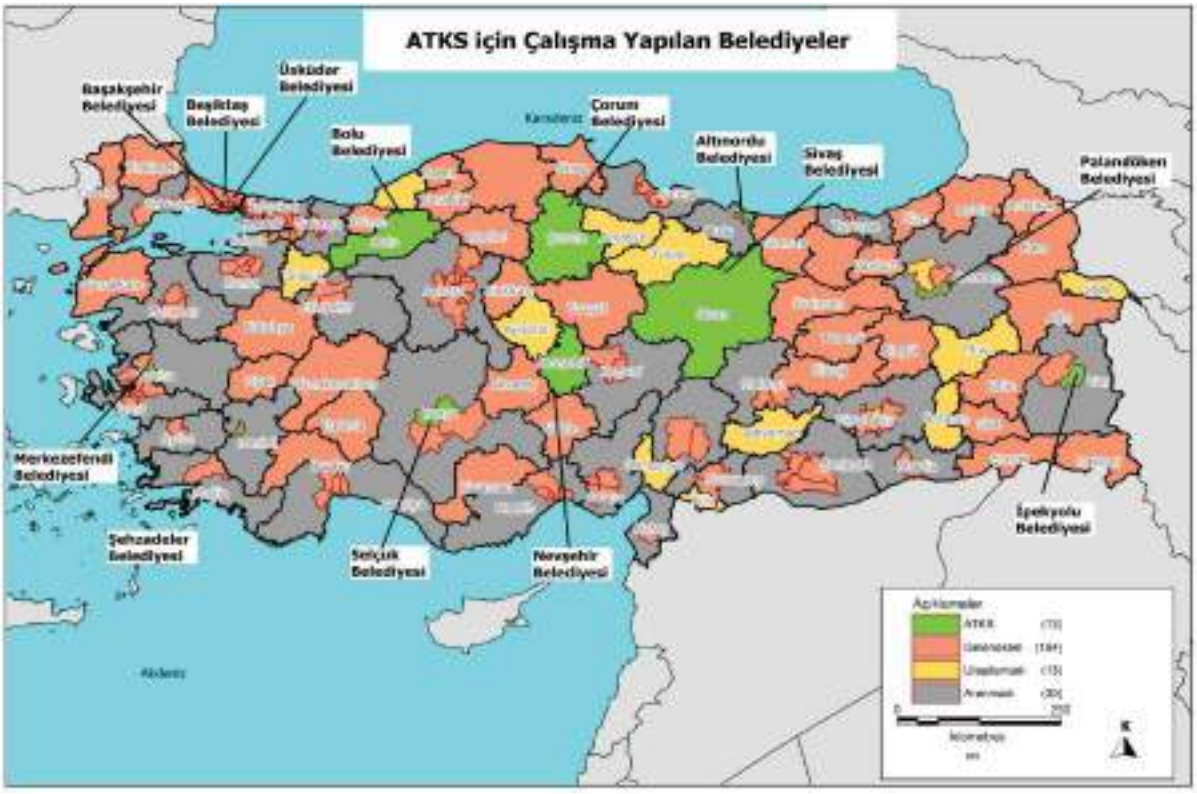
4. Türkiye'deki Belediyelerin Atık Toplama Kontrol Sistemi Çalışmaları

Türkiye'de atık toplama hizmetini İl Belediyeleri gerçekleştirmektedir. Ancak Büyükşehirlerde İlçe Belediyeleri kanunen kendi bölgelerinin atık planlamasını ve toplanmasını yapması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında büyükşehir olan tüm illerin büyükşehir ilçeleri, büyükşehir olmayan illerin ise merkez ilçeleri yani il belediyeleri aranmış ve aşağıdaki sorular sorulmuştur.

- Belediyenizin çöpleri için bir akıllı sistem kullanıyor musunuz?
- Çöp konteynerlarınızı haritada gösteriyor musunuz?
- Çöp arabalarınız için optimizasyon yapıyor musunuz?

Bu araştırma kapsamında 189 il ve ilçe belediyesi aranmış, 148'i bu işlemleri geleneksel yöntemlerle yaptığını söylemiş, 12 Belediye bu sistemlerin bazılarını yaptıklarını belirtmiş, 30 belediyede ise ilgili kişilere ulaşılamamış ya da belediye bilgi vermeye yanaşmamıştır **(Harita 2)**.

Yapılan çalışma göstermiştirki Türkiye'de birçok belediyenin bu konuda çalışması bulunmamaktadır. Fakat çalışma sırasında bu konu ile ilgili bir farkındalığında geliştiği görülmüştür. Aranan belediyelerden birçoğu henüz geleneksel yöntemlerle çalışıyoruz fakat bu yöntemleri araştırıyoruz ya da firmalarla görüşüyoruz şeklinde cevap vermiştir.



Harita 2: Atık Toplama Kontrol Sistemi için Arama Yapılan İller.

ATKS olan bir il belediyesinden proje kapsamında aşağıdaki sonuçlar alınmıştır.

- İlçe sınırları içinde toplam 7198 çöp konteynerine RFID etiketi takılmıştır.
- 38 Çöp Toplama aracına RFID okuyucu donanımları takılmıştır.
- 62 Güzergahta rota optimizasyonu yapılmıştır.
- Proje kapsamında çöp toplama kamyonlarının güzergah optimizasyonu yapılarak yakıt kullanımında ve yapılan kilometrede %25 azalma sağlanmıştır. Daha önce bir rotada ortalama 110 kilometrelik yol kat edilirken, bu mesafe geliştirilen akıllı haritalar ve rota optimizasyon algoritmaları kullanılarak 70 kilometreye düşürülmüştür. Ancak sahada karşılaşılan ve önceden öngörülemeyen engeller nedeniyle 81 kilometre olarak gerçekleştirilerek %25 tasarruf sağlanmıştır.
- Bir ayda yaklaşık 29*38*30 = 3360 km'lik yakıttan, bakım masrafı ve amortismandan tasarruf sağlanmıştır.

Diğer faydalar;

- Sahadaki durumun etkin denetimi yapılabiliyor.
- Çöp kutularının dengesiz dağılımlarının da önüne geçilerek, çöp kutularının gereğinden fazla olduğu bölgeler ve yetersiz olduğu bölgeler tespit edilerek, kent genelinde konteyner dağılımı daha etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi sağlanıyor.
- Bu sistem için yazılan uygulama ile araçların ne zaman nerede olduğu hangi konteyneri boşalttığı bilgisi kaydedilip kesin olarak raporlanabiliyor. Alarm tanımlarıyla yasaklı hareketler ve olağan dışı durumlar anında gerekli kişileri SMS ile bildiriliyor ya da raporlara kaydediliyor.
- Yeri değişen, kaybolan konteynerler kolayca tespit edilebiliyor. Fazla ya da eksik konteyner bulunan yerler çok daha kolay belirlenebiliyor.

- Dileyen vatandaşlar sisteme kolayca cep telefon numaralarını kaydederek, çöp alınmasına kısa bir zaman kala, kendisine kısa mesaj yoluyla sistem tarafından otomatik olarak çöpünün alınmak üzere olduğu haber veriliyor.
- Web sitesi sayesinde vatandaşlar da bu sistem erişip, sunulan bilgileri alabiliyorlar.

5. SONUÇLAR

Akılı şehircilik kavramı içerisinde Atık Toplama Kontrol Sistemleri çok büyük önem arz etmektedir. Bu sistemler günümüzde yer almadan önce her şey tecrübeye dayalı bir şekilde yürütülmekteydi. Örneğin güzergahın nereden geçmesi gerektiği, konteynerin nerede olması gerektiği kaç araçla çöpün toplanması gerektiği bilgilerinin tamamı kişilerin tecrübelerine dayalıydı. Birçok belediye şu anda kaç adet konteyneri olduğunu ve bunların tam olarak yerlerini bilememektedirler. Bu konteynerlerin yerleri insanlar tarafından evine daha yakın olmasını isteme ya da daha uzak olmasını isteme gibi sebeplerden ötürü değiştirilmektedir. Hatta bazı durumlarda belediyenin konteyneri başka belediyelerden bile çıkabilmektedir. Durum böyleyken yerel yönetimlerin atık toplama işlemini bir sistem üzerinden yapmaları gereği ortaya çıkmaktadır.

Dünya'da ve Türkiye'de bu sistemler yaygınlaşmaktadır. Henüz kullanan belediye sayısı çok az olsa da bu sistemi kullanmayı isteyen belediye sayısının yüksek olduğu görülmektedir.

Bu sistemler belediyelerin atıklarını daha kolay yönetmelerini, vatandaş şikayetlerini en aza indirme, daha kaliteli hizmet vermelerini, araç ve personel yönetimini çok daha iyi yapabilmelerini ve envanter yönetimini yapabilmelerini sağlamaktadır. Tüm bunlar hem belediyeler hem de çevre için büyük önem arz etmektedir. Belediyeler tüm bu süreci çok daha kolay yönetirken hem de araç, yakıt, araç bakımı, personel, envanter gibi bir çok alanda tasarruf yapabilirken doğa için ise daha az araç, daha az km ile daha az karbonmonoksit gazı ortaya çıkmaktadır.

Bu sistemlerin en büyük ayaklarından biri de ilerleyen dönemde çöp vergilerini bu sistem üzerinden alınmasıdır. Her semtten/binadan çıkan çöp miktarı belli olacağı için çöp miktarına göre vergi miktarı hesaplanabilecektir. Ayrıca çöplerin konteyner dışına atılmaması için konteynerların kartlı olması da gündemdedir. Her çöp atışta konteyner kişiye bilet (puan) verecek ve kişiler bu biletleri/puanları otobüs bileti vs. olarak kullanılması da yurt dışındaki örneklerdendir.

KAYNAKLAR

Bakıcı, T. Almirall, E. & Wareham, J. J Knowl Econ (2013) A Smart City Initiative: the Case of Barcelona, Journal of the Knowledge Economy Cilt 4: Sayı 2, ss 135-148

Ercoşkun, Ö.. Kaarslan, Ş.. (2009) Geleceğin Ekolojik ve Teknolojik Kentleri, YTÜ Min. Fak. E-Dergisi, Cilt 3, Sayı 3

Batty, M., Axhausen, K. W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M. et al. (2012). Smart cities of the future. The European Physıcal Journal Special Topıcs, 214, 481-518.

United Cities Local Governments (UCLG). (2012). Smart cities study: International study on the situation of ICT, innovation and knowledge in cities. Bilbao.

Çelikyay, H.H.,Teknoloji Girdabından Akıllı Şehre Dönüşüm: İstanbul Örneği, Doktora Öğrencisi, Marmara Üniversitesi, Kamu Yönetimi Ana Bilim Dalı, II. Türkiye Lisanüstü Çalışmaları Kongresi - Bildiriler Kitabı

Akıllı Şehir Yol Haritası, Deloitte ve Vodofone, Aralık 2016

Bozbey, M., 2010 www.alternaturk.org/Nilüfer Belediyesi'nde Güneş Enerjisi, http://www.alternaturk.org/haber/nilufer-belediyesinde-gunes-enerjisi/

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6661

GÖNÜLLÜ COĞRAFİ BİLGİ, SİVİL BİLİM VE KATILIMCI COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ ARASINDAKİ BENZERLIKLER VE FARKLILIKLAR

Hacer Kübra SEVİNÇ[1], İsmail Rakıp KARAŞ[2]

[1]Öğr. Gör., Sinop Üniversitesi, Ayancık Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, 57400, Ayancık, Sinop, kkose@sinop.edu.tr
[2]Prof. Dr., Karabük Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 78050, Karabük, ismail.karas@karabuk.edu.tr

ÖZET

İnternet ve Mobil teknolojilere ulaşım ve kullanma kolaylığı arttıkça, kullanıcıların bilgi üretme, paylaşma ve düzenleme oranı da artmaktadır. Kullanıcılardan gelen bilgi akışı coğrafi bilgi sistemlerine de çeşitli şekillerde yansımaktadır. Bu yansımanın temelinde amatör kullanıcıların coğrafi veriyi üretmesi bulunmaktadır. CBS için verilerin elde edilmesi en külfetli, zaman alıcı ve pahalı aşamadır. Bu yüzden bir CBS'nin ihtiyacı olan veriyi, az sayıda uzman ile elde etmek yerine, o bölge hakkında bilgi sahibi olan amatör kullanıcıların verilerinden yararlanmak, daha akılcı bir yöntemdir. Coğrafi bilgi sistemlerinden olan bu yeni yaklaşımlarda; Gönüllü Coğrafi Bilgi(GCB), Sivil Bilim ve Katılımcı CBS (KCB) kavramları öne çıkmaktadır. Bu kavramlar, yükselen bir araştırma alanıdır. Bu bildirinin amacı, GCB, Sivil Bilim, KCB yaklaşımlarının birbiri ile aynı ve farklı olan yönleri ile bu konularda yapılan temel çalışmaları incelemektir.

Anahtar Sözcükler: gönüllü coğrafi bilgi, sivil bilim, katılımcı coğrafi bilgi sistemleri

ABSTRACT

SIMILARITIES AND DIFFERENCES BETWEEN VOLUNTEERED GEOGRAPHIC INFORMATION, CITIZEN SCIENCE AND PARTICIPATORY GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

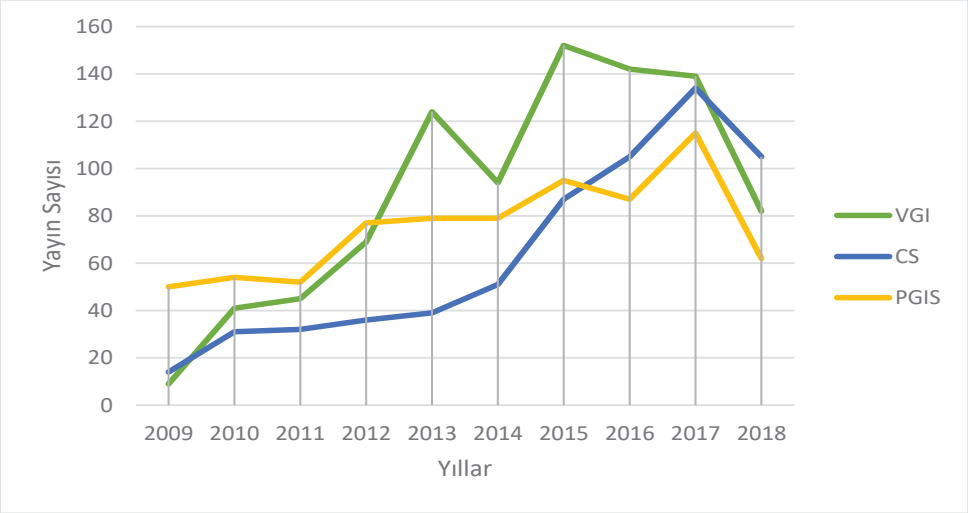
As the ease of accessing and using Internet and Mobile technology increases, the rate of information generation, sharing and organizing by users is also increasing. The flow of information from users is also reflected in various forms in geographic information systems. At the core of this reflection is the geographical data generation of amateur users. Getting data for GIS is the most cumbersome, time consuming and expensive step. It is therefore more rational to make use of the data of amateur users who are knowledgeable about that region, rather than having a few experts with the need of a GIS. In these new approaches from geographical information systems; Volunteered Geographic Information (VGI), Citizen Science and Participatory GIS (PGIS) concepts come to the forefront. These concepts are an emerging field of research. The purpose of this report is to examine the same and different aspects of the VGI, Citizen Science, PGIS approaches and the basic work on these issues.

Keywords: volunteered geographic ınformation, citizen science, participatory GIS

1. GİRİŞ

Sivil ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) alanında uzman olmayan kullanıcılar, internet ve mobil altyapılar aracılığı ile coğrafi bilgiye katkı sağlamaktadırlar. Coğrafi bilgiyi üretmek, paylaşmak ve düzenlemek konularında büyük bir motivasyona sahip bu kullanıcıların oluşturmakta veya katkı sağlamakta olduğu bu veriler uzmanlar tarafından da incelenmektedir. İnternete erişimin kolaylaşması, mobil cihazların çoğalması, mobil cihazlardaki konum belirleme sistemlerinin bulunması, kullanıcıların coğrafi bilgiye ulaşması, bilgiyi oluşturması ve düzenlemesini sağlayan olanaklar olmaktadır. Google Maps, Yandex Navigation, OpenStreetMap, Swarm gibi coğrafi bilgi tabanlı online uygulamalar kullanıcıları coğrafi bilgi oluşturmak ve paylaşmak konusunda cezbetmektedir. Literatürde bu fenomen farklı disiplinlerden ortaya çıkan çok sayıda terim ile açıklanmaktadır. Bazıları Gönüllü Coğrafi Bilgi (VGI), Neocoğrafya (Neogeography), Kitle Kaynak (crowdsourcing), Kullanıcı kaynaklı içerik (user-generated content), sivil bilim (citizen science) olarak tanımlamaktadır. Bu bildirinin temel amacı, bu terimler arasındaki benzerlik ve farklılıkları tanımlamak ve bu konudaki Türkçe içeriği güçlendirmektir.

CBS alanında bu konuda Gönüllü Coğrafi Bilgi, Sivil Bilim, Katılımcı Coğrafi Bilgi terimleri yükselen trendler arasındadır. Bu çalışmada bu 3 terim arasındaki benzerlikler ve farklılıklar literatürden örneklerle incelenmektedir. Scopus en geniş hakem denetimli literatür (bilimsel dergiler, kitaplar ve konferans raporları) özet ve atıf veri tabanıdır. Scopus üzerinde "Volunteered Geographic Information", spatial "citizen science" ve "Participatory GIS" terimleri ile tarama yapılmıştır. Yıllara göre yapılan yayın sayıları Şekil 1'de gösterilmektedir. Literatürde bu terimlerin kullanım sıklıklarını değerlendirebilmek için, bu terimlerin yayın sayıları baz alınabilir.



Şekil 1. GCB, Sivil Bilim ve Katılımcı CBS alanında yapılan yayınların yıllara göre değişimi.

2. TERMINOLOJI

Gönüllü Coğrafi Bilgi, Sivil Bilim ve Katılımcı Coğrafi Bilgi Sistemleri, farklı zamanlarda farklı bilim adamları tarafından tanımlanmaktadır. Çizelge 1'de terimler, ilk bahsedildiği yıl ve bahseden yazar/kurum bilgileri verilmektedir.

Çizelge 1. Terimler ve Açıklamaları.

TERİM	AÇIKLAMA
Gönüllü Coğrafi Bilgi (Volunteered Geographic Information - VGI) (Goodchild, 2007)	Goodchild tarafından (2007), çoğunlukla bu konuda resmî bir eğitimi olmayan, çok büyük sayıdaki vatandaşın mekânsal veriyi oluşturmasını tanımlanmıştır. (Goodchild, 2007)
Sivil Bilim (Citizen Science) (Alan Irwin, 1995)	Sivil Bilim, Irwin tarafından 1995'te yazılan bir kitabın adıydı. Sivil kullanıcıların bilime olan katkısını ifade etmektedir. (Anbaroğlu, 2017)
Katılımcı Coğrafi Bilgi (Public Participatory GIS - PPGIS) (Ulusal Coğrafi ve Analiz Merkezi[1] - 1996)	Bu Terim 10 - 13 Temmuz 1996 tarihleri arasında Orono, Maine ABD Ulusal Coğrafi Bilgi ve Analiz Merkezi (NCGIA) tarafından düzenlenen bir atölye çalışmasına dayanmaktadır. PPGIS, planlama ve karar verme süreçlerinde halkın katılımını kolaylaştıran bir dizi CBS uygulamasıdır. Ayrıca PPGIS, kentsel planlama, doğa koruma ve kırsal kalkınma süreçleriyle ilgili olarak tanımlanmıştır. (See L, 2016)

[1] National Centre for Geographical Information and Analysis (ABD)

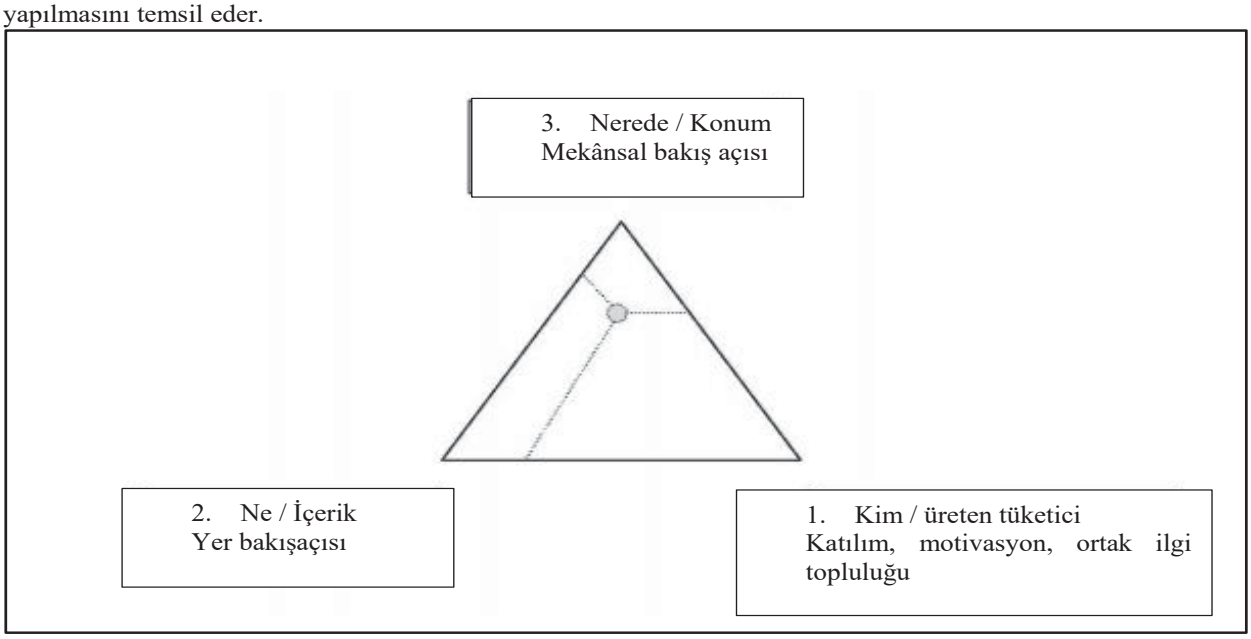
2.1 Gönüllü Coğrafi Bilgi (Volunteered Geographic Information)

Gönüllü Coğrafi Bilgi (GCB) Goodchild tarafından (2007), çoğunlukla bu konuda resmî bir eğitimi olmayan, çok büyük sayıdaki vatandaşın mekânsal veriyi oluşturmasını tanımlanmıştır. Örneğin; Flicker üzerinden kullanıcılar coğrafi etiketli fotoğraflar paylaşabilmektedir. Uzmanlar aracılığı ile bir doğal afet esnasında o coğrafi noktadan fotoğraf almak zor ve maliyetlidir. Fakat o bölgede yaşan kullanıcılardan coğrafi konumu ile birlikte paylaşılmış veriler daha kısa zamanda ve az maliyet ile toplanabilir. GCB, coğrafi bilgi üretmenin bir yolu olarak ve ulusal coğrafi veri tabanlarını güncellemek için bir araç olarak görülebilir. (Haklay, 2013)

Gönüllü Coğrafi Bilgi alanında gösterilecek en iyi kaynak OpenStreetMap, amatör kullanıcıların oluşturdukları çevrim içi haritalardır. OpenStreetMap, kullanıcıların GNSS izlerini toplayarak (kullanıcı izni dahilinde) veya kullanıcıların çevrim içi araç kutusu sayesinde harita oluşturmasına imkân sağlamaktadır.

Google; ABD'de hayatı felç eden Sandy Kasırgası (2012) mağdurlarına yardımı olacak bir kriz haritası oluşturdu. Halka; kasırganın izlediği yol, hava durumu tahmini, tahliye alanları, yüksek rüzgâr olasılık alanları ile ilgili bilgi vermekte ve etkilenen alanları çevreleyen web kameralarıyla bağlantı kurma olanağı sağlamaktaydı

Şekil 2'de her bir köşe, bir bileşeni temsil etmektedir. (1) Mekânsal bakış açısına hizmet eden coğrafi referans bilgisi, (2) konum tabanlı öznitelik verisini, (3) Kim, üreten tüketiciler tarafından katılım ve üretim süreçlerinin analizinin yapılmasını temsil eder.



Şekil 2. GCB bileşenlerini gösteren diyagram.

Kim (2014), Google Scholar üzerinde "Gönüllü Coğrafi Bilgi (volunteered geographic informaiton)" anahtar kelimesi ile arama yapmı ve ilk 100 makaleyi değerlendirmiştir. Bu makalelerde geçen siteleri ziyaret etmiş ve gereksiz projeleri ayıkladıktan sonra 129 GCB ile ilgili projeyi toparlamıştır. Farklı alanlarda farklı projeler farklı kalite güvence mekanizmaları gerektirebileceğinden, VGI ile ilgili projelerin kategorilerini çizmeye çalışmıştır. Listeyi gözden geçirirken, VGI ile ilgili projelerin beş kategorisini çizmiştir: (1) coğrafi merkezli proje; (2) Coğrafi bilgi paylaşımı için altyapı / platform; (3) teknoloji merkezli proje; (4) halk katılımı projesi; (5) hükûmet odaklı proje. *Coğrafi merkezli projelerin* amacı, OpenStreetMap'in büyük miktarda coğrafi bilgiyi nasıl geliştirdiğini görebildiğimiz için coğrafi bilgi üretmektir. Bunun aksine*, ikinci kategorinin amacı* coğrafi bilgileri paylaşmak için altyapı veya platform sağlamaya odaklanmaktadır. Bu konuda paylaşılan bilgi türleri, acil durumla ilgili bilgilerden, tatil planlaması için paylaşılan fotoğraflara kadar çeşitlidir. *Teknoloji merkezli proje*, ücretsiz veya uygun fiyatlı yazılımlar geliştirmeye ve sağlamaya yardımcı olur ve açık kaynak projesi olarak kabul edilebilir. *Halkın katılımı projesi*, kamusal alanda az ses çıkaran normal toplumları coğrafi teknoloji eğitimi ve katılımı ile güçlendirir. *Son kategori*, federal veya yerel yönetimlerin coğrafi bilgileri topluluklarıyla paylaştığı projelerle ilgilidir. (Kim H. , 2014)

Gönüllü Coğrafi Bilgi daha çok coğrafi veri ile ilgili iken, Sivil Bilim daha çok, biyoloji, ekoloji ve ornitoloji (kuşbilim) ile ilgilenir. GCB'de; çoğu Flickr kullanıcısı, fotoğraf paylaşım sosyal ağ servisleri, dahili GPS birimleriyle donatılmış akıllı telefonlar tarafından çekilen fotoğrafları yükleyerek coğrafi bilgi üretirler. Servis kullanıcıları, fark etmeden coğrafi bilgi üretebilirler.

Tüm Sivil Bilim örnekleri coğrafi verileri kapsamaz. GCB tamamen bilimsel amaç taşımamaktadır. Örneğin; Ebird global kuş gözlem, araştırma ve bu verileri depolama ağıdır. Kullanıcılar kuşlar ile ilgili yaptıkları gözlemler kuş araştırmalarında bilgi kaynağı olabilmektedir. Fakat Flicker'da kullanıcıların coğrafi etiketli fotoğraf paylaşmalarında bilimsel bir kasıt bulunmamaktadır (Kim H. , 2018). GCB'de görüldüğü gibi kullanıcıların tümü bilimsel amaçla bilgi üretimi yapmamaktadır. Flicker'da amaç fotoğraf paylaşmak, Google Kriz haritasında, yardımların daha hızlı ulaşmasını sağlamak ve kurtarma ekiplerine destek olmak birincil önceliktir. Fakat bu veriler tamamen coğrafi bilgi ile üretilmektedir. Sivil Bilim'de ise katılımcıların özellikle bilime katkı sağlama çabaları bulunmaktadır.

2.2 Sivil Bilim (Citizen Science)

İngiliz bir sosyolog olan Alan Irwin, Sivil Bilim'i "Bilim ve bilim politikası süreçlerini kamuya açmanın gerekliliğini ön plana çıkaran bilimsel yurttaşlık kavramlarını geliştirmek" olarak tanımlar. Irwin, vatandaşlar ve bilim arasındaki ilişkinin iki boyutunu talep etmeye çalıştı: 1) bilimin vatandaşların kaygılarına ve ihtiyaçlarına cevap vermesi gerektiğini ve 2) vatandaşların güvenilir bilimsel bilgi üretebilmeleri. Irwin'in çalışmalarından habersiz Amerikalı ornitolog Rick Bonney, Sivil Bilim'i, amatör kuş gözlemcileri gibi bilim insanlarının gönüllü olarak bilimsel verilere katkıda bulunduğu projeler olarak tanımladı. Bu, Irwin'in terim kavramından ziyade, bilimsel araştırmalardaki vatandaşlar için daha sınırlı bir rol açıklamaktadır.

Shirk & Booney (2015) Sivil bilim terimi, kamuoyunun ve profesyonel bilim adamlarının ortak meselelerle ilgili soruları ve sorunları ele almak için ortaklık olarak tanımlamaktadır. Sivil Bilim birçok formda ele alınabilir. Bunlardan birincisi, bilimsel araştırmalar için **veri toplama**ktır. Veri toplama projeleri, özellikle ekoloji ve doğal kaynaklar yöneticileri tarafından iyi bilinir. Örneğin; her yıl noel'den önce başlayıp, yeni yılda bitirilen kuş sayımın, Kanada Kuş Araştırmaları ve Amerikan Ulusal Audubon Derneğinin ortak çalışmasıyla 1900 yılından bu yana yapılıyor (Şekil 3). Her iki derneğin belirlediği alanlarda, dürbünleriyle günlerce kuşları izleyen doğasever sivil insanlar, tuttukları kayıtları yetkililere veriyorlar. (Society, 2018) Sivil Bilim projelerinin ikinci kategorisi ise, halkın büyük miktardaki veriyi, yönetmesi, düzenlemesi, yorumlamasıdır. Örneğin, tüm dünyadaki, hayvanlar ve onların davranışlarını fotoğraflayan fotoğrafçılar. Katılımcılar, yönetilemez miktardaki bilginin işlenmesi ve incelenmesine yardım ederek veri işleme projelerinde kritik bilimsel rol oynamaktadır. (Shirk & Rick, 2015)

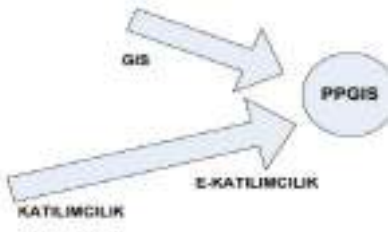


Şekil 3. Noel öncesi kuş sayımı.

Sivil Bilim, aynı zamanda Oxford İngilizce Sözlükte şöyle tanımlanmaktadır; Doğal dünya ile bağlantılı verilerle bağlantılı olan Veri toplanması ve analizinin, genellikle profesyonel bilim adamları ile işbirlikçi projelerin parçası olan kamuoyu tarafından yapılmasıdır. (Dictionaries, 2018)

2.3. Katılımcı Coğrafi Bilgi (PGIS)– Toplumsal Katılımlı CBS (PPGIS)

CBS'nin kullanıldığı Yönetimsel süreçlerden etkilenen toplulukların planlama ve yönetim süreçlerine etkin olarak katılımı üzerinde durulmaktadır (Şekil 4). Bu da literatürde 'PPGIS'(Public Participation GIS) diye ifade edilen, toplumsal katılımcı CBS (TK-CBS) uygulamaları ve çalışmalarından oluşmaktadır. (Şeremet & Alaeddinoğlu, 2017)

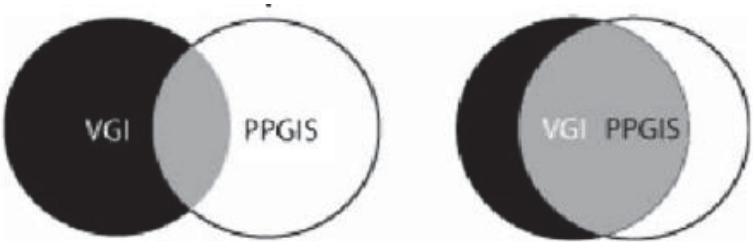


Şekil 4 .PPGIS oluşum süreci *(Atilla, 2009)*.

Katılımcı Coğrafi Bilgi ile de uzman ve amatör kullanıcılar bir arada çalışır. Gönüllü Coğrafi Bilgi ile coğrafi veri üretimi ve paylaşımı aşamasında uzmanlar yer almaz. Katılımcı Coğrafi Bilgi ile yine kullanıcıların veri üretmesi söz konusudur ama burada veriler uzman denetiminden geçmesi gerekmektedir.

Toplum Katılımlı CBS (PPGIS), sivil toplum örgütlerinin, taban gruplarının ve toplum temelli örgütlerin hedeflerini desteklemek için CBS'nin değerinin yanı sıra politika oluşturma konusundaki kamusal katılımı genişletmek için coğrafi bilgi sistemlerinin (GIS) kullanımıyla da ilgilidir. (Sieber, 2006)

GCB ve Katılımcı CBS arasındaki ayrım her zaman açık olmayacaktır. Çünkü bazı gönüllüler karar sürecinde kendilerini daha etkili konuma sokma amacıyla veri oluşturacak ve paylaşacaktır. Şekil 5'te görüldüğü gibi ancak %20 veya %80 ile örtüşüp örtüşmedikleri belirsizdir. Burada sunulan örneklerden açıkça görülebileceği gibi, popüler tanımlara veya PPGIS anlayışına kolaylıkla uymayan VGI alanları vardır, ancak grupların ortak çıkarları iki alanı tamamen ayırmayı zorlaştırmaktadır. Temel ayrımlardan biri, VGI'nın uygulamalar ve bilgiler hakkında daha fazla olduğu ve PPGIS'in süreç ve çıktıyla daha ilgili olduğu ortaya çıkabilir. (Tulloch, 2008)



Şekil 5. (GCB) VGI ve PPGIS (Toplum Katılımcı GIS) arasındaki örtüşmeyi dikkate alan kavramsal bir diyagram *(Tulloch, 2008).*

Katılımcı CBS (Partipatory GIS), literatürde çeşitli etiketlerde isimlendirilmektedir; Katılımcı CBS (Participatory GIS (PGIS)), Toplum Katılımcı CBS (Public Participation GIS (PPGIS)), ve Toplum Bütünleşmiş CBS (Community integrated GIS) (Dunn, 2007).

Gelernter (2010) Neogeography başlıklı kitap bölümünde Toplum Katılımlı CBS (PPGIS) ve Katılımcı CBS(PGIS) için, her ikisinin de konumlar hakkında karar verme mekanizmasında bilgi sağlamak olduğunu belirtmektedir. Katılımcı CBS (PGIS), uzman bilgisi ile konum hakkında tutulan geniş çaptaki bilgileri bütünleştirme girişiminde bulunmaktadır. Buna karşılık, Toplum Katılımlı CBS (PPGIS), geniş katılımlı toplum fikirlerine odaklanır. (Gelernter, 2010)

3. YAZIN ARAŞTIRMASI

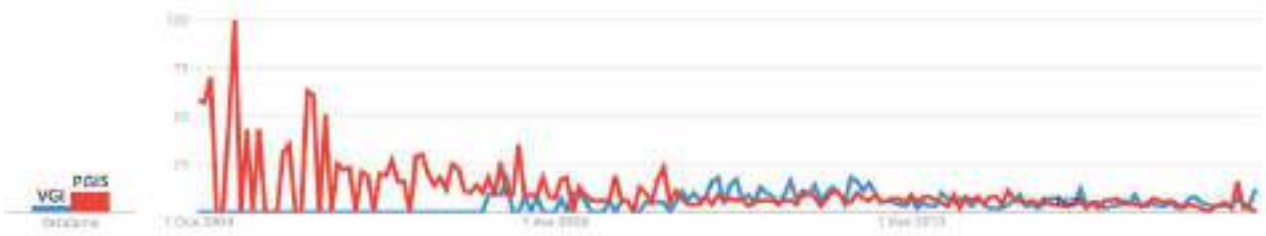
Gönüllü Coğrafi Bilgi terimini ilk kullanan Michael Goodchild başta olmak üzere, Haklay, gibi bilim adamlarının GCB alanında birçok makalesi bulunmaktadır. Sivil Bilim alanında ise Alan Irwin ve Rick Bonney bu alanda öncülük etmiştir. Toplum Katılımlı CBS (PPGIS) ise Renee Sieber makalelerinde bahsetmiştir. (Sieber, 2006)

Anbaroğlu (2017), Gönüllü Coğrafi Bilgi: Mekânsal Bilişim Çalışmalarına Web 2.0 Devrinde Yeni Bir Yaklaşım başlıklı makalesinde, Gönüllü Coğrafi Bilgi tanımlarına yer vermekte (Şekil 6) ve GCB'nin veri kalitesi, motivasyon ve katılım gibi özelliklerine değinmektedir.

Güçlü Yönler	**Zayıf Yönler**
• Mekân ve zamanda daha sık veri • Çok kişiye ulaşma • Farkındalık oluşturma	• Veri kalitesi • Bir GCB projesi başlatmak için teknik bilgi ve becerinin eksikliği
Fırsatlar	**Tehditler**
• Genç nüfus artışı • İnternete erişim kolaylığı • Ucuzlayan sensörler	• Veri doğrulanması için ek kaynak • Gönüllülerin motivasyon eksikliği

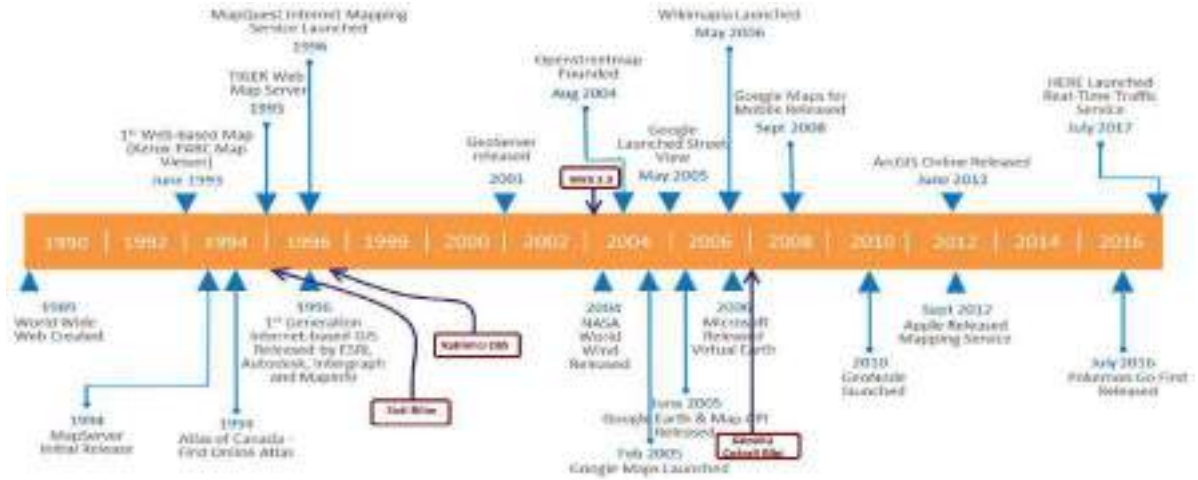
Şekil 6. GCB'nin SWOT Analizi.

Şekil 7'de Google Trends üzerinden alınan grafikte, 2004-2018 yılları arasında Google'da yapılan aramalarda, "Volunteered Geographic Information" (Gönüllü Coğrafi Bilgi) ve "Participatory GIS" (Katılımcı CBS) terimleri arama sayıları karşılaştırılmaktadır. 2007 yılına kadar Katılımcı CBS daha çok aratılırken, 2007'de çıkan GCB terimi sonrasında Katılımcı CBS arama sayıları azalmış ve GCB ile dengelenmektedir.



Şekil 7. 2004-2018 Yılları arasında "Volunteered Geographic Information" ve "Participatory GIS" terimleri ile yapılan Google arama sonuç sayısı karşılaştırması.

Şekil 8'de önemli GIS olaylarını içeren bir zaman çizelgesi gösterilmektedir. Web 2.0'ın internet dünyasına girişi ile kullanıcı toplulukları yalnızca coğrafi bilgi ve haritalar tüketicileri değil, aynı zamanda dünyamızın ortak bilgisine katkıda bulunan üreticiler de olmaktadırlar. GCB uygulamalarından OpenStreetMap ve Wikimapia kurulduğu yıllar, Web 2.0 sonrasına rastlamaktadır.



Şekil 8. CBS içerikli gelişmeleri içeren Zaman Çizelgesi *(Veenendaal, Brovelli, & Li, 2017)*.

Literatürde karşımıza çıkan önemli bir konuda, uzman olmayan vatandaştan edinilen verinin kalitesi ve güvenirliğidir. Ucuzlayan sensörler ve Internet'e erişimin kolaylaşmasıyla sivil katılımla sağlanan veri miktarındaki artışlar toplanan verinin ne ölçüde güvenilir olduğunu tartışmaya açmaktadır. Bunun yanında sayıları azalan profesyonel denetim personeli ve ihmal edilen kalite kontrol standartları ile sivil katılımla toplanan veriye güven konusunda endişeler vardır. (Kocaman, Anbaroğlu, Uğurlu, & Demir, 2017)

Kullanıcı tarafından oluşturulan gönüllü bilginin güvenirliği ile ilgili, Amazon gibi sitelerdeki puanlama sistemi örnek olarak gösterilebilir. Kullanıcılar Amazondaki bir ürün veya Wikipedi'deki bir bilgiye yapılan yorum ve puan sayısına dikkat etmektedirler. Çoğu, bir Wikipedia makalesine daha fazla referans, ya da daha fazla yazar ya da katkıda bulunanların, daha az önyargılı ve dolayısıyla daha güvenilir bilgiler üreteceğine karar vermektedir. Bu bulgular, mevcut GCB sistemlerinin popülaritesi ve kullanımı arttıkça, hem algılanan güvenilirliklerinin hem de gerçek veri kalitesinin zaman içinde artacağını göstermektedir. Bununla birlikte, aynı zamanda, hangi GCB sistemlerinin ve kaynaklarının güvende olacağını bilme sorunları, bu sistemlerin kullanımını etkilemeye devam edecektir. (Flanagin & Metzger, 2008)

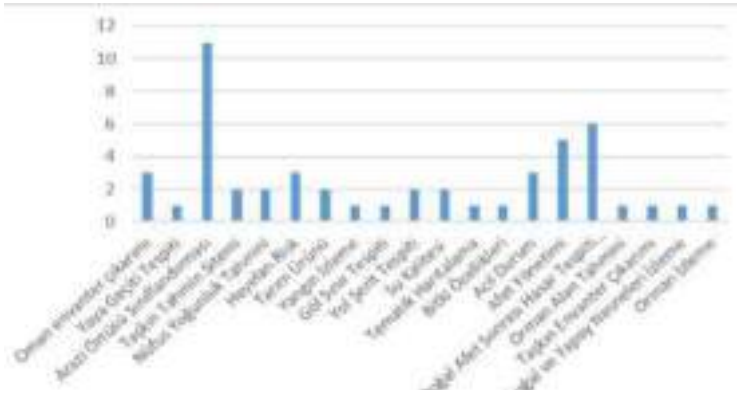
Taşkanat vd. (2108) Kentsel Sorunların Yönetimi için Bir Gönüllü Coğrafi Bilgi Mobil Uygulaması Geliştirilmesi başlıklı çalışmalarında, iOS için bir mobil uygulama geliştirmişlerdir (Şekil 9). Bu uygulama ile kullanıcılar herhangi bir yerde meydana gelen kentsel bir sorunu mobil uygulama aracılığı ile konum, fotoğraf, tanımlayıcı verileri sisteme yüklemektedirler. Sistem, buradan gelen bilgiyi ilgili kurum veya kuruluşlara iletir. İlgili kurum/kuruluş sorunu çözdükten sonra sisteme rapor yükler. Tüm kullanıcılar bu raporları görebilmektedir. Bu çalışmada; sıkıntılı bir süreç

olan kentsel sorunların yönetimi için GCB üretmeye dayalı vatandaş ve yetkili kurum arasındaki iletişimi artıracak bir mobil uygulama geliştirilmesi amaçlanmıştır. (Taşkanat, Karaağaç, Beşdok, & Bostancı, 2018)



Şekil 9. Mobil Uygulama Ekran Görüntüleri.

Saralıoğlu ve Güngör (2018) Kitle Kaynağın Uzaktan Algılamada Kullanımı başlıklı makalesinde, uzaktan algılama biliminde kitle kaynağın kullanım alanları incelenmiştir. Yapılan çalışma, uzaktan algılama biliminde kitle kaynağın kullanımının oldukça yeni olduğunu göstermektedir. Basılan yayınlara göre kitle kaynak, uzamsal problemlerin çözümünde geleneksel algoritmalara oranla çok daha doğru sonuç veren çözümler üretebilmektedir. Şekil 10'da Kitle



Şekil 10. Kitle kaynak uygulama alanları.

kaynak kullanılan uygulama alanlarına bakıldığında, en çok yapılan çalışmaların arazi örüsü sınıflandırması (11), doğal afet sonrası hasar tespiti(6), afet yönetimi(5), acil durum(3) orman envanter çıkarımı (3) olduğu görülmektedir. (Saralıoğlu & Güngör, 2018).

4. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Web 2.0 sonrası ve mobil cihazların kullanıcı sayısının artması, insanların bilime katkı sağlamasını kaçınılmaz hale getirmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde ise bu katkı, literatürde farklı terimler ile ifade edilmektedir; Kitle Kaynak, Gönüllü Coğrafi Bilgi, Sivil Bilim, Katılımcı CBS, Toplum Katılımlı CBS, Neocoğrafya gibi. Bu bildiride, GCB, Sivil Bilim ve Katılımcı CBS arasındaki benzerlik ve farklılıklar incelenmektedir.

Bu terimler arasındaki ortak konu gönüllü ve uzman olmayan vatandaşlar tarafından bilime yapılan katkıdır. Taranan makaleler göstermektedir ki; vatandaş katılımı yok sayılamaz. Güne uyanır uyanmaz eline telefonunu alan, konumuna göre hava durumuna bakan, instagram, twitter, Flicker, Facebook vb sosyal ortamlarda coğrafi etiketli fotoğraf paylaşan, OpenStreetMap ile harita oluşturan, Yandex Navigasyon ile trafik sıkışıklığının neden kaynaklandığını paylaşan, satın alacağı bir ürünün kendisine en yakın hangi mağazasında satıldığını, ürün web sitesine girerek mevcut konumuna göre en yakın ürün bulunan mağazayı bulan ve en kısa yol tarifini alan vatandaşlar yadsınamaz. Bu kullanıcıların ürettiği veri incelenmeli ve bilime katkısı desteklenmelidir.

GCB ile Sivil bilim arasındaki ortak konu, vatandaşın bilime katkısı, ayrılan noktası ise, GCB'de vatandaşın özellikle CBS ile ilgili veri üretme ve paylaşma çabasında olmaması, bazen trend olduğu için, bazen eğlence için, bazen de afet durumlarında (Sevinç & Karaş, 2018) (ihtiyaçtan) coğrafi veri üretmesi ve paylaşmasıdır. Fakat Sivil Bilim'de vatandaşın özellikle bilime katkıda bulunma isteği ve motivasyonu vardır. Her sivil bilim projesi, coğrafi veri içermez.

Katılımcı CBS veya Toplum Katılımlı CBS, ise aslında süreci ifade eder. Bir konuda CBS'den yararlanırken, uzman olmayan halkında bu süreç içerisinde yer alması ve fikir belirtmesidir. Katılımcı CBS, süreç içerisinde amatör vatandaş olması sebebiyle diğer iki terimden ayrılmaktadır.

Ayrıca Türkiye'de bu terimler ile yapılan yayınlara baktığımızda genellikle 2016 yılı sonrası dikkat çekmektedir. Ülkemizde de yeni yeni değer kazanan ve incelenmesi gereken alanlardan birisidir.

5. TEŞEKKKÜR

Bu çalışma, Karabük Üniversitesi BAP projesi kapsamında gerçekleşmiştir. KBÜBAP-18-YL-013 no'lu projeye vermiş olduğu destekten dolayı Karabük Üniversitesi Rektörlüğü BAP Koordinatörlüğüne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Anbaroğlu, B., (2017). Gönüllü Coğrafi Bilgi: Mekânsal Bilişim Çalışmalarına Web 2.0 Devrinde Yeni Bir Yaklaşım. *Harita Dergisi, 158*, 1-9.

Atilla, M. H.,(2009). *Kentsel Tasarımda Bilgisayar Destekli Toplum Katılımı: Üsküdar Meydanı Örneklem Alanına Tkcbs (ppgıs) Yönteminin Uyarlanması.* İstanbul: İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

Dictionaries, Q., (2018, 08). *Definition of citizen science in English:*. Qxford Dictionaries: https://en.oxforddictionaries.com/definition/citizen_science adresinden alındı

Dunn, C. E., (2007). Participatory GIS – a people's GIS? *Progress in Human Geography, 31*(5), 616-637. doi:10.1177/0309132507081493

Flanagin, A. J., & Metzger, M. J., (2008). The credibility of volunteered geographic information. *GeoJournal, 72*, 137-148. doi:10.1007/s10708-008-9188-y

Gelernter, J., (2010). Neogeography. &. R. T. Dumova içinde, *Handbook of Research on Social Interaction Technologies and Collaboration Software: Concepts and Trends* (s. 439-450). Hershey, PA: IGI Global. doi:10.4018/978-1-60566-368-5.ch039

Goodchild, M. F., (2007). Citizens as Sensors: The World of Volunteered Geography. *GeoJournal, 69*(4), 211-221. doi:10.1007/s10708-007-9111-y

Haklay, M., (2013). Citizen Science and Volunteered Geographic Information – overviewand typology of participation. S. E. Daniel Sui içinde, *Crowdsourcing Geographic Knowledge* (s. 105-122). Berlin: Springer.

Kim, H., (2014, July 7). *Collecting the list of VGI-related projects and induce their relevant categories – week 7.* DataONE: https://notebooks.dataone.org/citsci-data/collecting-the-list-of-vgi-related-projects-and-induce-their-relevant-categories-week-7/ adresinden alındı

Kim, H., (2018). *Difference Between Citizen Science and VGI - week 6.* DataOne: https://notebooks.dataone.org/cirsci-data/difference-between-citizen-science-and-vgi-week-6/ adresinden alındı

Kocaman, S., Anbaroğlu, B., Uğurlu, A., & Demir, N., (2017). Coğrafi Bilgi Teknolojilerinin Sivil Bilimdeki Yeri. *Tufuab IX. Teknik Sempozyumu* (s. 319-322). Afyon: TUFUAB.

Saralıoğlu, E., & Güngör, O., (2018). Kitle Kaynağın Uzaktan Algılamada Kullanımı. *Engineering Sciences*, 37-52. http://dergipark.gov.tr/nwsaeng/issue/34529/348045 adresinden alındı

See L, M. P.-Y.-R.-M., (2016). Crowdsourcing, Citizen Science or Volunteered Geographic Information? The Current State of Crowdsourced Geographic Information. *ISPRS International Journal of Geo-Information, 5*(5), 55. doi:10.3390/ijgi5050055

Sevinç, H. K., & Karaş, İ. R., (2018). The Role Of Volunteered Geographıc Informatıon Applıcatıons In Dısaster Management. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, *XLII-3/W4*, s. 469-473. İstanbul. doi:10.5194/isprs-archives-XLII-3-W4-469-2018

Shirk, J., & Rick, B., (2015). Developing a Citizen Science Program: A Synthesis of Citizen Science. *Cornell Lab of Ornithology*.

Sieber, R., (2006). Public Participation Geographic Information Systems:A Literature Review and Framework. *Annals of the Association of American Geographers, 96*(3), 491-507. doi:10.1111/j.1467-8306.2006.00702.x

Society, N. A., (2018, Ağustos). *Chrismas Birds Count.* Audubon: https://www.audubon.org/about adresinden alındı

Şeremet, M., & Alaeddinoğlu, F., (2017). Coğrafi Bilgi Sistemlerinde (CBS) Farklı Bir Perpektif: Eleştirel CBS'ye Yönelik Bir Literatür Analizi. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 187-194.

Taşkanat, T., Karaağaç, A., Beşdok, E., & Bostancı, B. (2018). Kentsel Sorunların Yönetimi için Bir Gönüllü Coğrafi Bilgi Mobil Uygulaması Geliştirilmesi. *Geomatik, 3*(1), 84-91. doi:10.29128/geomatik.371144

Tulloch, D. L. (2008). Is VGI participation? From vernal pools to video games. *GeoJournal*(72), 161-171.
Veenendaal, B., Brovelli, M. A., & Li, S. (2017). Review of Web Mapping: Eras, Trends and Directions. *ISPRS International Journal of Geo-Information, 6*(10), 317. doi:10.3390/ijgi6100317

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6181

3 BOYUTLU ŞEHİR MODELİ OLUŞTURMA VE WEB TABANLI GÖRSELLEŞTİRME

Mehmet BÜYÜKDEMİRCİOĞLU[1], Sultan KOCAMAN[2], Ümit IŞIKDAĞ[3]

[1]Yük.Müh., Hacettepe Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 06800, Beytepe, Ankara, mbuyukdemircioglu@hacettepe.edu.tr
[2]Doç.Dr., Hacettepe Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 06800, Beytepe, Ankara, sultankocaman@hacettepe.edu.tr
[2]Doç.Dr., Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Enformatik Bölümü, 34380, Şişli, İstanbul, umit.isikdag@msgsu.edu.tr

ÖZET

3 boyutlu şehir modelleri günümüzde şehirlerin etkili yönetimi için artık bir zorunluluk hâline gelmiştir ve afet yönetimi, navigasyon, güneş potansiyeli ve planlama simülasyonları gibi farklı amaçlarla kullanılabilmektedir. Bu modeller sadece görsel bir model olmanın dışında, modele eklenebilen semantik bilgiler yardımıyla tematik sorgular ve analizler yapılmasına imkân verebilmektedir. Şehir modelleri üretimi farklı veri kaynaklarından farklı yöntemler kullanılarak yapılabilmektedir. Bu çalışmada BÖHYY (Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliği) göre Türkiye'de üretilmekte olan fotogrametrik halihazır harita verileri ve stereo hava fotoğrafları kullanılarak bir yarı-otomatik 3 boyutlu şehir modeli üretimi için iş akış şeması geliştirilmiştir. Çalışmanın amacı fotogrametrik yöntemlerle üretilmiş olan verilerle, ek veri alımına ihtiyaç kalmadan şehir modeli üretmektir. Çalışma esnasında olabildiğince açık kaynak kodlu veya eğitim/araştırma lisansı ücretsiz olan yazılımlar tercih edilmiştir. Yöntemin uygulaması için Çeşme / İzmir bölgesine ait geniş formatlı dijital hava kamerası görüntüleri ve bu projeden üretilmiş hâlihazır harita verileri yardımıyla 3 boyutlu şehir modeli üretimi LoD2 seviyesinde yarı-otomatik olarak gerçekleştirilmiştir. Üretilen model otomatik olarak fotograflardan giydirilmiş, öznitelik bilgileri ve sayısal arazi modeli ile birlikte web üzerinde görselleştirilmiştir. Web üzerinde görselleştirilen model www.cesme3d.com adresinde internet üzerinden yayına açılmıştır. Çalışma boyunca karşılaşılan sorunlar not edilerek sonuç bölümünde bu sorunların çözümüne dair yaklaşımlar belirtilmiştir.

Anahtar Sözcükler: 3 boyutlu şehir modeli, görselleştirme, sayısal yüzey modeli, sayısal arazi modeli

ABSTRACT

IMPLEMENTATION AND WEB-BASED VISUALIZATION OF 3D CITY MODELS

3D city models have become crucial for a better city management, and can be used for various purposes such as disaster management, navigation, solar potential computation and planning simulations. 3D city models are not only visual models, and thematic queries and analyzes can be performed with the help of semantic data. They can be produced using different data sources and methods. In this study, basemaps and large-format aerial images, which are produced in accordance with the regulations of large-scale map production in Turkey (called BOHYY) have been used to develop a workflow for semiautomatic 3D city model generation. The aim of this study is to generate a 3D city model from existing aerial photogrammetric datasets without any additional data acquisition or costly manual processing. During the prodution, open source software or other tools with free educational/research licences have been preferred. As a result, a 3D city model has been generated with semi-automatic methods at LoD2 of CityGML using the data of study area near Çesme / Izmir. The generated model is automatically textured and visualized on the web along with the attribute information and digital terrain model. The model is published on the web at www.cesme3d.com. The problems encountered throughout the study and approaches to solve them are presented here.

Keywords: 3D city model, visualisation, DSM, DTM

1. GİRİŞ

3 Boyutlu şehir modelleri günümüzde şehirlerin planlanması ve yönetilmesi açısından önemli birer araç hâline gelmiştir. Şehir modellerinde bulunan objelere anlamsal bilgilerin eklenmesi, modellerin sadece birer görsel araç olmaktan çıkıp üzerinde çeşitli sorgular ve simülasyonlar yapılabilen birer araç hâline gelmesini sağlamıştır. 3 boyutlu şehir modeli üretimi LiDAR nokta bulutu (Kada ve McKinley, 2009), hava fotoğrafları (Haala ve Kada, 2010; Haala vd., 2015), uydu görüntüleri (Kocaman vd., 2006; Kraus vd., 2007), İHA görüntüleri veya kadastro haritaları ile SYM kombinasyonundan (Flamanc vd., 2003) üretilebilir. Bu modellerin kullanım alanları ve uygulamaları sürekli olarak gelişmektedir. 3 Boyutlu şehir modellerinin görselleştirme, simülasyon, afet yönetimi ve navigasyon gibi 29'dan fazla kullanım alanı mevcuttur (Biljecki vd., 2015). Günümüzde şehirler yüzbinlerce hatta milyonlarca yapıdan oluşmaktadır. Bu kadar fazla sayıda yapının manuel olarak çizilmesi ve anlamlandırılması çok fazla iş gücü ve maaliyeti beraberinde getirmektedir. Fotogrametri, 3 boyutlu yüzey çıkarımında yaygın olarak kullanılmaktadır ve 3 boyutlu şehir modelleri için veri üretiminde en çok tercih edilen teknolojilerden biridir (Şengül, 2012).

Bu çalışmada Türkiye'de üretilen fotogrametrik halihazır harita verileri kullanılarak bir yarı-otomatik 3 boyutlu şehir modeli üretimi potansiyeli incelenmiştir. Çalışmada Çeşme / İzmir bölgesine ait veriler kullanılarak yarı-otomatik olarak bir 3 boyutlu şehir modeli oluşturulması ve web üzerinde görselleştirilmesi için iş akış şeması geliştirilmiştir.

2. UYGULAMA

Çalışma alanı 260 km² büyüklüğündeki tüm Çeşme ilçesinin tamamını kapsamaktadır. Hava fotoğrafı alımı %80 enine %60 boyuna bindirmeli olarak 2016 yılının Mayıs ayında gerçekleştirilmiştir. Fotoğraflar 8 cm yersel çözünürlükte olacak şekilde deniz seviyesinden yaklaşık 1500 m yükseklikte çekilmiştir. Yer kontrol noktası tesis ve ölçümler, yapılmış, aynı zamanda GNSS ve IMU teknolojileri dış yöneltme parametrelerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Hâlihazır harita üretimi ve kıymetlendirme fotogrametri operatörleri tarafından gerçekleştirilmiştir. Eş yükselti eğrileri, şevler ve fotogrametrik yükseklik noktaları kullanılarak tüm alana ait bir sayısal arazi modeli üretilmiştir. Son olarak ise tüm alana ait 10 cm çözünürlüğünde ortofoto üretimi yapılmıştır.

Otomatik olarak CityGML formatı LoD2 seviyesinde şehir modeli üretimi için BuildingReconstruction (2018) yazılımı seçilmiştir. Bu yazılımı girdi verisi olarak bina izdüşümleri, sayısal yükseklik modeli ve sayısal arazi modelini beraber kullanarak, bina geometrilerini otomatik olarak istenilen öznitelik bilgileriyle beraber üreterek CityGML formatında kaydetmeye imkân vermektedir. Üretilen model otomatik doku kaplaması yapılarak web üzerinde görselleştirilmiştir.

2.1 Bina İzdüşümü ve Öznitelik Üretimi

Mevcut BÖHYY'ne göre üretilmiş hâlihazır harita verilerinde binaların dış çatı sınırı baz alınarak çizilmiş izdüşümleri bulunmaktadır. BÖHYY'ne göre üretilen fotogrametrik hâlihazır haritalar genellikle 200'den fazla CAD katmanı içerirler. Bu katmanlardaki veri ve bilgiler bina izdüşümlerini ve bazı öznitelikleri çıkartabilmek için yeterlidir. Hava fotoğraflarından bina zemin sınırlarının çizilmesi mümkün olmadığından, bina çatılarının dış sınırları bina izdüşümü olarak kabul edilmiştir. Yapılar kullanım türlerine göre mesken, ticari, okul gibi farklı katmanlarda saklanmışlardır. Binalara ek olarak aydınlatma direkleri, yollar gibi diğer yapılar da operatörler tarafından çizilmiştir.

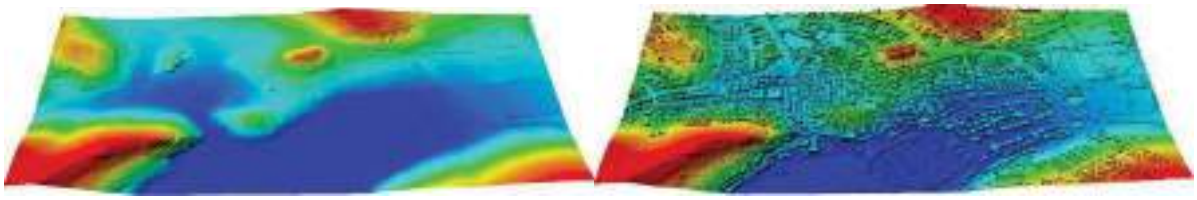
Hâlihazır haritaya ait vektör veriler *dgn* formatında olup herhangi bir öznitelik bilgisine sahip değildir. Üretilecek olan şehir modelinde bulunan objeler öznitelik bilgilerini desteklemektedir. Çalışmada kullanılan BuildingReconstruction yazılımı, bina izdüşümlerini ESRI Shapefile formatında girdi olarak kabul etmektedir. FME yazılımı kullanılarak bina izdüşümlerine ait vektör veriler, yeni öznitelik bilgileri üretilerek Shapefile formatına dönüştürülmüştür. Bu öznitelik bilgileri daha sonra üretilen şehir modeline ait binalara eklenerek çeşitli sorgular yapılmasını sağlamaktadır.

2.2 Sayısal Arazi Modeli Üretimi

Sayısal Arazi Modeli (SAM), üzerinde insan yapısı ve bitki örtüsü olmayan çıplak dünya yüzeyinin 3 boyutlu olarak gösterimidir. Bu çalışmada arazi modeli, binaların zemin ile doğru biçimde kesişmesini sağlamak amacıyla kullanılmıştır. Eğer bina modelleri araziden yüksekte veya içerisinde oluşursa bu hatalı bir görüntüye sebep olacaktır. SAM üretilirken stereo hava fotoğrafları yardımıyla manuel olarak kıymetlendirilmiş eş yükselti eğrileri, şevler ve fotogrametrik yükseklik noktaları kullanılmıştır. Bu veriler FME yazılımı yardımıyla Delaunay üçgenlemesi yöntemiyle üçgenlenerek, bir metre çözünürlüğünde raster sayısal arazi modeli oluşturulmuştur. Arazi modeli oluşturulurken her bir pikselin yükseklik değerine sahip olmasına dikkat edilmiştir.

2.3 Sayısal Yüzey Modeli Üretimi

Görüntü eşleme yöntemleri ile LiDAR verisinden daha yoğun bir nokta bulutu üretilebilmektedir (Nex ve Remondino, 2012). Sayısal Yüzey Modeli (SYM) üretimi için üretim kalitesi (tamlık, yoğunluk ve doğruluk) ile üretim hızı arasında optimum bir denge elde etmek için birçok farklı yazılım denenmiştir. Üretim sırasında işlemci ile birlikte ekran kartını birlikte kullanan Agisoft Photoscan Pro (2018) yazılımı üretim hızı ve kalite olarak en ideal yazılım olarak belirlenmiştir. SYM elimizde bulunan %80 boyuna %60 enine bindirmeli hava fotoğrafları ve bu fotoğraflara ait dengelenmiş dış ve iç yöneltme parametreleri kullanılarak Agisoft Photoscan Pro yazılımı üretilmiştir. BuildingReconstruction yazılımı bina geometrilerini ideal doğrulukta üretebilmek için girdi verisi olarak 25 cm çözünürlüğünde bir sayısal yükseklik modeli istemektedir. Bu parametre göz önünde bulundurularak, 25 cm çözünürlüğünde sayısal yükseklik modeli üretilerek, raster formatında kaydedilmiştir.



Şekil 1. Üretilen sayısal Arazi Modeli ve Sayısal Yükseklik Modeli.

2.4 Otomatik 3 Boyutlu Şehir Modeli Üretimi

Yarı-otomatik kent modeli üretiminde, üretimin bazı kısımları kullanıcı tarafından manuel olarak gerçekleştirilirken, tam otomatik üretimde üretim hiçbir müdahale olmadan otomatik olarak yazılım algoritması tarafından gerçekleştirilir (Suveg ve Vosselman, 2004). Şehir modelinde bulunan binalara ait modelleri otomatik olarak üretebilmek için BuildingReconstruction yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım bina izdüşümleri, SYM ve SAM kullanarak, otomatik olarak bina geometrilerini CityGML ve Shapefile formatında üretebilmektedir. Bu yöntemin temel avantajı, 3 boyutlu şehir modellerinin binaların zengin semantik bilgiler ve tematik özellikleri ile birlikte otomatik olarak üretilmesidir. Eğer büyük alanlarda üretim yapılması planlanıyorsa, verilerin 1 km² veya daha küçük alanlara bölünmesi gerekmektedir. Çatı geometrisini tespit etmek ve üretmek için BuildingReconstruction yazılımında modele dayalı bir yaklaşım kullanılır ve dünya genelinde kentsel alanlarda yaygın olarak kullanılan 32 tip çatı geometrisi içeren bir kütüphane kullanılarak üretim yapılır. Her bir girdi olarak verilen bina izdüşümü için bağımsız bir 3 boyutlu bina geometrisi üretimi yapılır. Üretilen bina geometrisinin, yüzeyler arasında herhangi bir delik ya da boşluk olmaksızın tamamen kapatılması ve ayrıca bina izdüşümleri ile tamamen uyumlu şekilde üretilmesi sağlanmaktadır. Yazılım aynı zamanda grafik arayüzüyle kullanıcılara bina geometrileri üzerinde manuel düzenleme yapmasına imkân tanımaktadır.

Basit çatı tiplerine sahip binalar genel olarak karmaşık olanlardan daha doğru bir şekilde üretilmektedir. Bu sorun, yazılımın karmaşık çatı tiplerini kütüphanesinde bulunan modeller ile eşleştirememesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, çatılardaki küçük parçalar çoğunlukla yazılım tarafından göz ardı edilmektedir. Modele dayalı üretimin ana avantajı, hızlı bir şekilde doğru geometriye sahip ve yüzeyler arasında boşluk olmayan model üretimi gerçekleştirmesidir. En büyük dezavantajı ise karmaşık geometriye sahip çatı modellerini doğru üretememesidir.

CityGML, 3 boyutlu şehir modellerinin saklanması ve değişimi için kullanılan açık kaynaklı bir veri tipidir (Gröger ve Plümer, 2012). Yazılım kütüphane bazlı üretim yapmaktadır ve kütüphanesinde 32 adet farklı çatı modeli bulunmaktadır. Sayısal yükseklik modelini kullanarak çatı modelinin yapısını, sayısal arazi modelini kullanarak ise binanın yüksekliğini ve araziyle kesiştiği nokta ile birlikte, çatı alanı, çatı eğimi gibi bina yüzeylerine ait öznitelikleri otomatik olarak hesaplamaktadır. Girdi olarak verdiğimiz bina izdüşümü verisinde bulunan özniteliklerle yazılımın üretmiş olduğu öznitelikler birleştirilerek, şehir modeli CityGML yapısında öznitelik verileri ile birlikte kaydedilmiştir.

2.5 Bina Modellerine Otomatik Doku Kaplanması

CityGML veri yapısı bina modellerinin kaplama almasını desteklemektedir. Özellikle görselliğin ön planda olduğu ve modele ait gerçekliğin artırılması gereken durumlarda şehir modelleri ve binalar kaplama almalıdır. Kaplamalar aynı zamanda otomatik modelleme esnasında yanlış üretilen geometrik hataların tolere edilmesini sağlamaktadır. 3 boyutlu şehir modellerinde en önemli kriterlerden birisi gerçeğe yakın modeller oluşturmaktır. Bu en hızlı ve ekonomik olarak bina kaplamaları ile sağlanabilir. Bina kaplamaları için CityGRID Texturizer yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım stereo hava fotoğrafları ve bu fotoğraflara ait iç ve dış yöneltme parametrelerini kullanarak, CityGML formatında üretilmiş olan bina modellerinin otomatik olarak doku giydirilmesini sağlamaktadır. Üretilen binalara ait modelin hem dokusuz ve hem de doku giydirilmiş görüntüleri Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Üretilen modelin doku giydirilmemiş görünümü (sol) ve doku giydirilmiş görünümü (sağ).

Otomatik doku giydirilmesi farklı kaynaklardan farklı yöntemlerle elde edilmiş fotoğraflar yardımıyla yapılabilir. Bu işlem için fotoğrafların 10cm veya daha iyi çözünürlüğe sahip olması, iyi bir giydirme işlemi için yeterli olacaktır. Bu çalışmada otomatik kaplama işlemi 8 cm çözünürlüğe sahip geniş formatlı hava fotoğrafları ile gerçekleştirilmiştir. Hâlihazır harita üretiminde fotoğrafların radyometrik kaliteleri herhangi bir öneme sahip değildir; fakat otomatik doku kaplamada radyometri çok büyük bir öneme sahiptir. Görüntülerin keskinliği ve renklerin canlılığı kaplamanın kalitesini, böylece şehir modelinin gerçek dünyaya benzerliğini artıracaktır. Bunun için hava fotoğraflarında kaplama işlemine başlanmadan önce renk tonları ve parlaklık değerlerinde iyileştirme yapılarak daha canlı ve etkileyici bir kaplama yapılması sağlanmıştır.

3. WEB TABANLI GÖRSELLEŞTİRME

Bilgisayar grafikleri ve web tabanlı son teknolojik gelişmelerle birlikte, sanal tarayıcılarda da web tarayıcıları üzerinde coğrafi verilerin görselleştirilmesi daha yaygın hâle gelmiştir. Web tabanlı görselleştirmenin en büyük avantajı, herhangi bir CBS yazılımına gereksinim olmaksızın her yerden erişilebilir olmasıdır. Virtual globe (sanal küre) kullanıcıların dünyayı 3D olarak görselleştirmelerine ve gezinmelerine olanak tanır (Schultz vd., 2008). CityGML, bir görselleştirme formatından ziyade 3 boyutlu şehir modellerini tanımlayan bir değişim formatıdır. Bu veriler web üzerinde görselleştirmeye uygun dosya formatlarına dönüştürülerek görselleştirilebilir. Çoğu 3D şehir modeli, sadece görselleştirme amacıyla kullanılmasına rağmen, yetenekleri ve uygulama alanları sürekli olarak artmaktadır. 3 boyutlu şehir modellerinin yetenekleri 2 boyutlu modellere göre çok daha hızla artmaktadır (Ellul ve Altenbuchner, 2014). Şehir modelleri web üzerinde, akıllı telefon veya tabletlerde (Klimke vd., 2014) hatta Unity gibi oyun motorları kullanılarak (Buyuksalih vd., 2017) görselleştirilebilmektedir.

Bu çalışmada üretilen 3 boyutlu şehir modeli ve arazi modeli, farklı formatlarda CesiumJS kullanılarak web üzerinde görselleştirilmiştir. CesiumJS, WebGL tabanlı çalışan açık kaynak kodlu bir JavaScript kütüphanesidir. WebGL, 2 boyutlu geleneksel haritalardan 3 boyutlu haritalara geçilmesini sağlamıştır (Cozzi ve Bagnell, 2013). CesiumJS kütüphanesi 2 ve 3 boyutlu coğrafi veri ile birlikte arazi modellerini görselleştirmeye imkân tanımaktadır. Görselleştirilen model üzerinde öznitelik bilgileri kullanılarak 3 boyutlu sorgular (yükseklik ölçümü, yüksekliğe göre renklendirme, bina tipine göre gösterme vb.) yapılabilmekte ve bina öznitelik bilgileri sorgulanabilmektedir.

3.1 Şehir Modeli Görselleştirme

Cesium 3D Tiles formatı, 3 boyutlu büyük coğrafi veri kümelerini görselleştirmek için geliştirilmiş bir veri formatıdır. Binalar, ağaçlar, vektör verileri gibi veri tiplerini web üzerinde görselleştirmeye imkân vermektedir. LoD2 seviyesinde üretilmiş ve doku giydirilmesi yapılmış şehir modeli, Cesium 3D Tiles formatına dönüştürülerek web üzerinde görselleştirilmiştir. Bu dönüşüm esnasında binaların sahip oluğu semantik bilgilerde kayıp yaşanmamasına dikkat edilmiştir. 3 boyutlu şehir modelinin sunumu ve analizi için CesiumJS kütüphanesi kullanılarak yeni bir web arayüzü geliştirilmiştir. Geliştirilen web arayüzü üzerinde şehir modelinin sahip olduğu semantik bilgiler kullanılarak, öznitelik sorguları ve farklı özelleştirme işlemleri yapılabilmektedir. Bina yüksekliğine göre renklendirme ve gösterme, interaktif olarak binalar üzerinden yükseklik ölçümü, altlık haritaları değiştirebilme gibi özellikler geliştirilen web arayüzüne eklenmiştir. Ayrıca gölge, sis ve hava koşulları gibi görsel efektler ve atmosferik değişiklikler web arayüzünden özelleştirilebilmektedir.



Şekil 3. Web arazüyünde öznitelik tablosu sorgusu ve styling gösterimleri.

Cesium 3D Tiles formatın aynı zamanda nokta bulutu ve textured mesh formatında görselleştirmeyi desteklemektedir. Mesh model nokta bulutu baz alınarak oluşturularak, daha sonra doku giydirilmektedir. 3D Tiles formatındaki hiyerarşik yapı sayesinde büyük ölçekli şehir modellerinin yüksek performansta ve yüksek çözünürlükte web üzerinde görselleştirilmesine imkân tanımaktadır.



Şekil 4. Web arazüyünde nokta bulutu ve textured mesh görselleştirme.

3.2 Sayısal Arazi Modeli Görselleştirme

Sayısal Arazi Modeli birçok farklı alanlanlarda olduğu kadar 3 boyutlu şehir modellerinin de vazgeçilmez parçalarından birisidir. Bilgisayar donanımı ve algoritmaların hızlı gelişimi, arazi modellerinin gerçeğe çok yakın bir şekilde oluşturulmaya ve görselleştirilmesini sağlamıştır. Cesium JavaScript kütüphanesi yüksek çözünürlüklü Sayısal Arazi Modellerini görselleştirmeye ve sunmaya imkân tanımaktadır. Arazi modeliyle birlikte şehir modellerini görselleştirmek, 2 boyutlu haritalara kıyasla dağlar ve şevler gibi çok eğimli arazi yüzeylerini görmeyi kolaylaştırmakta ve şehir modelinin dünyayı daha gerçekçi yansıtmasını sağlamaktadır. Cesium bir seferde sadece tek bir alanı görselleştirmeyi desteklemektedir. Bu nedenle tüm alanı kaplayan tek bir arazi modeli dosyası desteklenen formatlara dönüştürülerek web arayüzünde görselleştirilmelidir. Cesium şu anda heightmap ve quantized-mesh modelinde arazi modellerini görselleştirmeyi desteklemektedir. Çeşme bölgesine ait üretilmiş olan tek bir raster arazi modeli dosyası 2 farklı formata dönüştürülerek 3 boyutlu şehir modeli ile birlikte web arayüzünde görselleştirilmiştir.



Şekil 5. Heightmap (sol) ve quantized-mesh (sağ) formatında görselleştirilen arazi modelleri.



Şekil 6. Sayısal Arazi Modeli ile birlikte görselleştirilen şehir modelinden görünümler.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, BÖHYY'ne göre üretilmiş fotogrametrik hâlihazır harita verileri yardımıyla yarı otomatik 3 boyutlu şehir modeli oluşturma ve web tabanlı 3 boyutlu Coğrafi Bilgi Sistemi oluşturulması için bir akış şeması sunulmuştur. Açık kaynak kodlu CesiumJS, 3 boyutlu şehir ve sayısal arazi modellerini beraber görselleştirmek ve 3 boyutlu bir coğrafi bilgi sistemine dönüştürmek için yeterli bir çözüm olmuştur. Bunlara ek olarak nokta bulutu ve textured mesh olarak görselleştirmeye de imkân tanıması, daha farklı uygulamalar için iyi bir çözüm sunmaktadır. Ek bir maliyet veya veri alımı gerektirmeden varolan veriler yardımıyla CityGML LoD2 detay seviyesinde bir model oluşturulmuş, şehir objelerine ait öznitelik bilgileri eklenmiş, otomatik olarak doku giydirilmesi yapılarak web üzerinden www.cesme3d.com adresinde sunuma açılmıştır.

Gelecek çalışma ve iyileştirme olarak modelin bir veri tabanından direkt olarak web arayüzünde görselleştirilebilmesi, web arayüzüne yeni sorgular ve ölçümler eklenmesi potansiyel iyileştirmelere örnek olabilir. Çalışmaya ait daha ayrıntılı bilgi, karşılaşılan problemler ve bu problemlere çözüm önerileri Buyukdemircioglu vd. (Buyukdemircioglu vd., 2018) 'de bulunabilir.

KAYNAKLAR

Biljecki, F., Stoter, J., Ledoux, H., Zlatanova, S. ve Çöltekin, A., 2015. Applications of 3D City Models: State of the Art Review. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(4): 2842- 2889.

Buyukdemircioglu, M., Kocaman, S. ve Isikdag, U., 2018. Semi-Automatic 3D City Model Generation from Large Format Aerial Images. *ISPRS International Journal of Geo-Information*.

Buyuksalih, I., Bayburt, S., Buyuksalih, G., Baskaraca, A.P., Karim, H. ve Rahman, A.A., 2017. 3d Modelling and Visualization Based on the Unity Game Engine – Advantages and Challenges. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, IV-4/W4: 161-166.

Cozzi, P. ve Bagnell, D., 2013. A WebGL globe rendering pipeline. *GPU Pro 4: Advanced Rendering Techniques AK Peters/CRC Press*: 39-48.

Ellul, C. ve Altenbuchner, J., 2014. Investigating approaches to improving rendering performance of 3D city models on mobile devices. *Geo-spatial Information Science*, 17(2): 73-84.

Flamanc, D., Maillet, G. ve Jibrini, H., 2003. 3D City Models: An Operational Approach Using Aerial Images and Cadastral Maps. *ISPRS Archives*, XXXIV.

Gröger, G. ve Plümer, L., 2012. CityGML – Interoperable semantic 3D city models. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 71: 12-33.

Haala, N. ve Kada, M., 2010. An update on automatic 3D building reconstruction. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65(6): 570-580.

Haala, N., Rothermel, M. ve Cavegn, S., 2015. Extracting 3D Urban Models from Oblique Aerial Images. *2015 Joint Urban Remote Sensing Event (JURSE)*, syf: 1-4.

Kada, M. ve McKinley, L., 2009. 3D Building Reconstruction from LiDAR Based On a Cell Decomposition Approach. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 38(3/W4): 47 - 52.

Klimke, J., Hagedorn, B. ve Döllner, J., 2014. Scalable Multi-Platform Distribution of Spatial 3D Contents. *International Journal of 3-D Information Modeling, 3(3), 35-49, July-September 2014*: 35-49.

Kocaman, S., Zhang, L., Gruen, A. ve Poli, D., 2006. 3D City Modeling from High-Resolution Satellite Images. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 36.

Kraus, T., Lehner, M. ve Reinartz, P., 2007. Modeling of urban areas form high resolution stereo satellite images. *Proceedings of the ISPRS Hannover Workshop 2007 High-Resolution Earth Imaging for Geospatial Information*.

Nex, F. ve Remondino, F., 2012. Automatic Roof Outlines Reconstruction from Photogrammetric DSM. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, I-3(XXII ISPRS Congress, 25 August – 01 September 2012, Melbourne, Australia): 257 - 262.

Schultz, R.B., Kerski, J.J. ve Patterson, T.C., 2008. The use of virtual globes as a spatial teaching tool with suggestions for metadata standards. *Journal of Geography*, 107(1): 27 - 34.

Şengül, A., 2012. Extracting Semantic Building Models from Aerial Stereo Images and Conversion to CityGML. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXIX-B3.

Suveg, I. ve Vosselman, G., 2004. Reconstruction of 3D building models from aerial images and maps. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 58.

Agisoft Photoscan Pro. http://www.agisoft.com/features/professional-edition/ [Temmuz 2018].

Virtual City Systems Building Reconstruction. http://www.virtualcitysystems.de/en/products/buildingreconstruction [Temmuz 2018].

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6185

ADRES VE ADRESİN MEKÂNSAL YÖNETİMİ; ORDU BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ ÖRNEĞİ

Abdullah ÖZDEMİR[1], Aysun GÜL[2], Arzu ÖZDEMİR[3]

[1]Çevre Yüksek Mühendisi Ordu Büyükşehir Belediyesi CBS Şube Müdürlüğü, abdullahozdemir@ordu.bel.tr
[2]Harita Mühendisi. Ordu Büyükşehir Belediyesi CBS Şube Müdürlüğü, aysun.gul@ordu.bel.tr
[3]Harita Mühendisi. Ordu Büyükşehir Belediyesi Harita Zemin Şube Müdürlüğü, arzu.ozdemir@ordu.bel.tr

ÖZET

Adres verisi, mekân ile ilişkili herhangi bir nesnenin konumlandırılabilmesi, tanımlanabilmesi, yetki ve bağlılığının belirlenebilmesi ve acil hizmetlerin görülebilmesi gibi konularda en temel veri olmuştur.
Şehirlerdeki binaların numaralandırılması fikri, yerleşik halk, ziyaretçiler veya ticari faaliyetlere ilişkin ihtiyaçların karşılanması amacıyla ortaya çıkmış olup, adreslemenin ilk adımları 18. yüzyılda Batı Avrupa ve Çin'de atılmıştır. Hükümetler, adres kullanmanın kadastro ve vergilendirme çalışmalarını daha iyi hale getireceğini görerek adrese ilişkin politikalar geliştirmişlerdir. (Fonseca, 2008) Birçok ülke şehirleşme ve kurumsallaşma ile beraber birtakım numaralama ya da adlandırma çalışmalarına başlamışlardır. Siyasi, tarihsel ve kültürel yapılar ile ihtiyaç ve önceliklerin çeşitliliği farklı farklı adres formatlarının ortaya çıkmasına dolayısıyla standardizasyon sorunlarına yol açmıştır. Bir adres standardı oluşturmada ve aranan adresi bulmada yaşanan sorunlar sayısal kent rehberi ve navigasyon gibi kavramların hayatımıza girmesine neden olmuştur.
Günümüzde coğrafi temelli tüm bilgi sistemlerinin temel altlığı, olmazsa olmazı olan; adres, hepimizin hayatına girmiş ve çok önemli bir yer edinmiştir. Adresimiz olmadan su, elektrik, doğalgaz abonelikleri yaptıramaz, yaptığımız binaya oturum alıp taşınamaz, hatta oy bile kullanamayız. Gönderilerimizin bize ulaşamaması, acil sağlık durumlarında bulunamayan adresin yol açabileceği sorunlar dikkate alınınca, belki de başımıza gelebilecek en katlanılır şey bile olabilir. Kayıtlı adresimize postayla gönderilen bir evrak, Tebligat Kanuna göre, postaya verilişinden 7 gün sonra bize tebliğ edilmiş sayılıyor ki bu durum özellikle hukuki niteliği olan belgelerde çok can sıkıcı sorunlara neden olabiliyor.
Ülkemizde hizmet, nüfus temelli, nüfus da adres temelli olunca adresin önemi daha da artmıştır. Öyle ki; Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi, kimin nerede oy kullanacağını, belediyelerin alacağı yardımı, hatta bir ilin kaç vekille temsil edileceğini bile belirler olmuştur.
Ülkemiz genelinde adres, 5490 Sayılı Nüfus Hizmetleri Kanun uyarınca 2006 yılında yürürlüğe giren Adres ve Numaralamaya İlişkin Yönetmelik hükümlerine göre yönetilmekte, daha doğru bir ifadeyle yönetilmeye çalışılmaktadır. 5490 Sayılı Yasa, merkezde; İçişleri Bakanlığı'na bağlı Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğü'nü (NVİ) koordinatör olarak yetkilendirirken, taşrada ise Belediyeleri, İl Özel İdarelerini, Organize Sanayi Bölge Müdürlüklerini ve Büyükşehir Belediyelerini adres verisinin güncellenmesinden sorumlu tutmuştur. (Resmi Gazete, 2006, Sayı:26153)
Ülke Genelindeki tüm adres verileri, NVİ'nin koordinasyonunda yetkili idareler marifetiyle, Ulusal Adres Veri Tabanı Adres Kayıt Sistemi'ne (UAVT-AKS) girilmekte ve tüm kayıtlar sözel formatta tutulmaktadır.
Başlangıçta mekânsal bir yapıda tutulmayan adres verisinin mekânla ilişkilendirilebilmesi için 2012 yılından bu yana çeşitli fazlarda devam eden ve 2018 yılında tamamlanması öngörülen Mekânsal Adres Kayıt Sistemi (MAKS) Projesi de yine NVİ tarafından yürütülmektedir. Başlangıç önermesi, temel yaklaşımı, kurgusu ve iş yapma biçimi başta olmak üzere pek çok sorunu bünyesinde barındıran MAKS Projesi'nin, öngörülen hedeflerin çok gerisinde kaldığı artık NVİ tarafından bile kabul edilir hale gelmiştir.
Bu bildiride; bir büyükşehir ölçeğinde adres verisinin mekânla ilişkilendirilmesi sürecinde karşılaşılan sorunlar, çözüm önerileri ve deneyimler, Ordu Büyükşehir Belediyesi penceresinden aktarılarak, adresin mekânsal yönetimine ilişkin bir perspektif sunulmaya çalışılmıştır.

Anahtar Sözcükler: adrese dayalı nüfus kayıt sistemi (ADNKS), ulusal adres veri tabanı adres kayıt sistemi (UAVT -AKS), mekânsal adres kayıt sistemi (MAKS), numarataj

ABSTRACT

ADDRESS AND SPATIAL MANAGEMENT OF ADDRESS; ORDU MUNICIPALITY EXAMPLE

The address data is the most basic data on issues such as the positioning, identification, authority and dependability of any object related to space, and the ability to see emergency services.
The idea of numbering buildings in cities has emerged in order to meet the needs of residents, visas or commercial activities, and the first steps of addressing were taken in Western Europe and China in the 18th century. Governments have developed adrese-related policies, seeing that addressing will improve cadastre and taxation work. (Fonseca, 2008) Many countries have begun to work on numbering or naming together with urbanization and institutionalization. Political, historical and cultural structures and the diversity of needs and priorities have led to the emergence of different address formats, thus creating a

single address standard for the problems of standardization and problems in finding the desired address have led to concepts such as digital city guide and navigation.
Today, the basis of all geographically based information systems is the one that is indispensable; address has entered into the lives of all of us and has taken a very important place. We can not make water, electricity, natural gas subscriptions without our address, we can not transfer to the building we have made, we can not even use a vote. Perhaps even the most bearable thing we can come up with is that if our address is wrong and we can not reach our address, and the address that can not be found in emergency medical conditions can lead to it. A document sent by mail to our registered address is deemed to have been notified to us 7 days after delivery to the post according to the Notice of Notification, which can cause very annoying problems especially in documents of legal nature.
In our country, service is more population-based and population is address-based. Such that; The Adrese-based Population Registration System has even made it clear who is going to vote, where the municipalities can help, or even how many people are represented.
In our country, the address is managed according to the provisions of the Regulation on Address and Numbering, which was enacted in 2006 in accordance with the Population Services Law no. 5490, and it is tried to be managed with a more accurate expression. Law No. 5490, in the center; He authorized the General Directorate of Population and Citizenship Affairs (NVİ) affiliated to the Ministry of Interior as the coordinator and held responsible for updating the municipalities, Special Provincial Administrations, Organized Industry Regional Directorates and Metropolitan Municipalities address data.
All address information in the Country Country is entered into the National Address Database Address Registration System (UAVT-AKS) under the coordination of NVI by competent authorities and all records are kept in verbal format.
In order to be able to associate the address data, which is not kept in a spatial structure at the beginning, with the space, the Spatial Address Registration System (MAKS) Project, which has been going on since 2012 and is expected to be completed in 2018, is being carried out by NVİ. It is now accepted by NvI that the MAC project, which has many issues including initial proposal, basic approach, editing and work style, is far behind the predicted goals.
In this report; problems, solution proposals and experiences experienced during the process of associating address data with the space in a metropolitan scale were transferred from Ordu Metropolitan Municipality window and a perspective on the spatial management of the address was tried to be presented.

Keywords: spatial adress management system, adress based population registration system (ABPRS), national address database registration system (NADRS)

1. GİRİŞ

Şehirlerdeki binaların numaralandırılması fikri yerleşik halk, ziyaretçiler veya ticari faaliyetler için rehberlik ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla ortaya atılmıştır. Bu amaçla birçok ülke şehirleşme ve kurumsallaşma ile beraber birtakım numaralama ya da adlandırma işlemlerine girişmişlerdir. Bu çalışmalar farklı zaman dilimlerinde farklı kurumlar tarafından ele alındığı için zamanla bir karmaşa oluşturmuştur ve peşinden standartlaşma konusu ortaya çıkmıştır. Gelişmiş ülkeler bu durumu hemen fark ederek ülke içinde duruma el atarak kendilerince bir çözüm üretmişlerdir. Ancak çeşitli siyasi, tarihsel ve kültürel sebeplerden dolayı Dünya genelinde tekbir standartta adres yapısı oluşturulamamıştır. *(Fonseca, 2008)* Adreslemenin ilk adımları 18. yüzyılda Batı Avrupa ve Çin'de meydana gelmiştir. Hükümetler adres kullanmayı kadastro ve vergilendirme çalışmalarını daha iyi yapmak amaçlı düşünmüşlerdir. Ancak bu uygulama özellikle Paris gibi büyük şehirlerde yapılmaya başlanınca bazı soylu kişilerin diğer alt tabakadaki insanlar gibi kendilerinin de sıradan basit numaralar ile evlerinin ve binalarının adlandırılmasını istemeyerek bu uygulamaları eleştirmişlerdir. *(Fonseca, 2008)*
Batı dünyasında en önemli adresleme sistemlerinden biri yolların tek çift kuralı ile sol- sağ durumu belirleme ve uzaklığa göre numaralandırılma sistemine dayanmaktadır. Yani binalar caddenin başlangıcından olan uzaklığına göre metre biriminde, yolun sağında ise çift rakama, solunda ise tek rakam verilerek numaralanması sistemidir. Ancak bu durum blok nizamlı ve uzun mesafeli yollarda bazı karışıklıklara da sebep olabilmektedir. Yine de metrik sistem, cadde boyunca bir noktayı bulduğu veya iki adres arasındaki uzaklığı kolay tahmin etme imkânını veren avantajlara sahip olduğu için oldukça tercih edilmektedir [19].
Dünyada gelenekler ve uzun zamanlı kullanım veya çeşitli yerel gereksinim gibi nedenlerle vazgeçilmeyen başka adresleme ve numaralama sistemleri mevcuttur. Mesela Japon sisteminde, bir yol boyunca ardışık numaralara göre adresler belirlenir, ancak evlerin numaraları onların inşaat tarihine göredir. Birçok caddenin hiçbir şekilde ismi yoktur ve bundan dolayı kartvizitlere tipik olarak bir yerin konumunu belirtmek için, arkasına küçük haritalar basılıdır.
Adres konusunda yapılan çalışmalar göstermiştir ki her toplum kendi siyasi, tarihsel ve kültürel geçmişi doğrultusunda, yaşama biçimlerine göre, kendine özgü adresleme ve numaralama tekniği geliştirmiştir.

Çizelge 1. Farklı Ülkelerdeki Greenpeace Adresleri.

1	Mansilla 3064, 1425 Buenos Aires, Argentina
2	Siebenbrunnengasse 44, A-1050 Vienna, Austria
3	Haachtsesteenweg 159 - 1030 Brussels, Belgium
4	Rua Alvarenga, 2331, Butanta 05509-006, Sao Paulo/SP, Brazil
5	250 Dundas Street West, Suite 605, Toronto, Ontario M5T 2Z5 Canada
6	Eleodoro Flores 2424, Ñuñoa, Santiago, Chile
7	1/F, Tung Lee Commercial Building, 95 Jervois Street, Sheung Wan, Hong Kong, China
8	First Floor, Old Town Hall, Victoria Parade, Suva, Fiji Islandsisra
9	22 rue des rasselins 75020 Paris, France
10	Grosse Elbstrasse 39, D-22767 Hamburg, Germany
11	Zoodochou Pigis 52c, GR-106 81 Athens, Greece
12	3360, 13th B Main, HAL II Stage, Indiranangar, Bangalore - 560 038, India
13	Viale Manlio Gelsomini 28, 00153 Rome, Italy
14	N F BLDG. 2F 8-13-11 Nishishinjuku, Shinjuku-ku, TOKYO 160-0023 Japan
15	Andalucia 218 Col. Alamos, Mexico D.F. CP 03400, Mexico
16	113 Valley Road, Mount Eden, Auckland, New Zealand
17	Unit 326 Eagle Court Condominium 26, Matalino Street, Diliman, Quezon City, Philippines
18	San Bernardo 107, 28015 Madrid, Spain
19	Canonbury Villas, London N1 2PN, United Kingdom
20	702 H Street NW, Suite 300, Washington DC 20001, USA

Adres bulmadaki bu zorluk, Japonya ve Kore gibi uzak doğu ülkelerini sayısal kent rehberi, navigasyon gibi çözüm arayışlarına yönlendirmiştir. Bu ülkeler zaten var olan bilişim teknolojilerindeki tecrübesini kullanarak çok güzel, basit kullanışlı sayısal kent rehberi ve yol bulma amaçlı navigasyon sistemleri üretmişlerdir [19].

1.1.Ülkemizde Adres Yönetiminin Kısa Bir Tarihi

Ülkemizde ilk kez 1927 yılında 1003 sayılı "Binaların Numaralandırılması ve Sokaklara İsim Verilmesi Hakkında Kanun" olarak yasal zemine oturan adres kavramı, gelişen şehir hayatı, sosyal ve kültürel yapı sebebi ile yetersiz kaldığı için güncelleme ihtiyacı duyulmuştur. Konuyla ilgili olarak, İç İşleri Bakanlığı Yüksek Planlama Kurulu duruma el atarak, Adres işlemlerindeki dağınık yapının tek bir kurumda toplanması, vatandaşlara ait adres bilgilerinin standartlarının belirlenmesi, paylaşımının ve koordinasyonun sağlanması amacıyla Adres Kayıt Sistemini 24.03.2005 tarih ve 5 nolu kararında e- Dönüşüm Türkiye Projesi 2005 Eylem Planı içinde 29 nolu Eylem olarak açıklamıştır. *(TUİK, 2006)*
Sorumlu kuruluş olarak Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Müdürlüğü ilgili kuruluş olarak da Yüksek Seçim Kurulu, Türkiye İstatistik Kurumu, PTT, Yerel Yönetimler ve adrese dayalı hizmet veren tüm kurumları (Elektrik, gaz ve su idareleri gibi) belirlemiştir [2]. Projeyi yasal olarak tamamlayan 5490 sayılı Nüfus Hizmetleri Kanununun ilgili alt yönetmeliklerinde, ülke genelinde adres bileşenlerinin tanımı yapılarak adrese bir standart getirilmiştir. Buna göre numarataj çalışmaları, belediye ve il özel idarelerince mevcut bilgiler ışığında yeniden yapılmıştır.

Çizelge 2. İdari Düzey Adres Bileşenleri.



Tasarımı Türkiye İstatistik Kurumu tarafından yapılan bu çalışmalar tamamlanarak oluşturulan "Ulusal Adres Veri Tabanı" Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğüne 17.08.2007 tarihinde devredilmiştir. Sistem devreye girmiş olup güncellemeler İl Özel İdareleri ve Belediyeler tarafından yapılmaktadır. Böylece adresler ülke genelinde bir standarda kavuşturulmuş, numara ve levhalar yenilenmiş, mükerrer olan sokak, cadde ve mahalle isimleri bire indirilmiş ve değişmez sabit "Tanıtım Numarası" oluşturularak veri tabanı oluşturulmuştur. Tüm kurumlara adres ile ilgili işlemlerinde, Ulusal Adres Veri Tabanındaki (UAVT) adresleri kullanma zorunluluğu getirilmiştir. Ayrıca Adres Kayıt Sistemi (AKS) ile adres bilgileri, Kimlik Paylaşımı Sistemi (KPS) ile kimlik bilgileri, birbirleri ile bağlantılı olarak internet üzerinden kurumların paylaşımına açılmıştır.

1.2. Adresin Mekânsal Yönetimi

1.2.1. Neden Mekânsal Adres?

Adres Kayıt Sistemi ülke genelinde kabul gören çok olumlu sonuçlar vermiş olsa da kullanıldıkça bir takım eksiklikleri ortaya çıkmış olup, mevzuattan kaynaklanan sıkıntılar sebebiyle başta abonelik sistemiyle çalışan altyapı kurumları olmak üzere ilçe belediyeleri gibi ilgili kurumlar tarafından yeterince kullanılamamıştır. Nüfus Müdürlüklerine hizmet amacı ile kişilere ait ikamet bilgisini çözen veya TUİK'e yapı bilgisi envanteri oluşturmayı hedefleyen bir düşünce ile adresin mekânla ilişkisi göz ardı edilerek kurulan UAVT, mekânda çalışan kurumlar için kullanışlı olmamış, kullanılmayan ve denetlenmeyen veri, güncelliğini yitirmiştir.
Mekânla ilişkisi kurulmayan bu sözel veriler, gerçek hayatta tamamen mekâna ait grafik veya konumsal bir karşılığı olan tescile tabi sayısal verilerden oluşmaktadır. Sistem bu verinin varlığı ve önemine binaen kurulmuş olmasına rağmen, grafik altlıklardan bağımsızmış gibi hareket etmesi sistemin en büyük eksikliği olmuştur. Mekan üzerinden kullanım ve denetim mekanizması kurulmayan yapıya, çok sayıda hatalı ve/veya güncel olmayan veri girişi yapılmasının önü açılmıştır. Bununla beraber, mekâna ilişkin yine kurumsal bir çalışma olan TAKBİS projeleri ile yasal olarak birbirini tamamlayıcı bürokratik evrak bağlantısı olmasına rağmen, gerek grafiksel gerekse mevcut veritabanı mantığı içerisinde hiçbir ilişkisel bağlantı oluşturulamamıştır [9]. Yani UAVT tarafında üretilmiş yapı kullanım izin belgesi evrak olarak oluşmadan, Tapu Müdürlüklerinde yeni oluşan bağımsız bölümün kat mülkiyeti tapusu verilmemekte ve TAKBİS'e veri girişi yapılmamaktadır. *(TKGM, 2005)*

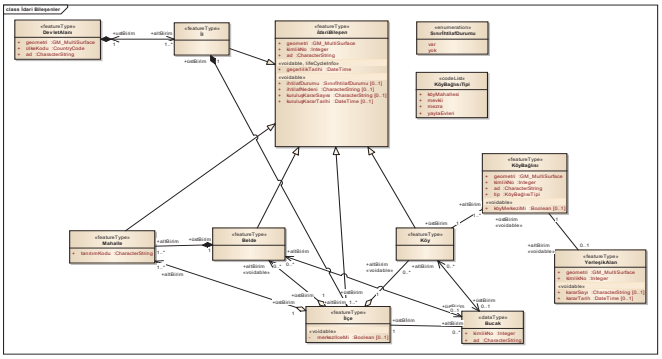
1.2.2. Mekânsal Adres Bilgi Sistemi (MAKS)

Başlangıçta sadece Nüfus Müdürlüklerinin ihtiyacı doğrultusunda tasarlanan Adres Kayıt Sistemi mekânda çalışan başta altyapı kuruluşları gibi pek çok kurum ve kuruluşun ihtiyacına cevap veremediğinden kullanımı sınırlı kalmıştır. Sözel yapı nedeniyle veri kontrollerinin yapılamıyor olması hatalı ve yanlış verilerin artmasına sistemin yönetilememesine neden olmuştur. Bu durum Adres Kayıtlarının mekânsal olarak tutulması ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. (Türk, 2008)
Nüfus ve Vatandaşlık Genel Müdürlüğünce Adres Kayıt Sisteminde metinsel nitelikte tutulan adres bilgilerinin, coğrafi koordinatlarla birleştirilmesi ve oluşturulan altyapının diğer sistemlere entegre edilebilmesi amacıyla "Mekânsal Adres Kayıt Sistemi Projesi" başlatılmıştır. Mekansal Adres Kayıt Sistemi Projesi, Devlet Planlama Teşkilatınca yayımlanan "Bilgi Toplumu Stratejisi 2006-2010 Eylem Planında Vatandaş Odaklı Hizmet Dönüşümü" bileşeni altında 50 no'lu eylem olarak yer alan ve yürütme sorumluluğu Genel Müdürlüğümüze verilen "Çevrimiçi Emlak ve İnşaat İzinleri Projesi" ile birleştirilmiş ve söz konusu Proje 13/01/2011 tarihli ve 27462 Mükerrer sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan 2011 yılı Yatırım Programında "Mekânsal Adres Kayıt Sistemi Oluşturulması ve Çevrimiçi Emlak ve İnşaat İzinleri Projesi (MAKS)" olarak yer almıştır.

MAKS'a ilişkin, 24 Haziran 2011 tarihinde hizmet alımı ihalesi yapılmıştır. Sözleşmenin 08 Eylül 2011 tarihinde Yüklenici ile imzalanmasını müteakip Projeye ilişkin çalışmalara başlanmış olup, 31 Aralık 2012 tarihinde tamamlanması öngörülmüştür.

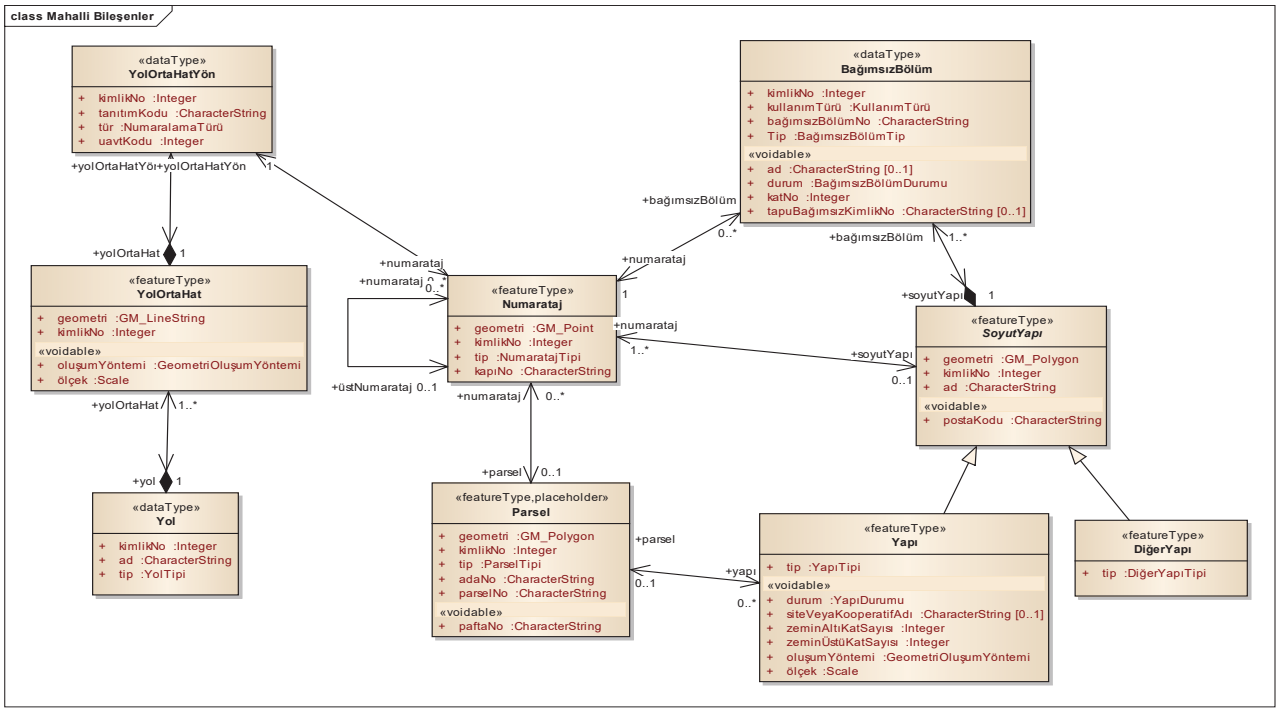
Metin tabanlı UAVT'ye mekansal boyut kazandırılması, yapı belgeleri izin sürecinin ilgili kurum ve kuruluşları da kapsayacak şekilde çevrimiçi yapılması, UAVT'nin yapı ruhsat otomasyonuyla otomatik güncellenmesinin sağlanması ve üretilen bu verilerin diğer kurum ve kuruluşlarla paylaşılması amacıyla 24 Haziran 2011 yılında "Mekansal Adres Kayıt Sistemi Oluşturulması ve Çevrimiçi Emlak ve İnşaat İzinleri Projesi" başlatılmış ve Proje 2012 yılı sonunda tamamlanmıştır. (NVİ, MAKS Proje Dokümanı 2016)

1.2.2.1.MAKS Veri Modeli



İdari bileşenler uygulama şemasının ana mekansal nesne tipi "İdariBileşen" sınıfıdır. DevletAlanı, "KöyBağlısı" ve "YerleşikAlan" mekansal nesne tipleri dışındaki diğer mekânsal idari bileşenler, bu sınıftan türemektedir. Bu idari bileşenler İl, İlçe, Belde, Mahalle ve Köy bileşenleridir.
Bu şemaya göre bu sınıftan türeyen her idari bileşenin bir geometrisi, kimlik nosu ve adı olmak zorundadır.

Şekil 1. MAKS Veri Modeli İdari Bileşenler Uygulama Şeması.

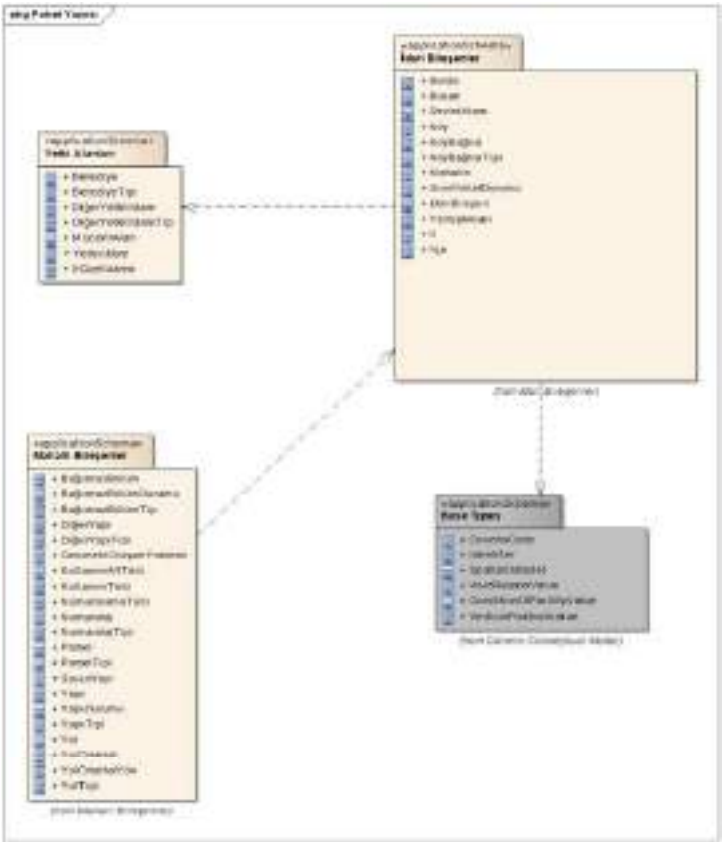


Şekil 2. MAKS Veri Modeli Mahalli Bileşenler Uygulama Şeması.

Mahalli bileşenler uygulama şemasının ana mekansal nesne tipi Numarataj sınıfıdır. Numarataj sınıfında geometri, kimlik no, numarataj tipi ve kapı no öznitelikleri zorunlu alanlardır. Mahalli Bileşenler uygulama şemasına göre, numarataj, bir yapıya, bir parsele ya da bir bağımsız bölüme verilebilir. Bu nedenle, şemada ilişki 0..* veya 0..1

çokluk ilişkisi ile gösterilmiştir. Ayrıca site numaratajı ve site içi numaratajlar gibi numaratajlar üstNumarataj ilişki rolü ile ilişkilendirilmiştir.

Diğer önemli mekansal nesne tipi SoyutYapı sınıfıdır. SoyutYapı sınıfından Yapı ve DiğerYapı sınıfları türemektedir. Bu şemaya göre, bu sınıftan türeyen her mahalli bileşenin bir geometrisi, kimlik nosu ve adı olmak zorundadır. Posta kodu, zorunlu olmayan öznitelik olarak belirtilmiştir. Diğer öznitelikler mahalli bileşene göre değişiklik göstermektedir.
Mahalli Bileşenler şemasında, mekansal nesne tipi olmayan üç mahalli bileşen mevcuttur. Bu bileşenler BağımsızBölüm, Yol ve YolOrtaHatYön bileşenleridir.
BağımsızBölüm veri tipinin numarataj ve SoyutYapı ile ilişkisi bulunmaktadır. İlişkili olduğu numarataj, bu bağımsız bölüme hangi girişten giriş yapıldığını belirtmek için kullanılır.
Mahalli bileşen şemasında, numaratajın yolla ilişkisini belirtmek için Yol, YolOrtaHat ve YolOrtaHatYön sınıfları bulunmaktadır.
Numarataj tek ve çift olmak üzere yol orta hat yönlere göre verilmektedir. Bir numaratajın hangi yol orta hat yönde bulunduğunu, YolOrtaHatYön ile ilişkisi belirtmektedir.
Mahalli Bileşenler şemasında, öznitelik alanlarında kullanılabilecek olası değerleri belirtmek için, sabit değerler ve kod listeleri kullanılmıştır. Bu şemadaki listeler, NumaratajTipi, DiğerYapıTipi, NumaralamaTürü, BağımsızBölümDurumu, ParselTipi, YapıDurumu, YapıTipi, YolTipi ve KullanımTürü nesnelerinden oluşmaktadır.



Şekil 3. MAKS Veri Modeli Yetki Alanları Şeması.

Mahalli Bileşenler arasındaki ilişkiler, mahalli bileşenler uygulama şemasında ilişki rolleriyle belirtilmiştir. Bir mahallenin parselleri içerdiğini belirtmek için içerme (İng. Aggregation) ilişkisi kullanılmıştır. Bir yolun yol orta hatlardan oluştuğunu belirtmek için oluşum (İng. Composition) ilişkisi kullanılmıştır. Mahalli Bileşenler uygulama şemasında, kullanılan içerme ve oluşum ilişkileri aşağıda görülmektedir:

- Bir SoyutYapı, bir veya birden fazla BağımsızBölüm verisinden oluşmaktadır.
- Bir Yol, bir veya birden fazla YolOrtaHat verisinden oluşmaktadır.
- Bir YolOrtaHat, iki YolOrtaHatYön verisinden oluşmaktadır.

1.3. Büyükşehirlerde Adresin Mekânsal Yönetimi

1.3.1. Yasal Mevzuat

5216 Sayılı Büyükşehir Belediyeleri Hakkında Kanunun7/g maddesi ile adres ve numaralama yetkisi "meydan, bulvar, cadde, yol ve sokak ad ve numaraları ile bunlar üzerindeki binalara numara verilmesi işlerini gerçekleştirmek." denilmek suretiyle büyükşehir belediye sınırları içerisinde Büyükşehir Belediyelerine verilmiştir. Ancak "adres ve numaralandırmaya ilişkin görevlerini belediye meclisi kararı ile ilçe belediyelerine devredebilir, birlikte yapabilirler." denilmek suretiyle Adres yetkisinin devrine ve/veya ilçe belediyeleri ile birlikte kullanımına da cevaz vermiştir.
Hizmet verdikleri alanlar 6360 sayılı yasa ile il mülki sınırları olarak genişleyen 30 Büyükşehir Belediyesinden sadece beş tanesi adres yetkisini devretmezken, büyük çoğunluğu çeşitli gerekçelerle bu yetkiyi devretmiştir.

1.3.2. Adresin Mekânsal Yönetiminde Ordu Büyükşehir Belediyesi (OBB) Yaklaşımı

Ordu Büyükşehir Belediyesi adres verisini Ordu Kent Bilgi Sisteminin temel altlığı olarak görmüş ve adres yetkisini devretmemiştir. İl genelinde adres standardizasyonu ve birliğini sağlamak, adres verisini güncel ve doğru

tutabilmek amacıyla Ordu'ya bağlı 19 ilçenin tamamında adres iş ve işlemleri "Adres ve Numaralamaya İlişkin Yönetmelik" hükümleri uyarınca 01.04.2014 tarihinden bu yana sürdürülmektedir.

1.3.3. Yapılan Çalışmalar

1.3.3.1. Durum Analizi

Adrese ilişkin tüm yasa, yönetmelik incelenerek yasal durum ve yasa koyucunun varmayı planladığı hedef anlaşılmaya çalışılmıştır. Ulusal Adres Veri Tabanı Adres Kayıt Sistemi verileri incelenmesi sonucunda; verilerin karmaşık bir yapıda ve niteliği düşük olduğu ayrıca belli bir standardının da olmadığı tespit edilmiştir. Yapılan bu tespitin ardından il genelindeki adres konusundaki yetkili idarelerin tamamı ziyaret edilmiş, yaptığı çalışmalar ve sahip olduğu veriler hakkında bilgi alınmıştır. Ziyaret soncunda edinilen bilgiler ışığında ilçe bazında adres veri-varlık envanteri oluşturulmuştur.

Adres yetkisini devretmeme durumunda büyük veri karmaşası ve iş yükünün olacağı görülmesine karşın adres yetkisinin ilçe belediyelerine devredilmemesi yani Ordu Büyükşehir Belediyesinin uhdesinde kalmasına karar verilmiştir.

Bu kararın verilerek meşakkatli bir yola girilmesindeki temel motivasyon güncel ve doğru bir adres verisi olmadan Kent Bilgi Sisteminin kurulamayacağı düşüncesi olmuştur.

Adres yetkisini devretmeme kararından sonra izlenecek yönteme ilişkin çalışmalar kapsamında MAKS Projesi başta olmak üzere biten devam eden projeler incelenmiştir. İncelemeler sonucunda belirlenen alternatifler sahada denenerek uygulanacak yönteme karar verilmiştir.

1.3.3.2.Çalışma Stratejisi

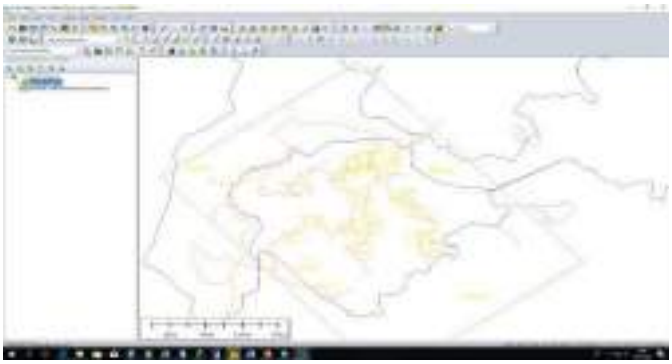
- Mevcut personelden en yüksek verimin alınacağı veri yöntemi belirlendi,
- Belirlenen yöntem Merkez ilçeye bağlı Alembey köyünde test edildi.
- Sahadan veri toplama işine ilçe merkezlerinden başlanırken, eski köyler ve kapanan belde belediyelerine ise ilçe merkezlerindeki çalışmalardan sonra başlanılmasına karar verildi.
- Çalışmalara numarataj talebinin en fazla olduğu, veri altlığının en hazır olduğu ilçelerden başlanıldı.
- Veri giriş için herhangi bir yazılım alınmayıp mevcut yazılımın kullanılmasına karar verildi.

1.3.3.3.Saha Çalışmaları

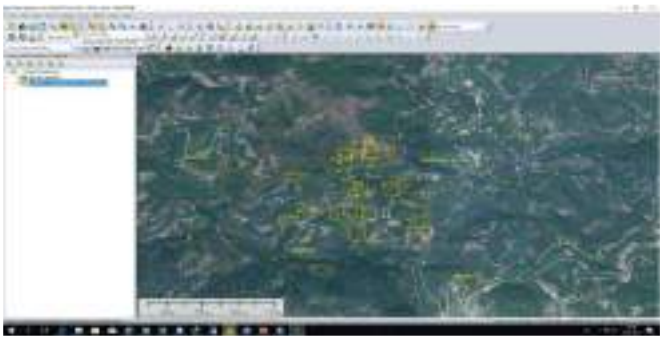
- Dış kapı numarası tespiti,
- Fotoğraflama,
- Paftaya işleme

adımlarından oluşan saha çalışmaları için;

- Kadastro ve imar verileriyle uydu görüntülerinden yaralanılarak yol ve binaların yer aldığı paftalar hazırlanarak çıktıları alınıyor.
- Hazırlanan çıktılara tablet üzerinden erişilebilmesi için paftaların WMTS formatları hazırlanarak tabletlere yükleniyor.
- Adres Kayıt Sistemi verilerinden köye ilişkin adres raporlarının çıktıları alınıyor.
- Varsa TUİK Köy Listeleri çıktıları yoksa seçmen listelerinden çıktılar alınıyor



Şekil 4. Saha Çalışması İçin Paftaların Hazırlanması.



Şekil 5. Çevrimdışı Haritaların Hazırlanması



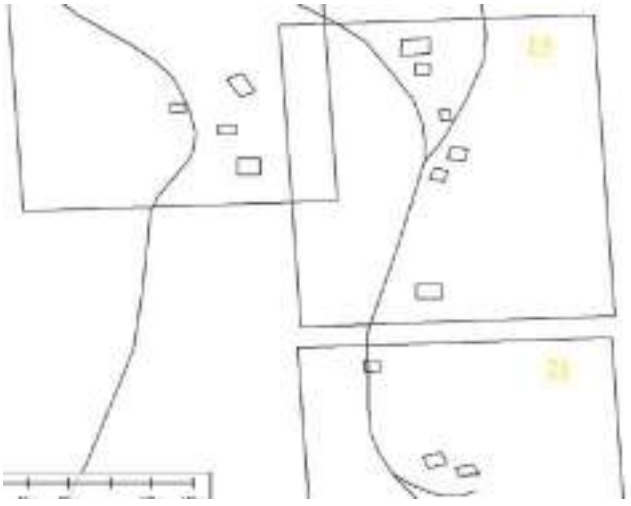
Şekil 6. Mobil Cihazlarda Kullanılan Haritalar

Çizelge 3. Mahalle Bazında Numarataj Listesi (NVİ AKS).



Çizelge 4. Mahalle Bazında Binalar Cetveli (TUİK,2007).





Şekil 7. Saha Çalışması Öncesi Paftalar.



Şekil 8. Saha Çalışması Sonrası Paftalar.

Saha çalışmaları; ikişer kişiden oluşan 3 ekiple yapılmaktadır. Bina ve cadde sokakların yer aldığı kağıt paftalar, TUİK tarafından 2006 yılında toplanmaya başlanan ve 2007 yılında İçişleri Bakanlığına devredilen Bina Cetvelleri

ile Adres Kayıt Sisteminde yer alan mahalle numarataj listelerinin çıktıları alınmakta, veri toplanmak üzere saha ekibine verilmektedir.
Paftaların mobil cihazlarda çevrimdışı olarak kullanılabilmesi uydu görüntüleri altlık olarak eklenerek önce QGIS yazılımı ile ecw ve/veya Geotiff formatına dönüştürülmekte daha sonar OkMAP yazılımı ile OruxMaps formatında tile edilmektedir.
Tile edilen paftalar OruxMaps programı ile açılarak saha ekipleri tarafından kullanılmaktadır. Saha ekipleri ellerindeki paftalarda yer alan her bir yapının kat yüksekliği, dış kapıları, kapıların açıldığı cepheye göre cadde ve sokakları ve varsa tabelası görüntülenecek şekilde GPS özelliği bulunan fotoğraf makinaları ile görüntülemektedirler. Çekilen fotoğrafların numaraları farklı renk bir kalemle AKS kayıtlarında yer alan kapı numaraları farklı renk bir kalemle paftalara işlenmektedir.
AKS'deki kaydı tespit edilemeyen yapılar için TC Kimlik numarası verilmesi durumunda Kimlik Paylaşım Sistemi üzerinden adres bilgileri sorgulanarak AKS eşleştirilmesi yapılmaktadır. Kimlik numarası vermek istemeyenlerin isimleri ilgili yapı üzerine yazılmaktadır.

1.3.3.4.Büro Çalışmaları

1.3.3.4.1. Merkezi Konumsal Veri Modeli ve Veritabanının Oluşturulması



Şekil 9. OBB Adres Veri Şeması ve Tabloları.



Çok sayıda kullanıcının eş zamanlı olarak veri girme, erişebilme ve düzenleyebilmelerinin mümkün olabilmesi ile veri güvenliğinin sağlanabilmesi için merkezi bir veri tabanına ihtiyaç duyulmuştur. Yapılan incelemeler sonucunda, ücretsiz coğrafi ilişkisel veri tabanı yazılımı olan PostgreSQL tercih edilmiştir. Veri tabanının kurulumunun ardından şema ve tablolar MAKS Veri Modeli esas alınarak oluşturulmuştur.

Şekil 10. Ordu Büyükşehir Belediyesi (OBB) İlişkisel Adres Veri Tabloları.

1.3.3.4.2. Adres Verilerinin Girilmesi



Sahadan toplanan veriler ile doğrudan vatandaşlardan gelen ve/veya ilçe belediyeleri tarafından iletilen talepler, üçüncü parti CBS Programlarıyla sayısallaştırılarak merkezi veri tabanına kaydedilmektedir.
Veri girişleri için Mülga Ordu belediyesinden devrolan SisWORLD yazılımı ile CitySURF yazılımları kullanılmaktadır.

Şekil 11. Veri Girişi Yapılacak Adresler.



Şekil 12. Veri Giriş Araçları.



Şekil 13. Adresin Mekânla İlişkilendirilmesi.

1.3.3.5. İlçe Belediyelerinden Numarataj Taleplerinin Konumsal Olarak İletilmesi

2015 yılında Belediyemize kazandırılan Ordu Coğrafi Veri Küresi üzerinde geliştirilen, "Numarataj Modülü" ile ilçe belediyelerimiz, numarataj taleplerini, web üzerinden konumsal olarak gönderilebilmektedir. Uygulama için pilot olarak seçilen Gülyalı, Kabadüz ve Perşembe ilçelerimizde numarataj talepleri "Numarataj Modülü" üzerinden anlık olarak yapılmaktadır.

1.3.3.5.1. Talep İşlem Adımları



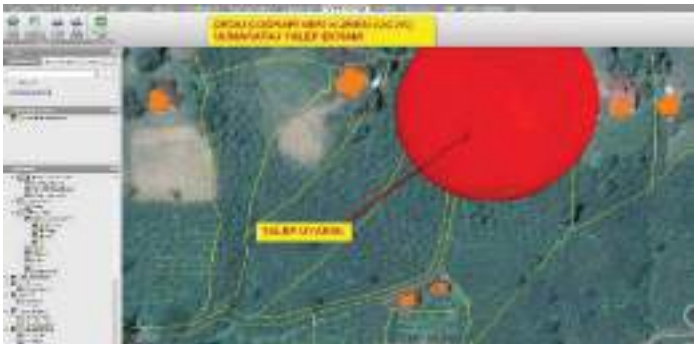
Şekil 14. İlçe Belediyesi Talep Ekranı.



Şekil 15. Adres Talebinin Yapılması**.**

Yeni adres oluşturulması ve/veya güncellenmesi için ilçe belediyelerinden talepler, konumsal olarak yapılmakta, Adres Kayıt Sistemi'ne girilmesi gereken veriler, açılan bilgi penceresindeki ilgili alanlara girilmektedir.
Bina verisi poligon geometrisinde, Dış kapı numarası ise nokta geometrisinde tutulmaktadır.

İlçe Belediyeleri tarafından yapılan talepler, oluşturulan hiyerarşi gereği değerlendirilmek üzere Büyükşehir Belediyesi ekranına anlık olarak düşmektedir. Yapılan incelemeler sonucunda talep ya onaylanıp adres bileşenleri oluşturulmakta ya da reddedilmektedir.
Bir yandan sahadan toplanan veriler sisteme girilirken diğer yandan da yeni adres verileri konumsal olarak oluşturularak verilerin güncelliği sağlanmaktadır.



Şekil 16. Talep Uyarı Ekranı.

1.4. Adres İş ve İşlemlerinde Karşılaşılan Sorunlar

- Yasal mevzuattan kaynaklanan sorunlar,

- Adresin temel bileşenlerinden olan mahallelerin sınır ve isim değişikliği yetkisinin ilçe belediyelerinde cadde ve sokak isim değişikliği yetkisinin ise Büyükşehir belediyelerinde olmasından kaynaklanan sorunlar,
- Adres ve Numaralamaya ilişkin yönetmelikte yer alan muğlak ifadeler, *(Büyükşehir Belediyeleri 4.CBS Çalıştayı Sonuç Raporu, 2017)*
- Yönetmelikte yapıl(a)mayan değişikliklerin AKS Web uygulaması ile yapılmaya çalışılması,
- Büyükşehir belediyelerinde ruhsatlı yapıların iç kapı yetkisinin ilçe belediyelerine verilmesinden kaynaklanan ikili yapı ve yetki karmaşası, *(Büyükşehir Belediyeleri 4.CBS Çalıştayı Sonuç Raporu, 2017)*
- Adresin mekânla ilişkisinin kurulmamış olması nedeniyle sahada olan / olmayan adres kontrollerinin yapılamasından kaynaklı sorunlar,
- UAVT – AKS verilerinin niteliksiz veri yığınlarından oluşmasından kaynaklana sorunlar, *(Büyükşehir Belediyeleri 4.CBS Çalıştayı Sonuç Raporu, 2017)*
- Adres verisin beklemeye tahammülü olmayan canlı-dinamik yapısı,
- Elektrik, su, doğalgaz aboneliklerinden, DASK Sigortasına, Tebligattan acil sağlık hizmetlerine kadar pek çok iş ve işlemin adrese dayalı olması.

2. SONUÇ

Ulusal Adres Veri Tabanı Adres Kayıt Sistemi'nin (UAVT-AKS) 2006 yılından günümüze değin geçen faaliyet süresi içerisinde, ülke genelinde kabul gören, çok güzel olumlu sonuçlar vermiş olsa da kullanıldıkça bir takım eksiklikleri ortaya çıkmış olup, mevzuattan kaynaklanan sıkıntılar sebebiyle de, özellikle İlçe Belediyeleri başta olmak üzere abonelik sistemiyle çalışan altyapı kurumları tarafından yeterince kullanılamamıştır.*(Türk, 2008)*
Sistemdeki eksikliklerinin veya ilgili mevzuatta yaşanan problemlerin temeli, kuruluş amacı ve buna bağlı tasarlanan kurgudan kaynaklanmaktadır. Tamamen sözel temelde tutulan adres verilerinin, Coğrafi Bilgi Sistemlerine uygun bir yapıda üretilmemiş olması, yaşanan sorunların temelini oluşturmaktadır. Oluşturulan adresin gerçek dünyada bir karşılığının olmaması ve/veya yerinde bulunamaması, kontrol mekanizmalarının yetersiz olması, grafik verilerle mekânda çalışan kurumların bu verilerden yararlanamıyor olmaları gibi pek çok neden, Adres Kayıt Sistemi'ndeki verilerin doğruluğu ve güncelliği konusunda zafiyete yol açmıştır. Güncel olmayan verinin kullanılmaması – kullanılmayan verinin güncellenmemesinin neden olduğu kısır döngü adres verisindeki hataların giderilmesindeki en önemli engel haline gelmiştir.
Adresin sözel formattaki yapısı sorun çözmekten çok zamanla sorun üretir olmuştur. Ülke genelinde yaşanan adres temelli sorunlar, grafik ve konumsal bir karşılığı olmayan sadece sözel olarak tutulan adres verilerinin mekânla ilişkilendirilmesini zorunlu hale getirmiştir. Yaşanan sorunlar sonucunda oluşan koşulların da zorlamasıyla ülke genelinde adresin mekânsal yönetimine ilişkin olarak tasarlanan, Mekânsal Adres Kayıt Sistemi (MAKS) Projesi, NVİ tarafından 2011 yılından itibaren uygulanmaya başlanmıştır. Değişik fazlar ve adlarla devam eden projenin koyduğu hedeflerin çok gerisinde kaldığı artık NVİ tarafından bile kabul edilir olmuştur.
Sürekli artan, değişen, yaşayan doğası gereği adres verilerinin mekânla ilişkilendirilmesi sürecinin vakit kaybetmeden tamamlanması gerekmektedir. Adresi mekânla ilişkilendirerek veri güncelliği ve doğruluğunun sağlanmasını bir sorun olarak tanımlarsak, Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğü'nün iyi niyetli çabalarının bu sorunu çözmeye yetmediği görülmüştür.
Adresin Mekânsal sorununun çözümünde; adrese atfedilen önem, yetkilerin dağılımı, mevcut adres veri durumu, insan kaynağı, teknik altyapı gibi pek çok konuda büyük farklılıkları olan ve sayıları bine yakın yetkili idare için tek bir iş modelinin başarılı olamayacağı, MAKS Projesi'nin geldiği noktadan da açıkça görülmektedir.
Gelinen bu noktayı önceden gören Ordu Büyükşehir Belediyesi kendi yaklaşımı, iş yapma biçimi ve tamamen kendi öz kaynaklarıyla adresi bir büyükşehir belediyesi ölçeğinde mekânsal olarak yönetebilir hale getirmiştir.
Ordu Büyükşehir Belediyesi'nin adresin mekânla ilişkilendirilme sürecinde yaşadığı sorun ve zorluklar, bunlara karşı geliştirdiği çözümler, biriktirdiği deneyimin son derece öğretici ve yararlı olduğu düşünülmektedir.
Biriktirilen bu deneyiminin yani Ordu Büyükşehir Belediyesi'nin adresle imtihanının, adresi temel önceliği olarak gören ve bu iş için zaman, emek ve para harcayan/harcayacak yetkili idareler için yararlı olacağı değerlendirilmektedir.

3. TEŞEKKÜR

Ordu Büyükşehir Belediyesi'nin kurulduğu tarihten bu güne değin adresin mekânsal yönetimi konusunda bizlere güvenerek her türlü desteği sunan belediyemiz üst yönetimi ile büyük özveriyle çalışan Coğrafi Bilgi Sistemi Şube Müdürlüğü ailesine teşekkürü bir borç bilmekteyiz.

KAYNAKLAR

FT Fonseca, CA Davis Jr, MJ Egenhofer, 2008. KAV Borges Ontologies and knowledge sharing in urban GIS Computers, Environment and Urban Systems 24 (3), 251-272

Büyükşehir Belediyeleri 4.CBS Çalıştayı Sonuç Raporu, 2017. Büyükşehir Belediyeleri 4.CBS Çalıştayı Sonuç Raporu, Ordu, Ekim 2017

Resmi Gazete, 2006. 5490 Numaralı Nüfus Hizmetleri Kanunu, Türkiye Cumhuriyeti Resmi Gazetesi, Tarih: 29.04.2006, Sayı:26153, Ankara.

TKGM, 2005. Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sisteminin Oluşturulabilmesi için Ön Çalışma Raporu - Eylem 47, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Ocak 2005.

TUİK, 2006. TUİK Araştırma Dairesi Numaralama Çalışması Eğitim Dokümanı, TUİK, Ankara.

Türk Tarık, 2008. Adres Kayıt Sistemi ile Kent Bilgi Sistemlerinin Bütünleştirilmesi, HKMO Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, Sayı: 99 Yıl: 2008.

NVİ, 2016 MAKS Proje Dokümanı, Ankara.



20 Eylül 2018

13:30- 14:50

SALON 2009

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6677

METEOROLOJİ RADARI GÖRÜNTÜLERİNDEN ÜÇ-BOYUTLU GERİÇATIM VE GÖRSELLEŞTİRME

Mustafa PESEN[1],Uğur Murat LELOĞLU[2]

[1]Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı, 06800, Çankaya, Ankara, e149618@metu.edu.tr
[2]Doç. Dr. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı, 06800, Çankaya, Ankara, leloglu@metu.edu.tr

ÖZET

Hava olaylarının izlenmesi ve tahmininde, uydular, meteoroloji istasyonları ve balonlar gibi çok sayıda algılayıcıdan faydalanılmaktadır. Meteoroloji radarları da aynı amaçla kullanılan önemli algılayıcılardır. Radarlar, etrafında onlarca kilometre ile ölçülen bir yarıçap içerisinde üç boyutlu olarak gerçek-zamanlı veri sağladıkları için kilit öneme sahiptirler. Radarlar çeşitli yükselme açılarında iki boyutlu görüntüler sağladıkları için bunların gözle yorumlanmaları güçtür. Bu çalışmada, iki boyutlu görüntüleri bir araya getirerek, radar tarafından tespit edilen yağmur, kar gibi sınıfları üç boyutlu kapalı hacimlere dönüştüren ve bunların üç boyutlu hareketli gösterimini yapabilen bir algoritma anlatılmaktadır.

Algoritma, NEXRAD Level III Doppler Meteoroloji Radar verilerini kullanmaktadır. Öncelikle iki boyutlu görüntülerde her bir yağış tipi için sürekli ve yavaş değişen yoğunluk kestirimi yapılmaktadır. Her pikselde azami yoğunluğa sahip yağış tipi o piksele atanmaktadır. Sonra görüntülerdeki yağış tiplerine bağlantılı bileşen analizi yapılarak bölütleme işlemi gerçekleştirilmekte ve her bölütün sınırları ile iki boyutlu kapalı bir poligon elde edilmektedir. Meta-veri kullanılarak bu poligonlar üç boyutlu hâle getirilmekte ve değişik yükselme açılarındaki poligonların aynı cisme ait olup olmadıklarına karar verilmektedir. Aynı cisme ait poligonların kenarları arasında eşleştirme yapılarak üç boyutlu örgü yapısı oluşturulmaktadır. Bu cisimler zaman boyutunda hareket ettirilerek meteorolojik olayların üç boyutlu görsel simülasyonu elde edilmektedir.

Anahtar Sözcükler: meteoroloji, üç-boyutlu modelleme, üç-boyutlu görselleştirme, dijital görüntü işleme, meteoroloji radarı

ABSTRACT

THREE-DIMENSIONAL RECONSTRUCTION AND VISUALIZATION OF WEATHER RADAR IMAGES

Numerous sensors, such as satellites, meteorological stations and balloons, are used to monitor and forecast weather events. Weather radars are also important sensors used for the same purpose. Radars are key instruments due to the fact that in a specific radius of tens of kilometers, they bring three-dimensional real-time data. Since radars provide two-dimensional images at various elevation angles, their visual interpretation is difficult. In this study, we describe an algorithm that combines two-dimensional images, transforms the classes detected by radar such as rain and snow into three-dimensional closed volumes and makes their three-dimensional simulations in time.

Algorithm uses NEXRAD (Next Generation Radar) Level III Doppler Meteorological Radar data. Firstly, continuous and smooth intensity estimates are obtained for each precipitation type in two-dimensional images. In every pixel, the precipitation type with the maximum density is assigned to that pixel. Then, the precipitation type image is segmented by perforimng connected component analysis and a closed two-dimensional polygon is obtained from the boundaries of each segment. By using meta-data, these polygons are transfered to three-dimensioned space and it is decided whether the polygons in different elevations belong to the same object. A three-dimensional mesh structure is created by matching the vertices of the polygons of the same object. These structures are displayed sequentially to create three-dimensional visual animation.

Keywords: meteorology, three-dimensional modeling, three-dimensional visualization, digital ımage processing, weather radar, hydrometeor classification

1. GİRİŞ

Hava olaylarının izlenmesi ve tahmininde, uydular, meteoroloji istasyonları ve balonlar gibi çok sayıda algılayıcıdan faydalanılmaktadır. Meteoroloji radarları da aynı amaçla kullanılan önemli algılayıcılardır. Radarlar, etrafında onlarca kilometre ile ölçülen bir yarıçap içerisinde üç boyutlu olarak gerçek-zamanlı veri sağladıkları için kilit öneme sahiptirler.

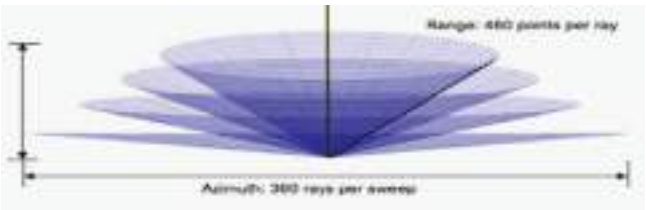
Radar görüntüleri tipik olarak her yükselme açısı için iki boyutlu görüntüler olarak verilir. Ancak, bu gösterim verilerin üç boyutlu olarak zihinde canlandırılmasını ve yorumlanmasını zorlaştırmaktadır. Çalışmamızda, meteoroloji radarında sınıflandırılmış, yağmur, kar vb. sınıfların her biri, üç boyutlu bir hacim olarak geriçatılmakta

ve üçgenlerden oluşan üç boyutlu geometrik yapılar olarak görselleştirilmektedir. Böylece, ayrıntılı topoğrafyayı, değişken ve dinamik atmosfer yapısını ve birçok atmosfer katmanının yoğunluklarını zamanın fonksiyonu olarak gözlemleme fırsatı sunmaktadır. Sisteme girdi olarak aldığımız radar verisi "Multiparameter Radar" olarak geçen NEXRAD Level III verisidir. Bu sistem yüksek çözünürlük ve yüksek keskinlikte veriler üretmekle kalmayıp, yağışın mikro fiziksel özelliklerini oldukça iyi bir şekilde sergilemektedir.

Bu bildiri şu şekilde organize edilmiştir: İkinci bölümde kullanılan meteoroloji görüntülerinin özellikleri açıklanmıştır. Üçüncü bölümde geriçatma algoritmamız ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Dördüncü bölümde elde ettiğimiz bulgular verilmiş ve son bölümde ise sonuçlar tartışılmıştır.

2. METEOROLOJİ RADARI GÖRÜNTÜLERİ

NEXRAD Level III Doppler Meteoroloji Radarları, programlanmış bir şekilde bir dizi hareket düzeni içerisinde 360°'lik azimut ve 0.5°'den 3.4°'ye kadar yükselme (elevation) aralığında tarama yeteneğine sahiptir. Level III radar Azimutta 1 km x 1° çözünürlüğe sahip olup Hacimsel Kapsama Örüntüsü (Volume Coverage Pattern, VCP)Şekil 1'de gösterilmiştir.



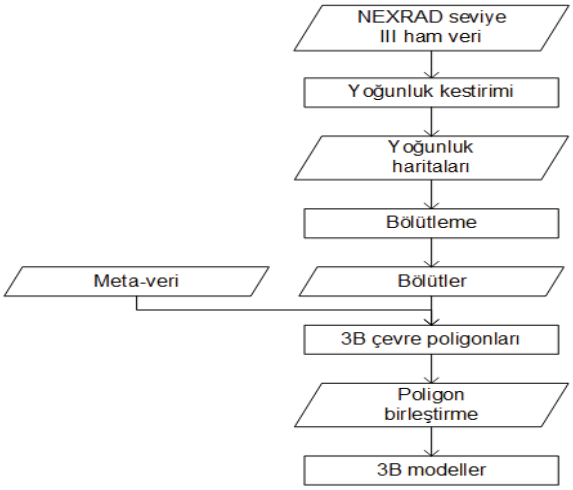
Şekil 1.NEXRAD Doppler Radar Verisi Üç-Boyutlu Hacimsel Kapsama Örüntüsü (Ru 2007).

Radarlar ciddi hava olayları yaşanması sırasında dönüş hızlarını arttırıp bu sayede daha seri veri aktarabilir. Temiz havalarda ise yavaşlayarak daha az tarama yapabilecek şekilde programlanmışlardır. Bu tarama sırasında elektromanyetik dalgalar atmosfere gönderilir ve atmosferdeki saçıcı nesnelerden geri alınan sinyaller (eko) ölçülür. Bu sayede katmanlardan yansıyan sinyaller Damla Büyüklüğü Dağılımı (Drop Size Distribution) oranı sayesinde yağış kategorilerini belirler ve söz konusu kümelenmeler ile hava hadiselerinin konumu ve şiddeti hesaplanır. Bu veriler piksel koordinatlarına aktarılır ve ara değerleme yapılarak hava olaylarına ait coğrafi koordinatlar verinin içerisine yerleştirilir. Görüntü içerisinde şu sınıflar bulunmaktadır:

- Eşik değeri altında kalanlar
- Biyolojik yansımalar
- Yer yansıması
- Buz kristal
- Kuru kar
- Islak kar
- Az ve orta yağış
- Yoğun yağış
- Büyük damla yağış
- Grezil (graupel)
- Dolu(muhtemelen yağmur ile)
- Tanımlanamayanlar
- Bilinmeyen sınıflar
- Sınır aşımı

3. GERİÇATMA ALGORİTMASI

Geliştirdiğimiz algoritma Şekil 2'de akış şeması olarak gösterilmiştir. Algoritma Seviye III görüntülerini ve görüntülere ait meta-verileri kullanarak, çeşitli aşamalardan sonra üç boyutlu grafik nesneler oluşturmaktadır. Algoritmanın aşamaları aşağıdaki alt-bölümlerle ayrıntıları ile anlatılmıştır.



Şekil 2. Akış Şeması.

3.1. Yoğunluk Hesaplama

Orijinal veride bazı piksellerde tanımlı bir sınıfın kodu bulunurken bazı pikseller etiketlenmemiştir. Öncelikle, her bir yağış türünün yoğunluğunu her bir piksel için ve sürekli bir fonksiyon olarak kestirmek gereklidir. Bunun için, her pikseldeki yağış türü değeri, belirli bir komşulukta söz konusu yağış türü içeren piksellerin sayısı olarak kestirilmiştir. Doğal olarak, kullanılan komşuluk penceresinin büyüklüğü ile normalize edilmiştir.

Uygulama kolaylığı açısından kare şeklinde filtre seçilmiştir. Filtrenin büyüklüğü arttıkça, elde edilen yoğunluk fonksiyonunun düzgünlüğü artmaktadır. Bu nedenle, pencerenin büyüklüğü ile elde edilecek nihai şekillerin yüzey düzgünlüğünü kontrol etmek mümkündür.

3.2. Görüntü Bölütleme

Bilgisayar görüsü bağlamında görüntü bölütleme, veri üzerinde bir dizi benzerliği temel alarak, görüntünün kendi içerisinde birbirine bağlı ve tekdüze parçalara ayrıştırılma işlemidir. Öncelikle yoğunluk haritaları karşılaştırılarak, her pikselde azami yoğunluğa sahip olan sınıf o piksele atanır. Tüm yağış sınıfları içerisinde, hepsi belirli bir yoğunluğun altında ise o piksele herhangi bir atama yapılmaz. Bu sayede, radar verisinde istenilmeyen, biyolojik nesneler, yerden yansıyan ekolar, anlamlandırılamayan sınıflar, radar menzilini aşan veya eşik değerinin altında kalan noktalar da elimine edilmektedir.

Ardından, görüntüye bağlantılı bileşen analizi yapılır. Böylece her görüntüde yağış sınıflarına ait bölütler oluşturulur.

3.3. Çevre Poligonlarının Çıkarılması

Görüntü bölütme işlemi sonrasında elde edilen bölütün sınırları öncelikle bir sınır izleme algoritmasına kullanılarak iki boyutlu bir kapalı poligona çevrilir. Literatürde bulunan yöntemler (pixelfollowingmethod, vertexfollowingmethod, Simple boundaryfollower vb.) incelenerek benzer bir algoritma uygulanmıştır (Jonghoon, vd. 2016). Bir piksele ait sekiz komşu kullanılarak poligonlar oluşturulmuştur. Meta-veri içerisinde her pikselin enlem ve boylam bilgileri bulunmaktadır. Pikselin yüksekliği ise radarın konumu, yükselme açısı ve radara olan uzaklık kullanılarak hesaplanabilmektedir. Sınırı oluşturan her pikselin üç boyutlu koordinatları hesaplanarak poligonlar üç-boyutlu hâle getirilir. Bu aşamada, poligonlar yağış tipine göre renklendirilerek "kml" olarak ihraç edilir. Böylece, poligonlar Google Earth benzeri bir programda üç boyutlu olarak incelenebilmektedir.

3.4. Poligonların Birleştirilmesi

Bu basamakta artık algoritma farklı yükselti açılarındaki dilimleri karşılaştırmaya başlar. Burada amaç, değişik yüksekliklerde bulunan aynı yağış tipine ait poligonların aynı kütlenin devamı olup olmadığına karar vermektir. Çevre poligonları çıkartılmış bölütler iki boyutlu olarak üst üste getirilerek birleştirme işlemi yapılmaktadır. Algoritma bu süreçte sadece aynı etikete sahip poligonları işler.

Algoritma görüntü işlerken öncelikle ardışık yükselme açılarına ait görüntüleri kullanır. Yani, küçük açılı olan görüntü ile (alt görüntü) bir büyük açılı olan (üst) görüntü karşılaştırılır. Öncelikle, her iki görüntüdeki bütün poligonların ağırlık merkezi koordinatları belirlenir. Alttaki görüntüde belirli bir yağış tipine ait poligonların merkez noktaları ile bir üst görüntüdeki aynı yağış tipine ait olan poligonları karşılaştırılır. Bunu gerçekleştirirken, üstteki poligonların her birinin alttaki bütün poligonlara planimetride Öklid mesafesi hesaplanır. Aralarında en kısa mesafe olanlardan başlanarak eşleme yapılır. Bu sayede, üstte yer alan görüntü içerisinde aynı yağış tipine sahip olan poligonlar bir alttaki görüntüdeki poligonlarla eşleşmiş olmaktadır.

Ancak, birbirlerinin devamı olan poligonlar için en uzak eşik değerleri belirlenmiştir. Yani, eğer poligonlardan birinde hesaplanan en kısa mesafe eşik değerinden büyükse herhangi bir atama yapılmaz.

Algoritmanın son basamağında ise farklı yükselme açılarında bulunan aynı sınıfa ait eşleştirilen küme sınırları aynı şekilde üst üste birleştirilmiştir.

3.5. Radar Verilerinin Üç Boyutta Görselleştirilmesi

Seçimi yapılan radarın konumu ve saatine göre temiz hava veya yağışlı hava olmak üzere iki tip Radar Hacimsel Kapsama Örüntüsü tipi olduğundan bahsetmiştik. Bu tiplere bağlı olarak yükselmede radarın tarama seviye sayısı ve tarama hızları da değişmektedir. Dolayısıyla yağışlı havada radarın dönüş hızı artarak, kısa zamanda daha fazla tarama yapabilmektedir. Bu sayede hidrometeor sınıflandırılması için gerekli aynı zamana ait azami altı adet görüntü elde edilmiş olmaktadır. Bu noktada amaç, aynı yağış tipine ait değişik yükselme açısındaki üç boyutlu iki poligonun kenarları arasında bir eşleme yapmaktır.

Görüntüler ardışık olarak eşlendikten sonra, bir zincir oluşturan poligonlar bir araya getirilerek aşağıdan yukarıya tüm şekil oluşturulmaktadır. Eğer, arada bir görüntüde parçası eksik olan bir şekil varsa, bunlar iki ayrı şekil olarak değerlendirilmektedir.

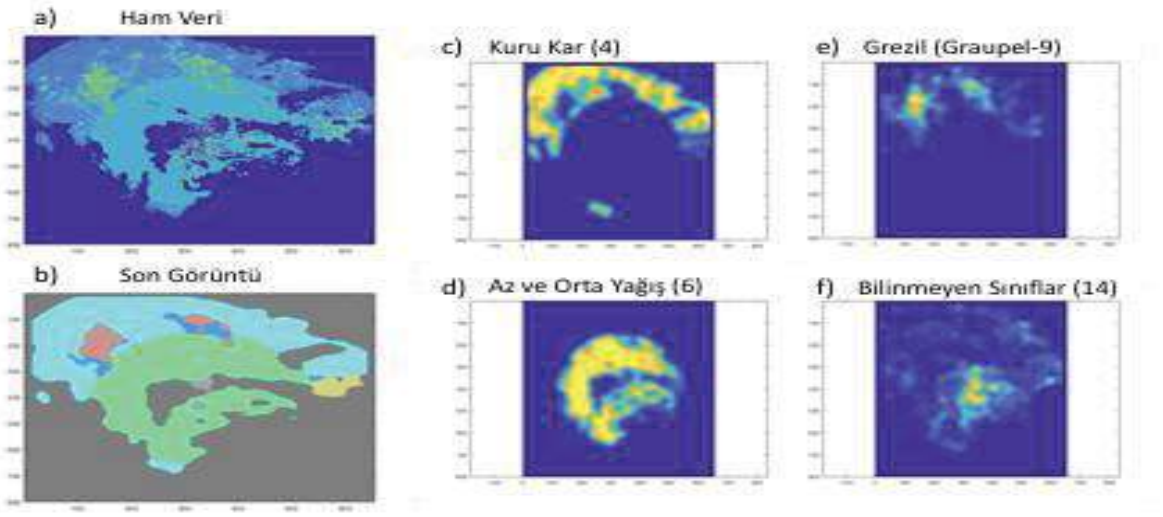
Algoritma sonucunda eşleşen poligonlar saptandıktan sonra, her iki poligonda x ekseninde maksimum değere, y ekseninde ise minimum değere sahip olan kenar noktaları belirlenir. Bu nokta, poligonlar için bir mihenk taşı durumunda olmaktadır. Söz konusu noktadan itibaren saat yönünün tersi istikamette poligonlar arasında üçgenler oluşturulmaya başlanır. Daha sonra bu üçgenler üç boyutta birer dış yüzey oluşturmaya başlayacaktır. Üçgenlerden oluşan yüzeyler, renklendirilir, saydamlık ölçütleri atanır, kesişen noktalar üzerinde renk geçişlerinin olup olmayacağı belirlenir, gelecek ışığın açısı ve cinsi belirtilir ve bilgisayar grafik teknikleri kullanılarak görselleştirilir.

4. BULGULAR

Şekil 3a'da Columbus AFB, Mississippi de konumlandırılmış NEXRAD doppler radar istasyonuna ait, 19/ Ocak/2017 tarihli, 0.5° yükselme açısına sahip, 13:51 saatinde kaydedilmiş tipik bir hidrometeor sınıf görüntüsü vardır.

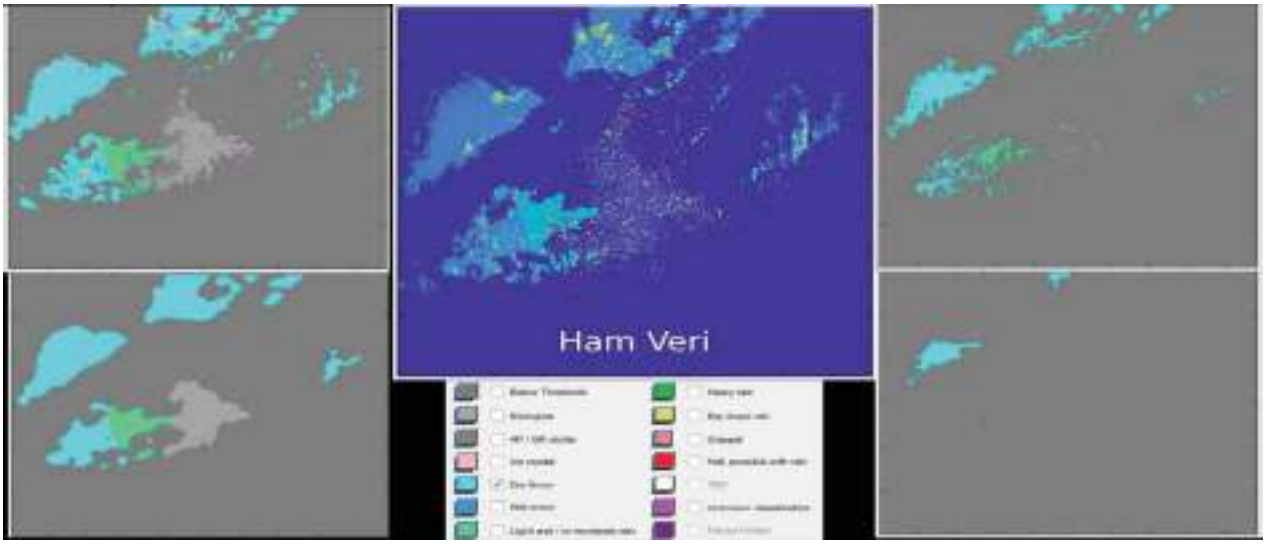
İlgili veriyi ham veri olarak kabul ederek örüntü üzerinden yoğunluk hesaplaması yapılmıştır. 15 piksel yarıçap değerine sahip olan kayan pencere ile 12 farklı yağış sınıfına sahip M*N*12'lik bir görüntü elde edilmiştir. Bu görüntüden örnek olarak dört adet yağış sınıfı seçilerek Şekil 3c, d, e ve f'ye yerleştirilmiştir. Şekil 3b'de yer alan görüntü için yapılan bir sonraki işlemde ise daha önceden belirlenmiş olan %10'luk eşik değerine göre (31*31*0.1) belirli sayıyı sağlamış veya daha fazla değere sahip pikseller etiketli oldukları yağış tipine ait olan etiket numarasıyla ve daha önceden belirlenmiş olan ilgili etiketin rengiyle yeni görüntüye geçmişlerdir. Dolayısıyla gri-skala görüntü renkli görüntüye çevrilmiştir.

Şekil 4b'de ise Seattle, Washington'da konumlandırılmış NEXRAD doppler radar istasyonuna ait, 9/Mayıs/2018 tarihli, 0.9° yükselme açısına sahip, 00:09 saatinde kaydedilmiş başka bir hidrometeor sınıf görüntüsü vardır. Şekil4a'da yer alan iki görüntüde eşik değeri oranı %10 gibi küçük bir değer tutularak düşük yoğunluğa sahip piksellerinde görüntü içerisinde yer alması sağlanmıştır. Şekil 4a ve c'de yer alan görüntülerde aynı etikete ait yağış tiplerinin büyüklükleri ve yakınlıkları (sıklıkları) üzerindeki farklılığın sebebi şudur: Şekil 4a, Yukarıdaki örnekte



Şekil 3. a) NEXRAD Hidrometeorlara ait sınıflandırma, ham veri b) Görüntü bölütme sonucu c) Sadece kuru kar sınıfına ait görüntü d) Sadece az ve orta yağış sınıfına ait görüntü e) Sadece Grezil sınıfına ait görüntü f) Ham veri içerisinde sınıfları tayin edilememiş piksellere ait görüntü.

yarıçap iki piksel olarak alındığı için minimum (5*5*0.1) ve maksimum (5*5*1.0) değerleri arasında kalan piksel değerleri görüntüye atanmıştır. Alttaki görüntüde ise minimum (31*31*0.1) ve maksimum (31*31*1.0) değerine sahip pikseller arasından değeri en yüksek olan yağış tipine ait pikseller atanmıştır. Şekil 4c'de ise bu sefer eşik değeri %90 seviyesine çekilmiştir. Bu sayede yukarıdaki görüntüde sadece minimum 5*5*0.9 ve maksimum 5*5*1 değeri arasında olan pikseller alınırken diğer pikseller eşik değeri altında kaldıklarından dolayı istenilen yoğunluk ayarlanmaktadır. Alttaki örnekte ise yarıçap oldukça büyüdüğü için 31*31*0.9 değerine varana kadar bir çok piksel değeri eşik altında kalmış ve sadece çok yüksek yoğunluğa sahip etiketler geriye kalmıştır.



(a) (b) (c)

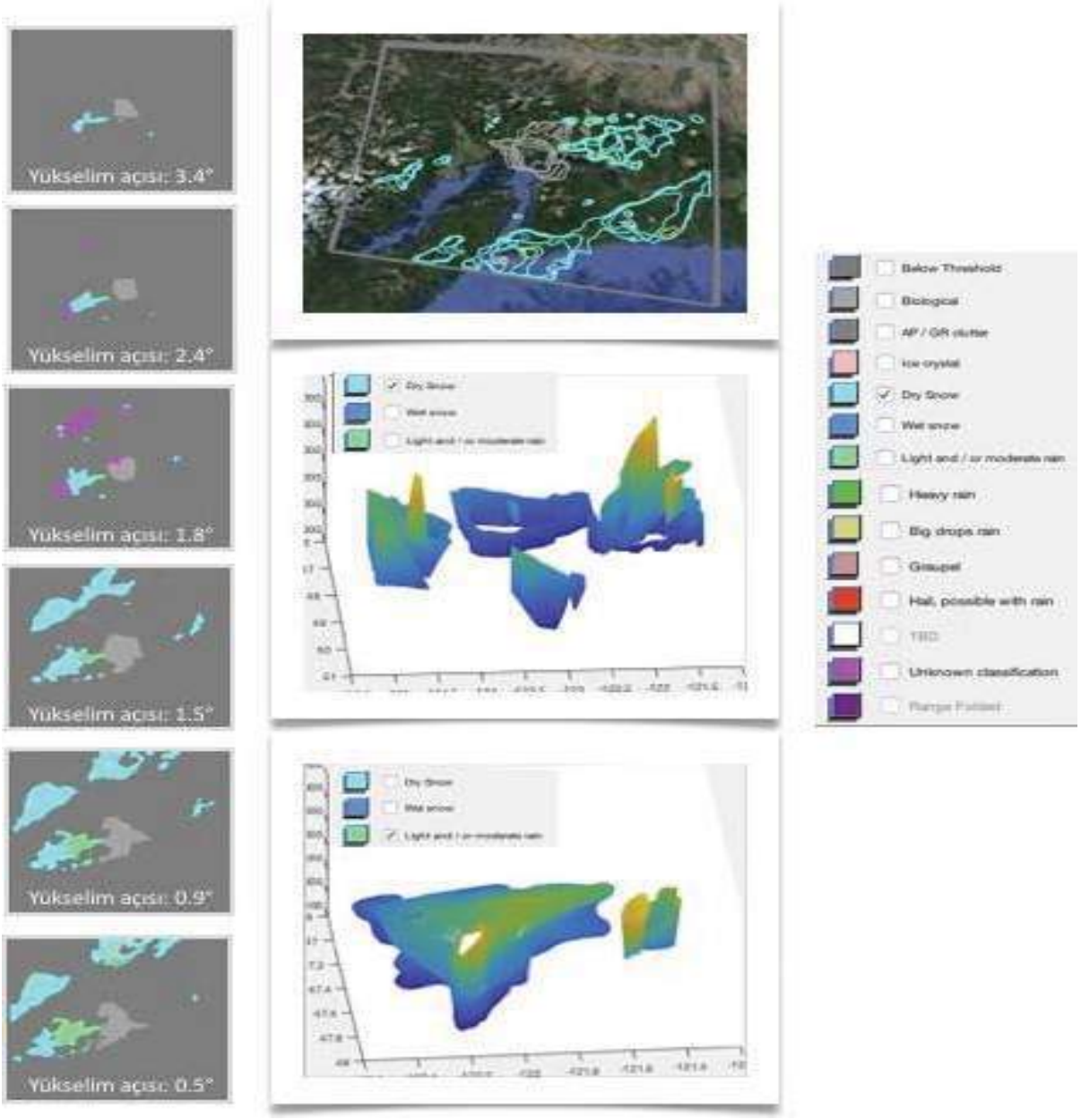
Şekil 4. a) Yukarıda ve aşağıda %10 eşik değerine sahip 2piksel ve 15piksel yarıçapa göre yoğunluk farkı b)Yukarıda ham veri, aşağıda etiketlerine göre yağış tipleri c) Yukarıda ve aşağıda %90 eşik değerine sahip 2piksel ve 15piksel yarıçapa göre yoğunluk farkı.

Birçok görüntü üzerinden denemeler yaptığımız için algoritmanın üç boyutlu modellenmesi sırasında yağış tiplerinin birbirlerine göre kestirimlerinin ve değişimlerinin en iyi gözlemlenebildiği değer olarak yarıçapı 15piksel, eşik değerini ise %10 olarak belirlenmiştir. Burada önemli olan ham veri içerisinde sürekliliğe sahip, görüntü üzerinde baskın yağış tipi olarak kendini belli eden etiketi ve söz konusu etiketlerin konumu en önemlisi sınırlarını doğru kestirebilmektir. Radar sahası içerisinde istenmeyen, yani yağış tahmini yapabilmek adına gerek duymadığımız etiketlerden kurtulmak da önem arz etmektedir. Örnek verecek olursak, üç boyutlu bir modelleme içerisinde radarın maksimum uzaklığını belli eden 'Sınır Aşımı (RF-RangeFolded)' etiketini algoritmaya girdi olarak vermemiz durumunda bulut gibi algılanarak modellenecek ve gerçekten gözlemlenmesi gereken yağış tiplerini görselleştirme içerisinde gölgeleyecektir. Bu yüzden 15piksel ideal bulunmuştur. %10'luk eşik değeri ise arta kalan boşlukları ilgili etiketle doldurmak için minimize edilmiştir.

Algoritmanın işleyişinin devamı olması niteliğiyle Şekil 4'te kullanılan 0.9° yükselim açısına sahip görüntü üzerinde yapılan işlemlerin tamamı aynı şekilde 0.5°, 1.5°, 2.4°, ve 3.4°'lik yükselim açısına sahip beş görüntüde de uygulanmış ve Şekil 5a'da sırasıyla gösterilmektedir. Daha sonra Şekil 5b'deki en üst görüntüde çevre poligonları çıkartılan görüntüler hesaplanan enlem ve boylam değerleri yanısıra yükselti değeri ile üst üste dizilerek "kml" (KeyholeMarkup Language) formatına ihraç edilerek Google Earth'te gösterilmiştir. Aynı yağış tipine ait yükselmede ardışık eşleşen poligonlar birleştirilmiştir. Ortada yer alan görüntüde sadece "Kuru Buz" sınıfına ait örüntülerin modellenmesi esnasında dört farklı bulut yapısı ortaya çıkmıştır. En altta ise sadece "Az ve Orta Yağış" sınıfına ait örüntülerin modellenmesi sırasında ise 0.5° yükselmeden itibaren gözlemlenebilen yağış tipi en üst 3.4° yükselmede de gözlemlenmiş ve son görüntüden algılanabileceği üzere büyük bir bulut örüntüsü oluşturmuştur. Bunun yanı sıra iki küçük yağış bırakan bulut da görselleştirmede gözlenebilmektedir.

Bu çalışmamızda en önemli elde edilen bulgulardan bir tanesi de yağış bırakan bulutların konumlarının çok daha net kestirilebiliyor olmasıdır. Genellikle rastlanan bir bölgeye yağış bırakan bulutların belirli bir kısa mesafe sonrasında hiç yağış bırakmamış olması gibi durumlar tarafımızca daha keskin sonuçlarla tahmin edilebilecektir. Ayrıca yağış tiplerinin birbirlerine olan uzaklıkları, hacimsel ve kütlesel olarak dönüşümleri ve birbirleriyle olan etkileşimleri çok net bir şekilde gözlemlenebilmektedir.

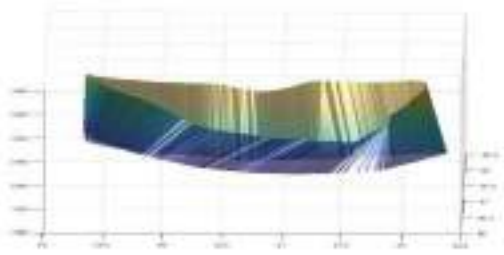
Şekil 6a'da ise eşleşen iki poligonun birleştirilmesi sırasında oluşturulan üçgenlerin sergilendiği algoritma daha ayrıntılı olarak gözlemlenmektedir. Daha sonra aynı algoritma ile yükselmede eşleşen aynı sınıfa ait poligonlar bir



(a) (b)

Şekil 5. a) Radar hydrometeor kümesi b) Kayan pencere tekniği ile örüntü hesaplanması (1) 3B Kuru Buz modeli (2) 3B Az ve Orta Kademeli Yağış modeli (3).

döngü ile birleştirilmiştir. Son olarak dış yüzey için renk belirlenmiş, ışık ve konumu ayarlanmış ve renk geçişleri uygulanmıştır.



(a)



(b)

Şekil 6.a) Yükselmede ardı ardına eşleşen iki poligonun birleştirilmesi b) Aynı sınıfa ait poligonların birleştirilmesi.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, meteoroloji radarlarının çeşitli yükselme açılarındaki görüntülerini birleştirerek üç boyutlu yağış kütleleri oluşturan ve bunları zaman ekseninde simüle eden bir algoritma anlatılmıştır. Geliştirilen algoritma, radar görüntülerinin gözle yorumlanması aşamasında kullanıcılara kolaylık sağlayacaktır. Algoritma başarı ile çalışmakta ise de karmaşık şekillere sahip yapılar zaman zaman yanlış şekiller oluşmasına neden olmaktadır. İleride, algoritma çok karmaşık şekilleri de kolayca geriçatacak şekilde geliştirilecektir. Kullanıcı arayüzü daha işlevsel hale getirilecektir. Ayrıca, birden fazla radarın görüntülerini aynı anda birleştirerek daha gerçekçi üç boyutlu şekiller oluşturulacaktır.

KAYNAKLAR

Boiangiu, C. A. ve Ioanitescu, R. (2013). *Voting-basedImageSegmentation*. Journal of Information Systems& Operations Management, 1-15.

Harper, C., 2008. *WeatherbytheNumbers: TheGenesis of Modern Meteorology*. 2. basım, The MIT Press Cambridge, Massachusetts, London, England. 308 sayfa.

Jonghoon S.,Seungho C., Jinwook S., Dongchul K., Cheolho C., ve Track-Don H., 2016. *FastContour-TracingAlgorithmBased on a Pixel-FollowingMethodfor Image Sensors.*Sensors (MDPI)

Jolliffe, I. T. veStephenson, B. D., 2012. *ForecastVerification: A Practitioner's Guide in AtmosphericScience*. 2. basım, Wiley-Blackwell A John Wiley&Sons, Ltd, Publication, 274 sayfa.

NationalResearchCouncil, 2002. *Weather Radar Technology Beyond NEXRAD.*National Academy Press, Washington, D.C., 98 sayfa.

Ru, Y., 2007. VolumetricVisualization of NEXRAD Level II DopplerWeather Data FromMultipleSites. *InPartialFulfillment of theDegree of Master of Science*, PurdueUniversity, Indiana, 71 sayfa.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6183

HAVA LIDAR NOKTA BULUTU VERİLERİNİN ANALİZİ VE WEB ORTAMINDA SUNUMU

Enes KALPAKOĞLU[1], Latif KILIÇ[2], Serkan URAL[3], Berk ANBAROĞLU[4], Sultan KOCAMAN[5]

[1]Müh., Geotech Company, Çankaya, Ankara, enesklpkgl@gmail.com
[2] Müh., SDT Uzay ve Savunma Teknolojileri, Çankaya, Ankara, Ikilic@sdt.com.tr
[3] Arş. Gör. Dr., Hacettepe Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Beytepe, Ankara, ural@hacettepe.edu.tr
[4] Dr. Öğr. Üyesi, Hacettepe Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Beytepe, Ankara, banbar@ hacettepe.edu.tr [5]
Doç. Dr., Hacettepe Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Beytepe, Ankara, sultankocaman@ hacettepe.edu.tr

ÖZET

Bu projede, son yıllarda Türkiye'de kullanımı artan lidar teknolojisi ile elde edilmiş nokta bulutu verilerinden sayısal yüzey ve arazi modelleri oluşturulup analizlerinin yapılması ve sonuçların konum hassasiyeti değerlendirmesi ile web ortamında 3B sunumu amaçlanmıştır. İlk olarak, Harita Genel Komutanlığı (HGK) tarafından sağlanan, İzmir/Bergama bölgesinde iki farklı yükseklikten (1200m-1600m) iki farklı lidar sistemi ile (Optech-Riegl) elde edilmiş lidar nokta bulutu verilerinin gürültüleri giderilmiştir. Bu aşamada verilerin bindirme oranları ve metrekareye düşen nokta sayısı dikkate alınmıştır. Elde edilen gürültüsü temizlenmiş nokta bulutlarından sayısal arazi modeli oluşturmak için zemin noktalarının fıltrelenmesinde uygulanan farklı parametreler denenmiştir. Dört farklı veri setine de en uygun zemin filtresi parametreleri belirlenerek uygulanmıştır. Metrekareye bir nokta düşecek şekilde sayısal yükseklik ve arazi modelleri oluşturulmuştur. Farklı yükseklik ve cihazlar ile toplanan lidar nokta bulutlarından elde edilen bu modeller birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Modeller arasındaki yüzey farkları ve standart sapmaları hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda noktalar arası en kısa mesafe metodu kullanılarak x,y ve z yönlerindeki farklılıklar bulunmuştur.

Nokta bulutu verilerinin web üzerinde görselleştirmesi için açık kaynaklı olması ve farklı veri formatlarını destekleyen zengin bir kütüphanesinin bulunması nedeniyle Cesium platformu tercih edilmiştir. Mevcut nokta bulutu veri setleri Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından sağlanan yüksek çözünürlüklü ortofotolar kullanılarak renklendirilmiştir. Genel lidar nokta bulutu formatı olan .las Cesium tarafından desteklenmediği için veri setleri FME yazılımı ile Cesium 3D Tile formatına çevirilip Cesium üzerine modül eklenerek görselleştirme sağlanmıştır. Verilerin hızlı yüklenmesi için tüm nokta bulutları alt kısımlara ayrılarak farklı JavaScript algoritmaları ile performans iyileştirmeleri yapılmıştır. Mevcut arayüz 3B geliştirilerek nokta bulutu web üzerinde görselleştirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Cesium, Lidar, sayısal arazi modeli, sayısal yüzey modeli

ABSTRACT

ANALYSIS AND WEB PRESENTATION OF AIRBORNE LIDAR POINT CLOUD DATA

In this project, the generation, analysis, and assessment of DTMs and DSMs from airborne lidar point clouds, which are being increasingly utilized, have been carried out and the results have been presented in 3D on the web. First, the noise has been removed from the lidar point clouds provided by the General Command of Mapping which were acquired at two different altitudes (1200m1600m) with two different lidar systems over Bergama, Izmir. At this stage, strip overlap ratios and point densities have been taken into consideration. Different parameters that are used in filtering the ground points to generate DTMs from the noise-removed point clouds have been tested. Optimum ground filtering parameters that are suitable for each of four different datasets were identified. Digital Surface Models (DSMs) and Digital Terrain Models (DTMs) with 1m ground sampling distance have been generated. The models generated from lidar point clouds acquired with different lidar systems at different altitudes have been compared with each other. Surface differences and their standard deviations have been calculated. Shortest distance method has been applied to calculate point-to-point distances in x, y, and z directions.

Cesium has been used as the web visualization platform as it is open source and has a rich library to support different data formats. The point clouds have been colored using high-resolution aerial orthophotos provided by the General Directorate of Land Registry and Cadastre. Since the .las format is not directly supported by Cesium, all datasets were converted to Cesium 3D Tile format by FME software. Each point cloud set is divided into grids for fast data load, and performance improvements have been achieved by implementation of JavaScript algorithms. The interface has been customized to present additional data on the 3D terrain surface.

Keywords: Cesium, Lidar, digital terrain model, digital surface model

1. GİRİŞ

Topografik lazer tarama sistemleri son yıllarda kayda değer gelişmelere konu olmuş ve son dönemlerde kullanılan en önemli uzamsal veri toplama teknolojilerinden biri hâline gelmiştir. Havai ve yersel platformlarda kullanılan bu sistemler, 3B verileri yüksek doğrulukla toplayabilmektedir. Nokta bulutu olarak da adlandırılan bu lidar verileri,

yüksek nokta sıklığına sahip olup yeryüzüne ilişkin pek çok ayrıntıyı sağlamaktadır. Bu veriler işlenerek şehir modelleri ve 3B haritaların üretimi gibi pek çok amaçla kullanılabilir.

Bu çalışmada 23 Ekim – 06 Kasım 2014 tarihleri arasında Bergama/İzmir test bölgesinde iki ayrı yükseklikten (1200m ve 2600m) Optech firmasının Pegasus HA-500 ve Riegl firmasının LMS-Q1560 lidar sistemleri ile alınan ve Harita Genel Komutanlığı (HGK) tarafından bu araştırma için sağlanan lidar nokta bulutu verileri kullanılmıştır. Hem uçuş yüksekliği hem de lidar sistemlerinin karşılaştırmasının yapıldığı bu çalışma, lidar veri setlerinin doğruluk analizi ve web ortamında sunumu olmak üzere iki başlık altında sunulmuştur. Kullanılan veri setlerinin özellikleri **Çizelge 1**'de verilmiştir (Kayı vd. 2015). **Şekil 1**'de uçuş alanı ve yer kontrol noktalarının dağılımı; **Şekil 2**'de seçilen çalışma alanının Google Earth üzerinde görüntüsü ve **Şekil 3**'te çalışma alanından bir kesit olarak nokta bulutu örneği gösterilmiştir.

Çizelge 1. Hava lidar verisi ediniminde kullanılan iki farklı sisteme ait uçuş verileri

Uçuş Yüksekliği	Açı +/-	Hız (knots)	Yoğunluk (nokta/m^2)	Kolon Sayısı	Bindirme
2600m	20	150	≥2	18	%50
1200m	35	150	≥8	32	% 25

a) Optech Pegasus HA500

Uçuş Yüksekliği	Açı +/-	Hız (knots)	Yoğunluk (nokta/m^2)	Kolon Sayısı	Bindirme
2600m	30	150	≥2	11	%30
1200m	30	150	≥8	29	% 50

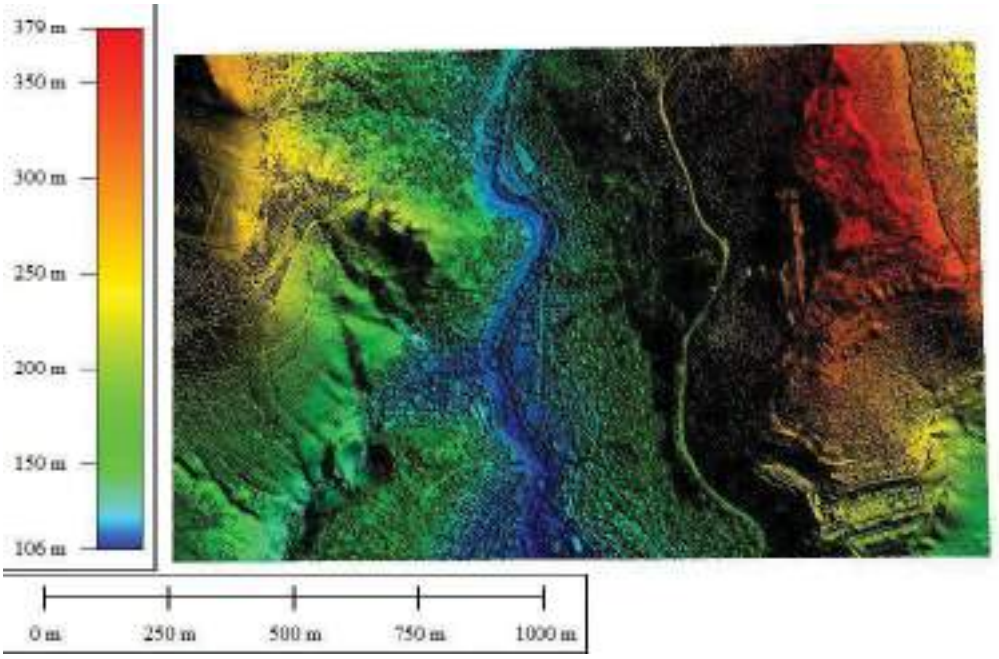
b) Riegl LMS-Q1560



Şekil 1. Uçuş alanı ve yer kontrol noktalarının dağılımı.



Şekil 2. Seçilen çalışma alanının Google Earth üzerinde görüntüsü.



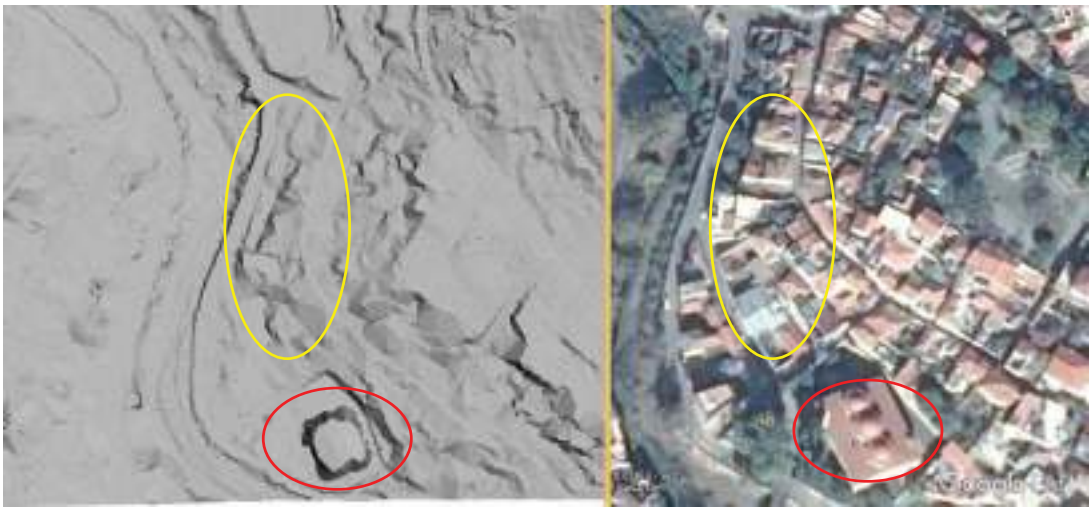
Şekil 3. Optech 2600m sayısal yüzey modeli örneği.

2. LİDAR NOKTA BULUTU ANALİZLERİ

Nokta bulutlarının analizi sayısal yüzey modeli (SYM) oluşturma, zemin filtreleme yöntemiyle sayısal arazi modeli (SAM) üretimi, nokta bulutlarının hassasiyet karşılaştırması ve mekânsal dizinleme olmak üzere farklı aşamalarda gerçekleştirilmiştir.

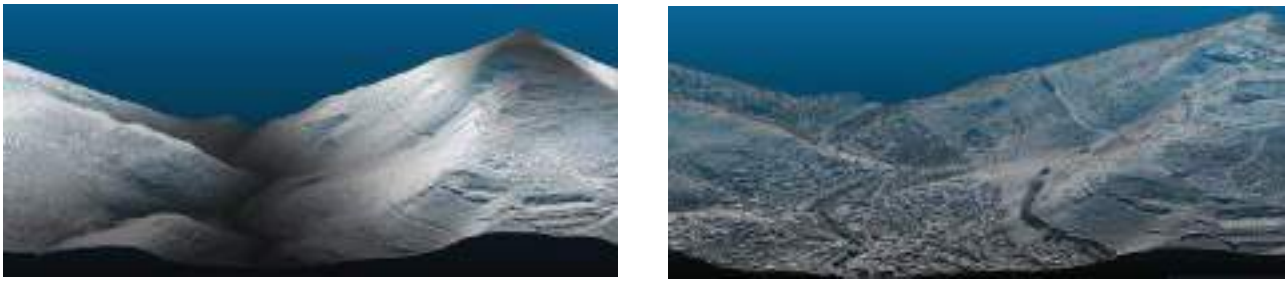
Zemin filtreleme, nokta bulutu verilerini yer noktalarına ve zemin olmayan noktalara ayıran, lidar veri işlemede yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Etkin zemin filtreleme, segmentasyon, sınıflandırma ve modelleme öncesinde uygulandığında fayda sağlamaktadır. HLS (Hava Lidar Sistemi) verileri için çok sayıda zemin filtreleme algoritması geliştirilmiştir. Bununla birlikte, bunların birçoğu, farklı görüş açısı ve yüksek değişkenlik gösteren çözünürlük nedeniyle YLS (Yersel Lidar Sistemi) verisine uygulandığında HLS verisinde gösterdiği performansı sağlayamamaktadır. Ayrıca, engebeli arazide birçok zemin filtreleme tekniği uygulamada sınırlıdır ve kısa bitki örtüsü, dik eğimler ve benzerleri gibi bazı nesnelerle başa çıkmada zorluk yaşarlar. Bu yüzden aynı filtre bütün zeminlerde işe yaramaz. Farklı zeminlerde yüzey özelliklerine bağlı olarak farklı filtreler uygulanması gerekebilir. Dolayısıyla, lidar verisinden SYM oluşturulmasında en önemli adımın bu olduğu belirtilmektedir (Liu 2008). Son olarak, yüksek sayıda nokta içeren nokta bulutu verilerinde veri geçişi, çoklu tekrarlamalar ve komşu arama gibi işlemler hesaplama verimliliğini önemli ölçüde etkilemektedir.

Çeşitli zemin filtrelerinin performansı zemin yüzeyi, yer ve arazi koşullarına bağlı olarak bazı nesneler, arazi örtüleri ve oluşumların bulunduğu durumlarda olumsuz olarak etkilenmektedir. Özellikle bir metrenin altındaki çalılar, yol kenarı boyunca uzanan alçak duvarlar, köprüler, yapıların şekil ve ebatlarındaki çeşitlilik, kesik kenarlar vb. bulunması durumunda bu olumsuz etkiler gözlenmektedir. Bu nedenle bu çalışmada bütün yüzeyler için kullanılabilecek optimum bir filtre arayışına gidilmiştir. Çeşitli parametreler LASTools (2018) programında denenerek, farklı yüzeylerin parametrelerdeki değişime nasıl cevap verdiği kaydedilmiş ve kıyaslamalar sonucu bütün veri setleri için ortak parametreler belirlenmiştir. **Şekil 4**'te filtrelemede karşılaşılan bir hataya örnek verilmiştir.



Şekil 4. Adım boyutu (step size) 10 m seçildiğinde Optech'te 1200 m'den zemin filtreleme hatalarına örnekler.

Bütün nokta bulutları öncelikle LASTools programı ile gürültülerinden ayıklanmıştır. Elde edilen gürültüleri giderilmiş verilerden SYM ve SAM oluşturmak için farklı parametreler denenmiştir. Dört farklı veri seti için de en uygun yüzey filtresi parametreleri tespit edilerek uygulanmış ve metrekareye bir nokta düşecek şekilde SAM ve SYM oluşturulmuştur. Karşılaştırma amaçlı seçilen çalışma alanında oluşturulmuş SAM ve SYM'lerin ekran görüntüleri **Şekil 5**'te verilmiştir.



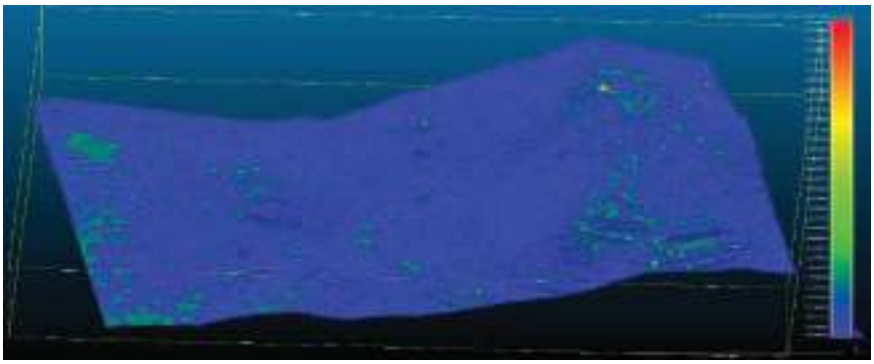
Şekil 5. Çalışma alanındaki bir veri setinden oluşturulan SAM (solda) ve SYM (sağda) ekran görüntüleri.

Elde edilen dört SAM ve dört SYM, uçuş yüksekliğinin etkilerinin ve lidar sistemlerinin doğruluklarının incelenmesi amacıyla CloudCompare (2018) programı ile karşılaştırılmıştır. Bu analizde her bir modeldeki noktaların diğer modellerdeki en yakın noktalara olan x, y, z yönlerindeki Öklid uzaklıkları hesaplanmıştır. Karşılaştırma sonuçlarının özeti **Çizelge 2**'de verilmektedir. Riegl 2600m ile Optech 2600 m veri setlerinin karşılaştırma sonucu elde edilen farkları (Öklid mesafesi) **Şekil 6**'da görselleştirilmiştir.

Çizelge 2. Dört SAM ve dört SYM'nin birbiri ile Öklid mesafesi açısından karşılaştırma sonuçları.

	SYM Karşılaştırmaları	SAM Karşılaştırmaları
Optech 1200 ve Optech 2600	M = 0.186m S = 0.283m	M = 0.113m S = 0.164m
Riegl 1200 ve Riegl 2600	M = 0.163m S = 0.287m	M = 0.351m S = 0.480m
Riegl 1200 ve Optech 1200	M = 0.253m S = 0.400m	M = 0.221m S = 0.381m
Riegl 2600 ve Optech 2600	M = 0.214m S = 0.312m	M = 0.347m S = 0.482m

M: Ortalama uzaklık S: Standart sapma

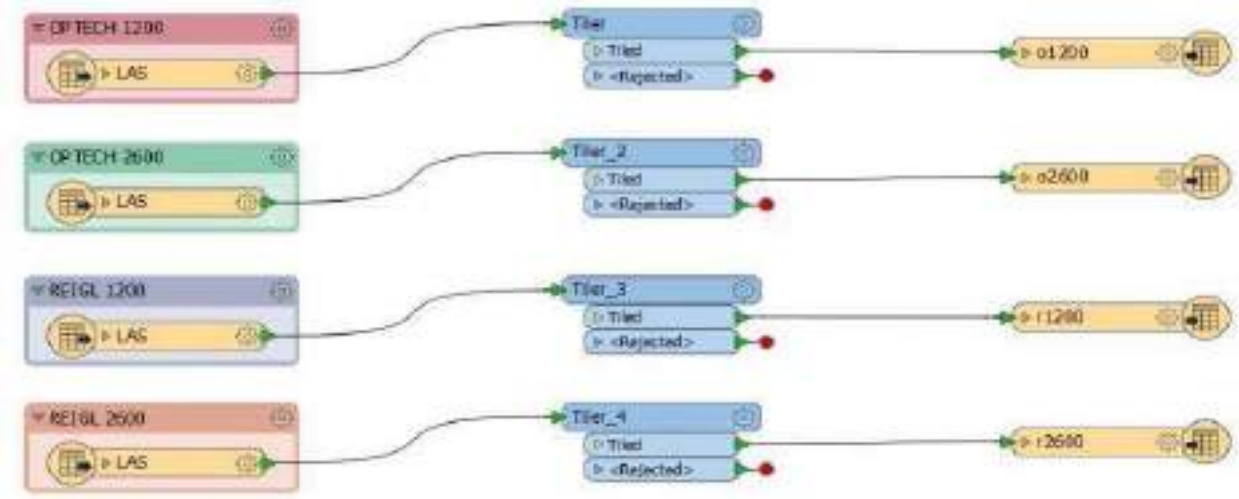


Şekil 6. Riegl 2600m ile Optech 2600 m veri setlerinin karşılaştırma sonucu elde edilen farkları (Öklid mesafesi).

3. LIDAR NOKTA BULUTLARININ WEB ORTAMINDA 3B SUNUMU

Toplanan lidar verileri genellikle terabayt büyüklüğünde olup çok sayıda nokta içerir. Lidar noktaları genellikle LAS formatında veya LAZ formatında saklanır ve dağıtılır. LAS veya LAZ dosyalarının yönetilmesi lidar verisi işlemede önemli bir yer tutmaktadır; nitekim her biri yaklaşık 200 milyon nokta içeren toplam 500 uçuş şeridinden oluşan bir veri söz konusudur. LASTools programında kullanılan mekânsal dizinleme yöntemi verilerin ikinci bir kopyasını yaratmadan, düşük bir disk alanı kullanarak ve hızlı bir şekilde .lax uzantısında dizin dosyaları oluşturur (LASTools, 2018).

Bu çalışmada nokta bulutunu görselleştirmek için açık kaynak kodlu olması ve JavaScript dili ile yazılmasından dolayı Cesium (2018) platformunun kullanılması tercih edilmiştir. CesiumJS 3B küreler ve haritaların gösterilmesi için kullanılan açık kaynaklı bir JavaScript kütüphanesidir ve Buyukdemircioglu (2018) tarafından 3B şehir modellerinin arazi modeli ile birlikte sunumu için kullanılmıştır. Görselliğin zenginleştirilmesi için çalışma bölgesine ait yüksek çözünürlüklü ortofotolar Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğünden temin edilerek FME yazılımı ile renklendirilmiştir. Nokta bulutlarının Cesium'da görselleştirilebilmesi için .las formatındaki veri FME yazılımı ile Cesium 3D Tile formatına çevrilmiştir (**Şekil 7**).



Şekil 7. FME ile nokta bulutu format değişimleri ve nokta bulutlarının hücrelere ayırımı.

Nokta bulutu verilerinin Cesium arayüzünde görselleştirilmesi format dönüşümü sayesinde gerçekleştirilmiştir ancak performans en büyük problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Çünkü veri büyüklüğü ve yoğunluğu çok yüksektir. Buna çözüm olarak arayüzde görüntülenecek nokta bulutu verilerinin belirli boyuttaki hücrelere ayrılıp o şekilde çağrılması öngörülmüş ve başarı sağlanmıştır. **Şekil 8**'de hücrelere ayırırken girilen yatay ve dikey hücre sayıları verilmiştir. Bu değerlere birçok farklı değerin denendiği ön testler sonucunda karar verilmiştir.



Şekil 8. FME'de Tiler (Hücre) parametreleri.

Veriyi hücrelere ayırma yöntemi dışında sadeleştirerek de performans iyileştirmesi için testler yapılmıştır. Bu yöntem de performans açısından başarılı olmuş ancak veri kalitesinde kayıplara neden olduğu için tercih edilmemiştir (**Şekil 9**).



Şekil 9. %50 sadeleştirilmiş (nokta seyreltilmiş) Riegl 1200m nokta bulutu.

Cesium arayüzü özelleştirilerek renkli SAM, renksiz SYM, çalışma alanı içerisinde yer alan Bergama Antik Kenti, LASTools ile sınıflandırılmış bina ve ağaç verileri seçenekleri eklenmiştir. Tüm nokta bulutu setleri üzerinde nokta boyutu, gölgelendirme ve geometrik hata gibi seçeneklere imkân tanıyan JavaScript kodları yazılmıştır. Bergama Antik Kenti'nin Cesium platformu üzerinde sunulmuş renklendirilmiş nokta bulutu **Şekil 10**'da verilmiştir.



Şekil 10. Bergama Antik Kenti'nin renklendirilmiş lidar nokta bulutu (Cesium platformu üzerinde görselleştirilmiştir).

3. SONUÇLAR

Bu projede, nokta bulutu verisinin işlenmesi, işlenmesinde karşılaşılan sorunlar ve bu sorunlara üretilen çözümler analiz edilerek yoğun nokta bulutu verilerinin web üzerinden sunumunda performansı arttırmak için yapılan düzeltmeler ele alınmıştır. İki farklı uçuş yüksekliğinde elde edilmiş dört farklı hava lidar nokta bulutu verisi kullanılarak bu verilerin kendi aralarında karşılaştırması yapılmıştır. Veriler, farklı cihaz ile aynı yükseklikte ve farklı yükseklikteki aynı cihazda olacak şekilde analiz edilmiştir (**Çizelge 2**). Veriler arasındaki farklar nokta yoğunluğu, nokta sayısı, nokta konumları dikkate alınarak karşılaştırılmıştır. İşletim sistemi ve yüksek nokta yoğunluğu nedeniyle görselleştirmede yavaşlama olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle veri parçalara ayrılarak web ortamına açılmıştır. Veriler, FME Tiler Parametreleri ile istenilen sayıda parçaya bölünerek hızlı bir şekilde açılmaları sağlanmıştır. Bu aşama sonrasında dört farklı veri kümesinin daha hızlı açıldığı görülmüştür. Web üzerinde yapılan sunumda nokta bulutu verisi üzerinden uzunluk, eğim, bakı vb. sorgular yapılması için çalışmalar devam etmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada veri desteğinden dolayı Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü ve Harita Genel Komutanlığına, ayrıca katkılarından dolayı Mehmet Büyükdemircioğlu'na teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Axelsson, P., 2000**.** DEM Generation from Laser Scanner Data Using Adaptive TIN Models. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens., XXXIII, 110–117.

Buyukdemircioglu, M., 2018**.** 3 Boyutlu Şehir Modeli Oluşturma ve Web Tabanlı Görselleştirme. Yüksek lisans tezi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimeri Enstitüsü (60036), Mayıs, 89s.

Cesium, 2018. Cesium Overview. https://cesiumjs.org/index.html [13.05.2018]

Che, E., Olsen, M.J., 2017, Fast ground filtering for TLS data via Scanline Density Analysis.

CloudCompare, 2018, http://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php?title=Cloud-to-Cloud_Distance

FME, https://www.safe.com/how-it-works/ (2018)

Jern M. *"Smart" Documents with ActiveX 3D Data Visualization Components. In: Vince J.A., Earnshaw R. (eds) Digital Media: The Future. Springer, London*

Kayı A., Erdoğan M., Eker O., 2015. OPTECH HA-500 ve RIEGL LMS-Q1560 ile Gerçekleştirilen LİDAR Test Sonuçları. *Harita Dergisi, Sayı 153.*

LASTools, 2018. http://rapidlasso.com [05.08.2018]

Liu, Xiaoye. 2008. Airborne LiDAR for DEM Generation: Some Critical Issues, Progress in Physical Geography: Earth and Environment 32 (1): 31-49.

Shan, J., Toth, C.K., 2009, Topographic laser ranging and scanning : principles and processing, 332-337.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7086

GÖKTÜRK-2 VE PLEIADES 1A GÖRÜNTÜLERİNİN KALİTESİNİN İNCELENMESİ

Ezgi Burçin GAZEL[1], Semanur SEYFELİ[2], Sultan KOCAMAN[3] Armin Gruen[4], Matthias Troyer[5]

[1]Müh., Hacettepe Üniversitesi, Geomatik Müh. Böl., Beytepe, 06800 Ankara, ezgiburcing@hotmail.com
[2] Müh., Hacettepe Üniversitesi, Geomatik Müh. Böl., Beytepe, 06800 Ankara, sema.s.2903@gmail.com
[3]Doç. Dr., Hacettepe Üniversitesi, Geomatik Müh. Böl., Beytepe, 06800 Ankara, sultankocaman@hacettepe.edu.tr
[4] ETH Zurich, Teorik Fizik Enstitüsü,8093 Zürih, İsviçre, agruen@geod.baug.ethz.ch
[5] ETH Zurich, Teorik Fizik Enstitüsü,8093 Zürih, İsviçre, troyer@phys.ethz.ch

ÖZET

Bu çalışmanın amacı Göktürk-2 görüntülerinin radyometrik ve geometrik kalitesinin, 3 boyutlu (3B) model üretme kapsamında sayısal yüzey modeli oluşturma kapasitesinin, Moorea Adası üzerinde alınmış veriler kullanılarak incelenmesidir. Benzer incelemeler yine ada üzerinde çekilmiş olan Pleiades 1A görüntüleri kullanılarak yapılmış ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Çalışma alanı olarak seçilen Moorea Adası, pek çok araştırma grubu tarafından uzun yıllardır incelenmektedir ve 2014 yılında oluşturulan Moorea Konsorsiyumu tarafından da Ada bir araştırma laboratuvarı olarak görülmektedir.

Bu çalışma kapsamında, 27 Mart 2017 tarihinde çekilmiş Göktürk-2 stereo görüntü çifti değerlendirilmiştir. Görüntüler, görüntü izinin yer kontrol noktaları (YKN) ve polinomlar kullanılarak modellenmesi yöntemi ile yöneltilmiş ve 2 piksel hassasiyet elde edilmiştir. Sayısal yüzey modeli, ortofoto ve pan-keskinleştirilmiş görüntü üretimi, ve otomatik arazi örtüsü sınıflandırma sırasında farklı sorunlar ile karşılaşılmış ve bu sorunlar bu bildiride sunulmuştur. Benzer adımlar 2014 yılında çekilmiş Pleiades üçlü görüntü seti ile de gerçekleştirilmiş ve sonuçlar irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Göktürk-2, Pleiades, SYM oluşturma, yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri, arazi örtüsü sınıflandırma

ABSTRACT

INVESTIGATIONS ON GOKTURK-2 AND PLEIADES 1A IMAGERY

The main aim of this study is to investigate the radiometric and geometric quality of Gokturk-2 images over Moorea Island in French Polynesia and also to assess 3D processing and surface model generation capabilities. Similar processing steps have been carried out using Pleiades image triplets over the same area and comparisons have been performed between both datasets. The study area has been under investigation by several research groups for many years, and some of these efforts has been combined under an international collaboration called Moorea Idea Consortium.

Within this study, one Gokturk-2 stereopair acquired in May 2017 have been investigated for radiometric and geometric quality. The images have been georeferenced using generic polynomials with the help of ground control points and a Digital Surface Model (DSM) of the area has been produced. Several issues have been encountered during orthophoto and pan-sharpened image generation, and automatic land cover classification with Gokturk-2 images. These steps have been performed with the Pleiades triplet and the results are presented here.

Key Words: Gokturk-2, Pleiades, DSM generation, high resolution satellite imagery, land cover classification

1. GİRİŞ

İkinci Türk yer gözlem uydusu olan Göktürk-2, Çin'deki Jiquan üssünden 18 Aralık 2012 tarihinde fırlatılmıştır ve yeryüzünden 685 km yükseklikteki yörüngesinde dünyanın farklı yerlerinden görüntü almaya devam etmektedir (Atak vd., 2015). Üzerindeki kamera pankromatik (2.5 m) ve multispektral (5 m) bantlardan çizgi tarama yöntemi ile görüntüleme yapabilmekte ve hem mono nadir hem de ±30º çekim açıları ile stereo görüntü alabilmektedir. Bu çalışmada, Göktürk-2 uydusunun radyometrik ve geometrik kalitesi, stereo görüntülerden 3 boyutlu konum belirleme ve yüzey modeli oluşturma kapasitesi, ve görüntü sınıflandırma ile yüzey örtüsü belirleme olanakları Fransız Polinezyası'nda bulunan Moorea Adası üzerinde 2017 yılında alınan stereo görüntüler kullanılarak değerlendirilmiştir. Aynı ada üzerinde 2014 yılında çekilen üçlü Pleiades 1A görüntüleri aynı iş akış şeması kullanılarak işlenmiş ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Pleiades-1A uydusu 16 Aralık 2011 tarihinde fırlatılmıştır ve 0.5 m yersel çözünürlüklü pankromatik ve 2 m yersel çözünürlüklü multispektral görüntü sağlamaktadır (Satellite Imaging Corp., 2018). Pleiades 1A görüntüleri,

Moorea Konsorsiyumu tarafından satın alınmış ve öncelikle sayısal yüzey modeli (SYM) ve sayısal arazi modeli (SAM) oluşturmak için kullanılmıştır. Moorea Konsorsiyumu, 80'den fazla araştırmacının, uluslararası araştırma kurumu ve enstitüsünün (UC Berkeley, CNRS-EPHE, ETH Zürich, Oxford Üniversitesi, UC Santa Barbara, MCR LTER, vd.) 2013 yılından itibaren bir araya gelmesi ile oluşmuştur ve Ada Dijital Ekosistem Avatarını yaratmayı hedeflemektedir (Gruen vd., 2017; www.mooreaidea.org). Avatar'ın, çeşitli disiplinler tarafından veri toplama, veri işleme ve simülasyonlar gerçekleştirme amacı ile kullanılan bir model olması düşünülmektedir.

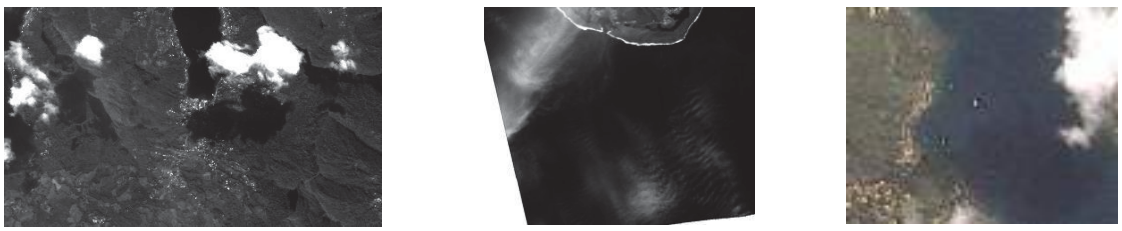
Çalışmada, Pleiades ve Göktürk-2 görüntüleri, radyometrik kalite, yöneltme doğruluğu, otomatik SYM üretimi kalitesi, pan-keskinleştirilmiş görüntü oluşturma ve ortofoto üretimi, ve otomatik arazi örtüsü sınıflandırılması aşamaları açısından incelenmiş ve sonuçlar tartışılmıştır. Bu uyduların görüntüleri farklı açılardan daha önce de farklı çalışmalarda ayrıntılı olarak incelenmiştir. Göktürk-2 görüntülerinin pan-keskinleştirmesi daha önce Kahraman ve Ertürk (2017) tarafından da İstanbul örneğinde incelenmiştir. Küpçü vd. (2014), Topan vd. (2016), Mutluoğlu ve Güven (2017) ve Kocaman vd. (2017) Göktürk-2 görüntülerinin geometrik doğruluğunu farklı test alanlarında incelemişlerdir. Pleiades görüntülerinin pan-keskinleştirmesi ise Poli vd. (2013) tarafından analiz edilmiştir. Lebègue vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada ise Pleiades görüntülerinin kalitesi ayrıntılı olarak analiz edilmiştir. Bu çalışmada ise özellikle Göktürk-2 görüntülerinin otomatik arazi örtüsü sınıflandırılması aşamasına kadar tüm iş akışının ne şekilde gerçekleştirilebileceği Pasifik Okyanusu'ndaki çalışma alanı üzerinde değerlendirilmiştir.

2. VERİ VE YÖNTEMLER

Bu çalışmada 23 Haziran 2014 tarihinde (-11º,0 º,11 º) çekim açılarıyla alınmış Pleiades 1A üçlü görüntüleri ile 27 Mart 2017 tarihinde ± 30º çekim açılarıyla alınmış Göktürk-2 stereo görüntülerinin radyometrik kalitesi görsel olarak incelenmiştir. Ayrıca Göktürk-2 L1 görüntü çiftinin farklı bantlarının histogramları gri değerler üzerinden analiz edilmiş ve sonuçlara Çizelge 1'de yer verilmiştir. Şekil 1'de belirtildiği gibi Göktürk-2 görüntü çiftinin sol alt bölümünde sis, belli bölgelerinde ise bulut gözlenmektedir. Ayrıca görüntü sıkıştırmadan kaynaklanan çizgilere rastlanmıştır. Göktürk-2 görüntülerinin radyometrik kalitesi daha önce Kocaman vd. (2017) tarafından da farklı yöntemlerle incelenmiştir. Pleiades 1A görüntü setinde bulunan bazı radyometrik sorunlar Gruen vd. (2017) tarafından gündeme getirilmiş ve bu verilerden alınan bazı ekran görüntüleri Şekil 2'de sunulmuştur. Bu görüntülerin orta kısmında bir bölge bulut tabakası ile örtülmüştür. Görüntülerde piksel patlamalarına rastlanmıştır. Bu sorunlar Şekil 2'de örneklendirilmiştir. Her iki uydudan elde edilen görüntülerdeki gölgeler, altlarında yer alan detayları gizlemektedir.

Çizelge 1. Göktürk-2 görüntülerinin histogram değerleri.

	Part-1				Part-2			
	Pan	Kırmızı	Yeşil	Mavi	Pan	Kırmızı	Yeşil	Mavi
Minimum	1	113	1	2	1	1	1	1
Maksimum	2047	1129	2047	2047	2047	2047	2047	2047
Ortalama	192.21	240.07	192.49	599.48	206.77	158.77	209.33	667.26
Std. sapma	101.66	112.30	109.05	171.84	103.14	126.23	112.67	162.57



a) Bulutla kaplı alanlar b) Sis c) Görüntü sıkıştırma etkileri

Şekil 1. Göktürk 2 görüntülerindeki bazı sorunlar.

Göktürk-2 seviye L1 (radyometrik düzeltme yapılmış) görüntüleri, görüntü izinin polinom model kullanılarak modellenmesi yöntemiyle yöneltilmiştir. Polinom derecesi bir olarak seçilmiştir. Yöneltme için ERDAS Imagine yazılımı (Hexagon Geospatial, 2018) ve toplam 12 adet yer kontrol noktası (YKN) kullanılmıştır. 7 kontrol noktası 5 sağlama noktası bölgenin Pleiades 1A görüntü setinden üretilmiş olan vektör verilerinden elde edilmiştir. Belirlenen noktalar genellikle yol kenarlarından, yerleşim yerlerindeki binaların köşelerinden ve kıyılarda bulunan

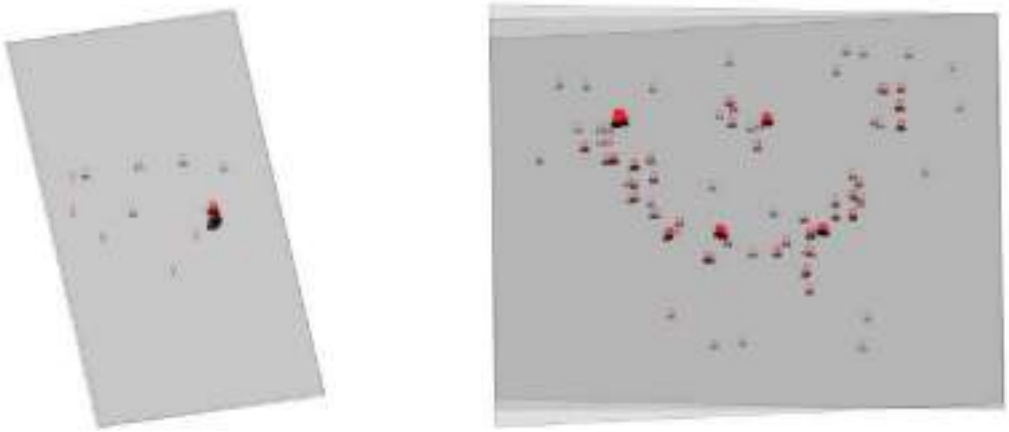
iskelelerden seçilmiş, görüntülerde işaretlenmiştir. Göktürk-2 pankromatik görüntüleri için sağlama noktaları kullanılarak yaklaşık 2 piksel (4.8 m) RMSE (XYZ) değeri elde edilmiştir.



a) Bulutla kaplı alanlar b) Piksel patlaması

Şekil 2. Pleiades görüntülerindeki radyometrik sorunlar.

Pleiades görüntüleri ise RFM (Rational Polynomial Functions) parametre katsayılarına (RPC – Rational Polynomial Coefficients) YKN yardımıyla afin dönüşüm uygulanarak yöneltilmiş ve sağlama noktalarından yaklaşık bir piksel (0.6 m) RMSE (XYZ) elde edilmiştir. Yer kontrol noktalarının nesne uzayı koordinatları yersel yöntemlerle yüksek doğrulukla ölçülmüştür (~2-4 cm). 7 kontrol noktası ve 13 sağlama noktası görüntülerde manuel olarak ölçülmüştür. Bu noktalar da genellikle görüntüde ayırt edilebilecek yol kesişimleri ve bina köşelerinden seçilmiştir. Moorea Adası Pleiades görüntülerine genel bir bakış ve YKN dağılımları Şekil 3'te verilmiştir.



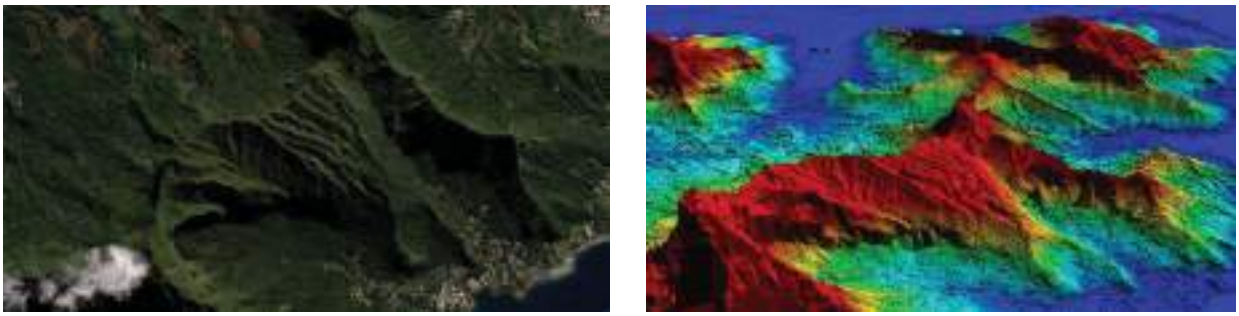
a) Göktürk 2 YKN dağılımı b) Pleiades YKN dağılımı



c) Moorea Adası Pleiades görüntülerine genel bakış

Şekil 3. Moorea Adası Pleiades görüntüsüne genel bakış ve YKN'lerin Göktürk 2 ve Pleiades görüntülerindeki dağılımı.

Her iki görüntü setinde SYM üretimi için yine ERDAS Imagine Photogrammetry yazılımı altında eATE (enhanced Automatic Terrain Extraction) modülü kullanılmıştır. eATE modülünün eşleme algoritması farklı görüntü çözünürlük seviyelerini kullanarak normalize edilmiş gri değerlere dayalı çapraz korelasyon (cross-correlation) yapmaktadır. Yani, eşleme işlemi yüksek bir görüntü piramidinden başlar. Her bir piramit seviyesinde, daha yüksek piramit üzerindeki eşleşmelerden güncellenen arazi aralığı, mevcut piramitte arama aralığını sınırlamak için kullanılır ve bir sonraki alt piramidin arazi aralığını güncellemek için mevcut piramidin sonuçlarının eşleştirilmesi kullanılır. Bu şekilde, her bir piramit düzeyinde arazi varyasyonunun belirsizliği azalır. Arama aralığı da azaltılmalıdır. Bu nedenle Göktürk-2 SYM üretimi için pencere boyutu 9 x 9 piksel, eşleme olasılığını arttırmak için y-paralaksı görüntü yöneltme doğruluğu da dikkate alınarak 5 piksel ve çıktı SYM'nin grid aralığı 2.5 metre olarak seçilmiştir. Pleiades SYM üretimi için kullanılan parametreler; pencere boyutu 5x5 piksel, y-paralaksı 1 piksel ve çıktı SYM'nin grid aralığı grid aralığı 0.6 metredir. Sonuç olarak üretilen Pleiades nokta bulutu Göktürk- 2 nokta bulutundan daha yoğundur. Göktürk-2 SYM'nin özellikle eğimi yüksek olan dağlık alanlarda daha başarısız olduğu gözlenmiştir. Bunun nedeni özellikle stereo çekim açısının yüksek olması ile açıklanabilir. Pleiades SYM ise dağlık alanlarda da genel olarak başarılıdır ve bu hem görüntülerin üçlü (triplet) olması hem de çekim açılarının dar olması (-11º,0 º,11 º) ve dolayısıyla görüntüler arasındaki benzerliğin yüksek olması ile açıklanabilir. Pleiades SYM'den örnekler Şekil 4'te verilmiştir.



a) Ortofoto b) SYM

Şekil 4. Pleiades 1A görüntüsünden oluşturulan ortofoto ve SYM.

Göktürk-2 ve Pleiades 1A görüntülerinden üretilen SYM'ler CloudCompare yazılımı (Cloud Compare, 2018) ile karşılaştırılmıştır. İki yüzey modeli arasındaki farklar düzensiz nokta bulutu mesafesi yöntemi (cloud-to-cloud distance) ile hesaplanmıştır. Bu yönteme göre üretilmiş olan nokta bulutlarından yüzey geçirilir ve bu yüzeyler arasındaki mesafeye bakılır. Nokta yoğunluğu daha fazla ve yüksek doğrulukta olduğu için referans olarak Pleiades nokta bulutu seçilmiştir. Karşılaştırma kıyıda yerleşimin olduğu ve sınıflandırma aşaması için seçilen alana uygulanmıştır. Nokta bulutları arasındaki ortalama mesafe -0.05 m, standart sapma ise 9,29 m olarak bulunmuştur. Ortalama mesafenin düşük olması, Göktürk-2 yöneltmesinin Pleiades görüntüleri kullanılarak yapılmış olmasından dolayı beklenen bir sonuçtur. Elde edilen sonuca göre topoğrafyanın engebeli olduğu bölgelerde nokta bulutları arasında yükseklik farkının fazla gözlemlenmiştir. Ancak kıyı bölgelerde nokta bulutları arasında yüksek uyuşum sağlanmıştır. Göktürk-2 nokta bulutu ile referans nokta bulutu arasındaki artık hatalar Şekil 5'te gösterilmiştir. Şekil 5a yükseltinin az olduğu bölgelerde (yeşil alanlar) iki nokta bulutu verisinin örtüştüğünü göstermektedir. Şekil 5a'dan aynı zamanda Göktürk-2 stereo çiftinden otomatik oluşturulan nokta bulutunun dağılımı anlaşılabilir.

Pan-keskinleştirme, bir uydu sensöründeki yüksek çözünürlüklü pankromatik görüntü ile düşük çözünürlüklü multispekral bantların birleştirilerek yüksek çözünürlüklü renkli görüntü elde edilmesidir (Shott, 2007). Çalışmada pan-keskinleştirme işlemi için ArcGIS (Esri, 2018) yazılımı kullanılmış ve bu görüntülerden ortofoto üretimi de ERDAS Imagine yazılımında multispektral görüntünün yersel çözünürlüğünü ve aynı zamanda korunmuş spektral bilgileri geliştiren üç tane pan-keskinleştirme algoritması kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Intensity-Hue-Saturation (IHS) (Maurer, 2013), Brovey (V. Vijayaraj, 2004) ve Gram-Schmidt (Maurer, 2013) pan-keskinleştirme teknikleri kullanılmıştır. Denenen algoritmalar arasında Gram-Schmidt pan-keskinleştirme yönteminin daha doğal renkler sağladığı gözlenmiştir. Şekil 6'de ise Göktürk-2 pan-keskinleştirme sonuçları verilmiştir.

Pleiades pan-keskinleştirilmiş görüntüleri ve Pleiades SYM'si kullanılarak ERDAS Imagine Photogrammetry yazılımı ile 0.5 metrelik yersel çözünürlüğe sahip renkli ortofoto üretilmiştir. Göktürk 2 pan-keskinleştirilmiş

görüntüleri ile ortofoto üretimi başarılı sonuç vermemiş, bunun yerine orijinal pan görüntüleri ve Göktürk-2 SYM'si ile 2.5 metrelik yersel çözünürlüğe sahip pan ortofoto üretilmiştir.

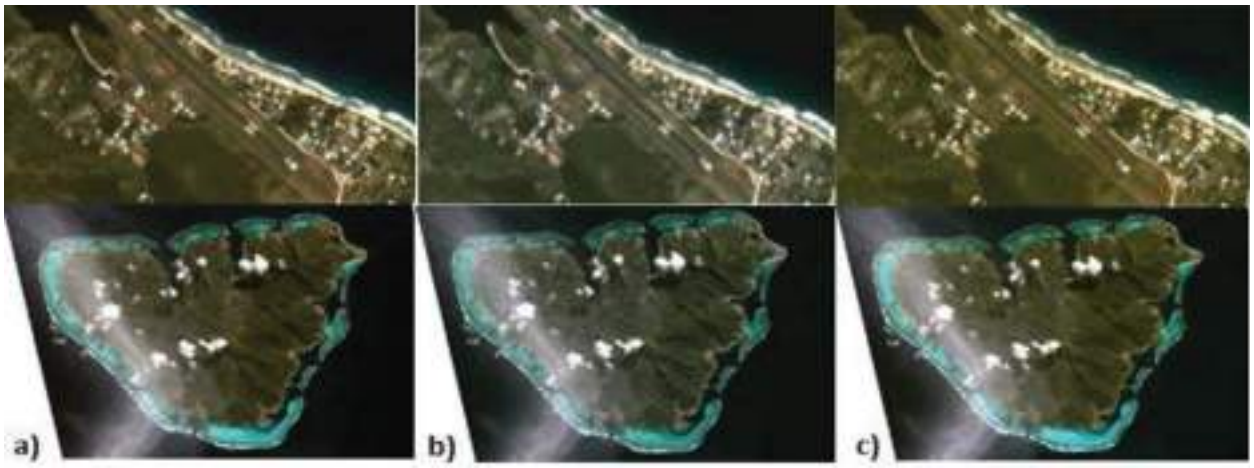


a) Göktürk-2 ve Pleiades nokta bulutları arasındaki artık hatalar



b) Üst şekildeki bölgenin görüntü giydirilmiş Pleiades SYM'si

Şekil 5. Göktürk-2 ve Pleiades nokta bulutları karşılaştırma sonuçları.



Şekil 6. Göktürk-2 görüntülerine uygulanan a) Brovey dönüşümü b) IHS dönüşümü c) Gram-Schmidt dönüşümü.

Son aşamada, Trimble eCognition yazılımı (Trimble, 2018) kullanılarak arazi örtüsü sınıflandırması yapılmıştır. Göktürk-2 görüntülerinin sınıflandırılması pan ortofoto üzerinde seçilen bölgede nesne tabanlı olarak

gerçekleştirilmiştir. Segmentasyonda (bölütlenmede) kullanılan önemli parametrelerden biri ölçektir. Buna göre alanı en iyi temsil edecek şekilde ölçek belirlenmiştir. Segmentasyon sonucunda düşük ve yüksek yoğunluklu bitki örtüsü, yerleşim alanı ve su sınıfları ortaya çıkmıştır. Bölütlenmiş görüntüye en yakın komşu sınıflayıcısı uygulanmıştır. Bu yöntemde öncelikle belirlenmiş sınıflara göre eğitim verileri toplanır ve bu verilere göre kalan bütün bölütler sınıflandırılır. Sınıflandırılmış görüntü Şekil 7'deki gibidir.



Şekil 7. Göktürk-2 pan ortofotosunun nesne tabanlı sınıflandırılması.

Pleiades ortofotosunun sınıflandırılması piksel tabanlı ve nesne tabanlı olmak üzere iki farklı teknik kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Piksel tabanlı sınıflandırma, ERDAS Imagine yazılımı ile ve supervised classification (denetlenen sınıflandırma) kullanılmıştır. Eğitim verisi, görüntüdeki her bir arazi örtüsü sınıfı için seçilmiştir. Sınıfların tüm resimde uygulanmasında eğitim verisinin spektral değerleri etkilidir. Önceden geliştirilmiş eğitim veri setlerinden yararlanılarak denetimli sınıflandırma (supervised classification) yapılmıştır. "Bina", "Bitki", "Deniz", "Havaalanı", "Yol", "Gölge", "Göl", "Kumsal", "Patika" ve "Çimen" sınıfları belirlenerek ERDAS Imagine yazılımında en fazla olasılık (Maximum Likelihood) algoritmasına göre sınıflandırılmıştır. Sınıflarının doğruluk değerlendirmesi sonucunda, genel sınıflandırma doğruluğu, üreticinin ve kullanıcının doğrulukları ve kappa istatistikleri hesaplanmıştır. Kappa, hem referans hem de sınıflandırılmış veri setlerinden oluşturulan hata matrisi tablosundan hesaplanmıştır. Genel kappa istatistikleri 0.9313. Genel sınıflandırma doğruluğu % 96'dır.
Nesne tabanlı sınıflandırma Trimble eCognition yazılımı (Trimble, 2018) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bölütlere ayrılmış görüntüye en yakın komşu sınıflama algoritması uygulanmış ve bölütlerden eğitim verileri toplanmıştır. Sonuçta piksel tabanlı sınıflandırma, eğitim verisinin kalitesine bağlı olduğundan, yalnızca küçük alanlarda başarılı olmuştur. Ancak nesneye tabanlı sınıflamanın başarısı özellikle geniş alanlarda yüksektir. Nesne tabanlı sınıflandırma piksel tabanlı sınıflandırmaya göre daha hızlı gerçekleşmiştir. Bunu etkileyen sebeplerden biri bölüt sayısıdır. Nesne tabanlı sınıflandırmanın daha tutarlı sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Sınıflandırma sonuçlarına örnekler Şekil 8 ve 9'da verilmiştir.



a) Çalışma alanı b) Piksel tabanlı sınıflandırma c) Nesne tabanlı sınıflandırma

Şekil 8. Havaalanı bölgesinde Pleiades sınıflandırma sonuçları.



a) Çalışma alanı b) Piksel tabanlı sınıflandırma c) Nesne tabanlı sınıflandırma

Şekil 9. Kıyıda Pleiades sınıflandırma sonuçları.

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada Moorea Adası üzerinde alınan Göktürk-2 stereo ve Pleiades 1A üçlü görüntüleri görüntü kalitesi, yöneltme ve konum belirleme doğruluğu, SYM oluşturma, pan-keskinleştirme, ortofoto oluşturma ve sınıflandırma açılarından karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Görüntüler arasında çekim açıları, görüntü sayısı, yersel çözünürlük, radyometrik çözünürlük, bulutluluk oranı, yöneltme modeli ve kamera kalibrasyonu açısından önemli farklar bulunmaktadır. Burada Göktürk-2 görüntü yöneltmesi için polinomlarla iz modellemesi yapılmış ancak yazılımın esnekliğinin sınırlı olması nedeniyle parametrelere yeterince müdahale edilememiştir. Kontrol noktalarının sayısı arttırılarak ve Göktürk-2 için özelleştirilmiş bir görüntü yöneltme ve self-kalibrasyon algoritması kullanılarak daha yüksek konumsal doğruluk elde edilebilir. Ancak Göktürk 2'nin pek çok uygulama için yeterli doğrulukta SYM üretiminde ve nesne çıkarımında kullanılabileceği öngörülebilir. Nokta bulutu yoğunluğu görüntü eşleme sonucuna bağlıdır. Nokta bulutuna bağlı olarak bölgeyi daha iyi temsil eden bir SYM üretilebilir. Bu sebeple, SYM için farklı parametreler kullanılabilir. Ancak SYM üretiminde özellikle dağlık bölgelerde az sayıda nokta eşlenebildiği için manuel stereo ölçüm yöntemiyle düzeltme ve eklemeler gerekmektedir.

Daha iyi bir sınıflandırma sonucuna ulaşmak için farklı seçenekler uygulanabilir. Atmosferik etkilerden arınmış görüntüler kullanılarak detaylara ulaşım kolaylaştırılabilir. Multispektral ortofoto kullanılarak sınıf sayısı arttırılıp alt sınıflar da oluşturulabilir. Sınıflandırmanın doğruluğunu arttırmak amacıyla nesne tabanlı sınıflandırma için bölütleme parametreleri değiştirilebilir daha fazla eğitim verileri toplanabilir.

Göktürk-2 görüntüleri bu çalışmada olduğu gibi ulaşılması zor alanların 3B modellemesinde kullanılabilir. Mevcut yazılım olanaklarıyla yeterli sayıda kontrol noktası kullanılarak 2 piksel hassasiyetinde yöneltme sonuçları elde edilebilir. Nokta bulutunun yoğunluğu, yersel çözünürlük, radyometrik kalite ve çekim açıları ile orantılıdır. Görüntü sınıflandırması da kullanılarak yüksek doğrulukta arazi örtüsü haritaları otomatik olarak oluşturulabilir ve çeşitli projelere altlık olarak kullanılabilir. Moorea ile ilgili gelecek araştırmalar, farklı sensörler, veri işleme yöntemleri, modelleme ve entegrasyon yaklaşımları ve stratejilerini dikkate alarak ekosistem modelleme araştırmalarına önemli katkılar sağlayacaktır.

4. TEŞEKKÜRLER

Bu çalışma Hacettepe Üniversitesi BAP Koordinasyon Birimi tarafından FUA-2016-9989 kodlu proje ile desteklenmiştir. Yazarlar, Moorea IDEA Konsorsiyumu üyelerine (mooreaidea.org) katkılarından dolayı teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

Atak, O., Erdoğan, M., Yılmaz, A., 2015. Göktürk-2 Uydu Görüntü Testleri. *Harita Dergisi*, Ocak, Sayı 153.

CloudCompare, 2018. Kullanıcı kılavuzu 2.1. http://www.danielgm.net/cc/doc/qCC/Documentation_CloudCompare_version_2_1_eng.pdf [03.06.2018].

ESRI, 2018. https://www.esri.com/en-us/arcgis/about-arcgis/overview [03.06.2018].

Gruen, A., Kocaman, S., Guo, T., Ural, S., Troyer, M., 2017. DSM/DTM – Related Investigations Of The Moorea Avatar Project. *38th Asian Conference On Remote Sensing*, Ekim 23-27, Yeni Delhi, Hindistan.

Hexagon Geospatial, 2018. ERDAS Imagine. http://www.hexagongeospatial.com/products/power-portfolio/erdas-imagine [03.06.2018].

Kahraman, S., Ertürk, A., 2017. Comprehensive Review of Pansharpening Algorithms For Göktürk-2 Satellite Images. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Sayı IV-4/W4, *4th International GeoAdvances Workshop*, 14–15 Ekim, Safranbolu, Karabuk, Türkiye.

Kocaman, S., Ural, S., Karakas, G., Bakici, S., 2017. 3D Processing of Gokturk-2 Imagery. *38th Asian Conference On Remote Sensing*, Ekim 23-27, Yeni Delhi, Hindistan.

Kupcu, R., Teke, M., Çabuk, A., 2014. RASAT ve Gokturk-2 Görüntülerinin Ortorektifikasyon Başarimina Referans Ve Sayisal Yükseklik Modeli Seçiminin Etkisi. *UZAL-CBS 2014*. 14-17 Ekim, Istanbul, http://www.uzalcbs2014.sempozyumu.net/bildiriler.php [27.11.2015].

Lebègue, L., Greslou, D., deLussy, F., Fourest, S., Blanchet, G., Latry, G., Lachérade, S., Delvit, J.M., Kubik, Ph., Déchoz, C., Amberg, V., Porez-Nadal, F., 2012. Pleiades-Hr Image Quality Commissioning. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Sayı XXXIX-B1, XXII *ISPRS Congress*, 25 Ağustos – 01 Eylül, Melbourne, Avustralya.

Maurer, T., 2013. How to Pan-Sharpen Images Using the Gram-Schmidt Pan-Sharpen. *ISPRS Hannover Workshop*, Hannover, Almanya.

Mutluoglu, O., Guven, M., 2017. Accuracy Investigation of DEM Based On Göktürk-2 Stereo Images. *SUJEST*, sayı 5, no 2, DOI: 10.15317/Scitech.2017.83.

Poli, D., Remondino, F., Angiuli, E., Agugiaro, G., 2013. Evaluation of Pleiades-1A Triplet on Trento Testfield. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XL-1/W1, *ISPRS Hannover Workshop*, 21 – 24 Mayıs, Hannover, Almanya.

Satellite Imaging Corp., 2018. https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/pleiades-1/ [03.06.2018].

Schott, J., 2007. *Remote sensing: the image chain approach*. 2nd Edition, Oxford University Press.

Topan, H., Cam, A., Oruç, M., Teke, M. 2016. Göktürk-2 Görüntülerinin Radyometrik ve Geometrik Açıdan Değerlendirilmesi. *6. Uzaktan Algılama CBS Sempozyumu*, Adana, Türkiye.

Trimble, 2018. http://www.ecognition.com/ [03.06.2018].

Vijayaraj, V., O'Hara, C.G., Younan, N.H., 2004. Quality Analysis of Pansharpened Images. *IGARSS 2004 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, AK, USA.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6128

TARİHÎ YAPILARIN DOKÜMANTOSYONUNDA YERSEL VE GÖRÜNTÜ TABANLI NOKTA BULUTLARININ BİRLİKTE KULLANILMASI

Yasin TOSUN[1], Murat UYSAL[2]

[1]Müh., Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, yasintosun26@gmail.com
[2]Doç. Dr., Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, muysal@aku.edu.tr

ÖZET

Tarihî yapıların dokümantasyonunda geçmişten günümüzde birçok yöntem kullanılmıştır. Klasik yöntemlere nazaran günümüzde yersel lazer tarayıcı teknolojisi ön plana çıkmaktadır. Klasik yöntemlere göre daha yüksek doğruluk elde edilebilmekte ve daha hızlı sonuçlar sağlanmaktadır. Fakat bu yöntemin de avantajları olmasına rağmen dezavantajları bulunmaktadır. Yapıların ölçümlerinde bütünleşik bir veriye ihtiyacımız olmasına rağmen lazer tarayıcılarla yapıların bazı bölgelerini ölçme şansımız olmayabilir. Özellikle camii ve benzeri yapıların kubbeleri, yüksek yapıların çatıları, dağlara ve yamaçlara konumlanmış olan yapıların cepheleri gibi alanlarda yersel lazer tarama yöntemi yetersiz kalabilir. Böyle durumlarda çözüm olarak ise insansız hava araçlarından (İHA) çekmiş olduğumuz fotoğrafları kullanarak elde ettiğimiz görüntü tabanlı nokta bulutu verisiyle, yersel lazer tarama yöntemiyle elde ettiğimiz nokta bulutu verisinin eksik kalan bölgeleri tamamlanabilmektedir. Çalışma alanı olarak, projenin amacına uygun kubbeli bir mimariye sahip olan Yıldız Teknik Üniversitesi'nin Davut Paşa Kampüsü'nde bulunan, Otağ-ı Hümayun ele alınmıştır.

Proje sonucunda aynı lokal koordinat sisteminde konumlanan yersel ve görüntü tabanlı nokta bulutu modellerinin birbirleri ile olan uyumu incelenmiştir. Oluşturulan nokta bulutu modellerinden, yapının kubbesinden geçecek şekilde kesit hatları alınıp ortofotolar oluşturulmuştur. Oluşturulan ortofotolarda, lazer ve görüntü tabanlı nokta bulutlarının birbirlerini tamamladığı görülmüştür. Ortalama 0.0021 mm doğrulukla dengelenen lazer tabanlı nokta bulutu ile ortalama 1.40 cm ortalama hata değeri ile oluşturulan görüntü tabanlı nokta bulutunun, birlikte kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Sözcükler: insansız hava aracı (İHA), nokta bulutu, yersel lazer tarama

ABSTRACT

COMBINED USE OF LASER AND IMAGE-BASED POINT CLOUDS FOR DOCUMENTATION OF HISTORIC BUILDINGS

Many methods have been employed for the documentation of historic buildings from past to present. Today, the topographic laser scanning technology, which ensures better precision and faster results compared to the classical methods, stands out rather than the classical methods. However, there are disadvantages of this methods in addition to its advantages. Even though we need integrated data for measurements of buildings, we may not have the chance to measure some parts of buildings by means of laser scanners. The topographical laser scanning method may not be efficient in areas such as mosque domes, roofs of high buildings and the facades of some buildings located in mountains and hills in which case, we are able o complete the deficient parts of point cloud data acquired through the topographical scanning with the image based point cloud data acquired by using the photographs taken by unmanned aerial vehicles (UAVs) as a solution. Otağ-ı Hümayun located in Davutpaşa Campus of Yıldız Technical University, the architecture of which includes a dome in accordance with the project purpose, was handled as the area of work.

The intercompatibility of topographical and image based point cloud models located in the same local coordinate system was analyzed at the end of the project. Cross lines were taken from the dome of the building among the created cloud point models and orthophotograhs were created. It was observed in the created ortophotographs that the laser and image based point clouds completed each other. It was concluded that the laser based point cloud balanced with the accuracy of approximately 0.00021 mm and the image based point cloud created with the approximate error value of 1.40 cm can be used jointly.

Keywords: unmanned air vehicle, point cloud, terrestrial laser scanning

1. GİRİŞ

Kültürel miras; geçmişten bugüne ulaşmış, insanların sahiplik bağı içinde olmaksızın sürekli değişim hâlinde olan değerlerinin, inançlarının, bilgilerinin ve geleneklerinin bir yansıması olarak betimlenen somut ve somut olmayan tüm varlıklar olarak tanımlanmakta; insanlar ve mekânlar arasında zaman içinde meydana gelen etkileşimden kaynaklanan çevrenin tüm özelliklerini içermektedir (Anonim 2013).

Tarihî yapıların dokümantasyonu, kültürel mirasın korunması ve gelecek nesillere aktarılması için oldukça önemlidir. Kültürel mirası daha iyi belgelemek için gelişen teknolojileri izlemek ve gelişen teknolojileri bu amaçlarda kullanmak

gerekir. Kültürel mirasın korunmasını amaçlayan projelerde rölöve çalışmasının önemi oldukça fazladır. Rölöve projelerinin hazırlanmasında gelişen teknolojileri izlemek ve gelişen teknolojileri bu amaçlarda kullanmak gerekir. Günümüzde kullanılan teknolojilerin başında, LiDAR (Light Detection and Ranging) ve fotogrametrik yöntemler gelmektedir.

Yersel lazer tarama, geleneksel ölçme teknikleri ile kıyaslandığında 3B nokta bilgilerinin çok yüksek hızla elde edilebildiği bir ölçme tekniğidir. Ölçme alanının 3B nokta bilgileri, nokta dizileri şeklinde yüksek doğrulukla ölçülebilmektedir. Yersel lazer tarayıcılar pek çok ölçme uygulamasında, özellikle tarihî yapıların rölöve çalışmalarında giderek artan bir oranda kullanılmaktadır (Altuntaş, C., Yıldız F. 2008).

Fotogrametrinin sağladığı sayısal veriler, 3 boyutlu vektörel veriler, görsel görüntüler ve yapının ortofoto görüntüleri tarihî yapının belgelenmesi ve korunması için üretilecek projelerde yönlendirici ve yol gösterici olmaktadır. Bir yapının üç boyutlu modellenmesi, kültürel mirasın daha iyi anlaşılmasının ve yapının mevcut durumuyla gelecekte, koruma projelerinden sonraki durumunun karşılaştırılması ve değerlendirmesinin yapılabilmesinde kolaylık sağlamaktadır (Güleç A. 2007).

Fotogrametrik veriler veya yersel lazer tarama verileri çeşitli CAD programlarında düzenlenerek mimari amaçlarla kullanılabilir. Her iki yöntemde de koordinat bilgileri kullanıldığından bu yöntemler bütünleştirilebilir. Her iki yöntemin birbirine göre avantajları ve dezavantajları vardır. Tarihî eserlerin dökümantasyonu için ya da çeşitli 3B modelleme çalışmaları için tek bir yöntemle yetinmek yerine lazer verileri ile fotogrametrik yöntemi bir araya getiren bütünleşik bir sistem kullanılması dökümantasyon çalışmaları için daha doğru bir seçim olacaktır (Kuçak vd., 2014). Uygulamamızda da yersel ve görüntü tabanlı olmak üzere oluşturmuş olduğumuz iki farklı üç boyutlu nokta bulutu modelimizi aynı lokal koordinat sisteminde bir araya getirerek, ihtiyaç durumunda birlikte kullanılabilirliğini gözlemlemiş olmaktayız.

2. UYGULAMA ALANI

Uygulama alanı olarak, projenin amacına uygun kubbeli bir mimariye sahip olan İstanbul ili Yıldız Teknik Üniversitesi'nin Davut Paşa Kampüsü'nde bulunan, Otağ-ı Hümayun seçilmiştir (**Şekil 1**).

Otağ-ı Hümayun , İstanbul Güngören'de Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü içerisindeki alan üzerinde 1483 tarihinde Sadrazam Koca Davut Paşa tarafından inşa edilmiştir. 1482-1491 yılları arasında sadrazamlık yapan Koca Davut Paşa, bu yapıyı 1483`te Fatih Sultan Mehmet'in sefere çıkmadan önce konaklaması için yaptırmıştır. Yaptırıldığı dönemde Otağ-ı Hümayun, İstanbul'u Edirne'ye bağlayan Kervan yolu olan sol kol (Via Egnita) üzerinde yer alıyordu. Yapının bulunduğu alan Bizans Dönemi'nde "Aretai" olarak bilinmekteydi. Şehir surlarının hemen dışında yer alan bu alan Bizans Dönemi'nde de oldukça önemseniyordu. Yine aynı dönemde Afamea Sarayı'nın burada olduğu düşünülmektedir. Osmanlı Dönemi'nde önemini yitirmeyen bölge askerî amaçla kullanılmış, Avrupa'ya yapılacak seferlerin stratejilerinin konuşulduğu bir kışla olarak kullanılmıştır. "Davutpaşa Kışlası" olarak adlandırılan alanın içerisindeki Otağ-ı Hümayun (Hünkar Kasrı) Kanuni Sultan Süleyman Dönemi'nde yıktırılarak tekrar inşa edilmiştir. Hünkar Kasrı ve kışla 17. yüzyıl padişahlarından 4. Mehmet (Avci Mehmet) Dönemi'nde yoğun olarak kullanılmıştır. Yakın bir döneme kadar askerî amaçla kullanılan bölge 9 Temmuz 1999`da YTÜ`ye devredildi. Kışlanın bulunduğu yere daha önce Esenler, Güngören ve Bayrampaşa belediyeleri de talip oldu. Belediyeler burayı park hâline getirmek istiyordu. Daha sonra Sabancı, Koç ve Eczacıbaşı Holding de özel üniversitelerini kurmak için kışlaya talip oldu. Ancak Yıldız Teknik Üniversitesi, 9. Cumhurbaşkanı Demirel`in de desteğiyle Hünkar Kasrı`nın da bulunduğu kışlaya sahip oldu.



Şekil 1. Uygulama alanı.

3. VERİLERİN TOPLANMASI

Lazer teknolojisi alanındaki araştırmalar, 1960 yılından bu yana devam etmekte ve her geçen gün gelişmektedir. Yersel lazer tarama teknolojisinin bir ölçüm aracı olarak gerçekten bir araştırma alanı hâline gelmesi, son 15-20 yılda olmuştur. Tek renklilik, iyi kolimasyon, yüksek güç, kısa atımlar veya lazer ışığının ayarlanmasının muhtemelliği gibi lazer radyasyonunun belirli niteliklerinden dolayı ölçümler için kullanılan bu teknolojinin avantajı, daha yeni fark edilmiştir. Hızlı ve minimum giderle, çalışmaya konu olan obje/objeler (3B model) hakkında eksiksiz 3 boyutlu geometrik ve görsel bilgiye ulaşmak lazer tarama teknolojileri ile olmaktadır (Altuntaş ve Yıldız, 2008).

Lazer tarayıcılar ölçülecek objeyi yatay ve düşey yönde belirli bir açı altında nokta dizileri şeklinde tarayarak nokta bulutu hâlinde görüntülenmesini sağlar. Her lazer noktası için tarayıcı alet merkezli kutupsal koordinatlar ölçer (Lichti ve Gordon 2004).

Hızlı ve minimum giderle, bütün obje hakkında eksiksiz 3 boyutlu geometrik ve görsel bilgiye ulaşmak lazer tarama teknolojileri ile olmaktadır. Tarama süresinin kısalığı, elde edilen nokta sayısının fazlalığı, taranan objenin gerçek modeline uygun nokta kümelerinin elde edilişi ile son zamanlarda yersel tarama teknolojisini ön plana çıkarmıştır. Lazer tarayıcıların doğruluk araştırmasıyla ilgili pek çok metot geliştirilmiş ve sonuçları yayımlanmıştır. Bu sonuçlara göre, lazer tarayıcıların ölçü doğruluğu uzun mesafelerde (>1000 m) 10 cm, ışın yapısına bağlı olarak azalsa da kısa mesafelerde (<300 m) ölçü hassasiyeti 1 cm civarındadır (Altuntaş, C., Yıldız F. 2008).

Günümüzde Leica, Zoller Fröhlich, Faro, Trimble, Riegl gibi markaların sektörde ön planda olduğunu söylebiliriz (Şekil 2).



Şekil 2. Yersel lazer tarayıcı modellerinden örnekler.

İHA'lar "Yerine getireceği göreve bağlı olarak, yarı otomatik, otomatik veya bunların birleşimiyle uzaktan kontrol edilen, çeşitli yüklemelerle, atmosferde veya dışında belirli bir süre aralığında özel görevleri yerine getiren, insansız, tekrar kullanılabilir motorize hava araçları" olarak tanımlanır (Blyenburgh, 1999).

Yerden kontrol edilebilir olmaları veya otomatik olarak uçuş planlaması yapılabilir olması İHA'ları cazip kılmaktadır. Genellikle üzerlerinde taşıdıkları kameralar ile çalışan İHA'lar haritacılıkta çok çeşitli alanlarda tercih edilmektedirler. Son yıllarda savunma sanayi ve askerî yatırımlar başta olmak üzere tarımdan, arkeolojiye, mimariden, turizme hayatın tüm alanlarında kendine yer bulmuştur. (M. Omar ve M. Yakar 2016).

Farklı mühendislik problemlerinin çözümünde fotogrametrik tekniklerin kullanımı daha da yaygınlaşmıştır. Ancak yüksek yapılı doğal ya da yapay detaylarda, fotoğraf çekme olanaklarının kısıtlı olması bu gelişimi bir nebze de olsa törpülemiştir. Bu nedenle günümüzde, fotogrametri tekniğinde kullanılan verileri elde etmek için, son zamanlarda büyük gelişim gösteren ve farklı amaçlar için kullanılabilen İHA taşıyıcı platformları da yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Uysal vd., 2013a, 2013b).

Kullanım amaçlarına göre birçok marka tarafından çeşitli İHA modelleri üretilmekte ve zamanla çeşitliliği artmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Örnek İHA modelleri.

Uygulama alanında veri toplama işleminde kullanılan cihazlar (Şekil 4) Çizelge-1' de verilmiştir.



Şekil 4. Veri toplamak için kullanılan cihazlar.

EKİPMAN	
1 Adet	Faro Focus x330 marka yersel lazer tarayıcı
1 Adet	Leica TS06 marka total station
1 Adet	DJİ Phantom 4 İnsansız Hava Aracı
40 Adet	Kontrol noktası

Çizelge 1 Uygulama alanında veri toplama işleminde kullanılan cihazlar.

Öncelikle iki farklı yöntemlerden elde edeceğimiz verileri ortak bir lokal koordinat sistemine bağlamak için, hazırlanmış olan 25 adet kontrol noktası yapı üzerine ve etrafına, 15 adet yer kontrol noktaları (YKN) ise eşit dağılacak şekilde araziye yerleştirilmiştir. Yerleştirilen kontrol noktalarının ölçümleri Leica TS06 plus ile yapılmıştır. Faro Focus x330 marka yersel lazer tarayıcı cihazı ile, yapının dışı yaklaşık 5 metre aralıklarla kurulan oturumlar ile ölçülmüştür. Toplamda 25 adet oturum yapılmıştır (Şekil 5).

Havadan fotoğraf çekimleri, Pix4D capture uygulamasında hazırlanan uçuş planları ile Dji Phantom 4 marka İHA ile yapılmıştır (Şekil 6). Bu projede yüksek doğruluğu yakalamak amacı ile toplamda 3 adet uçuş yapılmıştır. Bu uçuşlarda 30 metre yükseklikten, 45°, 60° ve 90°' lik açılarla, %90 bindirme oranı ile fotoğraf çekimleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 7).



Şekil 5. Uygulama alanında yapılan ölçümler.



Şekil 6. Uygulama alanının İHA ile uçulması.



Şekil 7. Uçuş ayarları ve uçuş planı.

4. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

İlk aşama olarak lazer tarayıcımızdan aldığımız 25 adet tarama verilerini Faro Scene programına aktararak, kaydetme, renklendirme ve filtreleme işlemleri yapıldı. Hazır olan tarama verileri birleştirme işleminin gerçekleştireleceği LupoScan programına aktarıldı. Birleştirme işlemi yapılırken her taramaya denk gelen en az 3 kontrol noktasının okuma verileri tek tek işaretlenerek birleştirme işlemi mm hassasiyetinde gerçekleştirildi.

İkinci aşamada 3 uçuşta çekilen toplam 999 fotoğraf Agisoft Photoscan programı aktarılmış. Otomatik olarak birleştirilip nokta bulutu üretildikten sonra 11 adet kontol noktası işaretlenmiştir (Şekil 8). Üretilen yoğun nokta bulutunda toplam 9 594 548 nokta bulunmaktadır.

Fotogrametrik değerlendirme aşamasında yapılan dengeleme işlemi sonucunda 11 adet YKN'nin X, Y, ve Z'lerindeki doğruluk değerleri Çizelge 2' de verilmiştir.

N.N.	Mx (cm)	My (cm)	Mz (cm)	Mxyz (cm)
1	-0.02	-1. 37	-0 81	1.60
2	1.10	-1.26	-0.85	1.83
3	-0.40	-0.05	-0.51	0.65
4	0.35	0.57	-0.39	0.78
5	0.17	0.63	-0.06	0.66
6	-0.40	0.35	-0.05	0.53
7	-0.40	-0.84	-0.53	1.07
8	-0.13	-0.33	-0.75	0.83
9	-2.43	0.73	2.13	3.32
10	-0.62	-0.18	0.46	0.79
11	0.54	0.01	-0.21	0.58
Total	**0.87**	**0.72**	**0.82**	**1.40**

Çizelge 2. Dengeleme işleminde YKN' lere ait nokta konum doğrulukları.



Şekil 8. İşaretlenmiş 11 adet kontrol noktalarının gösterimi.

Aynı lokal koordinat sisteminde konumlanmış olan görüntü tabanlı nokta bulutu, lazer tabanlı nokta bulutu ile birlikte değerlendirilmek üzere LupoScan programına aktarılmıştır. Yoğunluk, doğruluk ve hassasiyet olarak yüksek değerlere sahip olan lazer tabanlı nokta bulutunun üç boyutlu model görünümünde, yapının çatı ve kubbe kısımlarının tarama verilerinde eksik olduğu görülmektedir. (Şekil 9) Diğer görüntü tabanlı nokta bulutu modelimizi incelediğimizde nokta yoğunluğunun ve doğruluğunun daha az olması ile birlikte yapının çatı ve kubbe bölgesinin lazer verisini tamamlayabilecek şekilde oluştuğu görülmektedir (Şekil 10).

Elde edilen veriler sonucunda yersel ve görüntü tabanlı nokta bulutu modellerini birlikte açtığımızda iki verinin birbirlerini tamamladığı görülmektedir (Şekil 11).



Şekil 9. Lazer tabanlı nokta bulutu modeli.



Şekil 10. Görüntü tabanlı nokta bulutu modeli.



Şekil 11. Yersel ve görüntü tabanlı nokta bulutu modellerinin birlikte gösterimi.

Projemizde yersel ve görüntü tabanlı nokta bulutlarının birlikte kullanılması değerlendirilmiştir. Lokal bir koordinat sisteminde konumlanan datalarımızın uyumunu görmek amacıyla, yapı üzerinde belirlenen üç farklı kesit yerlerinden, 4 cm kalınlığında kesit hatları oluşturulmuştur (Şekil 12.).

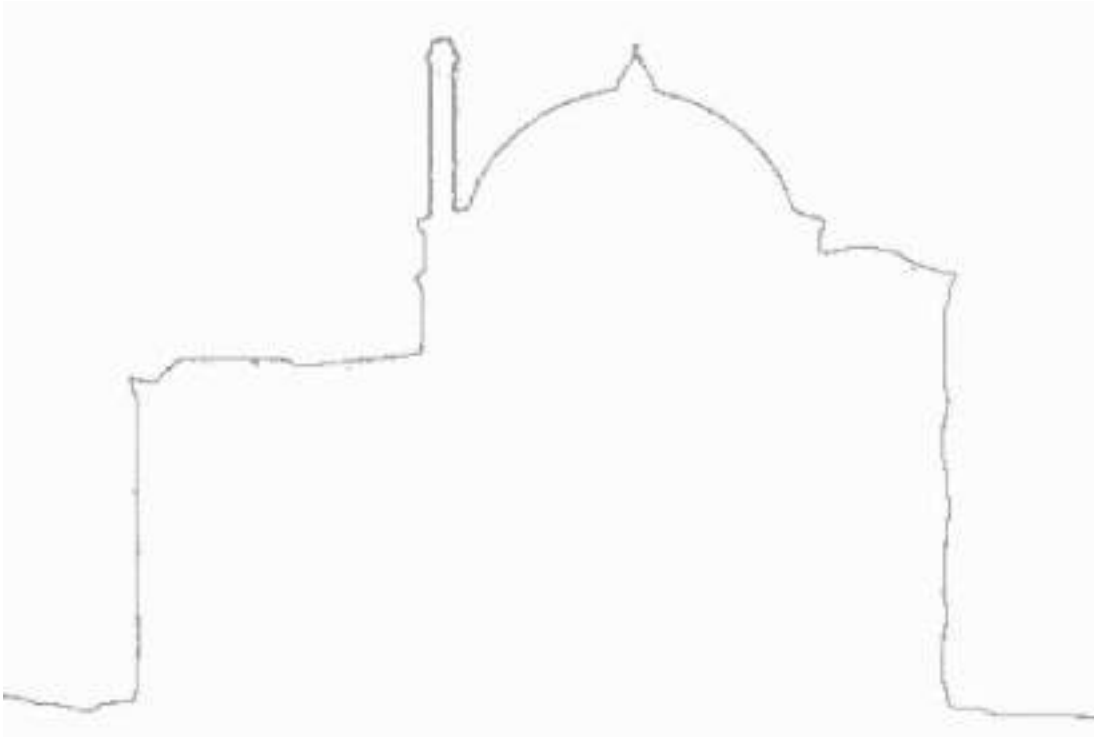
Belirlenen kesit hatlarının her birinden, sadece lazer tabanlı nokta bulutunu kullanarak, yalnızca görüntü tabanlı nokta bulutunu kullanarak ve iki nokta bulutu modelini birlikte kullanarak üçer adet ortofoto alınmıştır.
Kesit hatlarımızın yukarıda belirtilen sıra ile aşağıda gösterilmiştir (Şekil 13-18.).



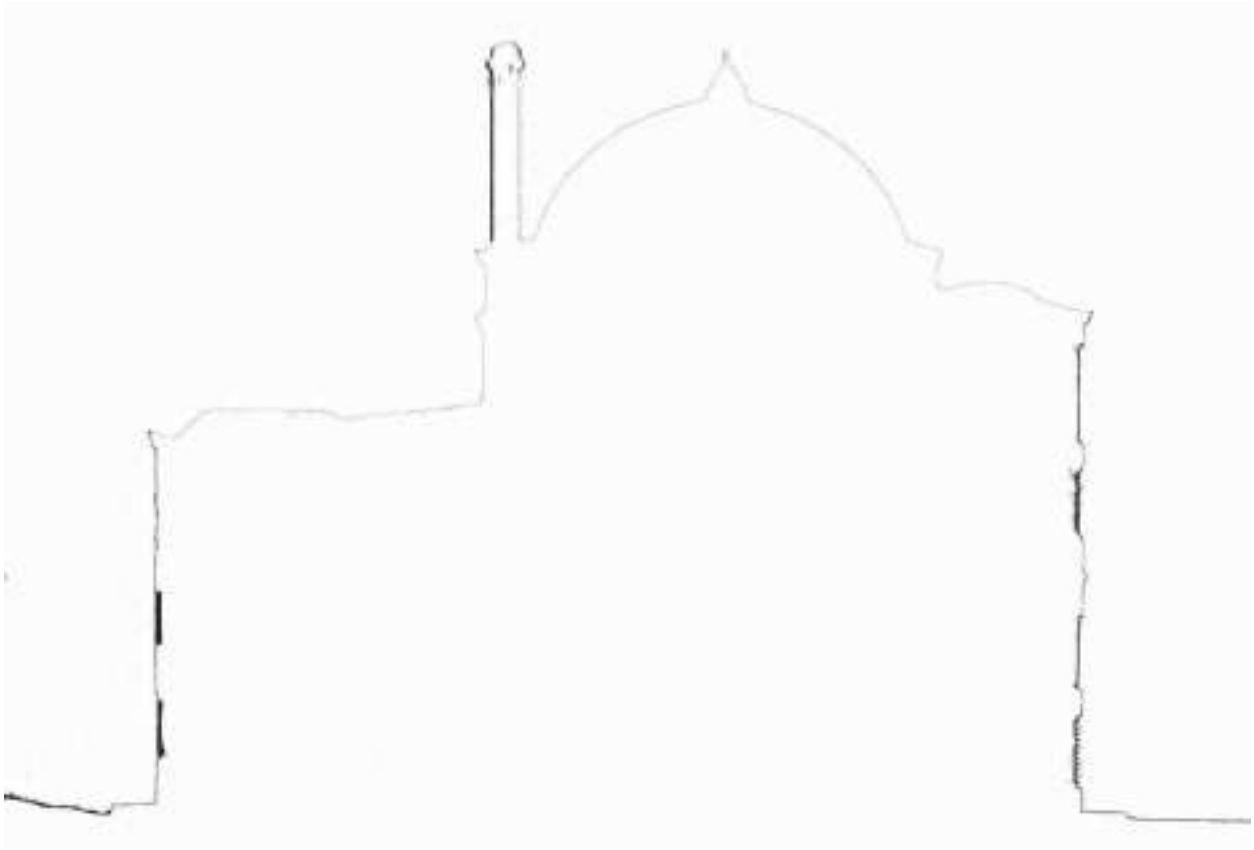
Şekil 12. Yapı üzerinde belirlenen kesit hatları.



Şekil 13. Lazer tabanlı nokta bulutu kullanılarak oluşturulan K1 kesit hattının görünümü.



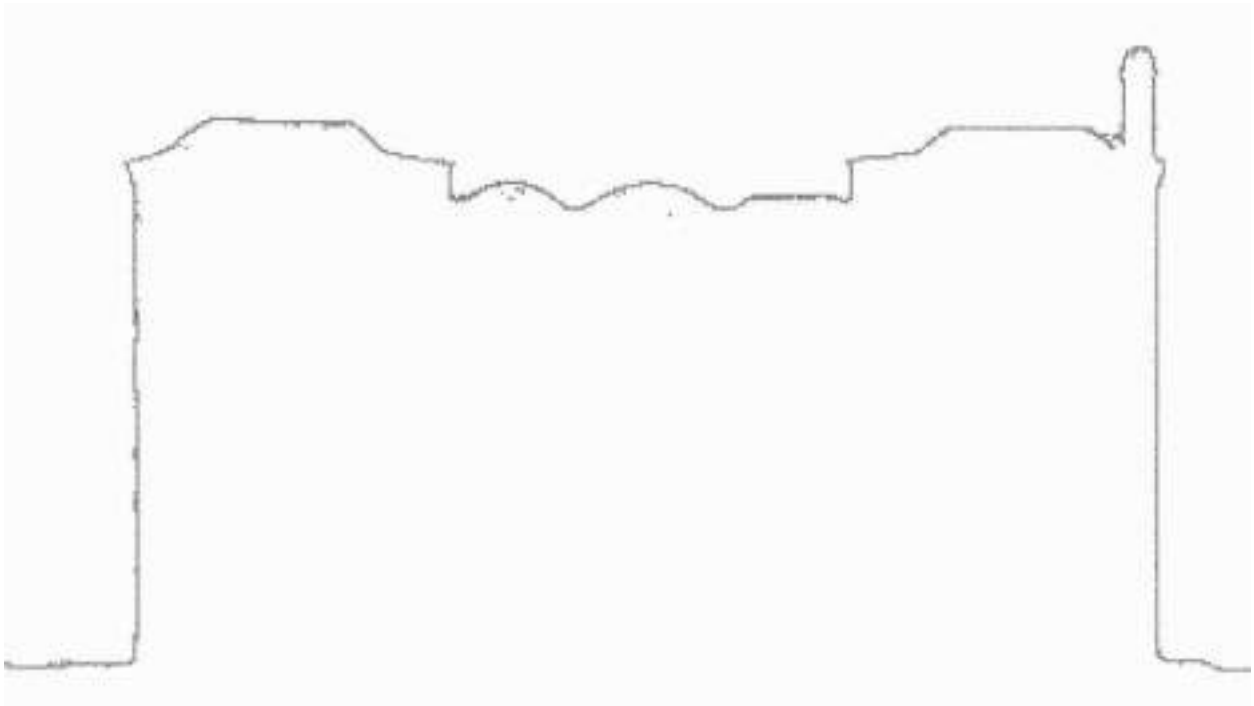
Şekil 14. Görüntü tabanlı nokta bulutu kullanılarak oluşturulan K1 kesit hattının görünümü.



Şekil 15. Lazer ve görüntü tabanlı nokta bulutlarını birlikte kullanılarak oluşturulan K1 kesit hattının görünümü.



Şekil 16. Lazer tabanlı nokta bulutu kullanılarak oluşturulan K3 kesit hattının görünümü.



Şekil 17. Lazer tabanlı nokta bulutu kullanılarak oluşturulan K3 kesit hattının görünümü.



Şekil 18. Lazer ve görüntü tabanlı nokta bulutlarını birlikte kullanılarak oluşturulan K3 kesit hattının görünümü.

5. SONUÇ

Tarihî yapıların dokümantasyonunda yersel lazer tarayıcıların kullanımının giderek arttığını görmekteyiz. İHA'ların ise fotogrametrik çalışmalarda kullanımının veri toplama açısından önemli bir hâle geldiğini söyleyebiliriz. Her iki yöntemin de birbirine göre avantaj ve dezavantajları olduğu noktalar mevcuttur. Bu projede de değindiğimiz veri toplama işlemlerine bakıldığında yapının kubbe kısımları lazer tarayıcıdan veri elde edemediğimiz bölümler olmuştur. İHA ile de oluşturduğumuz görüntü tabanlı nokta bulutu ile yersel lazer tarayıcıdan ölçemediğimiz alanların verileri elde edilmiştir.

Yapılan uygulama sonucunda, tarihî yapıların dokümantasyonunda ortalama 0.0021 mm doğrulukla dengelenen lazer tabanlı nokta bulutu ile ortalama 1.40 cm ortalama hata değeri ile oluşturulan görüntü tabanlı nokta bulutunun, birlikte kullanılabileceği, bütünleşik bir nokta bulutu modeli oluşturulabileceği söylenebilir.

KAYNAKLAR

Uysal M., Toprak A.S., Polat N., 2013a, Afyon Gedik Ahmet Paşa (İmaret) Camisinin Fotogrametrik Yöntemle Üç Boyutlu Modellenmesi, TUFUAB 2013, Trabzon.

Akgül M., "İnsansız hava araçları ile yüksek hassasiyette sayısal yükseklik modeli üretimi ve ormancılıkta kullanım olanakları." (2016): 104-118.

Lıchtı D.D. ve Gordon S.J., 2002, Error Propagation in Directly Georeferenced Terrestrial Laser Scanner Point Clouds for Cultural Heritage Recording, *Proceedings of FIG Working Week, s.on CD, Athens, Greece.*

Altuntaş, C., Yıldız F.,Yersel Lazer Tarayıcı Ölçme Prensipleri ve Nokta Bulutlarının Birleştirilmesi
Altuntaş, C., Yıldız, F., 2008, Yersel lazer tarayıcı ölçme prensipleri ve nokta bulutlarının birleştirilmesi, *hkm Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, Cilt 2008/1, Sayı 98, pp. 20-27.*

Kern, F., (2001), Supplementing Laserscanner Geometric Data With Photogrammetric İmages Formodelling. *In Proceedings of 18th International Symposium CIPA 2001. Potsdam, Germany, September 18 – 21, pp. 454 – 461.*

Mohammed, Omar, and Murat YAKAR. "Yersel fotogrametrik yöntem ile ibadethanelerin" Selçuk-Teknik Dergisi 15.2 (2016): 85-95.

Güleç A. (2007)., "Yersel fotogrametri yöntemi ile rölöve alım tekniğinin taç kapılarda uygulanışı"
Blyenburgh Van, P., 1999, "UAVs: and Overview, In: Air & Space Europe", I, 5/6, 43-47.



20 Eylül 2018

13:30-14:50

SALON 2016

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6685

LANDSAT-8 UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN DERİN ÖĞRENME ALGORİTMALARI KULLANARAK KIYI ÇİZGİSİ ÇIKARIMI

Fırat ERDEM[1], Bülent BAYRAM[2]

[1]Yük. Müh., Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, İstanbul, firaterdem5@gmail.com
[2]Prof. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, İstanbul, bayram@yildiz.edu.tr

ÖZET

Kıyı çizgileri; küresel ısınma gibi doğal etkiler, şehirleşmenin getirdiği nüfus artışı ve insan kaynaklı oluşan çevre kirliliği etkilerinden dolayı sürekli değişim hâlindedir. Bu değişimin zamansal olarak izlenmesi; kıyı kaynaklarının yönetimi, kıyı alanlarındaki çevrenin korunması ve sürdürülebilir kıyı planlaması için kritik bir öneme sahiptir. Optik uydu görüntüleri kıyı alanlarına ait güncel, doğru, zamansal ve güvenilir bilgiler elde edilebilmesine olanak sağlamaktadır. Makine öğrenme tabanlı derin öğrenme algoritmaları son zamanda oldukça popülerlik kazanmıştır. Sunulan çalışmada, LANDSAT-8 uydu görüntülerinden kıyı çizgisi çıkarımı için bir semantik bölütleme algoritması olan SegNet derin öğrenme mimarisi kullanılmıştır. SegNet mimarisi; kodlayıcı, kod çözücü ve sınıflandırma katmanlarını içermektedir. Kodlayıcı katmanlarda üretilen düşük çözünürlüklü özellik haritalarının, kod çözücü katmanlarda girdi görüntü ile aynı çözünürlüğe eşlenmesi prensibi benimsenmiştir. Çalışmada, 34 LANDSAT-8 görüntüsünün mavi, kırmızı ve yakın kızılötesi bantları kullanılmıştır. Görüntülerin 29' u SegNet Derin Öğrenme Ağı'nın eğitimi için ve 5' i sonuçların test edilmesi için kullanılmıştır. MATLAB platformunda SegNet derin öğrenme ağı modellenmiş ve hazırlanmış olan eğitim seti ile eğitim işlemi gerçekleştirilmiştir. 5 test görüntüsünden su ve kara sınıfları ikili görüntü formatında elde edilmiştir. İkili görüntüler vektör formata dönüştürülerek kıyı çizgileri elde edilmiştir. Doğruluk analizi için elle sayısallaştırılan kıyı çizgileri referans veri olarak kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda her bir test görüntüsü için sırasıyla 9.78 m (0.33 piksel), 25.67 m (0.86 piksel), 17.07 m (0.57 piksel), 11.11 m (0.37 piksel) ve 10.69 m (0.36 piksel) olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, derin öğrenmenin ve SegNet semantik bölütleme mimarisinin kıyı çizgisi çıkarımında verimli bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Sözcükler: derin öğrenme, görüntü işleme, uzaktan algılama, kıyı çizgisi çıkarımı, LANDSAT-8

ABSTRACT

SHORELINE EXTRACTION FROM LANDSAT-8 SATELLITE IMAGERY BY USING DEEP LEARNING ALGORITHMS

Shorelines are dynamic areas and due to natural and human based influences such as global warming, population increase of urbanization and environmental pollution. Temporal monitoring of coastal change has a critical importance for coastal resource management, protection of coastal areas and sustainable coastal planning. Optical satellite images can provide, current, accurate, temporal and reliable information about coastal areas. Machine learning based deep learning algorithms became very popular and they are used to solve different image processing problems. In this study, semantic segmentation SegNet deep learning architecture has been used for shoreline extraction from LANDSAT-8 satellite images. SegNet architecture consists of encoder layers, decoder layers and a classification layer. The principle is that the low-resolution feature maps generated in the encoder layers match to the same resolution as the input image in the decoder layers. In the study, blue, red and near infrared bands of 34 LANDSAT-8 images have been used. 29 of them have been used to obtain training SegNet Deep Learning Network and 5 of them for testing. SegNet deep learning was created in the MATLAB environment and the training process was carried out using prepared training set. Using SegNet Deep Learning Networks, Land and Water classes have been obtained in binary form from 5 test images. Binary images were converted into vector format and shorelines were obtained. Manual digitized shorelines were used as reference data for accuracy assessment. As a result of study, for each test data, the calculated average errors were 9.78 m (0.33 pixels), 25.67 m (0.86 pixels), 17.07 m (0.57 pixels), 11.11 m (0.37 pixels) and 10.69 m (0.36 pixels) respectively. The results show that deep learning and SegNet semantic segmentation architecture can be used efficiently for shoreline extraction.

Keywords: deep learning, image processing, remote sensing, shoreline extraction, LANDSAT-8.

1. GİRİŞ

Kıyı alanları, en çok tehdit altında olan ekosistemlerden biridir. Nüfus artışı ve küresel ısınmanın sonucu olarak kirlilik, kentleşme ve şiddetli hava olaylarına bağlı olarak erozyonların artması, kıyı alanlarının yönetimini önemli kılmaktadır (Bendell ve Wan, 2011). Sulak alanların ve tarımsal arazilerin belirlenmesi, sel ve kasırga tehlikesi barındıran bölgelerin ve yapılaşmanın tespit edilmesi için kıyı alanlarına ilişkin güncel ve doğru bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır (Liu, vd., 2007). Uydu görüntüleri kullanılarak kıyı çizgilerinin sık periyotlarda izlenmesi olanaklıdır (Trochta, vd., 2015). Optik uydu görüntülerinin kullanılmasıyla kıyı alanlarına ait güncel, doğru, zamansal ve güvenilir bilgiler elde edilebilmektedir (Kutser, vd., 2012).

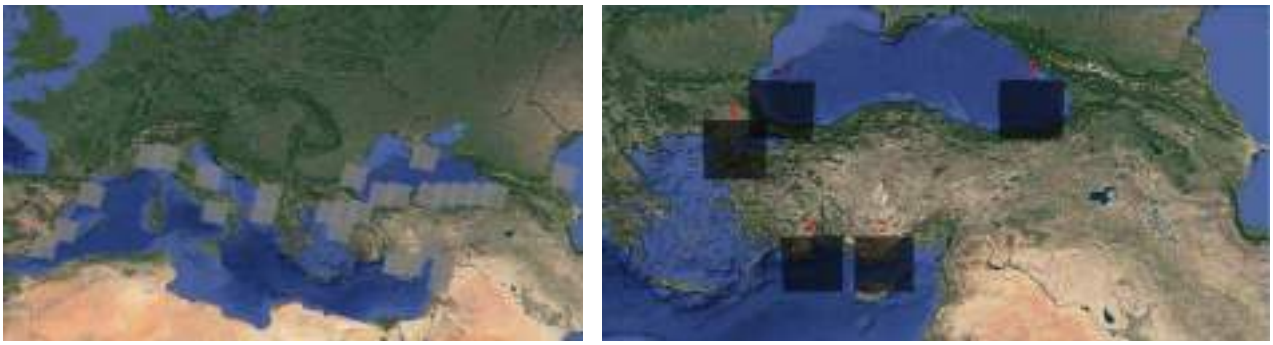
Uydu görüntülerinden kıyı çizgisi çıkarımı, uzaktan algılama alanında önemli bir araştırma konusu olmuştur. Yapılan çalışmalar incelendiğinde uydu görüntülerinden kıyı çizgisi çıkarımında; kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma yöntemlerinin (Maglione, vd., 2014, Sekovski, vd., 2014), nesne tabanlı yöntemlerin (Bayram, vd., 2013, Zhang, vd., 2013) ve matematiksel morfolojiyi temel alan yöntemlerin (Rishikeshan ve Ramesh, 2017) kullanıldığı görülmektedir. Bunun yanı sıra, makine öğrenmesi teknikleri de kıyı çizgisi çıkarımında kullanılabilmektedir (Choung ve Jo, 2017).

Makine öğrenmesi prensibini benimseyen derin öğrenme algoritmaları son yıllarda uzaktan algılama çalışmalarında da yer edinmiştir. Derin öğrenme, bilgisayarların insanlara benzer bir şekilde basit kavramların hiyerarşisinden yararlanarak öğrenmelerine dayanan bir makine öğrenme yöntemidir (Goodfellow, vd., 2016). Derin öğrenmenin geleneksel makine öğrenme algoritmalarına göre en büyük avantajı otomatik özellik çıkartma yeteneğinin olmasıdır. Özellik çıkartma, kullanılan veri setinde hangi özelliklerin kullanılacağına karar verme sürecidir. Geleneksel makine öğrenme algoritmalarında bu süreç, uygulayıcının uzun bir süre veri setini analiz ederek uygun özellikleri seçmesi ile gerçekleşmektedir. Derin öğrenme algoritmalarında ise bu süreç otomatik bir şekilde gerçekleşmektedir (Patterson & Gibson, 2017). Derin öğrenme mimarileri kullanılarak görüntülerin sınıflandırılması, görüntüler üzerinde obje tespiti, semantik bölütleme ve obje temelli bölütleme yapılabilmektedir.

Sunulan çalışmada son yıllarda popülarite kazanan derin öğrenme yöntemi ile kıyı çizgisi çıkarımı amaçlanmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışmada, 29 tanesi eğitim için ve 5 tanesi test için olmak üzere toplam 34 tane LANDSAT–8 uydu görüntüsü kullanılmıştır. Test görüntüleri, Türkiye'nin denize kıyısı olan farklı bölgelerinden seçilmiştir. Test için kullanılan görüntüler eğitim görüntüleri dahilinde bulunmayan görüntülerdir. Eğitim ve test görüntülerinin konumları Şekil 1'de gösterilmektedir.



a) Eğitim için kullanılan görüntüler b) Test için kullanılan görüntüler

Şekil 1. Kullanılan görüntülerin konumları.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Sunulan çalışmada, 30 m konumsal çözünürlüğe ve 16-bit radyometrik çözünürlüğe sahip LANDSAT-8 uydu görüntülerinin 2. (mavi), 4. (kırmızı) ve 5. (yakın kızılötesi) bantları kullanılmıştır. LANDSAT–8 görüntülerinin teknik özellikleri Çizelge 1'de gösterilmektedir (Landsat-8, 2018).

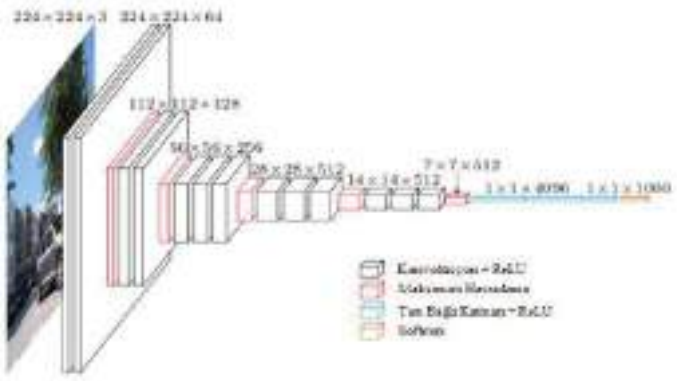
Çizelge 1. LANDSAT–8 görüntülerinin teknik özellikleri (Landsat-8, 2018).

Bantlar	Özellikleri	Spektral Aralık (nm)
Bant 1	30m Coastal/Aerosol	435-452
Bant 2	30m Blue	452-512
Bant 3	30m Green	533-590
Bant 4	30m Red	636-673
Bant 5	30m NIR	851-879

Bant 6	100m TIR-1	1060-1119
	100m TIR-2	1150-1251
Bant 7	30m SWIR-2	2107-2294
Bant 8	15m Pan	503-676
Bant 9	30m Cirrus	1363-1384

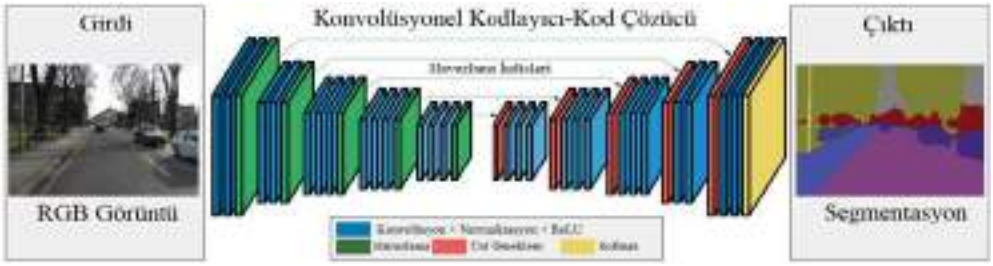
Konvolüsyonel Sinir Ağları gibi denetimli derin öğrenme algoritmalarının, özellikle görüntü sınıflandırma ve obje tespiti gibi üst düzey görüntü analizi alanlarında oldukça başarılı olması, araştırmacıları semantik bölütleme (piksel seviyesinde etiketleme) problemlerinin Konvolüsyonel Sinir Ağları ile çözümünü araştırmaya yönlendirmiştir. Sunulan çalışmada uydu görüntülerinden kıyı çizgisi amacıyla SegNet semantik bölütleme mimarisi (Badrinarayanan vd., 2015) kullanılmıştır.

SegNet mimarisi yol, araba, bina gibi farklı sınıflar arasındaki renk, şekil ve doku özelliklerini modelleyerek sokak görüntülerinin semantik bölütleme uygulamaları için geliştirilmiştir. SegNet mimarisi, kodlayıcı (encoder) katmanları, kodçözücü (decoder) katmanları ve piksel tabanlı sınıflandırma katmanından oluşmaktadır (Badrinarayanan vd., 2015). Kodlayıcı katmanları, obje tespiti için geliştirilen VGG16 derin öğrenme mimarisinin (Simonyan & Zisserman, 2014) konvolüsyon, ReLU ve maksimum havuzlama katmanlarından oluşmaktadır. Konvolüsyon katmanı, çekirdek matris kullanılarak girdi verilerinden belirli türdeki bilgileri çıkartmak için; ReLU katmanı, konvolüsyon sonucunda üretilen özellik haritasına doğrusal olmayan bir yapı kazandırmak için, maksimum havuzlama katmanı ise gereksiz bilgilerin kullanımını engelleyerek hesaplama maaliyeti azaltmak için kullanılmaktadır (Patterson & Gibson, 2017). VGG16 mimarisi Şekil 2'de gösterilmektedir.



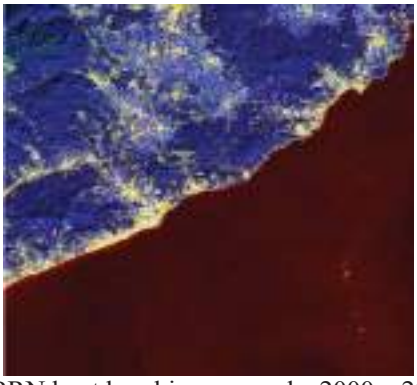
Şekil 2. VGG16 Mimarisi (Kochakarn, 2018).

SegNet mimarisinin kod çözücü katmanlarında piksel tabanlı sınıflandırma için, kodlayıcı katmanlarında üretilen düşük çözünürlüklü özellik haritalarının girdi görüntü ile aynı çözünürlüğe eşlenmesi işlemi yapılmaktadır. Kod çözücü katmanlarında doğrusal olmayan örnekleme işlemini gerçekleştirmek için, her bir kod çözücü katmanına karşılık gelen kodlayıcı katmanında yapılan maksimum havuzlama işlemi kullanılır. Maksimum havuzlama aşamasında hesaplanan havuzlama indisleri üst örnekleme yapmak amacıyla kod çözücü katmanına aktarılır. Son olarak piksel tabanlı sınıflandırma katmanı, kod çözücü katmanlarının sonuna eklenmektedir (Badrinarayanan vd., 2015). SegNet mimarisi Şekil 3'de gösterilmektedir.

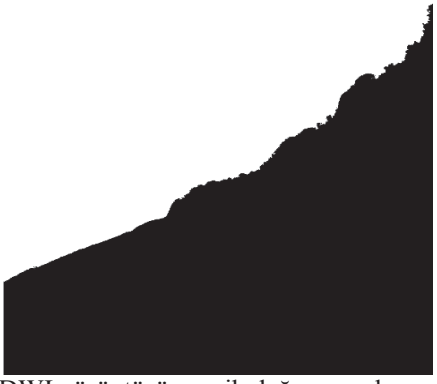


Şekil 3. SegNet mimarisi (Badrinarayanan vd., 2015).

Sunulan çalışmada SegNet semantik bölütleme ağında eğitim verisi olarak kullanılmak üzere 250 x 250 boyutlarında görüntüler ve bu görüntülerin su ve kara sınıflarını temsil eden etiket görüntüleri elde edilmiştir. Eğitim veri setinin hazırlanmasında öncelikle mavi – kırmızı – yakın kızılötesi bant kombinasyonuna sahip 29 adet LANDSAT–8 uydu görüntüsü üzerinde, 2000 x 2000 boyutlarında parçalar kesilmiştir. Derin öğrenme ağının eğitilmesi için kullanılacak olan eğitim görüntüsünün su ve kara sınıflarını ifade eden etiket verisine ihtiyaç duyulmaktadır. Etiket verilerinin oluşturulması için, elde edilen 2000 x 2000 boyutlarındaki görüntülerin NDWI görüntüleri oluşturulmuştur. Elde edilen NDWI görüntülerine 0 eşik değeri uygulanarak su (siyah) ve kara (beyaz) sınıflarını ifade eden ikili görüntüler oluşturulmuştur. İkili görüntülerde oluşan gürültüler manuel olarak temizlenmiştir. Şekil 4'te eğitim veri setinin hazırlanma aşamaları gösterilmektedir.



a) BRN bant kombinasyonunda, 2000 x 2000 boyutlarında görüntü örneği



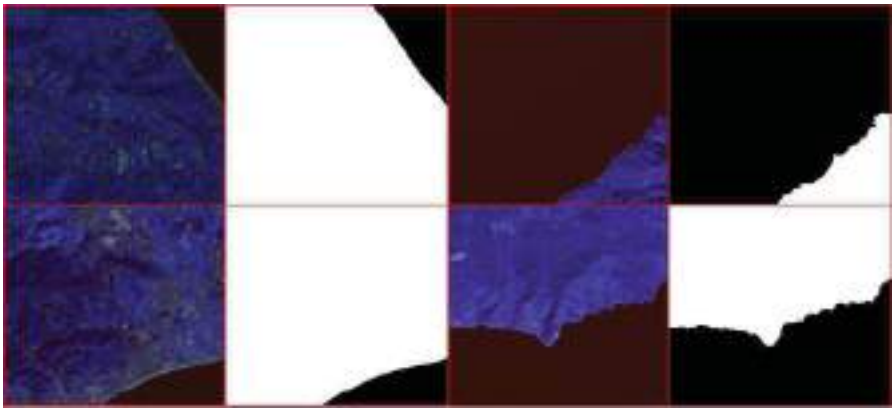
b) NDWI görüntüsüne eşik değer uygulanarak ve gürültü giderme işlemi yapılarak elde edilen ikili görüntü

Şekil 4. Eğitim veri setinin hazırlanma aşamaları.

Eğitim verileri 250 x 250 boyutlarında kullanılacağı için 2000 x 2000 boyutlarına sahip görüntüler ve etiket görüntüleri 64 parçaya bölünerek 250 x 250 boyutlarında görüntüler elde edilmiştir. Elde edilen 250 x 250 boyutlarındaki görüntülerde sırasıyla aşağıdaki işlemler yapılmıştır:

- %99'dan daha fazla oranda kara sınıfı içeren parçalar, çok çeşitli gri değerlere sahip olduğundan ve bu durum ağın eğitimini verimsizleştireceği için silinmiştir.
- Bulut gölgeleri ile su sınıfına ait olan pikseller benzer gri değerlere sahiptir. Bu durum derin öğrenme ağının yanlış eğitilmesine sebep olacağı için bulut içeren parçalar silinmiştir.
- Veri artırma (data augmentation) yöntemleri, mevcut veri setinden daha fazla veri elde etme yöntemleridir. Makine öğrenmesinde veri setinin sayısını ve çeşitliliğini arttırmak için sıklıkla kullanılmaktadır (Hauberg, vd., 2016). Sunulan çalışmada, kalan görüntülere 90, 180 ve 270 derece döndürme işlemi uygulanmıştır. Elde edilen görüntüler de eğitim verilerine dahil edilerek veri artırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

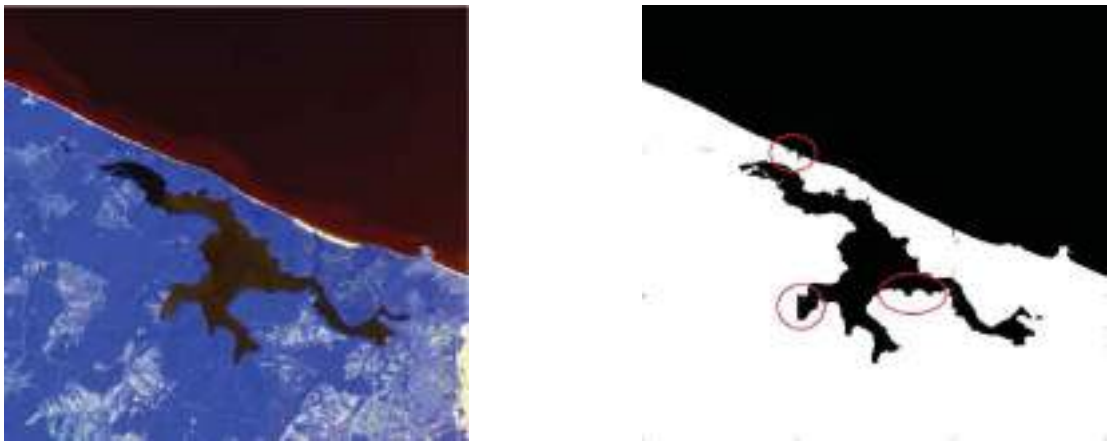
Bu işlemler sonrasında toplam 4880 adet 250 x 250 boyutlarında eğitim verisi elde edilmiştir. Eğitim verilerinden örnekler Şekil 5'te gösterilmektedir.



Şekil 5. Eğitim veri setinden örnekler.

MATLAB platformunda VGG16 yapısını kullanan SegNet derin öğrenme ağı oluşturulmuştur. Elde edilen eğitim veri seti kullanılarak derin öğrenme ağının eğitim işlemi Stochastic Gradient Descent (SGD) algoritması ile gerçekleştirilmiştir. Eğitim işlemi 81300 iterasyonda ve yaklaşık 43 saatte tamamlanmıştır.

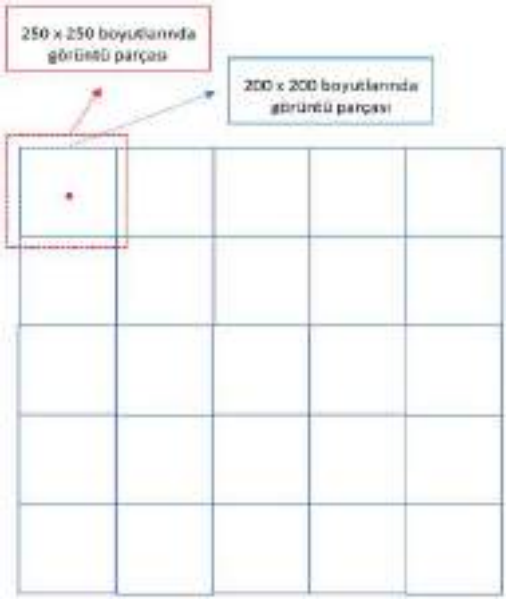
SegNet ağının test edilmesinde 250 x 250 boyutlarında parçalar kullanılmıştır. Her bir test görüntüsü 250 x 250 boyutlarında parçalara bölünerek test edildiğinde, her bir parçanın çevresinde hatalı sonuçlar elde edildiği gözlemlenmiştir. Şekil 6'da her parçanın çevresinde gözlemlenen hatalı sonuçlar gösterilmektedir.



a) Birinci test görüntüsü b) Sonuç ikili görüntü

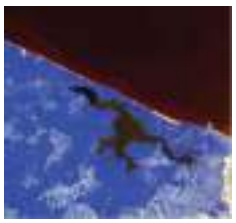
Şekil 6. Test görüntüsünün 250 x 250 boyutlu parçalara bölünmesi ile elde edilen ikili görüntü.

Bu problemi engellemek için öncelikle girdi görüntü 200x200 boyutlarında bölünmüştür. Merkezi 200x200 boyutlarındaki görüntü parçası ile aynı olan 250x250 boyutlarındaki görüntü parçaları ağa girdi olarak verilmiştir. Elde edilen 250x250 boyutlarındaki ikili görüntünün 200x200 boyutlarındaki kısmı kaydedilmiştir. İşlem Şekil 7'de özetlenmiştir.



Şekil 7. SegNet ağının test edilmesinde kullanılan yöntem.

SegNet mimarisi için bu yöntem uygulanarak her bir test görüntüsü için elde edilen ikili görüntüler Şekil 8, 9, 10, 11 ve 12'de gösterilmektedir. İkili görüntüler, ArcGIS platformunda vektör formata dönüştürülerek kıyı çizgileri elde edilmiştir.


a) Birinci test görüntüsü

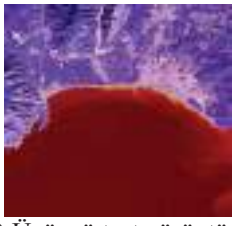

b) SegNet ile elde edilen ikili görüntü

Şekil 8. Birinci test görüntüsü sonucu.


a) İkinci test görüntüsü

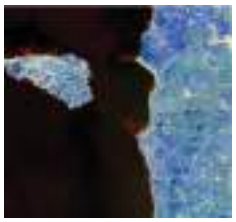

b) SegNet ile elde edilen ikili görüntü

Şekil 9. İkinci test görüntüsü sonucu.


a) Üçüncü test görüntüsü

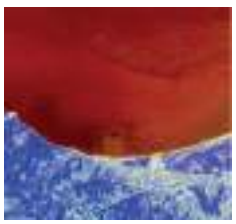

b) SegNet ile elde edilen ikili görüntü

Şekil 10. Üçüncü test görüntüsü sonucu.


a) Dördüncü test görüntüsü


b) SegNet ile elde edilen ikili görüntü

Şekil 11. Dördüncü test görüntüsü sonucu.

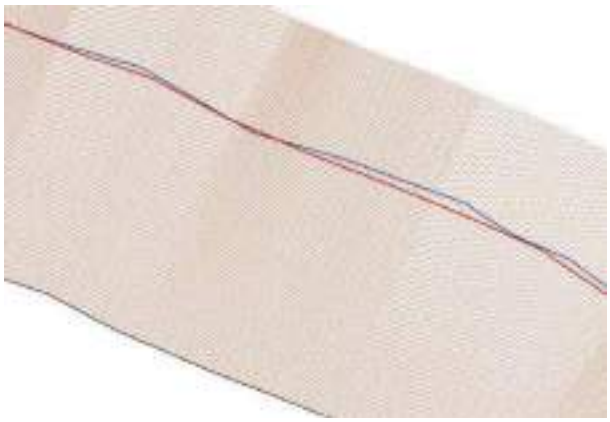

a) Beşinci test görüntüsü


b) SegNet ile elde edilen ikili görüntü

Şekil 12. Beşinci test görüntüsü sonucu.

4. SONUÇLAR

Sunulan çalışmada, elde edilen kıyı çizgisinin doğruluğunu analiz etmek amacıyla Sayısal Kıyı Çizgisi Analizi Sistemi (Digital Shoreline Analysis System – DSAS) (Thieler, 2009) kullanılmıştır. Bu amaç için elle sayısallaştırılan kıyı çizgisi ve derin öğrenme yöntemi ile elde edilen kıyı çizgisi arasında kalan dik mesafeler hesaplanmıştır. Kesitlerin üretilmesinde kullanılacak olan ana hat (baseline), elle sayısallaştırılan kıyı çizgilerine 500 metrelik tampon (buffer) uygulanarak oluşturulmuştur. Başlangıç noktaları ana hat olmak üzere 5 metrede bir olacak şekilde kıyı çizgisine dik kesit çizgileri üretilmiştir. Kesit çizgilerinin boyları 750 m olarak belirlemiştir. Şekil 13'te ana hat, kesitler, elle sayısallaştırılan kıyı çizgisi ve SegNet mimarisi ile elde edilen kıyı çizgisi gösterilmektedir.



Şekil 13. DSAS elemanları. Kahverengi: kesitler, Siyah: ana hat, Kırmızı: elle sayısallaştırılan kıyı çizgisi, Mavi: SegNet mimarisi ile elde edilen kıyı çizgisi.

DSAS'ın Net Kıyı Çizgisi Hareketi (Net Shoreline Movement - NSM) modülü kullanılarak elle sayısallaştırılan kıyı çizgisi ile SegNet mimarisi ile elde edilen kıyı çizgisi arasındaki dik mesafeler hesaplanmıştır. Hesaplanan dik mesafeler kullanılarak elde edilen farkların ortalaması Çizelge 2'de gösterilmektedir.

Çizelge 2. SegNet VGG16 ağı için farkların ortalama ve karesel ortalama değerleri.

Test Görüntüsü	Ortalama Hata (m)	Ortalama Hata (piksel)	Karesel Ortalama Hata (m)	Karesel Ortalama Hata (piksel)
1	9.78	0.33	11.58	0.39
2	25.67	0.86	45.71	1.52
3	17.07	0.57	26.86	0.90
4	11.11	0.37	16.12	0.54
5	10.69	0.36	17.97	0.60

5. TARTIŞMA

Sunulan çalışmada derin öğrenme algoritmalarının uydu görüntülerinden kıyı çizgisi çıkarımı problemindeki performansı araştırılmıştır. Bu amaç için semantik bölütleme amacıyla geliştirilen SegNet derin öğrenme mimarisi kullanılarak 5 farklı LANDSAT–8 uydu görüntüsünden kıyı çizgisi çıkartılmıştır.

SegNet mimarisi için, sırasıyla 9.78, 25.67, 17.07, 11.11 m ve 10.69 m ortalama hata tespit edilmiştir. 1., 4. ve 5. test görüntülerinde elde edilen ortalama hata değerlerinin ½ piksel boyutundan daha az olduğu görülmektedir. 2. ve 3. test görüntülerinin spektral özelliklerinin kullanılan eğitim görüntülerinden farklı olması sebebi ile daha fazla hata

hesaplandığı öngörülmektedir. Eğer eğitim görüntülerinin sayısı ve bununla birlikte çeşitliliği artırılırsa 2. ve 3. test görüntüleri gibi görüntülerde de verimli sonuçlar elde edilebileceği öngörülmektedir.

Derin öğrenme algoritmalarının çok fazla hesaplama kullanması sebebiyle eğitim aşamasında güçlü bir donanıma ihtiyaç duyulmaktadır. Daha güçlü GPU'lar ile çalışılarak eğitim veri setinin sayısı artırılabilir. Böylelikle, veri setine çeşitlilik kazandırılacağı için daha yüksek doğruluk değerleri elde edilebileceği öngörülmektedir.

Kıyı çizgilerindeki değişimin izlenmesi kıyı alanlarının yönetimi ve doğal çevre için önem arz etmektedir. Sunulan çalışmada LANDSAT–8 uydu görüntülerinden kıyı çizgisi çıkarımı için SegNet derin öğrenme mimarisinin verimli sonuçlar verdiği sonucuna ulaşılmıştır.

6. TEŞEKKÜR

Sunulan çalışma TUBİTAK tarafından "Sürdürülebilir Kıyı Alanı İzleme Modeli İçin İnsansız Hava Araçları-Lidar Teknolojilerinin Entegrasyonu- Üç Boyutlu Otomatik Kıyı Çizgisi Çıkartılması Ve Analizi: İstanbul-Terkos Örneği" başlıklı TÜBİTAK Projesi (Proje No: 115Y718) kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Badrinarayanan, V., Handa, A. ve Cipolla, R., 2015. Segnet: A deep convolutional encoder-decoder architecture for robust semantic pixel-wise labelling, *arXiv preprint*, arXiv:1505.07293.

Bayram, B., Seker, D. Z., Acar, U., Yuksel, Y., Guner, H. A. A. ve Cetin, I., 2013. An integrated approach to temporal monitoring of the shoreline and basin of Terkos Lake, *Journal of Coastal Research*, 29(6): 1427-1435.

Bendell, L. I. ve Wan, P. C., 2011. Application of aerial photography in combination with GIS for coastal management at small spatial scales: a case study of shellfish aquaculture, *Journal of Coastal Conservation*, 15(4): 417-431.

Choung, Y. J., ve Jo, M. H., 2017. Comparison between a Machine-Learning-Based Method and a Water-Index-Based Method for Shoreline Mapping Using a High-Resolution Satellite Image Acquired in Hwado Island, South Korea, *Journal of Sensors*, 2017, Article ID 8245204.

Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A. ve Bengio, Y., 2016. Deep Learning, MIT Press, Cambridge.

Hauberg, S., Freifeld, O., Larsen, A. B. L., Fisher III, J. W. ve Hansen, L. K., 2016. Dreaming More Data: Class-dependent Distributions over Diffeomorphisms for Learned Data Augmentation, 19th International Conference on Artificial Intelligence and Statistics, 9 – 11 May 2016, Cadiz, Spain.

Kochakarn, P., Machine Learning with Python: Image Classifier using VGG16 Model - Part 1: Theory. https://www.techkingdom.org/single-post/2017/11/07/Machine-Learning-with-Python-Image-Classifier-using-VGG16-Model---Coming-Soon/ [Erişim tarihi: 24.07.2018].

Kutser, T., Paavel, B. C., Verpoorter, C., Kauer, T. ve Vahtmäe, E., 2012. Remote sensing of water quality in optically complex lakes, *International Archives of the Photogrammetry*, Remote Sensing and Spatial, Information Sciences, XXXIX-B8, 165-169.

Landsat 8 Overview, https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/landsat-8-%20overview/ [Erişim tarihi: 24.07.2018].

Liu, H., Sherman, D. ve Gu, S., 2007. Automated extraction of shorelines from airborne light detection and ranging data and accuracy assessment based on Monte Carlo simulation, *Journal of Coastal Research*, 23(6): 1359-1369.

Maglione, P., Parente, C. ve Vallario, A., 2014. Coastline extraction using high resolution WorldView-2 satellite imagery, *European Journal of Remote Sensing*, 47(1): 685-699.

Patterson, J. ve Gibson, A., 2017. Deep Learning: A Practitioner's Approach, First Edition, O'Reilly Media, California.

Rishikeshan, C. A. ve Ramesh, H., 2017. A novel mathematical morphology based algorithm for shoreline extraction from satellite images, *Geo-spatial Information Science*, 20(4): 345-352.

Sekovski, I., Stecchi, F., Mancini, F. ve Del Rio, L., 2014. Image classification methods applied to shoreline extraction on very high-resolution multispectral imagery, *International Journal of Remote Sensing*, 35(10): 3556-3578.

Simonyan, K. ve Zisserman, A., 2014. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition, *arXiv preprint*, arXiv:1409.1556.

Thieler, E. R., Himmelstoss, E.A., Zichichi, J.L., Ergul, A., 2009. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0 - An ArcGIS extension for calculating shoreline change. U.S. Geological Survey, Open-File Report 2008-1278.

Trochta, J. T., Mouw, C. B. ve Moore, T. S., 2015. Remote sensing of physical cycles in Lake Superior using a spatio-temporal analysis of optical water typologies, *Remote Sensing of Environment*, 171: 149–161.

Zhang, T., Yang, X., Hu, S. ve Su, F., 2013. Extraction of coastline in aquaculture coast from multispectral remote sensing images: Object-based region growing integrating edge detection, *Remote Sensing*, 5(9): 4470-4487.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6691

HİDRO ELEKTRİK SANTRALLERİNİN BAZI EKOSİSTEM SERVİSLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN HARİTALANMASI

Onur ŞATIR[1], Sevim Tuğçe YELER[2]

[1]Doç. Dr. Van Yüzüncü yıl Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 65080 Tuşba/ Van, osatir@yyu.edu.tr
[2]Öğr.Gör. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Muradiye MYO. Peyzaj ve Süs Bitkileri programı, 65080 Kampüs/Van, tugceyeler@yyu.edu.tr

ÖZET

Geçmişten günümüze hızla artmakta olan kentleşme ve insan etkileri doğa üzerinde büyük bir tahribata yol açmaktadır. Plansız olarak kullanılan doğal kaynaklar ve gelişen alan kullanımları, ekosistemler üzerinde büyük değişimler oluşturur. Bu durum doğal faydalar olarak tanımlanan Ekosistem Servisleri (ES) üzerinde büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde ulaşım ve enerjiye duyulan ihtiyaç artmaktadır. Türkiye hızla artan nüfusu, gelişen sanayisi ve jeopolitik konumu sonucu transit geçiş yolları üzerinde bulunması sebebiyle yatırım planlarının büyük bir kısmını ulaşım ve enerji sektörlerine ayırmaktadır. Bu da ekosistemler üzerindeki baskıyı arttırmakta ve servislerin sürdürülebilirliğini tehlikeye sokabilmektedir. Çalışmada Türkiye'deki Hidro Elektrik Santrallerinin (HES) bazı ES' ler üzerine etkilerinin Adana Yedigöze HES ve yakın çevresi örneğinde haritalanması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, erozyon kontrolündeki değişiklikler, hava temizleme – sirkülasyon yapısına etkiler ve yüzey sıcaklığına olan etkiler HES bölgesi ve yakın çevresinde değerlendirilmiştir. Erozyon değerlerinin hesaplanmasında, çok zamanlı Landsat 5 – 7 ve 8 verilerinden üretilen Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) değerleriyle hesaplanmış bitki kapalılığı verileri, çeşitli fiziksel değişkenler kullanan ICONA erozyon risk analiziyle HES inşaatı öncesi 3 yıllık ve HES inşaatı sonrası 3 yıllık zaman dilimleri için hesaplanmıştır. Aynı dönemler için, ekosistemin temiz hava temini değerlerindeki değişikleri tanımlamada Klorofil Vejetasyon İndisi (CVI) ve yüzey sıcaklığındaki değişikleri saptamak için de çok zamanlı MODIS termal verileri kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Araştırma bulgularına göre, HES alanı içerisinde, bitki örtüsündeki kayıplar nedeniyle erozyonda artışlar meydana gelmiştir. Yine aynı nedenden dolayı HES ve çevresindeki ekosistemin temiz hava temin yeteneği azalmıştır. Gündüz ve gece sıcaklıklarının ayrı olarak analiz edildiği bölgede, genel ortalamada 2 - 3 ºC' lik bir soğuma olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak hesaplanan ES kayıpları, sürekli ve kategorik olarak haritalanmıştır. Kategorik derecelendirmelere göre; ES kayıplarının büyük bir bölümünün orta %17 ve az %68 oranlarında olduğu, çok yüksek kayıpların alansal olarak yaklaşık %2.5 civarında olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: ekosistem servisleri, HES, uzaktan algılama, peyzaj değişimi, çevresel etki değerlendirmesi

ABSTRACT

MAPPING THE EFFECTS OF HYDRO ELECTRIC POWER PLANTS ON SOME ECOSYSTEM SERVICES

Urbanization and human effects, which have been increased from past to current time, have been caused damage on nature. Unplanned natural source usage and developing land uses are created big changes on ecosystems. This situation is caused a big threat on ecosystem services which is described as natural benefits. Transportation and energy needs are increased in developing countries. Turkey is designed its investment policy on transportation and energy due to geo-politic location, fast developing population and industries. Therefore, pressure on ecosystem services are increased and sustainability of the services can be under the risk. The purpose of the research was to map the effects of the hydroelectric power plant (HPP) on some ecosystem services in the case of the Adana Yedigöze HPP and surrounding area in Turkey. In this extent, effects on the erosion control, air cleaning and circulation and land surface temperature were evaluated in HPP and surrounding area. Erosion risk values were calculated using long term Landsat 5-7 and 8 producing soil adjusted vegetation index (SAVI) for plant cover and ICONA model that was used various physical dataset using three year period data before and after the construction. For the same period, chlorophyll vegetation index (CVI) was obtained to define the clean air providing and long term land surface temperature (LST) was calculated using MODIS LST dataset. According to the results, erosion was decreased because of the loss of plant cover in research area. Clean air providing ability of the ecosystem was decreased due to the same reason. Surface temperature analyses for day and night time showed that it is around 2-3 ºC colder than before in the study area in general. Calculated ES losses were mapped to be continuous and categorical. Major ES losses were about 2.5% and middle and low losses around 17% and 68% respectively based on the categorical assessments in the study area.

Keywords: ecosystem services, HPP, remote sensing, landscape change, environmental impact assessment

1. GİRİŞ

Hızlı nüfus artışı, kentleşme ve sanayileşme özellikle hızlı gelişen ülkelerde yeni enerji yatırımlarını da gerekli hâle getirmektedir. Bu durum, ekosistemlerde verimlilik kaybına yol açmaktadır. Ekosistem Servisleri (ES) nin bir çok farklı tanımı vardır ancak temel olarak ekosistem işlevlerinin toplumsal insan yaşantısına doğrudan ve dolaylı bir şekilde sağladığı faydalar (Costanza ve ark., 1997) olarak özetlenebilir. Diğer bir ifadeyle doğanın insanoğluna sağladığı faydalardır.

Ekosistemler, mikroorganizmalar başta olmak üzere fauna ve flora gibi canlı varlıklar ile cansız doğa etkileşimlerindeki potansiyel ve güçlü etkileşimlerden oluşan uygulanabilir bir kısımdır. ES de bu ekosistemler ile insanlara sağlanan olanaklardır. Bu olanaklar tedarik hizmetleri, düzenleyici hizmetler, kültürel hizmetler ve destekleyici hizmetlerden oluşmaktadır (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Ekosistemin su temini, erozyon kontrolü, temiz hava temini ve yiyecek temini gibi birçok fonksiyonu vardır ve bu fonksiyonların sayısal olarak ifade edilmesinde çeşitli indikatörler kullanılmaktadır. Örneğin; bir ormanın kesin olarak oksijen temini potansiyelini tespit etmek çok zordur. Bununla birlikte, ormanların klorofil miktarları çeşitli uzaktan algılama indisleri yardımıyla belirlenebilir.
Teknik bakımdan incelendiği zaman UA yöntemleri, tabiatta ortaya çıkan birçok yeniliği zamanında, düzgün ve hızlı bir şekilde tespit etme olanağı sağlayan ileri düzey teknolojilerdir. En önemlileri arazi kullanımında ki değişimler, bitki dokusu, tarımsal uygunluk alanları tahmini, ormanlık alan, meralar, erozyon durumları, toprak bilgisi ve jeoloji konularının esas bilgi ihtiyacında ve arazi örtüsü ya da arazinin kullanımının tespit edilerek tematik haritalarının ortaya konulmasında geniş olarak kullanımı görülmektedir. Ayrıca, UA teknikleri, zamandan, insan gücünden ve maliyetten tasarruf sağlayan kullanışlı bir bilim dalıdır (Çölkesen 2009, Şatır ve Berberoğlu 2012).
Bu çalışmanın amacı, ekosistemin erozyon kontrolü, temiz hava temini ve iklim düzenleyici fonksiyonlarının HES projelerinden etkilenme düzeylerini ortaya koymaktır. Bu kapsamda, yakın zamanda tamamlanan Adana Yedigöze HES proje alanı örnek olarak çalışılmıştır.

2. MATERYAL

Çalışmada kullanılan materyaller genel olarak optik uydu verileri, sayısal yükseklik verisi ve toprak aşınma derecesi haritası olarak 3 farklı konumsal veri kullanılmıştır.

Çalışmada ana materyal olarak, erozyon analizleri ve bitki klorofil miktarlarının belirlenmesinde, HES inşaatı öncesi ve sonrası dönemleri kapsayan Landsat 5-7 ve 8 verileri kullanılmıştır. Bu veriler, havza ölçeğindeki çalışmalarda (30m) yeterli yersel çözünürlüğe sahip olup, çalışmada kullanılan indislerin üretilmesinde de etkin olarak kullanılabilmektedir. Yüzey sıcaklığındaki değişimlerin analizi çalışmalarında ise MODIS LST ürünü kullanılmıştır. Bu ürün, birkaç basit işlemeden sonra DN verilerinin yüzey sıcaklığına dönüştürülmesi için kullanılabilmektedir. HES inşaatı öncesi ve sonrasındaki 3'er yıllık dönemin aylık olarak 1 km yersel çözünürlükteki gündüz ve gece kompozit MODIS verileri kullanılmıştır.

Bunlarla birlikte, HES proje alanı sınırı, alanın 30m yersel çözünürlükteki sayısal yükseklik modeli ASTER küresel DEM verisinden elde edilmiştir. Basit topografik düzeltme yapılarak, eğim analizlerinde kullanılmıştır.

Toprak aşınma faktörü (k verisi) (Çilek 2013) verileri de ayrıca temin edilip kullanılmıştır. Bu veride 250m yersel çözünürlüktedir.

3. YÖNTEM

Çalışmanın yöntemi 2 temel aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, geçmiş ve güncel ES değerleri belirlenmektedir. İkinci aşamada ise erozyon kontrolü, hava sirkülasyon kaybı ve iklim kontrolü etkilerindeki kayıplar hesaplanmaktadır (Şekil 1).

Erozyon riskinin hesaplanmasında ICONA adı verilen ve toprak ve bitki örtüsü temelli bir model kullanılmıştır. ICONA (Institut National pour la Conservation de la Nature) yöntemi incelendiği zaman erozyonun risk oranlarının tespit edilmesi yöntemi olarak tanımlanmaktadır. Ortaya çıkarılarak geliştirilmesi İspanya Doğal Kaynakları Koruma Genel Müdürlüğü (DGCONA) tarafından yapılmış olup; hâlen faydalanmayı sürdürmektedirler. Ortaya çıkarılan bu metod sonrasında, erozyon düzeylerinde ve sonuç haritalarında ortalamanın tutturulması adına UNEP (Birleşmiş Milletler Çevre Programı) bünyesinde bütünleştirilmiştir (Jordan, Zavala ve Bellinfante, 2000). Bu model, bitki örtüsü ve eğimi temel alarak toprak koruma ve toprağın aşınabilirliğini hesaplayıp erozyon riskinin ortaya konmasını sağlamaktadır.

Yaprak klorofil konsantrasyonunun tahmini için klasik NDVI' da olduğu gibi kırmızı bir bant yerine yeşil bir bant kullanan "Yeşil NDVI" önerilmiştir. Benzer şekilde, yeşil basit oran, klasik basit oranda olduğu gibi, kırmızı bir banttan daha yeşil bir bant kullanan NIR ve yeşil parçalardaki yansımaların oranı pigment içerik tahlilinde dikkate alınabilir. Yaprak klorofil içeriğine duyarlılığı arttırılmış ve yaprak alanı endeksi (LAI) varyasyonuna duyarsız yeşil bandın spektral bilgisini içeren geniş bant VI elde etmek için klorofil bitki örtüsü indeksini geliştirmiştir (Vincini ve ark. 2007). Kullanılan eşitlik ise şu şekildedir:

CVI= (PNIR / PGREEN) . (PRED / PGREEN) (1)

PNIR: Kızılötesi Bant

PRED: Kırmızı Bant

PGREEN: Yeşil Bant

Bu çalışmada klorofil vejetasyon indeksi pilot alanlardaki geçmiş ve günümüz arasındaki klorofil miktarındaki değişim belirlenerek alanlardaki hava sirkülasyon kaybı hesaplanmaya çalışılmıştır. Ayrıca NDVI ve birçok vejetasyon indisinin karşılaştırıldığı Vincini ve ark. (2007) araştırmasına göre, bitkinin klorofil içeriğiyle en iyi şekilde uyum gösteren indis CVI olarak belirlenmiştir.

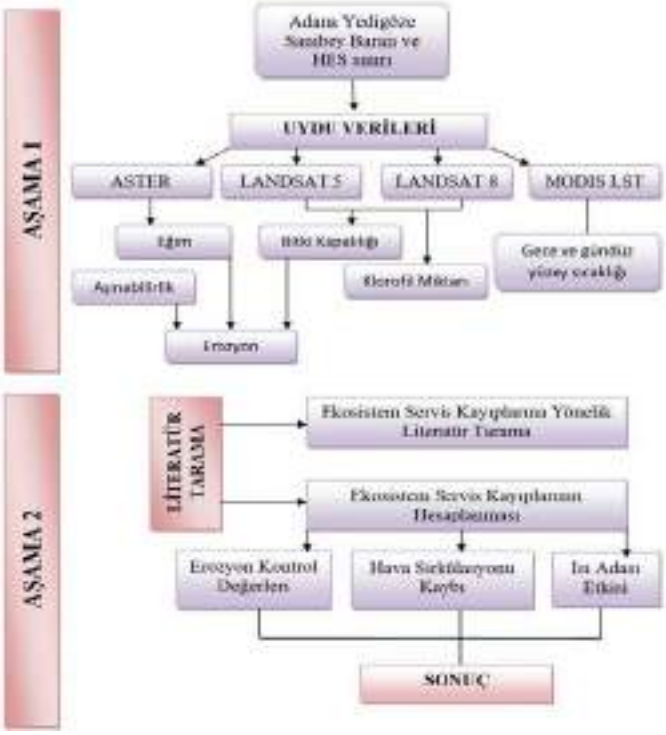
İki farklı işlemden geçirilen MODIS termal verileri radyometrik ve geometrik olarak düzeltilmiştir. İlk işlem, harita projeksiyonunun mevcut çalışma alanlarına uygun hâle getirilmesidir. MODIS'e özgü bir sistem olan ISIN (Integrized Sinusoidal) projeksiyon sisteminde ham MODIS verileri yer almaktadır. EOS tarafından geliştirilen yazılım yardımıyla MODIS verilerinin birbirleriyle koordinat uyumunu gerçekleştirmek için projeksiyon sistemi dönüşümü yapılmıştır. MRT (MODIS projeksiyonu yenileme aracı, Reprojection Tool) yazılımı, MODIS ile yapılacak çalışmalarda, kullanıcıya MODIS projeksiyonunu genel olarak kabul görmüş projeksiyon sistemlerine dönüştürmeye yardımcı olması için geliştirilmiştir. Yazılım HDF (Hiyerarşik veri formatı, Hierarchical Data Format) olarak depolanan MODIS verilerini, ham-ikilik sisteme (raw-binary) veya GEOTIFF (yersel konumlandırılmış tiff görüntüsü) formatına çevirebilmektedir. Bunun yanında kullanıcı gerek görürse görüntülerin belirli bir kısmını ve/veya belirli bant kombinasyonlarını seçebilmektedir (Şatır, 2013).

İkinci işlem ise orijinal MODIS termal verilerinin celsius sıcaklık birimine dönüştürülmesidir. Mevcut orijinal veriler ölçeklendirilmiş biçimde kaydedilmektedir. Bu veriler aşağıdaki formül uygulanarak celsius sıcaklık birimine çevrilmiştir (Hutchinson, 2006).

LSTg = (LSTö * 0.02) – 273 (2)

LSTg: Gerçek yüzey sıcaklığı Co

LSTö: Ölçeklendirilmiş yüzey sıcaklığı (orijinal veri)



Şekil 1. Çalışmanın yöntem akış şeması.

Hava sirkülasyonu kaybı klorofil vejetasyon indisi (CVI) ile bitki klorofil içeriklerindeki değişimlerin çok yıllık verilerle saptanması sonucu elde edilmektedir. Bir diğer sonuç olan yüzey sıcaklığı değişimleri ise MODIS LST ürününün bir dizi ön işlemeden geçirilmesiyle elde edilmektedir.

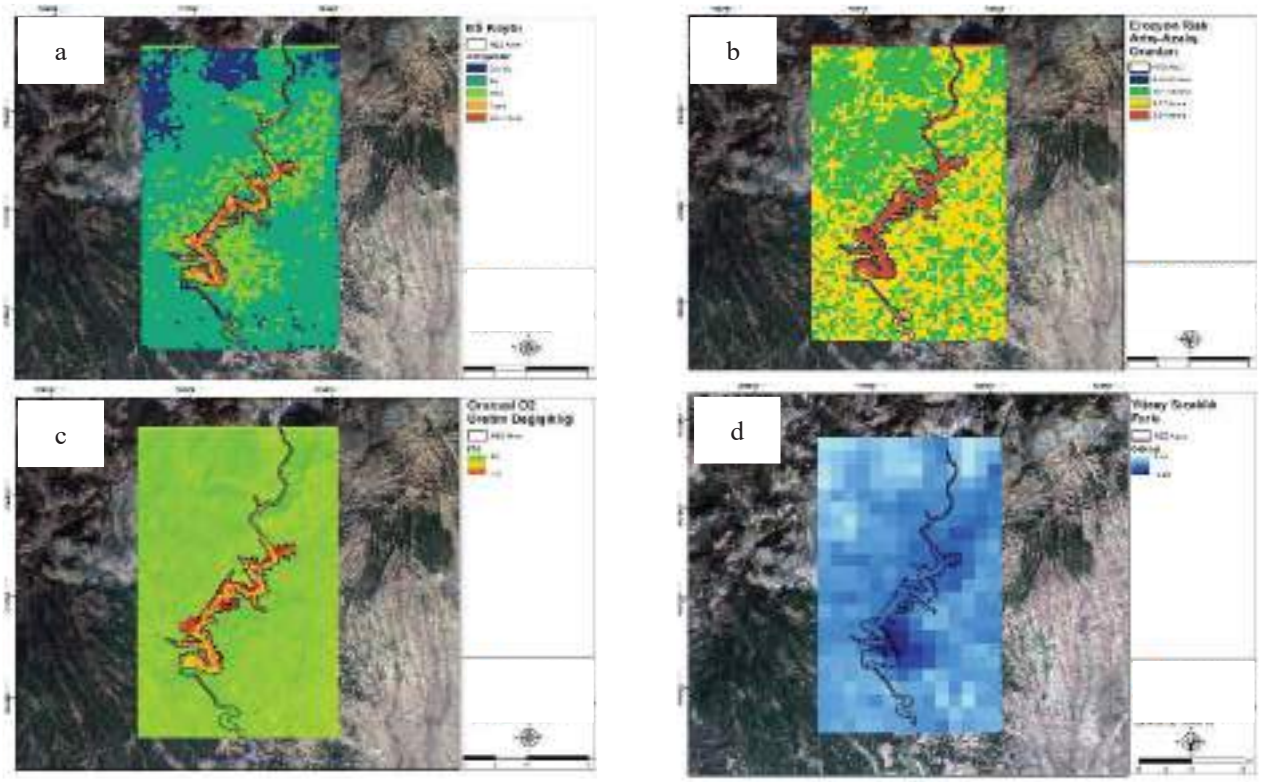
4. BULGULAR

Çalışmada, erozyon kontrol kaybı, hava temizleme kaybı ve iklimsel düzenleme kayıpları uzman görüşleri de alınarak ağırlıklandırılıp, toplam ES kayıpları hesaplanmıştır. Buna göre; en büyük kayıpların sonradan su yüzeyine dönüşen alanlardaki ormanlık bölgelerde olduğu, genel itibarıyla HES alanının çevresinden uzaklaşıldıkça ekosistemdeki kayıpların azaldığı belirlenmiştir. Genel olarak HES bölgesi içerisinde klorofil miktarı azalırken, HES bölgesi çevresinde bitkilerin gelişimleri ve nem artışından kaynaklı artmalar belirlenmiştir. Ayrıca erozyon miktarında da artış saptanmıştır. Yüzey sıcaklıkları HES inşaatı bölgesinde 3 ºC civarında azalmıştır (Şekil 2).

ES kayıplarının hesaplanmasında erozyon, oksijen temini ve yüzey sıcaklığının etkileri, insana sağlanan fayda temelinde düşünülerek ağırlıklandırılmıştır. Bu kapsamda toplamda 12 uzman bilim insanına çoklu değerlendirmeleri içeren sorular yöneltilmiştir. Yapılan değerlendirmede, en önemli faktörler sırasıyla; oksijen temini, erozyon kontrolü ve ısı adası etkisinin azaltılması olarak saptanmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Ekosistem servis kayıpları önem dereceleri.

Ekosistem Servisleri	Katsayı
Oksijen Temini (Hava Sirkülasyonu)	0,36
Erozyon	0,33
Isı Adası Etkisi	0,31



Şekil 2. (a) Toplam ES kaybı, (b) Erozyon değişimi, (c) Oransal O^2 üretim değişimi, (d) Yüzey sıcaklık farkı.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada Türkiye'deki Ulaşım ve HES politikalarının ekosistem servisleri üzerindeki etkileri Adana Yedigöze Sanibey Barajı ve HES proje alanı üzerinde incelenmiştir. Bu alanlardaki hava sirkülasyonu kaybı, ısı adası etkisi ve erozyon gibi ekosistem servisleri UA ve CBS analiz araçları kullanılarak tespit edilmiştir. Tespit edilen bu veriler projelerin yapımından önceki dönem ve proje ortaya çıktıktan sonraki dönem için ayrı olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu geçmiş ve güncel dönem verileri arasındaki fark tespit edilerek ekosistem servislerindeki değişimin ne yönde olduğu belirlenmiştir. Daha sonra elde edilen bu fark verileri kullanılarak pilot alanlardaki ekosistem servis kayıpları hesaplanmıştır. Bu hesaplama yapılırken önceki çalışmalardan faydalanılarak en uygun yöntemler kullanılmaya çalışılmıştır.

Yüzey sıcaklık verisi artma ve azalma yönünde değişim göstermiştir. Alandaki değişim miktarı minimum -3.06 C^o, maksimum 0,57 C^o'dir. Genel eğilim su etkisinden dolayı soğuma yönünde olmuştur. Göl çevresinde de nem etkisinin artması nedeniyle gece-gündüz sıcaklık farkları azalmıştır.

Oransal O_2 Üretim Değişikliği verisi %-40 azalma, %43 artma yönünde değişim göstermiştir. Azalma göl alanındaki ağaçların sular altında kalmasından kaynaklanmaktadır. Artışlar ise hali hazırda var olan orman alanlarının doğal süreçlerinden dolayı kapalılıklarının artması sonucu ortaya çıkmıştır.

Erozyon risk artış-azalış oranları verisi incelendiğinde değişim artma ve azalma yönünde verilmiştir. Alanın genelinde erozyon riskindeki yoğun değişim artma yönündedir. Yeni bir su alanının oluşması özellikle göl çevresi ve alanındaki erozyonu tetiklemiştir.

ES kaybı verisi incelendiğinde kayıp miktarı minimum 0.22, maksimum 0.86 olarak belirlenmiştir. Genel itibarıyla ES kaybının orta ve az düzeylerde olduğu saptanmıştır.

KAYNAKLAR

Costanza, R., Ralph, A., Rudolf, G., Stephen, F., Monica, G., Bruce, H., Karin, L., Shahid, N., Robert, V., Jose, P., Robert, G., Raskin, P., Sutton. & Marjan van den Belt., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature,* 387: 253 – 260.

Çilek, A., 2013. Konumsal Bilgi Sistemleri Yardımıyla Türkiye'nin Erozyon Modellemesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Adana.

Çölkesen, İ., 2009. Uzaktan Algılamada İleri Sınıflandırma Tekniklerinin Karşılaştırılması ve Analizi. *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, Gebze İleri teknoloji Ens.
Jordan, A., Martinez-Zavala, L. ve Bellinfante, N., 2000. Assessment of the Erosion Risk in Humid Mediterranean Areas Workshop on Technologies for and Management of Erosion and Desertification Control in The Mediterranean Region, Priority Actions Programme, UNEP, Malta, pp. 1-13.

Hutchinson, J.M.S., Vought, T.J., Hutchinson, S.L. 2006. Continuous soil moisture mapping using MODIS NDVI and LST products, *Papers Of The Applied Geography Conferences*, 29: 140 – 149.

Board, Millennium Ecosystm Assessment., 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC. 2005 World Resources Institute. 474: 359-375.

Şatır, O., Berberoğlu, S., 2012. Land use/cover classification techniques usingoptical remotely sensed data in Landscape planning. In: Özyavuz, M. (Ed.),Landscape Planning. Intech, Crotia, 21–54.

Şatır, O., 2013. Aşağı Seyhan Ovası'nda Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Tarımsal Alan Kullanım Uygunluğunun Belirlenmesi ", Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Ens. Peyzaj Mim. ABD.

Vincini, M., Frazzi, E., D'Alessio, P., 2007. A broad-band leaf chlorophyll vegetation index at the canopy scale. Precision Agriculture, 9 (5): 303 – 319.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6467

GEOETRİM 2018 C# SÜRÜMÜ: GÖRÜNTÜ TEMELLİ KONUM BİLGİSİ ÜRETİMİ İÇİN YAZILIM GELİŞTİRİLMESİ

Yunus Emre ELKAR[1], Hüseyin TOPAN[2]

[1]Geomatik Mühendisi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 67100, Zonguldak, yunusemreelk@gmail.com
[2]Doç. Dr. Hüseyin TOPAN, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 67100, Zonguldak, topan@beun.edu.tr

ÖZET

Bu bildiride, yazarlar tarafından geliştirilen GeoEtrim (Geospatial Evaluation and Training of Images) yazılımının C# sürümü tanıtılmaktadır. GeoEtrim, görüntülerin geometrik açıdan incelenmesi ve özellikle 2/3B konum bilgisi elde edilmesi için geliştirilen bir yazılımlar bütünüdür. Günümüze dek sadece MATLAB ortamında geliştirilen GeoEtrim, MATLAB ortamında gerçekleştirilmesi oldukça güç olan yüksek boyutlu görüntü açma ve YKN (Yer Kontrol Noktası) ve BDN (Bağımsız Denetim Noktası) toplama gibi kısıtları da giderecek şekilde C# programlama dilinde yeniden kodlanmaya başlanmıştır. C# sürümünde gerçekleştirilebilen işlemlerden başlıcaları: Proje oluşturulması, bir projede birden fazla görüntü eklenmesi, görüntülerin kontrastının genişletilmesi, YKN ve BDN toplanması ve GeoTransform paneli ile algılayıcıdan bağımsız dönüşüm yöntemlerinden başlıcaları (benzerlik, afin, polinom, afin izdüşüm, projektif, DLTve algılayıcıdan bağımsız RFM) ile 2B konum doğruluğunun belirlenmesidir. Ayrıca uyuşumsuz ölçü ve parametre/katsayı anlamlılık testleri de yapılabilmektedir. Yazılım, eğitim ve bilimsel çalışmalarda kullanılması şartıyla ücretsiz olarak edinilebilmektedir.

Anahtar Sözcükler: GeoEtrim, C#, koordinat dönüşümü, grafik arayüz, konuma bağlı bilgi, yazılım

ABSTRACT

GEOETRİM 2018 C# VERSION: SOFTWARE DEVELOPMENT FOR THE GENERATION OF GEOSPATIAL INFORMATION BASED ON IMAGE

C# version of GeoEtrim (Geospatial Evaluation and Training of Images) developed by the authors has been introduced in this paper. GeoEtrim is a software developed for the purpose of geometrical analysis of images and generation of 2/3D geospatial information. Although GeoEtrim was developed in the MATLAB environment up to now, it is decided to continue in C# for overcoming the challenges such as importing/reading big sized image files or collecting GCP&ICP. Creating project, importing image(s), enhancing the image contrast, GCP&ICP collection, and sub-package of GeoTransform, to run sensor-independent transformation models such as similarity, affine, polynomial, affine projective, DLT and sensor-independent RFM for 2D georeferencing accuracy assessment, are the major opportunities of the current version. Besides, blunder and parameter validation tests are also available. GeoEtrim can be downloaded for the scientific and educational applications free-of-charge.

Keywords: GeoEtrim, C#, coordinate transformation, graphical interface, geospatial ınformation, software

1.GİRİŞ

Konuma bağlı bilgi gündelik hayatın vazgeçilmez bir parçasıdır. Gün geçtikçe daha fazla insan çeşitli yollarla konuma bağlı bilgiyi bir şekilde kullanmaktadır. Ayrıca ülke yönetimleri, askeri veya sivil kullanım için konum bilgisine bağlı bilgilere gün geçtikçe daha büyük ölçüde yatırım yapmaktadır(Uçar ve Doğru, 2005). Avrupa Birliği'nin, Amerika Birleşik Devletleri'nin GPS uydularına bağlılığı azaltmak amacıyla oluşturduğu Galileo programı için 2011-2020 yatırım planının bütçesi 13 milyar Amerikan dolarıdır(Reillon, 2017). AlphaBeta (2017) tarafından yayınlanan rapora göre ise 2016 yılında konumsal bilişim sektörünün hasılatı 400 milyar Amerikan dolarıdır. Hatta 2020 yılına kadar sadece otomobillerin navigasyon sistemlerinin toplam değerinin 250 milyar Amerikan doları büyüklüğüne ulaşacağı ön görülmektedir(Baybalı, 2018).

Gün geçtikçe büyüyen konumsal bilişim sektörünün temel unsurlarından birisi yazılımdır ve günümüzde pek çok ticari ve akademik yazılım kullanılmaktadır. Sıradan bir uygulamada ticari yazılım kullanılması olağan bir durumken eğitim ve bilimsel çalışmalarda ticari yazılım kullanmanın bazı sakıncaları mevcuttur. Bu sakıncalar, kullanılan yöntemin veya algoritmanın ayrıntılarının bilinmemesi ve yazılıma müdahale kısıtlamaları gibi bazı sınırlayıcı etkenlerin varlığıdır. Ülkemizde de konuma bağlı uygulamalarda çoğu bilimsel çalışmanın ticari yazılımlar ile gerçekleştirildiği görülmektedir. Bu durum beraberinde, ticari yazılımların otomatik olarak tanıdığı

veri/görüntü biçimlerinin ve kullanılan yöntemlerin sonuçlar üzerindeki etkisi irdelenmeden çalışmalar yürütülmesine neden olmaktadır. Bu durum sadece Ülkemizde değil, aynı zamanda uluslararası düzeyde bir sorundur. Zira Dowman (2010) tarafından ifade edildiği üzere "*…Şöyle bir tehlike var: insanlar, kurumlar ve organizasyonlar, nasıl elde edildiklerini anlamadan veya yanlış açıklayarak veri kullanıyorlar... ...ve en azından Birleşik Krallık perspektifinden bakıldığında şunu düşünmeye başladım: üniversiteye daha fazla genç gidiyor, fakat matematik ve bilim içeren çalışmaları tercih etmiyorlar."*

Konumsal bilişim araştırmaları ve uygulamaları için pek çok akademik yazılım geliştirilmektedir. Bunlardan kaynak kodları yayımlanan ve araştırma veya eğitim çalışmalarında kullanabilenlerden bazıları:

- ESA (European Space Agency) tarafından geliştirilen SNAP(ESA, 2016),
- OSGeo (The Open Source Geospatial Foundation) tarafından geliştirilen QGIS(QGIS, 2018) ve GRASS GIS(GRASS, 1998),
- IGN (Institut Nationalde Information Géographique et Forestiére, Fransa) ve ENSG (École Nationaledes Sciences Géographiques, Fransa) ortaklığında geliştirilen MicMac (IGN ve ENGN, 2016),
- CNES (Centre Nationald'Études Spatiales, Fransa) tarafından geliştirilen OrfeoToolbox(OSGeo, 2002),
- California Teknik Üniversitesi (Amerika Birleşik Devletleri) tarafından geliştirilen COSI-Corr (Co-registration of Optically Sensed Imagesand Correlation)(Ayoub vd., 2009),
- EDF R&D (Fransa) şirketi tarafından geliştirilen CloudCompare(Girardeau-Montaut, 2017),
- ISTI-CNR (Istitutodi Scienza e Tecnologiedell'Informazione – ConsiglioNazionaledelleRicerche, İtalya) geliştirilen MeshLab(Cignoni vd., 2008),
- Rio de Janerio Devlet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi (Brezilya) tarafından geliştirilen E-foto(Mota vd., 2009),
- Jade Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, IAPG (Institute for Applied Photogrammetryand Geoinformatics, Almanya) tarafından geliştirilen Phox (PhoX, 2016),
- İspanya ve İtalya ortaklığında geliştirilen GRAPHOS (inteGRAtedPHOtogrammetric Suite) (Gonzalez-Aguilera vd., 2018),
- Washington Üniversitesi tarafından geliştirilen VisualSFM (Visual Structurefrom Motion System)(Wu, 2011),
- Cornell Üniversitesi (Amerika Birleşik Devletleri) tarafından geliştirilen Bundler (Structurefrom Motion for Unordered Image Collections)(Dooley ve Short, 2008),
- California Santa Barbara Üniversitesi tarafından geliştirilen Theia(Sweeney, 2016),
- Johannes L. Schönberger tarafından geliştirilen COLMAP(Schönberger, 2018),
- Furukawave Poncetarafından geliştirilen CMVS (Clustering Viewsfor Multi-view Stereo)(Furukawa, 2010),
- CRCSI (Cooperati ve Research Centre for Spatial Information, Avustralya) tarafından geliştirilen Barista(CRCSI, 2018) ve
- Darmstadt Teknik Üniversitesi (Almanya) tarafından geliştirilen MVE (Multi-view Environment) (Fuhrmann vd., 2014) yazılımlarıdır.

Bu yazılımların çoğu kendi internet sitelerinden veya GitHub üzerinden indirilebilir. Bununla birlikte akademik olarak geliştirildiği hâlde ücretli olarak edinilebilen bazı yazılımlar ise:

- Leibniz Hannover Üniversitesi IPI (Institute of Photogrammetryand GeoInformation, Almanya) tarafından geliştirilen BLUH (Bundle block adjustment Leibniz University Hannover)(Jacobsen, 2008),
- 4DiXplorer (İsviçre) şirketi tarafından pazarlanan SAT-PP (SATelliteimage Precision Processing), PHOENIX, CLORAMA (CLOseRAngeMAtching),LS3D (LeastSquares 3D Surface Matching), BAAP (Bundle Adjustment with Additional Parameters)(4DiXplorer, 2018),
- Avrupa Birliği Projesi olan FORSAT'tır(FORSAT, 2018).

Ayrıca ticari pek çok yazılımın ortaya çıkışının veya bazı alt yazılımlarının geliştirilmesinin akademik destek ile gerçekleştiği unutulmamalıdır.

Bu bildiride tanıtılan GeoEtrim (Geospatial Evaluation and Training of Images) yazılımı da görüntü kullanarak konuma bağlı bilgi üretimi işlemlerine olabildiğince hâkim olunmasına ve bu sayede yeni yöntemler geliştirilmesine olanak sağlamakta ve bu yönüyle önemli bir eksiği kapatmayı amaçlamaktadır(Topan, 2011). İlk yıllarında GeoEtrim, farklı yöntemlerin MATLAB ortamında alt yazılım paketleri olarak geliştirilmesi temeline dayanmaktadır(Topan, 2011).Ancak gerek geliştirilen bu yöntemlerin tümleşik bir yazılımda toplanması, gerekse MATLAB ortamında yerine getirilmesi güç işlemlerin gerçekleştirilebilmesi için C# programlama dilinde yeniden derlenmesine karar verilmiştir. GeoEtrim'in MATLAB sürümü GeoSpot, GeoTransform, Geo3o1 ve

GeoIP adlı alt yazılımları kapsadığı hâlde, C# sürümü henüz sadece GeoTransfom'u içermektedir(GeoEtrim, 2018). MATLAB ortamında oldukça uzun süren büyük boyutlu görüntü açma ve YKN&BDN toplama gibi işlemler C# sürümünde kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir. Aşağıda, GeoEtrim'in özellikleri genel hatlarıyla verilmektedir.

2. YAZILIMIN YAPISI

Bu bölümde alt başlıklar şeklinde GeoEtrim'in önemli görülen arayüz tasarımları, matematiksel çözümleri ve özgün özellikleri anlatılmaktadır. GeoEtrim'de C# programlama dili kullanılmıştır. Bu dil, Microsoft tarafından 2001'de C# ve C++ programlama dillerinden geliştirilmiştir(Sharp, 2010). C# kodlama yapısı bu iki dile kıyasla oldukça kolay olmakla birlikte C++'dan daha fazla nesne tabanlı ve performans açısından da C ile rekabet edebilecek düzeydedir. Ancak bu iki dilden farklı olarak C# doğrudan makine diliyle bütünleşmiş değildir. Bu yüzden Windows işletim sisteminde ".Net Framework", Linux işletim sisteminde ise "Mono" denilen ayrı bir dönüştürücü platform yapısı ile çalışır. Bu da C#'ın olumsuz bir yanı olarak kabul edilebilir (Ege, 2012).

.Net Framework, Microsoft tarafından geliştirilen Windows işletim sistemleri için tasarlanmış yazılım geliştirme platformudur. GeoEtrim, .Net Framework'ün 4.6 sürümünde geliştirilmiştir. Bu platform da Visual Basic, C#, C++, J++, J#, F# ve Asp.net gibi dillerinde de yazılım geliştirilebilmektedir. Temelde .Net Framework bu dilleri kendi içinde ortak bir dille dönüştürür. Bu ortak dile CLR(Common Language Runtime) denir. Daha sonra derleyici program CLR'yi makine diline dönüştürür. Bu durum derleme esnasında performans kaybına yol açmaktadır. C# dili sadece .Net Framework alt yapısı ile çalışabilmektedir.Ayrıca.Net Framework platformun yazılım geliştirmeyi kolaylaştıracak iki yapı mevcuttur. Bu yapılar isim alanı (namespace) ve temel sınıf kütüphanesidir (BCL: Base Class Library). Bu kütüphanede yazılım arayüzü için birçok nesne bulunmaktadır(Kızmaz, 2013). GeoEtrim'de kullanılan nesnelerin çoğu bu kütüphaneden biçimlendirilerek sunulmuştur. Bu nesneler: ikonlar, tuşlar, paneller, formlar, yazı kutuları vb. şeklinde sıralanabilir. Ayrıca BCL kütüphanesiyle GeoEtrim'de başta temel matematik fonksiyonları olmak üzere birçok fonksiyon ve değişken tipi de kullanılmıştır. GeoEtrim'de bu kütüphanenin dışında kullanılan başka kütüphaneler ise GDAL (Geospatial Data Abstraction Library), EmguCV ve ALGLIB'dir (Numerical Analysis Library).

GDAL, OSGeo tarafından C#, Python, Java ve Perl dillerinde raster ve vektör verilerin okunması, işlenmesi, analizi, çevrimi ve yazılması işlerinin yapılabildiği bir kütüphanedir. Günümüzde dijital görüntü işleyen şirketler tarafından kullanılan birçok görüntü dosya biçimi vardır. Yine farklı uzaktan algılama uydularının farklı görüntü dosya biçimleri GDAL ile okunabilmektedir. GeoEtrim'de kullanılan GDAL kütüphanesinde geotiff, tiff, bmp, png, jpeg, jpeg2000, pix gibi 155 farklı raster dosya yapısı tanımlanmıştır(OSGeo, 2018).

EmguCV, Emgu şirketi tarafından, .Net Framework dillerinde sunulan görüntü işleme kütüphanesidir. EmguCV'nin temeli Intel şirketi tarafından sunulan OpenCV (Open Source Computer Vision Library) kütüphanesine dayanmaktadır(Erişti, 2010). Ancak OpenCV, C ve C++ dillerinde kullanılabilmekte iken C# ortamında kullanılamamaktadır.(Shi, 2013).GeoEtrim'in arayüzünde görüntü panelleri EmguCV'in sunduğu nesneden biçimlendirilmiştir. GeoEtrim'de EmguCV'nin işlevleri ve değişkenleri oldukça sık kullanılmıştır. Görüntüye yakınlaşma veya uzaklaşmada, görüntünün karşıtlığını artırma veya azaltmada, görüntü histogramının gösteriminde, histogram eşitlemede, görüntü üzerinde işaretlemelerde ve özellikle GeoEtrim'in GeoTransformalt yazılımının matris işlemlerinde EmguCV kütüphanesinin fonksiyonları kullanılmıştır. (Emgu, 2018).

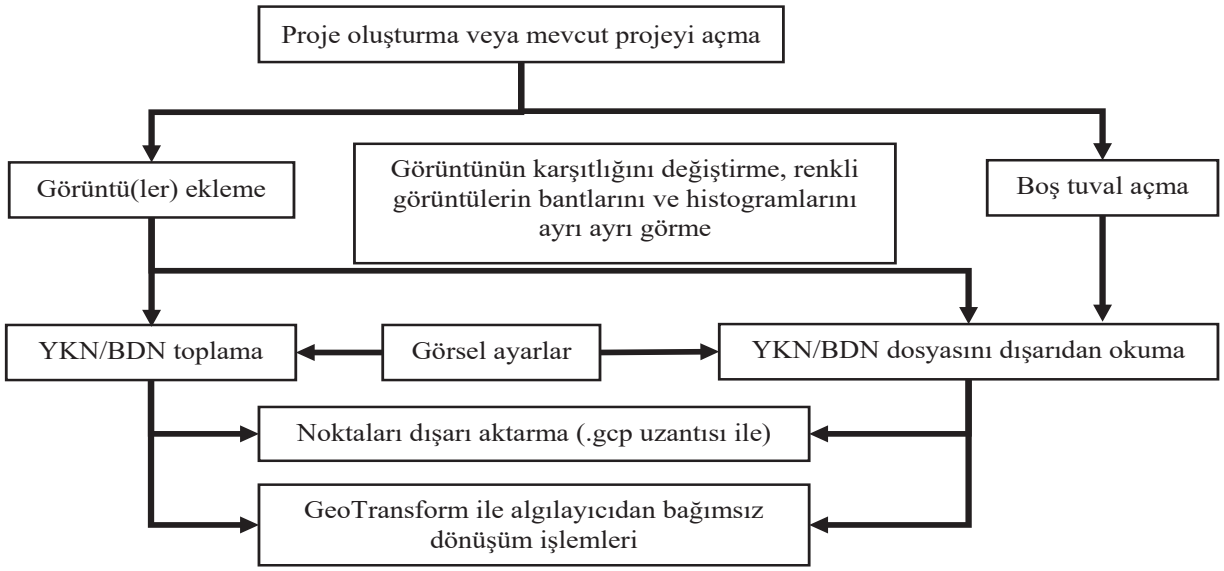
ALGLIB, ALGLIB Project şirketi tarafından C++, C# ve Delphi dillerinde çapraz-platform sayısal analizi ve veri işleme kütüphanesidir. ALGLIB kütüphanesinde 2/3B geometrik işlemler için çok sayıda işlevler ve değişkenler mevcuttur (ALGLIB, 2018). Ancak ALGLIB kütüphanesi sadece GeoTransform alt yazılımında t dağılımındaki değerin elde edilmesi için kullanılmıştır. GeoEtrim'de kullanılan kütüphanelerin kullanım amaçları özetle:

- BCL: Arayüz nesneleri, temel hesap işlemleri, dosya okuma ve yazma, sistemsel ayarlar,
- GDAL: Raster dosyaların okunması,
- EmguCV: Arayüz nesneleri, matris işlemleri ve görüntü işleme,
- ALGLIB: İstatistik hesabı şeklindedir. GeoEtrim'in genel iş akış şeması **Şekil 1**'de sunulmuştur.

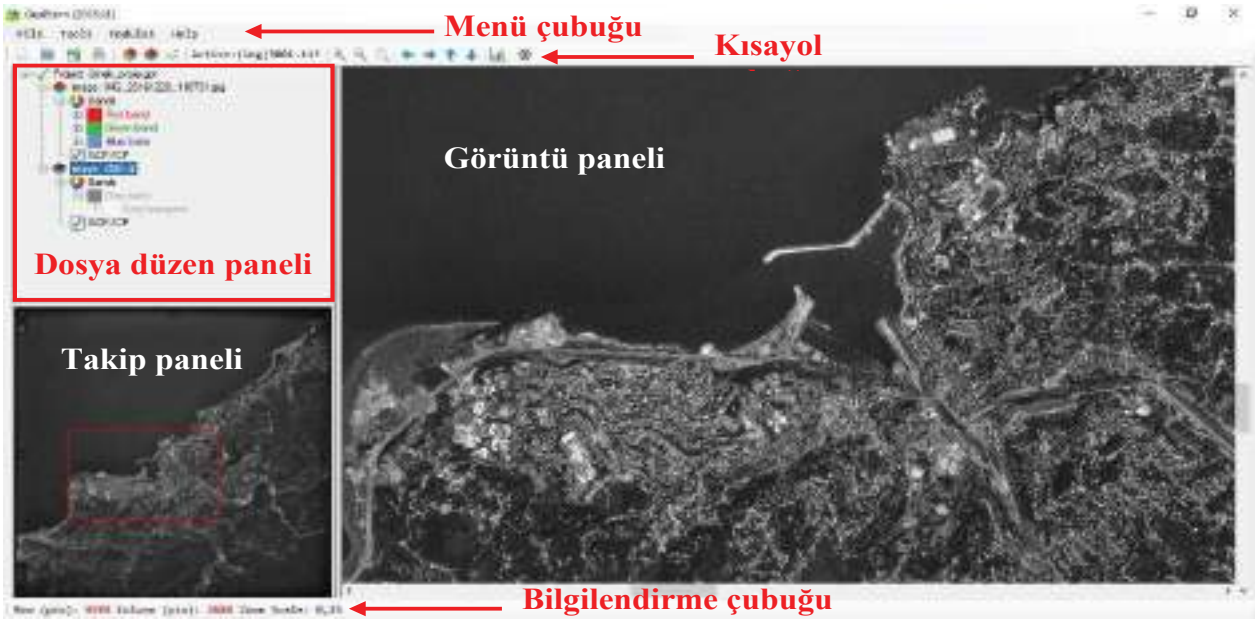
GeoEtrim'in tüm değişkenleri, kod açıklamaları ve arayüzü İngilizce yazılmıştır. Böylece uluslararası düzeyde kullanıcı hedefini sağlamanın yanında tüm dünyadan geliştiricilerin yazılım ekibine katılımlarına da olanak verecektir. Arayüzün başta Türkçe dil seçeneği olmak üzere başka dillerde de sunulması hedeflenmektedir.

2.1. Ana Pencere

GeoEtrim, Windows işletim sisteminde geliştirildiğinden Windows7 ve 10 işletim sitemlerinin 64 bit sürümünde kurulabilecek şekilde derlenmiştir. İlerleyen süreçte farklı işletim sistemlerine uygun sürümlerin hazırlanması da olasıdır. Arayüz tasarımında kullanıcının kullanım kolaylığı ve ihtiyaçları dikkate alınmıştır. Bu nedenle, profesyonel herhangi bir yazılımda olması gereken menü çubuğu ve menü çubuğunun hemen altında kısa yol çubuğu tasarlanmıştır (**Şekil 2)**.



Şekil 1. GeoEtrim'ingenel iş akış şeması.



Şekil 2. GeoEtrim ana ekran görünümü.

Çalışır durumdaki menüler:

1. Project (Proje)
    a. New Project (Yeni Proje: Yeni bir proje oluşturma, proje dosya formatı: .gpr)
    b. Open Project (Proje Aç: .gpr uzantılı mevcut bir projeyi açma)
    c. Save Project (Proje Kaydet)

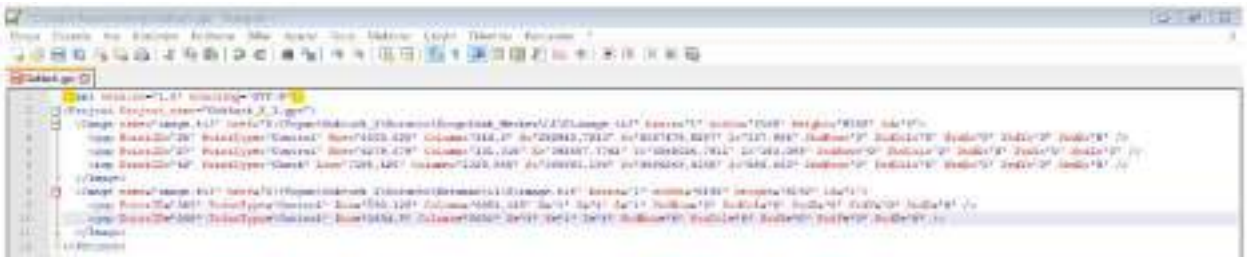
d. Close Project (Proje Kapat)
e. Exit (Çıkış)

2. Tools (Araçlar)
   a. Image (Görüntü)
      i. Open (Aç)
      ii. Contrast (Karşıtlık: Görüntü karşıtlığı genişletme işlemleri)
   b. GCP (YKN)
      i. GCP/ICP Collection (YKN/BDN Toplama)
      ii. Export as txt (Txt Olarak Çıkar: YKN/BDN'lerin .gcp uzantılı olarak kaydedilmesi)
      iii. Points View (Nokta Görünümü: YKN/BDN'lerin gösterim özelliklerinin belirlenmesi)
3. Modules (Alt yazılımlar)
   a. GeoTransform

şeklindedir. Bu menülerden önemli bazıları (yeni proje oluşturma, mevcut projeyi açma, projeyi kaydetme, görüntü açma, görüntü silme, kullanımdaki görüntünün adını gösterme, görüntü büyütme, küçültme ve sabit değere getirme, görüntüde en alt, üst, sağ ve sola gelme, kontrast genişletme ve YKN/BDN toplama) kısa yol çubuğu alanında yer almaktadır (**Şekil 2)**.

Dosya düzen paneli, çalışılan proje, görüntü ve buna bağlı bilgilerin hiyerarşik yapısını görebilmek için tasarlanmıştır. Eğer çok bantlı bir görüntü açılmışsa her bir bant ve histogramları ayrı ayrı görüntülenebilir. Bununla birlikte görüntü verisi olmadan, sadece nokta verisiyle çalışma imkânını da kullanıcıya sunacak şekilde tasarlanmıştır. Böylece herhangi bir görüntüye ihtiyaç durmadan sadece nokta verisi ile işlem yapmak mümkün hâle gelmiştir. Sağ tarafta görülen takip panelinde görüntünün tamamı sabit oranda küçülecek ve panele yerleşecek şekilde kodlanmıştır. Takip panelinde görüntü panelindeki çalışılan bölgenin kırmızı bir dikdörtgen tarafından anlık olarak gösterilmesi sağlanmıştır. Ayrıca imlecin görüntü koordinatları ve görüntü yakınlaşma değeri bilgilendirme çubuğunda görülebilmektedir (**Şekil 2)**.

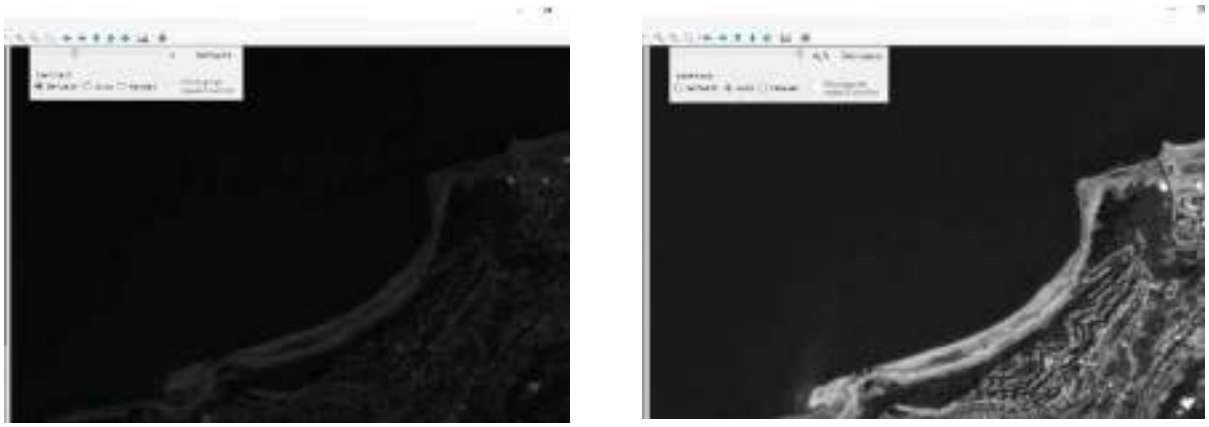
GeoEtrim, projelerin saklanmasında metin dosyası yerine düğüm yapılarından oluşan geliştirilebilir işaretleme dili (XML: eXtensible Markum Language) yapısını kullanmaktadır. XML, hiyerarşik bir veri yapısında dizilen düğümlerden oluşur (Bray vd., 2008). XML yapısı C# tarafından desteklendiğinden bütünleşik bir kodlamaya olanak verir. Bunun yanı sıra XML metin tabanlı olduğundan kolay anlaşılmaktadır ve günümüzde internet yapılarının neredeyse tamamında ve birçok yazılımda veri saklama işlemlerinde standart olarak kullanılmaktadır. Bu yapı, projenin ve o projeye ait görüntülerin, görüntülere ait YKN/BDN verilerinin ve tüm bu verilerle ilişkili meta verilerin düzenli bir şekilde saklanmasını sağlar. **Şekil 3'**te örnek bir projeye ait XML yapısı görülmektedir.



Şekil 3. XML yapıdaki bir proje dosyası örneği.

Görüntüde yakınlaşma veya uzaklaşma işlemleri matematikte kestirim yöntemleri ile gerçekleşmektedir (Altuntaş ve Çorumluoğlu, 2002). Literatürde yakın komşu, bilineer, bikübik, polinom, doğrusal ve dairesel gibi kestirim yöntemleri geliştirilmiştir. Görüntü verisinden istenilen duruma göre en uygun kestirim yöntemi seçilmelidir(Bayram, 2018).GeoEtrim'de standart olarak tercih edilen yöntem yakın komşu kestirimi (sıfırıncı derece kestirim) yöntemidir. Bu yöntemde görüntü pikselleri arası gri değer geçişi keskindir. Bu yüzden estetik bir görünüm sağlamaz. Ancak gerçek görüntü verisi ile yapılan çalışmalarda pikseller arası geçişin ayırt edilebilir olması gerekmektedir. Ayrıca bu yöntemde hesap yükü az olduğundan hızlı bir sonuç alınabilmektedir. Bu yüzden GeoEtrim'de komşu kenar kestirimi kullanılmıştır. (Danahy vd., 2007).

GeoEtrim, görüntünün karşıtlığının kullanıcı tarafından değiştirilmesine olanak verir (**Şekil 4**). Kullanıcı ihtiyaç duyduğu seviyede karşıtlığı değiştirerek daha parlak veya mat bir görünüm sağlayabilir. Aynı zamanda histogram eşitleme işlemi de yapabilmektedir. Karşıtlık ayarı değiştirme veya histogram eşitleme gibi temel radyometrik dönüşümler kullanıcıların görüntüdeki ayrıntıları kişisel algılarına uygun olarak ayarlayabilmelerini sağlamaktır (Kalisperakis vd., 2006).

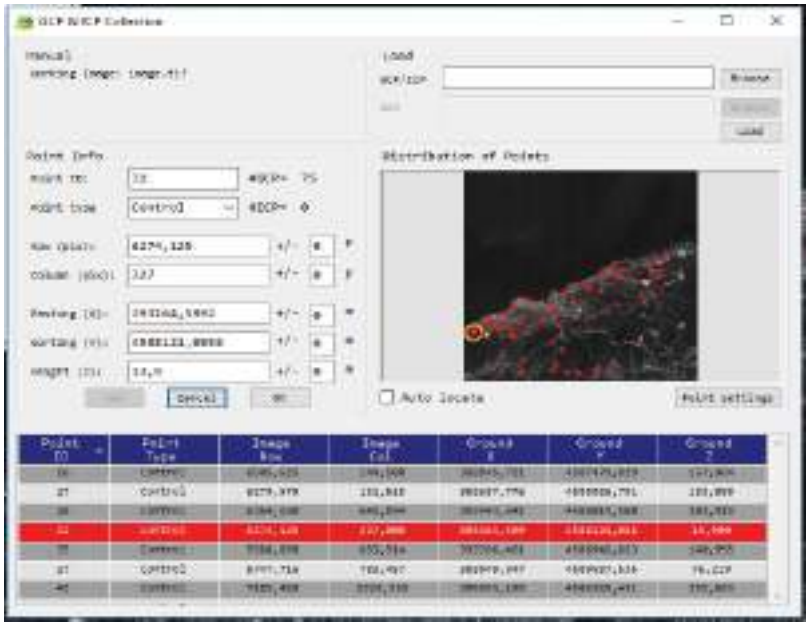


Karşıtlık değiştirme öncesi Otomatik karşıtlık değiştirme sonrası

Şekil 4. GeoEtrim'de karşıtlık değiştirme öncesinin ve sonrasının gösterimi.

2.2. YKN/BDN Toplama Penceresi

GeoEtrim'de kullanışlı bir YKN/BDN toplama penceresi tasarlanmaya çalışılmıştır **(Şekil 5)**. Bu ekranı benzerlerinden ayıran önemli bir özellik, küçük bir görüntü penceresinde noktaları göstermesidir. Böylece kullanıcı nokta dağılımının son hâlini kolaylıkla görebilir. Ayrıca düzeltilen nokta (edit/delete) pencerede farklı bir renkte (standart ayarda sarı renkte) gösterilmektedir. Bu penceredeki herhangi bir noktanın ana penceredeki konumunu otomatik bir şekilde kullanıcıya sunabilmesi için "autolocate" isminde işaretleme kutusu geliştirilmiştir. Bu kutu işaretli olursa bu pencerede seçilen herhangi bir noktaya göre ana penceredeki görüntü, seçilen nokta ortalanacak şekilde kayacaktır.



Şekil 5. YKN/BDN toplama penceresi görünümü.

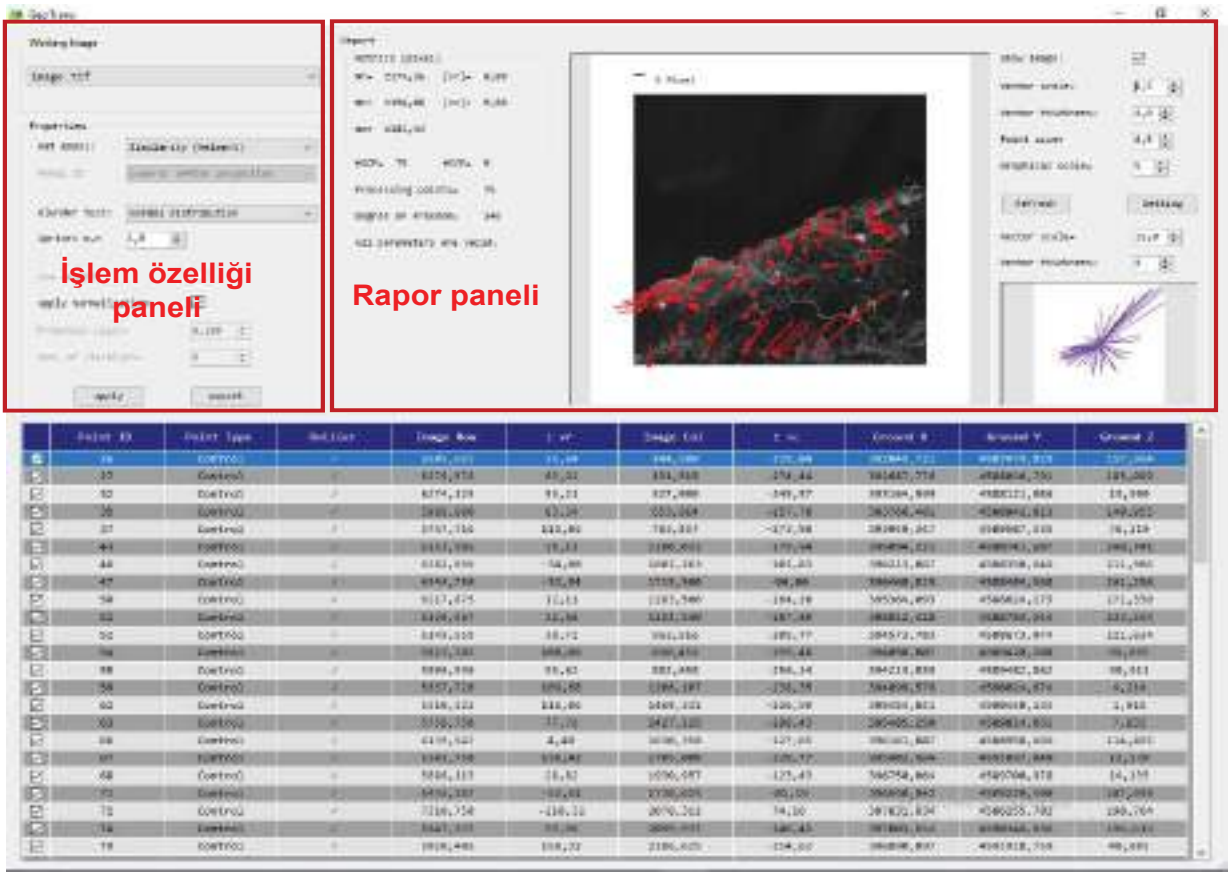
2.3 GeoTransform Penceresi

Bu alt yazılıma GeoEtrim'in ana penceresin deki alt yazılımlar sekmesinden erişim sağlanmaktadır. GeoEtrim'in MATLAB sürümünde dört farklı alt yazılım mevcuttur (GeoSpot, GeoTransform, Geo3o1 ve GeoIP). Ancak GeoEtrim'in bu bildiri kapsamındaki sürümünde hesaplama yapılabilen tek alt yazılım GeoTransform'dur **(Şekil 6).** İşlem özelliği panellinde kullanıcı dönüşüm yöntemini seçebilmektedir. Bu panelde tercih edilebilecek dönüşüm modelleri:

1. Similarity (Helmert-Benzerlik)

2. Affine (Afin, 1. derece polinom)
3. Polinomial (Polinom)
    a. Birinci derece (Affine 2D)
    b. İkinci derece
    c. Üçüncü derece
    d. Dördüncü derece
    e. Beşinci derece
4. Affine projection (Afinizdüşüm)
    a. Generic afine projection (Genel model)
    b. AP for OrbView – 3 (OrbView-3 için uyarlanmış model)
    c. AP for IKONOS &QuickBird (IKONOs ve Quickbird için uyarlanmış model)
5. Projective (Projektif)
6. DLT
7. RFM (GCP dependent, YKN bağımlı)
    a. Birinci derece
    b. İkinci derece
    c. Üçüncü derece

şeklindedir. Bu yöntemlerden döngüsel yöntemler (Projective, DLT, RFM) için kullanıcı tercihinde bir eşik değer ve döngü değeri (döngü üst sınırı, tekrarlama değeri) ayarlanabilmektedir. Döngüsel yöntemlerde, ikinci döngüden itibaren koh'un (karesel ortalama hata) bir önceki döngüdeki koh'tan farkı (Δm), kullanıcı tarafından belirlenen eşik değerle kıyaslanır. Eğer fark eşik değerden küçükse döngü durur. Aksi takdirde döngü devam eder. Ancak döngü sayısı belirlenen döngü üst sınırına ulaşması durumunda program Δm ile eşik değer karşılaştırması yapmadan işlemi sonlandırır. Ayrıca "Apply Normalization" seçeneği ile noktaların görüntü ve nesne koordinatları her biri kendi türünde ±1 aralığına oranlanır. Böylece oluşabilecek kötü kondisyon sorunu önlenebilir. İşleme giren görüntü koordinatlarında uyuşumsuz ölçü testi de yapılmaktadır. Bu test değerlerden hangilerinin diğer değerlere göre uyumsuz olduğunu gösteren işlemdir. Bu panelde normal ve t dağılımları olmak üzere iki farklı uyuşumsuz ölçü testi seçeneği sunulmuştur.



Şekil 6. GeoTransform alt yazılımının görünümü.

Rapor panelinde işlemler ile ilgili çıktılar mevcuttur. Bu panelin ölçüt bölümünde noktaların satır, sütun ve tümünde koh ile satırın ve sütunun düzeltme toplam değeri sunulmaktadır. Ölçüt bölümünün dışındaki panelde, işleme giren ve girmeyen noktaların toplam sayısı, serbestlik derecesi ve parametre anlamlılık testi sonuçları mevcuttur.Parametre anlamlılık testi, seçilen dönüşüm modeli için anlamsız (gereksiz) olan parametreleri veya katsayıları bulmak için kullanılır. Ayrıca işlem sonucunda noktaların satır ve sütun düzeltmeleri iki farklı vektör çizimle gösterilmiştir. Bunlardan birisi, görüntü koordinatlarında hataların vektör gösterimi, diğeri ise vektörlerin tek bir merkezden olan dağılımlarının gösterimi şeklindedir. Kullanıcı bu vektörleri belli bir sabitle çarparak görsel açıdan ayırt ediciliğini arttırabilir. GeoTransform kullanıcı iş akış şeması **Şekil 7**'de sunulmuştur.

2.4 Diğer Pencereler

GeoEtrim de diğer pencereler ise nokta içe ve dışa aktarma, görsel ayarlama, ürün lisanslama, yardım ve hakkımız da pencereleridir. Nokta dışa aktarma penceresinde, geniş bir dosya kaydetme seçeneği tasarlanmıştır**(Şekil 7 a)**. Dışa aktarılan dosyalar ".gcp" uzantılı metin dosyalarıdır. İçe aktarma işleminde ise ".txt" veya".gcp" uzantılı uygun yapıda metin dosyaları okunabilmektedir. GeoEtrim, kullanıcının belirlediği görsel ayarlama penceresinde çalışma projesine konu olan alanların, renk ve yazı tipi gibi kullanıcı tercihine sunulmuş ayarlamaları barındırır**(Şekil 7 b)**. Ürün lisanslama, yardım ve hakkımızda pencereleri görsel açıdan mümkün olduğu kadar uygun biçimde tasarlanmasına özen gösterilmiştir.



a) Nokta dosyası kaydetme penceresi



b) Nokta görünümü ayar penceresi

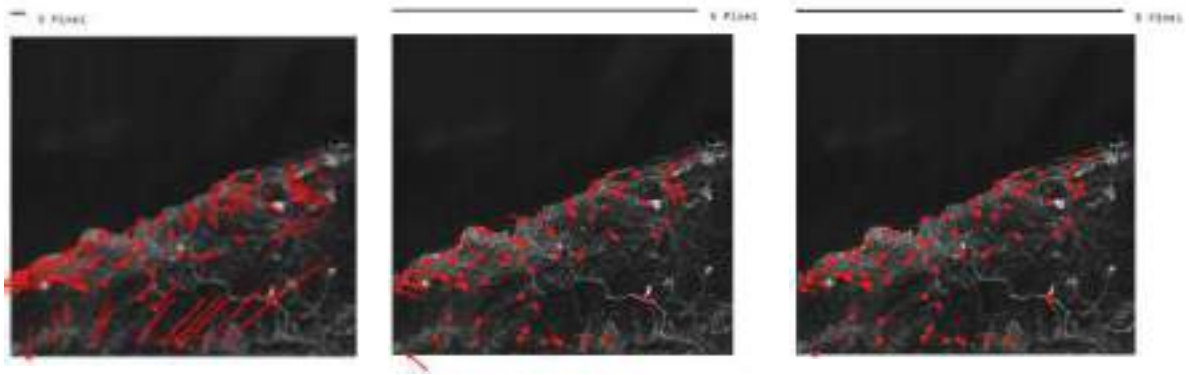
Şekil 7. Nokta dışarı aktarma ve görsel ayar pencereleri.

3. UYGULAMA

Burada, GeoTransform ile gerçekleştirilen örnek bir uygulama sunulmaktadır. Uygulama bölgesi olarak Zonguldak ili merkezini kapsayan27.05.2014 tarihli ve 2.5 m yer örnekleme aralığı değerine sahip GÖKTÜRK-2pankromatikuydu görüntüsü kullanılmıştır. Uygun dağılmış 75 YKN, Pléiades-1A görüntüleri yardımıyla toplanmıştır. GeoTransform'un C# sürümünün sonuçları, Cam (2018) tarafından geliştirilen MATLAB sürümünün sonuçları ile karşılaştırılarak elde edilmiştir. Uygulama sonuçları **Çizelge 1**'de ve **Şekil 8**'de sunulmuştur.

Çizelge 1.2B konum doğruluğu uygulama sonuçları.

Yöntemler	m_r	m_c	m_o
Benzerlik	± 174.26	± 194.08	± 184.44
Afin (1° polinom)	± 1.87	± 5.27	± 3.95
1° polinom (Afin)	± 1.87	± 5.27	± 3.95
2° polinom	± 0.91	± 4.09	± 2.96
3° polinom	± 0.89	± 4.05	± 2.94
4° polinom	± 0.79	± 3.81	± 2.75
5° polinom	± 0.75	± 3.68	± 2.65
Afin izdüşüm Genel afin izdüşüm	± 1.85	± 4.00	± 3.11
OrbView-3 için geliştirilen model	± 0.91	± 2.66	± 1.99
IKONOS & QuickBird için geliştirilen model	± 1.75	± 3.95	± 3.06
Projektif	± 2.43	± 4.60	± 3.68
DLT	± 2.42	± 2.99	± 2.73
1° RFM	± 1.35	± 2.05	± 1.74
2° RFM	± 0.71	± 0.69	± 0.70
3° RFM	± 0.47	± 0.38	± 0.43



Benzerlik dönüşümü ile elde edilen hata vektörleri | DLT ile elde edilen hata vektörleri | 1° RFM ile elde edilen hata vektörleri

Şekil 8. Bazı yöntemlerle elde edilen hata vektörleri.

4. SONUÇ

Konumsal bilişim sektörü gün geçtikçe gelişen bir sektördür. Bu sektörün altyapısını oluşturan bilimsel çalışmalarda pek çok akademik yazılım kullanılmaktadır. Bu sayede verinin üretiminden son ürünün elde edilmesine kadarki tüm süreçlere hâkim olunabilmektedir. Bilimsel araştırmalarda ticari ve kapalı kutu yazılımların kullanılmasının ise, kullanılan yöntemlerin ve süreçlerin etkilerine tam olarak hâkim olunamaması gibi nedenlerden bazı sakıncaları mevcuttur. Buna çare olarak, gün geçtikçe daha çok araştırmacı MATLAB gibi kolay programlama olanağı sunan yazılım altyapılarını kullanarak, mevcut ticari yazılımlara kendi kodlarını ekleyerek (örneğin IDL gibi) kendi kod dosyalarını oluşturmakta veya C, C++, C#, Pyhton yâda Java gibi yazılım dilleri ile kendi tümleşik yazılımlarını oluşturmaktadırlar. Bu yazılımların bazılarının kodlarına erişerek geliştirmek mümkün iken bazılarını ise sadece araştırma/eğitim lisansı ile kullanmak mümkündür. 2003 yılından beri geliştirilen GeoEtrim günümüzde dek MATLAB ortamında derlenen bir yazılım iken C# ortamında yeniden derlenerek tümleşik bir yapı kazandırılmaya çalışılmıştır. Böylece hem diğer araştırmacıların kolaylıkla kullanabileceği bir özellik kazanmış, hem de alt yazılımların farklı kişilerce bir ekip olarak geliştirilmesinin temeli atılmıştır.

GeoEtrim, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Geomatik Mühendisliği Bölümü GEO468 Uzaktan Algılamada Konumsal Uygulamalar dersi kapsamındaki ödev uygulamalarında kullanılmaya başlanmış ve böylece ilk kullanıcı grubu oluşturulmuştur. Kullanıcı grubu ile alınan geribildirimlerle geliştirilmektedir. GeoEtrim, http://www.geoetrim.com adresinden ulaşılabilen kısa bir form doldurularak edinilebilir. Sistemsel gereksinimler sağlanırsa kurulum standart bir uygulama gibi gerçekleştirilebilir. 30 günlük deneme sürümü süresi ile kullanılabilir ve lisans şifresi bilimsel ve eğitim çalışmaları için ücretsiz olarak edinilebilir. GeoEtrim, kullanıcıların önerileri doğrultusunda geliştirilmeye ve özgün konumsal bilişim araştırmalarında önemli bir yazılım bileşeni olarak var olmaya devam edecektir. Ülkemizde, benzer çalışmaların yaygınlaşacağı ve birbiriyle iletişim ve yardımlaşma içinde olacak bir topluluğun oluşacağı ümit edilmektedir.

5. TEŞEKKÜR

GeoEtrim'in geliştirilmesinde kullanıcı gözüyle öneriler sunan Uzman Murat ORUÇ'a, GeoTransform alt yazılımın MATLAB kodlarını paylaşan Ali CAM'a, süreç boyunca bilgisayar mühendisliği bakış açısıyla desteğini esirgemeyen Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nden Dr. Öğr. Üyesi Mürsel Ozan İNCETAŞ'a ve GÖKTÜRK-2 görüntülerinin teminini sağlayan Hava Kuvvetleri Komutanlığına teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

4DiXplorer, 2018. 4DiXplorer AG. http://4dixplorer.com [Erişim tarihi: 12.08.2018].

ALGLIB, 2018. ALGLIB. www.alglib.net [Erişim tarihi: 12.07.2018].

AlphaBeta, 2017. *The Economic Impact of Geospatial Services: How Consumers, Businesses and Society Benefit From Location-Based Information*.

Altuntaş, C. ve Çorumluoğlu, Ö., 2002. Uzaktan Algılama Görüntülerinde Digital Görüntü İşleme ve RSimage yazılımı. *Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde*, 30: 16-18.
Ayoub, F., Leprince, S. ve Keene, L., 2009. User's guide to COSI-CORR co-registration of optically sensed images and correlation. *California Institute of Technology: Pasadena, CA, USA*, 38.

Baybalı, S., 2018. 2023'te Araçlar Minibilgisayar Haline Dönüşmüş Olacak. *OSEG Uluslar Arası Otomotiv Geleceği*, Konya, syf: 48-50.

Bayram, B., 2018. Sayisal Görüntü İşleme. www.yildiz.edu.tr/~bayram/sgi/saygi.htm [Erişim tarihi: 12.07.2018].

Bray, T., Paoli, J., Sperberg-McQueen, C.M., Maler, E. ve Yergeau, F., 2008. Extensible Markup Language (XML) 1.0.

Cam, A., 2018. Algılayıcı Bağımsız Modelleri Dönüşüm Modelleri Kullanarak OrtaGörüntü Üretimi ve Konum Doğruluğunun Belirlenmesi. Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak. 57 sayfa.

Cignoni, P., Callieri, M., Corsini, M., Dellepiane, M., Ganovelli, F. ve Ranzuglia, G., 2008. Meshlab: an open-source mesh processing tool. *Eurographics Italian chapter conference*, 2008 (syf: 129-136.

CRCSI, 2018. Barista. http://www.crcsi.com.au/impact/barista/ [Erişim tarihi: 11.08.2018].

Danahy, E.E., Agaian, S.S. ve Panetta, K.A., 2007. Algorithms for the resizing of binary and grayscale images using a logical transform. *Image Processing: Algorithms and Systems V*, 6497 (syf: 64970Z.

Dooley, E. ve Short, R., 2008. Bundler. http://www.cs.cornell.edu/~snavely/bundler/ [Erişim tarihi: 01.08.2018].
DOWMAN, I., 2010. Interview with Prof. Ian DOWMAN: Need to Reach Out to Other Sciences. in: Haarsma, D. (Ed.), GIM International ed, p. 24.

Ege, B., 2012. Efsane Programlama Dili: C. *TÜBİTAK Bilim ve Teknik*, 45(532): 62-64.

Emgu, 2018. EmguCV. www.emgu.com [Erişim tarihi: 12.07.2018].

Erişti, E., 2010. Görüntü İşlemede Yeni Bir Soluk, OPENCV. *Akademik Bilişim*.

ESA, 2016. Sentinel Application Platform (SNAP). http://step.esa.int/main/toolboxes/snap/ [Erişim tarihi: 11.08.2018].

FORSAT, 2018. A Satellite Image Processing Platform for High Resolution Forest Assessment. http://forsat.eu [Erişim tarihi: 12.08.2018].

Fuhrmann, S., Langguth, F. ve Goesele, M., 2014. MVE-A Multi-View Reconstruction Environment. *EUROGRAPHICS Workshops on Graphics and Cultural Heritage*, syf: 11-18.

Furukawa, Y., 2010. CMVS https://www.di.ens.fr/cmvs/ [Erişim tarihi: 01.08.2018].

GeoEtrim, 2018. Geospatial Evaluation and Training of Images. www.geoetrim.com [Erişim tarihi: 11.07.2018].
GİRARDEAU-MONTAUT, D., 2017. CloudCompare version 2.6. 1 user manual.

Gonzalez-Aguilera, D., López-Fernández, L., Rodriguez-Gonzalvez, P., Hernandez-Lopez, D., Guerrero, D.,

Remondino, F., Menna, F., Nocerino, E., Toschi, I. ve Ballabeni, A., 2018. GRAPHOS–open-source software for photogrammetric applications. *The Photogrammetric Record*, 33(161): 11-29.

GRASS, 1998. GRASS. https://grass.osgeo.org/ [Erişim tarihi: 01.08.2018].

IGN ve ENGN, 2016. MicMac. https://micmac.ensg.eu/index.php/Accueil [Erişim tarihi: 01.08.2018].

Jacobsen, K., 2008. Bundle block adjustmentLeibniz University Hannover- BLUH.

Kalisperakis, I., Grammatikopoulos, L., Petsa, E. ve Karras, G., 2006. An open-source educational software for basic photogrammetric tasks. *Proceedings of the FIGISPRS-ICA International Symposium on "Modern Technologies, Education & Professional Practice in Geodesy & Related Fields*, syf: 581-586.
Kızmaz, V.U., 2013. *Asp.net 4.5*. 700 sayfa.

Mota, G.L., de Aguiar, R.A., Jorge, L., Brito, S., Ribeiro, J.A., Filho, O.B., Badolato, I.d.S., da Fonseca, R.J. ve Borba, R.L., 2009. EFOTO: um Commons Educacional Destinado à Fotogrametria Digital. *Anais da X WSL (Workshop de Software Livre)*, syf: 123-128.

OSGeo, 2002. Orfeo ToolBox, Orfeo ToolBox is not a black box. https://www.orfeo-toolbox.org/ [Erişim tarihi: 11.08.2018].

PhoX, 2016. PhoX http://iapg.jade-hs.de/phox/index.php [Erişim tarihi: 01.08.2018].

QGIS, 2018. QGIS User Guide. https://www.qgis.org/tr/site/ [Erişim tarihi: 01.08.2018].

Reillon, V., 2017. Galileo: Overcoming Obstacles History of EU Global Navigation Satellite Systems. EPRS | European Parliamentary Research Service.

Schönberger, J.L., 2018. COLMAP. https://demuc.de/colmap/ [Erişim tarihi:

Sharp, J., 2010. *Visual C# 2010 Step by Step*. Microsoft Press.

Shi, S., 2013. *Emgu CV Essentials*. Packt Publishing Ltd.

Sweeney, C., 2016. Theia. http://www.theia-sfm.org/releases.html#id30 [Erişim tarihi: 01.08.2018].

Topan, H., 2011. GeoEtrim: Geospatial Evaluation and Training of Images. *5th International Conference on Recent Advances in Space Technologies (RAST 2011)*, İstanbul (Turkey), syf: 142-147.

Uçar, D. ve Doğru, A., 2005. Cbs Projelerinin Stratejik Planlamasi ve Swot Analizinin Yeri. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası*, 10.

Wu, C., 2011. VisualSFM: A visual structure from motion system.http://ccwu.me/vsfm/doc.html [Erişim tarihi: 01.08.2018]

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6209

ARAZİ TAHRİBATININ DENGELENMESİ BİLİMSEL KAVRAM ÇERÇEVESİ KAPSAMINDA COLLECT EARTH METODOLOJİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ayhan ATEŞOĞLU[1], Ahmet ŞENYAZ[2]

[1]Dr, Bartın Üniversitesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 74100, Bartın, aatesoglu@yahoo.com
[2]Dr, Birleşmiş Milletler Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi Bilim ve Teknoloji Komitesi Başkan Yardımcısı 06560, Ankara, asenyaz@ormansu.gov.tr

ÖZET

Dünyamızda yaşanan yoksulluğu ortadan kaldırmak ve doğal kaynakları korumak, iklim değişikliğine uyum sağlamak ve tüm insanların barış ve refah içinde yaşamasını sağlamak üzere küresel bir mücadele çağrısı olan ve 2030 yılına kadar gerçekleştirilmesi arzulanan "Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri" 17 başlık altında belirlenmiştir. Bu hedeflerden 15 no.lu Hedef "Karasal Yaşam" ile ilgili olup, 15.3 no.lu alt-hedef ise "2030 yılına kadar arazi tahribatının dengelendiği bir dünya"yı öngörmektedir. Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi (UNCCD), Arazi Tahribatının Dengelenmesini (ATD) "Ekosistemin işlevlerini ve hizmetlerini desteklemek ve gıda güvenliğini arttırmak için gerekli olan karasal kaynakların miktarının ve niteliğinin belirli zamansal ve mekânsal ölçekte/büyüklükte sabit kalması yahut artış göstermesi" olarak tanımlamaktadır. Aynı sözleşme taraf ülkeleri ulusal ATD hedeflerini belirlemeye ve bu konuda yapılan çalışmaları birtakım göstergeler kullanarak izlemeye ve raporlamaya davet etmektedir. ATD'nin hayata geçirilmesi amacıyla UNCCD Bilim Politika Arayüzü (SPI) tarafından bir kavramsal çerçeve çizilmiş ve uygulamalara esas oluşturmak üzere bir yol haritası hazırlanmıştır. ATD'nin gerçekleşmesi, şimdiki ve gelecek nesiller için ekonomik, sosyal ve ekolojik sürdürülebilirliği arttıracak iyi arazi yönetim uygulamaları ve iyi arazi kullanım planlaması ile mümkündür. ATD sadece sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleşmesinde değil aynı zamanda UNCCD'nin uygulanmasında da etkin bir rol oynayacaktır. ATD'nin izlenmesine yönelik biyo-fiziksel göstergeler; Arazi Örtüsü/Kullanım sınıfları (değişimler ve eğilimler), Arazi üretkenliği (net birincil üretkenlik) ve Karbon stoklarının (toprak organik karbonu) belirlenmesi şeklindedir. Bu noktada ATD'nin planlanması aşamasında izlenecek yol ve yöntemlerin seçimi ve uygulanabilirliği son derece önemlidir. Her üç göstergeyi elde edebilecek veri setinin üretilmesi noktasında metodolojilerin belirlenmesi, küresel, ülkesel ya da lokal verilerin kullanılabilirliği, entegrasyonu gibi konular öne çıkmaktadır. Günümüzde, gelişen uzay teknolojileri ile birlikte güçlü yazılım ve donanımların etkisiyle, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ile bütünleşik uzaktan algılama (UA) uygulamaları hızla artmaktadır. ATD göstergelerinin belirlenmesinde, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'nün yazılım aracı olan arazi izleme ve değerlendirme amaçlı Collect Earth metodolojisi yeni bir yaklaşım sunmaktadır. Collect Earth yöntemi yüksek ve orta çözünürlüklü uydu görüntü verilerini kullanarak ATD göstergelerinin belirlenmesine direkt ve dolaylı olarak katkı sağlamaktadır. Bu çalışmada; Arazi Tahribatının Dengelenmesi faaliyetlerinin izlenmesi ve raporlanması amacıyla kullanılan arazi üretkenliği göstergesinin hesaplanmasında, büyük kolaylık sağlayan Collect Earth metodolojisi tanıtılacaktır. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğünce gerçekleştirilen uygulamalar ve sonuçları neticesinde, Collect Earth yönteminin ATD kavramsal çerçevesinde nasıl ele alınması gerektiği vurgulanmış, kullanım olanakları, gereklilikleri, doğrudan ve dolaylı olarak sağlayacağı faydalar ortaya koyulmuş, ulusal ve uluslararası bağlamda öneriler sunulmuştur.

Anahtar Sözcükler: arazi tahribatının dengelenmesi, Collect Earth, net birincil üretkenlik, uzaktan algılama

ABSTRACT

REVIEW OF COLLECT EARTH METHODOLOGY FOR LAND DEGRADATION NEUTRALITY BASELINES

"Sustainable Development Goals" that planned to be realized until 2030, to eliminate poverty in the world, to protect the environment and natural resources, to adapt to climate change, to ensure that all people live in peace and prosperity, has been identified under 17 headings. These targets relate to target number15, "Terrestrial Life"; the sub-target 15.3 includes "a world where land degradation is balanced by 2030". The United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD) defines the definition of Land Degradation Neutrality (LDN) as "A state whereby the amount and quality of land resources, necessary to support ecosystem functions and services and enhance food security, remains stable or increases within specified temporal and spatial scales and ecosystems". *A conceptual framework has been prepared and a road map has been established In order to realize the LDN. LDN is a simple idea and a powerful tool. It is based on better land management practices and better land-use planning that will increase foundation, economic, social and ecological sustainability for present and future generations. The objectives of Sustainable Development with the LDN coincide with each other. The UNCCD adopted the following indicators (and associated metrics) for LDN targets: trends in land cover (vegetative land cover); trends in land productivity or functioning of the land (land productivity dynamics); trends in carbon stocks above and below ground (soil organic carbon (SOC) stock). At this point, the selection and applicability of the ways and methods to be followed in the planning of the LDN is extremely important. At the same time, it is important to produce the data set which can obtain all three indicators, to determine the methodologies, the availability, and integration of the küresel, national and local data. Nowadays, Geographic Information Systems (GIS) with integrated Remote Sensing (RS) applications is increasing rapidly with the support of developing space technologies, software and hardware. At Identification of LDN indicators, Collect Earth methodology, tool of United Nations Food and Agriculture Organization (FAO), offers a new approach for Multi-purpose land monitoring and evaluation. The Collect Earth method directly and indirectly contributes to the determination of LDN indices using high and medium resolution satellite image data. In this study, scientific*

conceptual framework for land degradation neutrality will be told and Collect Earth methodology will be introduced. According to the studies and results of The Ministry of Forestry and Water Affairs, General Directorate of Combating Desertification and Erosion, it is been stated the importance of Collect Earth methodology for the scientific conceptual framework for land degradation neutrality, usage possibilities, requirements and benefits to be provided. In addition to, proposals have been made for national and international studies.

Keywords: land degradation neutrality, Collect Earth, forest inventory, remote sensing.

1. GİRİŞ

Giderek büyüyen ve artan bir dünya nüfusunun ihtiyaç duyduğu mal ve hizmetlerin sağlanması önem arz etmektedir. Özellikle gıda arzının yeterli düzeyde sağlanmasında arazilerin verimlilik potansiyellerinin arttırılması önemlidir. Dünya arazi miktarı belli büyüklüktedir ve ihtiyaç duyulan mal ve hizmetlerin sağlanmasında dünyada büyük bir rekabet bulunmaktadır. Fakat bu rekabet çatışmaya başladığı noktalarda çevresel bozulmaya dönüşmektedir. Eldeki bulgular tüm arazilerin %25'inin yüksek oranda bozulduğunu, %36'sının hafif ve orta derece bozulduğunu,%10'nun istikrarlı durumda olduğunu, %10'nun da olumlu yönde geliştiğini göstermektedir (FAO, 2011). Küresel bitki örtüsü verimliliğinin sürekli olarak azaldığı belirtilmekle birlikte "Arazilerin genel sağlığı ve verimliliği azalırken arazi kaynaklarına olan talep artmaktadır." genel kaidesi(ifadesi) günümüzde en önemli sorunu teşkil etmektedir. (Bai vd., 2008; Montanarella vd., 2016).

2015 yılında tüm dünya ülkelerinin liderlerince kabul edilen Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinden (SDG) 15 no.lu hedef "Karasal Yaşam" başlığı altında belirlenmiştir. Bu başlığın altında yer alan 15.3 no.lu alt-hedef ise "2030 yılına kadar arazi tahribatının dengelendiği bir dünya" şeklinde belirlenmiştir. Bu amaçla SDG, ulusların küresel arazi bozulumuna ilişkin bir takım önlemler almaya ve çalışmalar yapmaya gönüllü destek olmalarını öngörmektedir. Çölleşme ile Mücadele Birleşmiş Milletler Sözleşmesi *(*UNCCD), Arazi Tahribatının Dengelenmesini (ATD) "Ekosistemin işlevlerini ve hizmetlerini desteklemek ve gıda güvenliğini arttırmak için gerekli olan karasal kaynakların miktarının ve niteliğinin belirli zamansal ve mekânsal ölçekte/büyüklükte sabit kalması yahut artış göstermesi" olarak tanımlamaktadır. Aynı sözleşme taraf ülkeleri ulusal ATD hedeflerini belirlemeye ve bu konuda yapılan çalışmaları bir takım göstergeler kullanarak izlemeye ve raporlamaya davet etmektedir. Bu bağlamda UNCCD Küresel Mekanizması (UNCCD-GM) küresel bir program aracılığı ile ulusal hedeflerin tanımı ve ölçütler kapsamında her ülkeyi ulusal ATD hedefleri belirleme sürecinde ülkelere destek vermektedir. Türkiye de ATD Hedef Belirleme ve İzleme faaliyetlerine katılım sağlamaktadır.

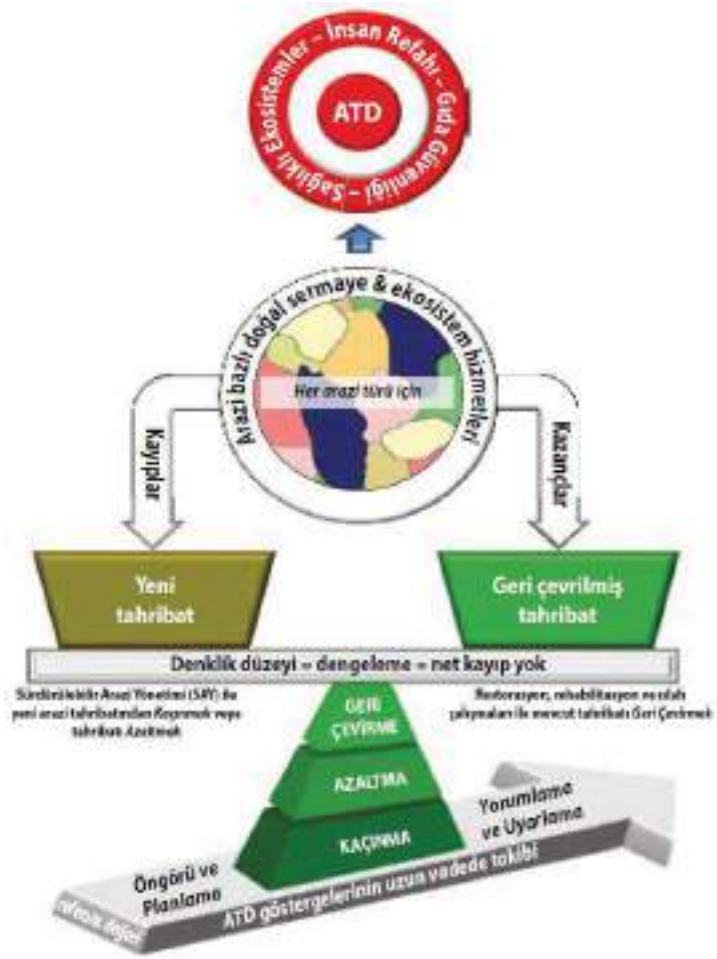
1.1. Arazi tahribatının dengelenmesi (ATD) bilimsel kavram çerçevesi, uygulanması, izlenmesi

ATD; sağlıklı arazilerin tahribata uğramasıyla ortaya çıkan sürekli arazi kaybının durdurulmasını amaçlayan yeni bir girişimdir. Diğer yaklaşımlardan farkı; bir taraftan arazinin kaybından kaçınmaya ya da kaybın azaltılmasına odaklanırken, diğer yandan da tahrip olan arazinin iyileştirilerek bir arazi tahribatı dengeleme başarısı sağlanmaya çalışılmasıdır. Burada amaç verimli ve sağlıklı arazilerde net kayıp yaşanmasına engel olacak bir durumu başarabilmek için kayıplarla kazançların dengelenmesidir.

ATD'nin hedefleri şu şekilde sıralanabilir (URL 1)

- Ekosistem hizmetlerini korumak ve iyileştirmek,
- Gıda güvenliğini sağlamak amacıyla arazi verimliliğini korumak ve artırmak,
- Arazilerin ve araziye dayalı toplumların dirençliliğini arttırmak,
- Diğer çevresel amaçlarla sinerji oluşturma fırsatlarını gözetmek,
- Arazi mülkiyetiyle ilgili sorumlu yönetişimi desteklemektir.

Şekil 1'de ATD'nin bilimsel kavramsal çerçevesini oluşturan elemanlar arasındaki karşılıklı ilişkiler gösterilmektedir.



Şekil 1. Arazi Tahribatının dengelenmesi kavram çerçevesi ögeleri.

Üstteki şekilde yer alan hedef, ATD'nin vizyonunu göstermektedir. Bu vizyon insan refahı ile arazi bazlı doğal sermaye arasındaki bağlantıyı vurgulamaktadır. Ortadaki terazi dengeyi gerçekleştiren mekanizmayı göstermektedir: Bu terazi gelecekte oluşması muhtemel arazi tahribatının, başka bir yerde aynı arazi tipinde(aynı ekosistem ve arazi potansiyeline sahip) planlanmış olumlu faaliyetlerle dengelendiğini göstermektedir. Terazinin dayanak noktası, müdahale hiyerarşisini göstermektedir: Tahribattan kaçınmak birinci önceliktir, onu tahribatın azaltılması ve daha sonra da önceden oluşan tahribatın tersine çevrilmesi izler. Diyagramın altında yer alan ok, sabit bir referans noktası dikkate alınarak ATD göstergelerinin izlenmesi yoluyla dengelemenin değerlendirildiğini gösterir. Ok aynı zamanda dengelemenin kayıpları tahmin eden, kazançları da öngören bir arazi kullanım planlamasıyla belli bir zaman zarfında ve uyarlanabilir öğrenmeyle arada yapılan bir düzenlemeyle eksikliklerin giderilerek sağlanacağını göstermektedir.

ATD Bilimsel Kavram Çerçevesi, ATD hedefi belirleyen tüm ülkelerin izlemesi gereken ilkeleri ortaya koymaktadır. Bu ilkeler çerçevenin yürütülmesine yöneliktir ve ATD'nin uygulanması ve izlenmesi süreçlerinde beklenmeyen sonuçlarla karşılaşılmasına engel olurlar. Her ne kadar birçok ilke uygulamada kendi şartlarına göre esneklik gösterse de, çerçevenin temel yapısı ve yaklaşımı uygulamada tutarlılık ve bilimsel kesinlik sağlamak açısından tüm ülkelere hitap etmektedir (Çizelge 1).

ATD'nin nasıl uygulanacağı noktada planlama öne çıkmaktadır, arazi tahribatının yönetimi mevcut arazi kullanım planlamasıyla birlikte olmalıdır. Dengeleme için uygun arazi ölçeği havza büklüğü olabileceği gibi yönetsel alanlarda da dengeleme yapılabilir. Tahmin edilen kayıplar sadece planlama kararlarının etkisini değil doğal olaylar sonucunda oluşabilecek tahribatı da dikkate almalıdır. Arazi tahribatına yönelik önlemler doğal sermayenin gelişimine katkı sağlarken aynı zamanda geçim şartlarının iyileştirilmesini de sağlamalıdır. ATD'nin sağlanmasında araziye yönelik bilgilerin elde edilmesi (arazi potansiyeli, tahribat durumu ve dirençlilik ve sosyoekonomik şartlar) büyük önem taşımaktadır. Arazi potansiyeline uygun olarak da arazi tahribatının dengelenmesine yönelik öncelikler yani hiyerarşik müdahaleler belirlenmelidir. Diğer yandan dengelemenin yapılacağı ölçekte tüm paydaşlar dengeleme faaliyetlerinde aktif katılım sağlamalıdır ve bu katılım ülke düzeyinde kurulan bir koordinasyon birimi marifetiyle koordine edilmelidir (UNCCD/Science-Policy Interface 2016; Cowie vd., 2018).

Çizelge 1. ATD uygulama ilkeleri (Cowie vd., 2018).

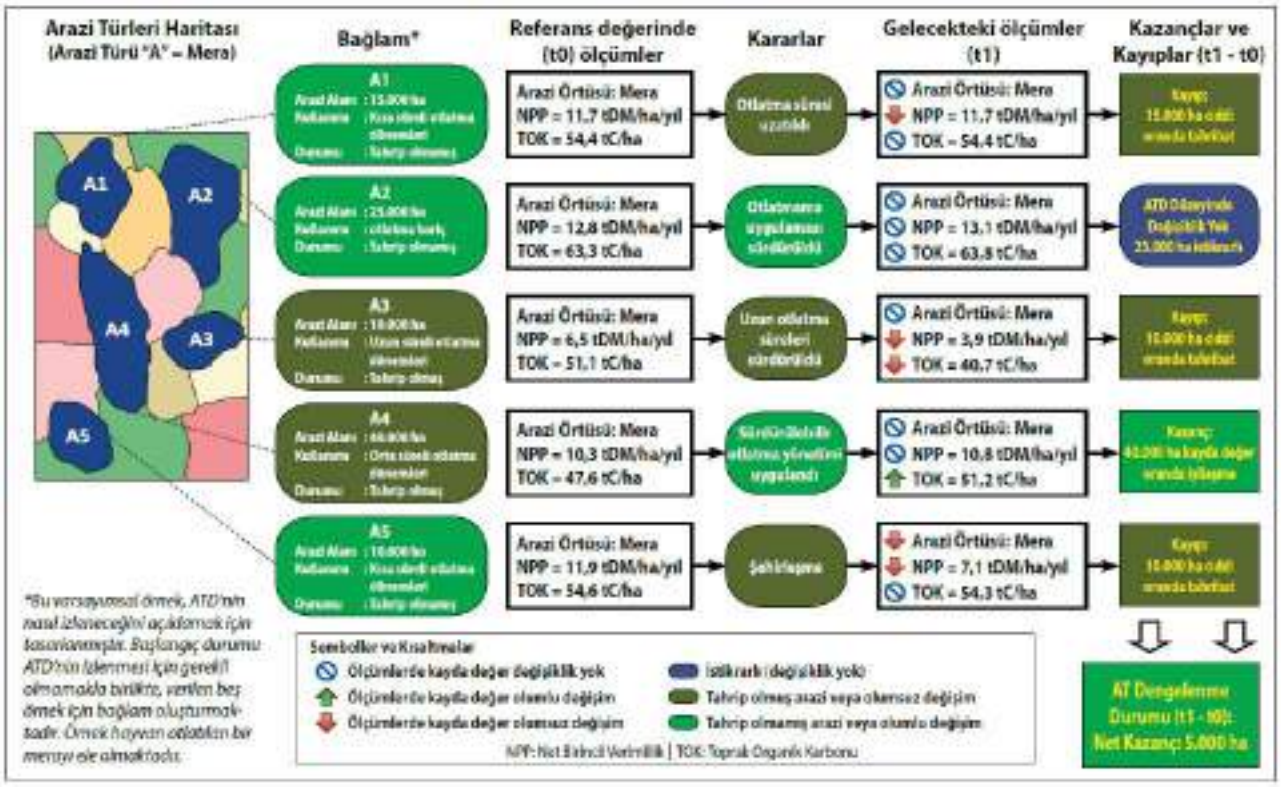
1.	Arazi bazlı doğal sermaye korunmalı veya iyileştirilmelidir.
2.	Arazi kullanıcılarının hakları korunmalıdır.
3.	Ulusal egemenliğe saygı gösterilmelidir.
4.	Dengelenme bağlamında ATD hedefi, referans alınan değere eşit olmalıdır.
5.	ATD erişilmesi gereken minimum hedeftir; ülkeler daha yüksek hedefler belirleyebilirler.
6.	ATD'nin planlanması ve yürütülmesi, mevcut arazi kullanımı planlama süreçlerine entegre edilmelidir.
7.	Dengeleme hedefinin sağlanması için arazi bazlı doğal sermayede öngörülen kayıplar, tahribatın geri çevrilmesine yönelik müdahalelerle denkleştirilmelidir.
8.	Dengeleme, arazi kullanımı planlaması ile aynı ölçekte yürütülmelidir.
9.	Dengeleme, benzer arazi türleri arasında yapılmalıdır.
10.	Ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik dengelenmelidir.
11.	Arazi kullanımına ilişkin kararlar çok-değişkenli değerlendirmelere istinaden alınmalı, arazinin potansiyeli, koşulları, direnci ve sosyal, kültürel ve ekonomik faktörler göz önünde bulundurulmalıdır.
12.	ATD'ye yönelik alınacak önlemlerde, müdahale hiyerarşisi uygulanmalıdır: Arazi tahribatından Kaçın > Azalt > Geri Çevir.
13.	Katılımcı bir süreç izlenmelidir: paydaşlar ve özellikle arazi kullanıcıları ATD müdahalelerinin planlanması, uygulanması ve izlenmesi süreçlerine dâhil edilmelidirler.
14.	Sorumlu yönetişim desteklenmelidir: Mülkiyet hakları dahil olmak üzere insan hakları korunmalı, bir gözden geçirme mekanizması oluşturulmalı ve hesap verebilirlik ile şeffaflık sağlanmalıdır.
15.	İzleme süreci UNCCD'nin belirlediği üç arazi bazlı küresel gösterge üzerinden yürütülmelidir: arazi örtüsü, arazi üretkenliği ve karbon stokları.
16.	Söz konusu üç küresel göstergenin değerlendirmesinde, elde edilen en düşük değerin geçerli sayılacağı "biri kötüyse hepsi kötü" yaklaşımı benimsenmelidir.
17.	Belirlenen üç küresel göstergenin yetersiz kaldığı durumlarda, ekosistem hizmetlerinin değerlendirilmesinde ve eksik verilerin tamamlanmasında ek ulusal veya yerel göstergeler kullanılmalıdır.
18.	İzleme sürecinde elde edilen verileri doğrulamak ve yorumlamak için yerel bilgi ve veriler dikkate alınmalıdır.
19.	Sürekli öğrenme yaklaşımı hakim olmalı, bu kapsamda; öngörü, planlama, izleme, yorumlama, gözden geçirme, uyum sağlama ve bir sonraki hamlenin planlanması adımları izlenmelidir.

ATD'yi bugüne kadar yapılan arazi tahribatı mücadelelerinden ayıran en önemli özellik dengeleme kavramıdır. Dengelenmenin gerçekleştiğini görebilmek için başarının ölçülebileceği bir referans değerin seçilmesi gerekmektedir. Dengeleme arazide net değer kaybı olmayışı anlamına gelmekte ancak buna referans değer dikkate alınarak karar verilmektedir. Buna göre referans değer gerçekleştirilecek minimum hedefle aynı değerdir. Dengelenmenin gerçekleştiğini izleyebilmek için önce referans noktasının belirlenmesi, akabinde ise hedef belirlenen tarihte her bir arazi tipinde oluşan kazanç ve kayıpların değerlendirilmesi gerekmektedir. UNCCD'nin ATD'ye yönelik izleme ve raporlama göstergeleri (ve ilgili ölçü birimleri);

- Arazi örtüsü (arazi örtüsü değişimleri),
- Arazi üretkenliği (net birincil üretkenlik),
- Karbon stokları (toprak organik karbonu) olmak üzere üç adet biyo-fiziksel göstergeden oluşmaktadır.

Üç küresel göstergeden elde edilen sonuçların değerlendirmesinde "Biri kötüyse hepsi kötü" yaklaşımından faydalanılır: Eğer üç göstergeden/ ölçü biriminden herhangi biri kayda değer oranda negatif değişim gösterirse, göstergelerin tamamı kayıp olarak nitelendirilir (aynı şekilde, en az bir gösterge/ölçü birimi kayda değer pozitif değişim gösterirken, diğer göstergelerin hiçbirinde kayda değer negatif değişim gözlenmezse, göstergelerin tamamı kazanç olarak nitelendirilir). Şekil 2'de verilen basitleştirilmiş örnek, ATD'nin izlenmesinde arazilerde gerçekleşen değişimin göstergelerle nasıl izlendiğini ve "biri kötüyse hepsi kötü" yaklaşımının kazançlar ile kayıpları tespit etmekte nasıl kullanıldığını açıklamaktadır (UNCCD/Science-Policy Interface 2016)

ATD başlangıç durumunun belirlenmesinde ulusal düzeyde arazi örtüsü, arazi verimliliği (üretkenliği) ve toprak organik karbonun tespiti ile başlayan yıl referans alınarak hedef yıla kadar olan değişimle birlikte dengeleme başarısı belirlenmektedir. Verilerin var olmasına bağlı olarak her ülke için belirlenmiş ilk gösterge kabul edilerek ATD hedefi başlangıç yılı oluşturulur. Bu değerlendirmeler yoksa, ülkeler aynı göstergeleri kullanarak 10-15 yıllık bir dönemi kapsayan geriye dönük eğilim analizi yapabilirler.



Şekil 2. ATD'nin ölçüm değerlerindeki değişimlerine ilişkin yaklaşım örneği (UNCCD/Science-Policy Interface 2016).

ATD başlangıç durumunun belirlenmesi ve arazi tahribatı eğilimlerinin değerlendirilebilmesi için güvenilir verilere ihtiyaç duyulur. Öncelikli olarak ulusal göstergeler hesaplanmalıdır ve bunun için mümkün olduğu ölçüde karşılaştırılabilir ve standartlaştırılmış ulusal veri kaynakları kullanılmalıdır. Küresel veriler sadece bunların olmadığı durumlarda veya bunların tamamlanması amacıyla kullanılmalıdır. Uzun vadede, tüm ülkeler ideal olarak arazi tahribatı ile ilgili veri toplama, analiz ve raporlama çalışmalarını bağımsız olarak gerçekleştirebilmelidir.
Göstergelerin hesaplanması için kademeli bir yaklaşım önerilmektedir:

- ✓ 1. Kademe (varsayılan yöntem): Küresel/bölgesel yeryüzü gözlemi, jeo-mekansal bilgiler ve modelleme
- ✓ 2. Kademe: İdari veya doğal referans birimleri (örneğin sulak alanlar) için elde edilen verilere dayalı ulusal istatistikler veya ulusal yeryüzü gözlemleri
- ✓ 3. Kademe (en ayrıntılı yöntem): Saha etütleri, değerlendirmeleri ve yer ölçümleri

Bu yaklaşım ulusal mercilerin kapasitelerine, kaynaklarına ve veri mevcudiyet durumlarına uygun yöntemler kullanmalarını sağlar ve küresel düzeyde karşılaştırılabilirliği kolaylaştırır (UNCCD/Science-Policy Interface 2016, Tarım ve Orman Bakanlığı, 2016; Topçu ve Erpul 2017).

1.2. ATD'nin veri kaynakları ve yöntemsel olarak değerlendirilmesi

ATD'nin ortaya konulması noktasında arazi örtüsü, arazi verimliliği (üretkenliği) ve toprak organik karbonun tespitini sağlayacak doğru ve hassas verinin oluşturulması elzemdir. Genellikle arzulanan küresel verilerin elde edilmesi değil, ulusal verilerin sağlanması durumudur (Şekil 3). Dünya ülkelerinin gelişmişlik durumu ve özellikle teknoloji ve bilgiye ulaşım açısından birçok bölgede bölgesel ve yersel verilerin olmadığı göz önünde bulundurulduğunda, ATD'ye ilişkin başlangıç durumunun tespiti ve sonrasında gerçekleşecek olan izleme faaliyetleri veri eksikliğinden dolayı yapılamamaktadır. Bu noktada basit fikirlerin fakat etkin yöntemlerin düşünülmesi gereklidir.

Temelde arazi örtüsü/kullanım sınıflarının oluşturulması, arazi verimliliğinin ortaya konulması ve toprak organik karbonunun ve ATD başlangıç durumunun belirlenmesinde önemli bir katkı sağlayacaktır. Bu göstergeler aynı zamanda 2030 Kalkınma Gündemi, Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi (SDG) 15.3.1 nolu göstergenin ölçümünün sağlanmasına da katkı sağlayacaktır. SDG 15.3.1 "Tahrip olmuş arazinin toplam ülke alanına oranıdır ki, bu verinin elde edilmesi gerek referans değerin gerekse hedef tarihinde ölçülen değerin arasında tek bir gösterge kullanılarak kıyaslama yapılmasını sağlayacaktır. Daha açık ifade ile arazi örtüsü, arazi üretkenliği ve arazi karbon stoklarının bileşimi ile tahrip olan toplam alanın hesaplanması daha kolay olacaktır.



Şekil 3. ATD göstergeleri ve veri kaynakları.

Dünyayı uzaydan izleme yoluyla; çevresel ve doğal kaynakların yönetimi, küresel ve bölgesel arazi örtü/kullanımı değişimleri belirlenmesi gibi birçok uygulama gerçekleştirilebilmektedir (Brivio et. al., 2002; Ostir et. al.,, 2002; Schweiger et. al., 2005; Örmeci ve Ekercin, 2007; Gençer, 2011). Uzaktan algılama sistemlerinden elde edilen görüntüler, yeryüzü özellikleri hakkında hızlı, ekonomik ve güncel bilgiler vermekte ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) temelli farklı uygulama alanlarında kullanılabilmektedir (Saroğlu, 2004; Aydınoğlu ve Yomralıoğlu, 2008; Kitiş 2009; Güre vd., 2009;). Uzaktan algılama teknolojisi ile elde edilen görüntünün sınıflandırılması sonucunda üretilen arazi kullanım/örtüsü haritaları analiz, değerlendirme ve modelleme için Coğrafi Bilgi Sistemlerinin veri tabanının vazgeçilmez bir parçasını oluşturmaktadırlar (Lillesand ve Kiefer., 1994; Ma et. al, 2001). Üretilen sonuç verisi tüm planlama için bir altlık verisi teşkil edeceğinden elde edilen verinin doğru olması çalışmanın bütününü etkilemektedir.

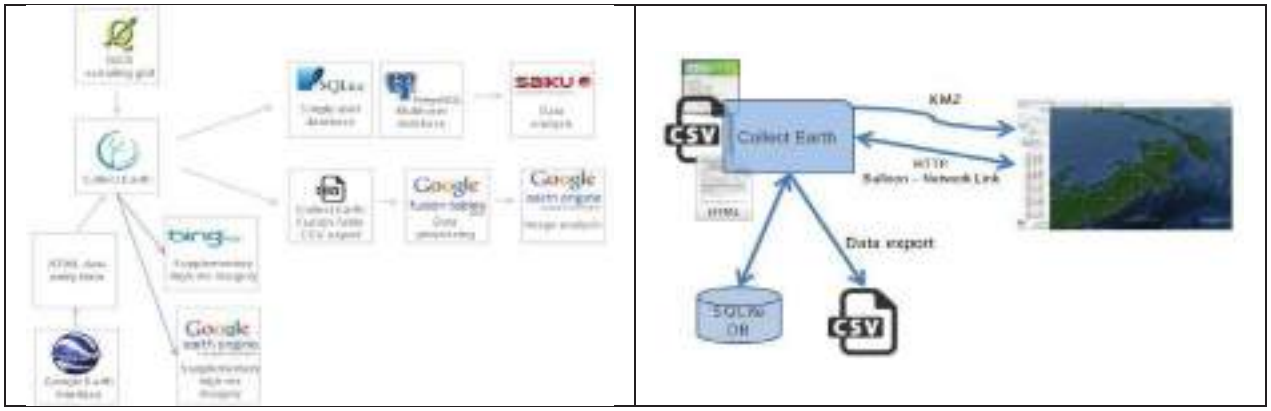
Temelde uzaktan algılama teknikleri, gözlem ve yorumlama aşamalarını içeren bilgi çıkarımı ve karar verme aşamasında birçok uygulama ve yazılımı içermektedir. Geleneksel sınıflandırma teknikleri, gerek piksel tabanlı gerekse nesne tabanlı olsun genel arazi kullanım sınıflarını genelden daha detaya göre sınıflandırmaktadır. Sınıflandırma sonuçlarındaki üretilen arazi örtü/kullanım sınıflarına ilişkin tematik haritaların odağında ölçek sorunu bulunmaktadır. Ölçeğin büyümesi, objeye ait hassasiyetin artmasını sağlamakla birlikte bu durum kullanılan uzaktan algılama verisi ile direkt ilişkilidir. Çalışma alanına ilişkin bölgesel ve ulusal ölçekte temin edilecek uzaktan algılama verisi gerek maliyet gerekse veri işleme zamanı açısından orta ya da düşük çözünürlüklü seçilmektedir. Dolayısıyla ulaşılan sonuç veri ve haritalar, kaba ve küçük ölçekli harita verileri olacaktır. Bu sürece ilişkin şu kuramı söylemek mümkün olabilir; uzaktan algılamadaki birinci temel sorun geniş alanlar için yüksek geometrik çözünürlüklü veri kullanımındaki yoğun işlem adımları ve maliyet dengesindeki tutarsızlıklardır. Orta çözünürlüklü veri kullanımındaki sorun ise ölçek kaynaklı veri kaybıdır. Detaya ilişkin verinin elde edilmesindeki sıkıntılardır. İkinci temel sorun sınıflandırma metodolojisine yönelik olarak, yapılan sınıflandırma sonuçlarının arazi kullanımına ve değişim ve değişim yönü analizine ilişkin alansal sonuçlar vermesidir. Değişime ilişkin bilgi çıkarımındaki belirli bir zamansal süreklilikten ziyade, belirli bir zaman dilimindeki kesitlere sonuçlar üretilmektedir. Vejetasyona ilişkin bilgi çıkarımları da bu zaman dilimindeki kesitlere göre bulunmaktadır. İzleme olgusundaki asıl istenen ise belirli bir tarih dilimindeki değişim sürekliliği olmalıdır. Tüm bu süreç içinde ise sürekli bir gözlem ve sadece objeye ait sadece alansal değil, aynı zamanda objeye ait rakamsal sonuçların da elde edilmesi gerekliliğidir. Çünkü objeye ilişkin verilerin eldesi farklı bilgilerin de üretilebileceğini ortaya çıkarmaktadır. Örneğin, alandaki ağaç ve çalı ile kaplı alanların hesaplanmasının yanı sıra, ağaç ve çalı sayılarının hesaplanabilmesi gelecekte planlanması muhtemel biyokütle ve karbon hesaplamalarda son derece önemli bir veri kaynağıdır.

ATD'nin ulusal ölçekten ziyade bölgesel ölçekle ilişkili verilerle hesaplanması zorunluluğu akla yüksek çözünürlüklü veri ile orta çözünürlüklü verinin birlikte analiz ve değerlendirilmesini getirmektedir. Yüksek çözünürlüklü veriden objeye ait sayısal bilgilerin eldesi, orta çözünürlükteki veriden büyük alanlara ilişkin araziye ilişkin haritalarının entegrasyonu en uygun çözüm olmaktadır. Objeye ait yüksek çözünürlükteki sayısal veri orta çözünürlükteki alansal bölgeye enterpole edilerek tüm alan için objeye ait sayısal verilere belirli bir doğrulukta ulaşılabilmektedir. Yersel veri eksikliğini yine küresel ama yüksek doğruluk ve hassasiyetle ücretsiz verilerden yararlanarak gidermek ve ATD hedeflerine yönelik bulgulara ulaşmak son derece etkin bir planlama sunmaktadır. Bu aşamada, arazi izleme ve

değerlendirme için yeni ve farklı bir yaklaşım sunan açık kaynaklı ve ücretsiz olan Collect Earth yazılımı (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2015), Google teknolojisi aracılığı ile yüksek çözünürlüklü uydu verisi içeren Google Earth ve Bing Maps görüntüleri kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Aynı zamanda, orta çözünürlüklü Landsat 7 ve 8, Modis ve *ESA (*European Space Agency) verileri üzerinden, plot alanlar ve çevresine ilişkin Normalize Edilmiş Bitki İndeksi (NDVI), Zenginleştirilmiş Bitki İndeksi (EVI) Normalize Edilmiş Su İndeksi (NDWI), TOA (Top-of-Atmosphere Reflectance) yansıtım değerleri vd. tüm veri setlerinin kullanılmasına olanak vermektedir.

2. COLLECT EARTH: GENEL YAKLAŞIM

Open Foris/Collect Earth genel arazi kullanımını ortaya koyarken objelere ait sayısal bilgi ve % cinsinden yoğunluk miktarları hesaplanabilmektedir. İlk olarak FAO tarafından kullanılan Collect Earth, küresel ormancılık envanteri ve kurak alanların değerlendirilmesi projesi kapsamında FAO tarafından geliştirilmiştir. Esnek ve etkin veri toplama, analiz ve raporlamayı kolaylaştıran içerisinde birçok modül bulundurmaktadır. Collect Earth bir bütünün parçalarından oluşmaktadır (Şekil 4). Google teknolojisini kullanan açık kaynak kodlu bir yazılımdır (Open Foris, 2016; Bastin vd. 2017).



Şekil 4. Open Foris; Collect Earth.

QGIS; Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımı olan QGIS, değerlendirilmesi yapılacak noktaların oluşturulması ile lokasyon, yükseklik, eğim ve bakı gibi topoğrafik veri analizlerinin yapılarak veri tabanında kullanılacak öznitelik tablolarının oluşturulmasını sağlar. QGIS açık kaynaklı bir yazılım olması nedeniyle tercih edilebilir olmasıdır.
Collect; Veri tabanı oluşturma ve görselleştirme için kullanılan web tabanlı bir yazılımdır. Oluşturulan veri tabanı Collect Earth yazılımının ara yüzünü oluşturmaktadır. Veri tabanı içerisinde veri altlığı olarak kullanacağınız tüm altlıkların oluşturulduğu yerdir. Veri girişi sağlanan pencerelerin yönetilmesini sağlayan ve veri girişinin şekline karar verdiğimiz yerdir. Plot alanlarının boyutu, şekli, veri girişi pencerelerinin düzeni ve diğer tüm veri girişlerinin düzenlenebildiği kısımdır. Bu kısım aracılığı ile amacınıza yönelik objeye ait ulaşılabilir bilgilerin tümünün veri girişi olarak hazırlandığı veri tabanı kısmıdır.
Collect Earth; Yöntemin temel kısmı veri girişinin olduğu yerdir. Google Earth, Bing Maps ve Google Earth Engine ile birlikte kullanıcı amaçları dâhilinde geniş bir yelpazede yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerini analiz etmeye imkân sunan bir yazılımdır. Ayrıca sunucu üzerinde oluşturulan veri tabanı ile temsil noktalarının veri tablosu arasında bağlantı kuran kısımdır. Programa entegre olarak çalışan diğer veri pencerelerinin açılması ve diğer operatif işlemlerinin "Tools" üzerinden erişilebildiği ara yüze sahiptir (Şekil 2). Veri dosyasının düzenlenebildiği, Fusion Table ve SAIKU analiz pencerelerinin açılmasını sağlayan ana penceredir. Klasik Google Earth mantığından hareketle, noktaların yer aldığı her bir deneme alanını görebildiğiniz ve yüksek çözünürlüklü veri yardımıyla deneme alanı hakkında çekim tarihine bağlı geçmiş görüntülerin de yorumlanabildiği ana penceredir. Plot noktaları üzerine veri girişi yapılmak istendiğinde sırasıyla *Collect Earth Diyalog Penceresi, Google Earth EnginePlayground, Google Earth Engine TimeLapse, Google Earth Engine Data Catalog of Satellite Imagery ve Bing Maps* pencereleri açılır.

- ✓ ***Collect Earth Diyalog Penceresi;*** Arazi verilerinin girildiği ve kaydedildiği veri kümelerinin oluşturduğu diyalog penceresidir.
- ✓ ***Google Earth Engine Playground;*** Genel olarak yazılım vejetasyona yönelik çalışmalara odaklı olması nedeniyle vejetasyon ve suya ilişkin orta çözünürlüklü verilerden üretilmiş olan normalize edilmiş bitki örtüsü analizi (NDVI); normalize edilmiş su indeksi (NDWI) ve zenginleştirilmiş bitki indekslerinin aylar ve uzun yıllara göre değişimin yer aldığı grafik veri penceresidir
- ✓ ***Google Earth Engine Time Lapse;*** Arazi üzerindeki değişimin tespit edilmesi amacıyla günümüz itibarıyla yaklaşık son 20-30 yıllık toplanan uydu görüntülerinin yansıtılması ile arazi değişiminin ne yönde olduğuna dair

görsel değimi hızlı bir geçişle sunan ve analiste fikir sunan penceredir. Kullanılan uydu görüntü verileri teknolojinin gelişimine paralel düşük ve orta çözünürlüklü (Landsat, Modis vb.) uydu görüntü verileridir.

- ✓ ***Google Earth Engine Data (Uydu Görüntü Verisi Kataloğu);*** Google Earth Engine projesi ile dünyanın 40 yıllık uydu görüntülerinin bir araya getirilmiş, bilim adamları ve bağımsız araştırmacılar tarafından ulaşılması amaçlanan bir veri kataloğudur.

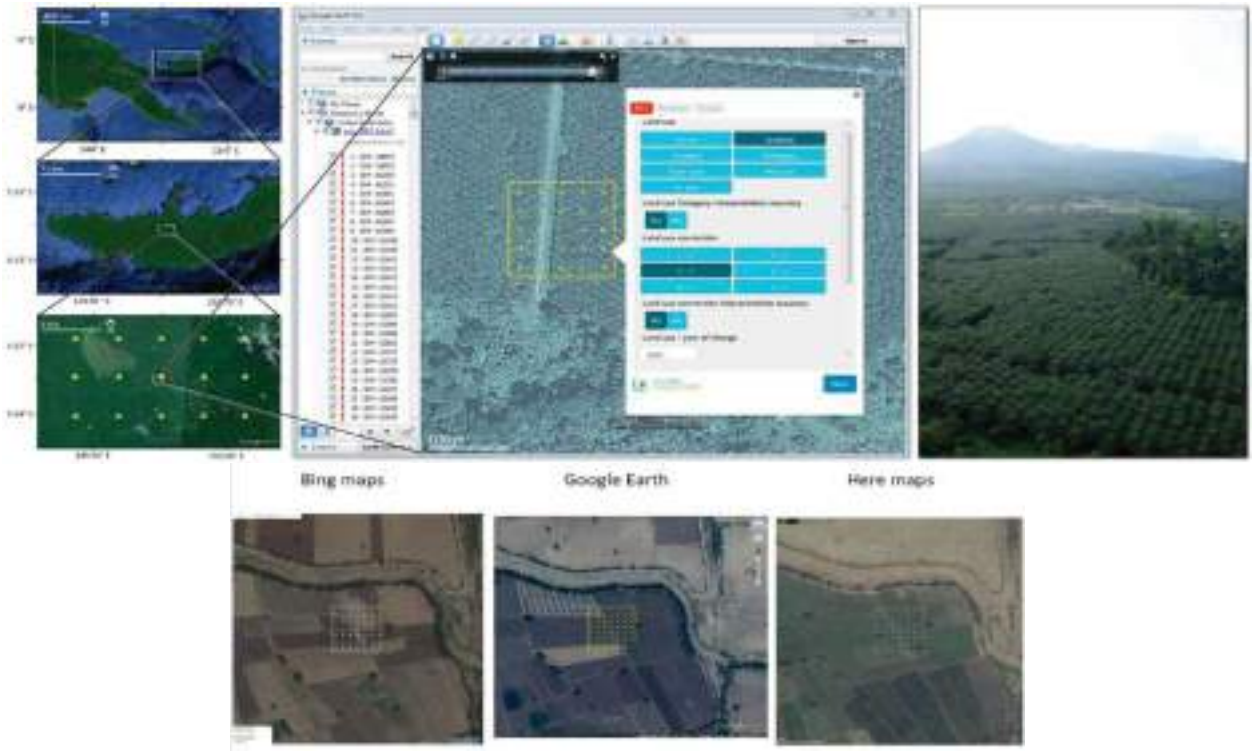
SAIKU Analyst; SAIKU server veri görselleştirme ve veri sorgulamayı kolaylaştıran web tabanlı açık kaynak kodlu bir yazılımdır (Saiku, 2016). Yazılımın bir sürümü SAIKU web sitesinde serbestçe kullanılabilir olmasına rağmen, özel bir sürümü Collect Earth ile daha yüksek uyumluluk için özelleştirilmiştir. SAIKU satır sütun mantığına göre veri kümelerinizin arasındaki rakamsal ilişkileri belirlemenizi, farklı sorgulamaları yapmanıza olanak sağlar.

Collect Earth yöntemi kullanılarak toplam alana istenilen büyüklükte (0.5/1.0 ha) sistematik yada sistematik olmayacak şekilde nokta atılarak, her bir noktanın analistler yardımı ile görsel ve grafiksel olarak değerlendirilmesi istenir (Şekil 5). İlk olarak analistlerce değerlendirilen arazi örtüsü/kullanım sınıflandırması, yeşillenme/çölleşme (iyileşme/arazi bozunumu) alanlarına ilişkin bir veri tabanı oluşturulur. Collect Earth Bütünü içerisinde analist bir plot ve yakın çevresine ilişkin;

- ✓ Arazi kullanımı durumu,
- ✓ Arazi kullanım değişikliği, izlenmesi ve değerlendirmeleri,
- ✓ Mevcut arazi kullanım ve kullanıma ilişkin haritaların doğrulanması,
- ✓ Plot içerisindeki bitkisel varlıklara (ağaç ve çalı formasyonları vb.) ilişkin sayısal verilerin tespiti ve genel alana ilişkin değerlendirme,
- ✓ Arazi bozunumu ve yeşillenme, NPP eğilimleri, tespit edilmektedir.

Ayrıca;

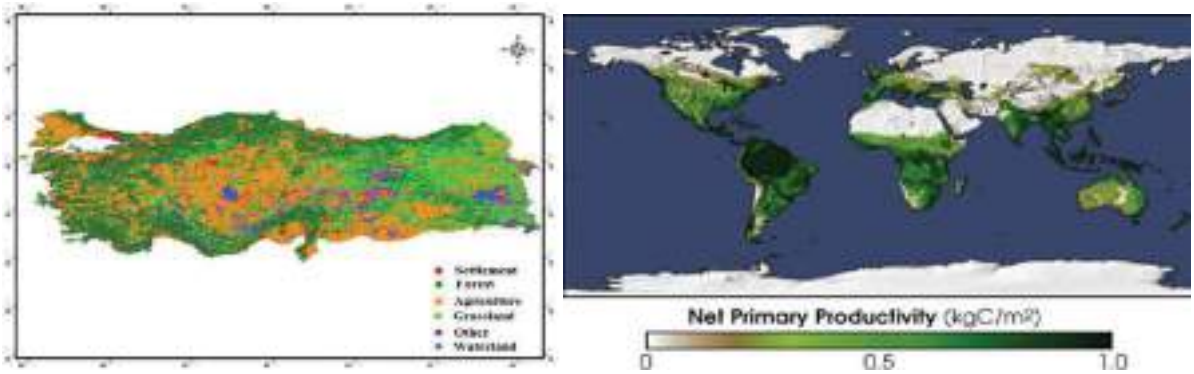
- Ağaçlık alanlar, çalılık alanlar, tarım alanları ve sulak alanlar belirlenerek toprağı örtme oranlarını belirlemek,
- Tüm yapay yüzeyler (ev, diğer binalar, asfalt ve asfalt olmayan alanlar), çıplak alan, kayalık alan ve diğer alanlara ilişkin kaplama oranları,
- Mevcut ağaç ve çalı sayıları,
- Doğrusal vejetasyon uzunlukları, asfalt ve asfalt olmayan yol uzunlukları ve kaplama oranları,
- Arazi bozunumu (çölleşme) ve yeşillenme eğilimleri,
- Arazi kullanım sınıflarını arazi kullanımı değişim yönünü belirlemek (FAO/FRA ve IPCC ye göre),
- Belirlenen vejetasyon tipi ve kaplama oranları,
- Arazi bozunumunun (çölleşme) ve yeşillenme/iyileşme olduğu alanlar, tespit edilmektedir.



Şekil 5. Collect Earth örnek plot değerlendirme aşaması.

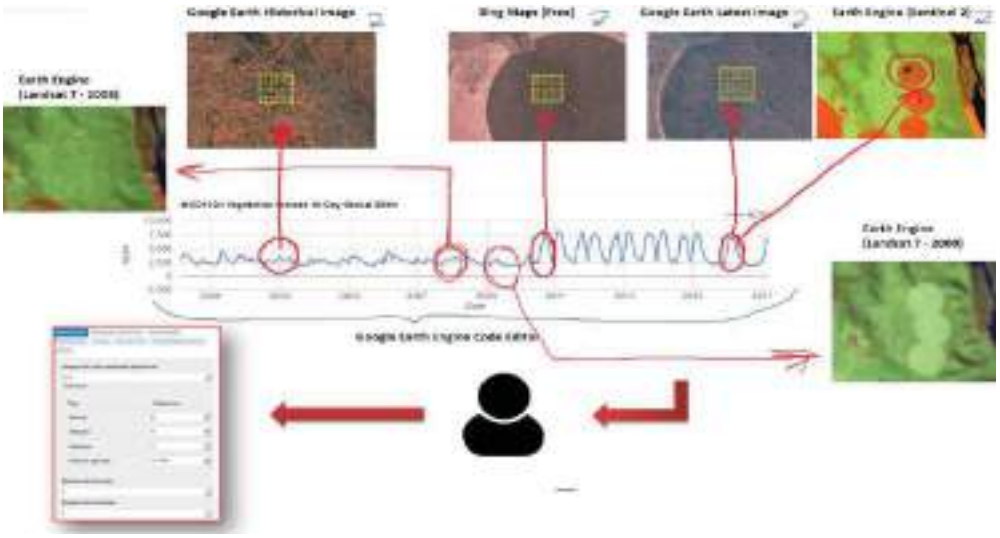
3. DEĞERLENDİRME

ATD hedefleri doğrultusunda Collect Earth metodolojisinin istenilen gereksinimleri karşılaması noktasında öne çıkan ilk konu arazi örtü/kullanım sınıfları tespitidir. Colect Earth medolojisi ile analist her bir plot alana ilişkin arazi "orman", "tarım", "mera", "sulak alanlar", "yerleşim", "diğer alanlar" olmak üzere [Hükumetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), Food And Agriculture Organisation (FAO), International Union Of Forestry Research Organizations (IUFRO), Centre For International Forestry Research (CIFOR) United States Geological Survey (USGS), Kyoto Protokolü ve Marrakesh Sözleşmesi (FCCC/CP)] altı ana sınıfta sınıflandırabilir (Şekil 6). Her bir arazi sınıfına ilişkin alansal varlıkları ortaya koyar. Arazi verimliliği/üretkenliği, NPP (Net Birincil Üretim) küresel verileri yardımıyla sınıflandırılır. Karbon stokları için ise yardımcı veri konumunda veri üretebilir. Ayrıca ağaç ve çalı varlıklarına ilişkin odunsu vejetasyona ait alansal veriler karbon stoku çerçevesinde hesaplamalar için yardımcı veri olarak hesaplanabilmektedir. Kısaca, Collect Earth metodolojisi ATD göstergelerinin arazi örtü/kullanım sınıfları ve üretkenliği noktasında kesin çözüm sunmaktadır. Toprak organik karbon verisi için ise yardımcı veri konumunda bilgi sunabilmektedir.



Şekil 6. IPCC arazi sınıflandırması (Türkiye örneği) ve NPP sınıflandırması.

ATD kapsamında mevcut durumun ortaya konması, anormalliklerin tespiti, bozulmuş alanların tespiti oldukça önemlidir. Collect Earth metodolojisi yardımıyla hesaplanan arazi sınıflandırmaların 2000 yılı baz alınarak (Google Earth yüksek çözünürlüklü veri desteği sağladığı başlangıç yılı olması nedeniyle) günümüze hangi arazi kullanım/örtü sınıfları arasında değişimlerin yaşandığı, eğilimin hangi sınıfa yönelik olduğu ve alansal varlıkları hesaplanabilmektedir. Vejetasyona bağlı alansal değerlendirmelerde NDVI (Normalize Edilmiş Vejetasyon Indeksi) yardımı ile alanla ilişkin vejetasyonun ne yönde değiştiği, arazinin beklenen durumdan kötüye ya da iyiye doğru gidişatı NDVI grafikleri yardımı ile belirlenebilmektedir (Şekil 7). Dolayısı ile hassas alanların tespiti Collect Earth metodolojisi ile mümkündür. NPP grafikleri yardımı ilede net olarak vejetasyon bakımından zayıflamış, bozunuma uğramış, tahrip olmuş alanların tespiti de aynı yöntemle mümkündür.



Şekil 7. NDVI grafik ve plot alan görsel değerlendirmesi yardımı ile vejetasyon artışına ilişkin Collect Earth uygulama örneği (FAO, 2018).

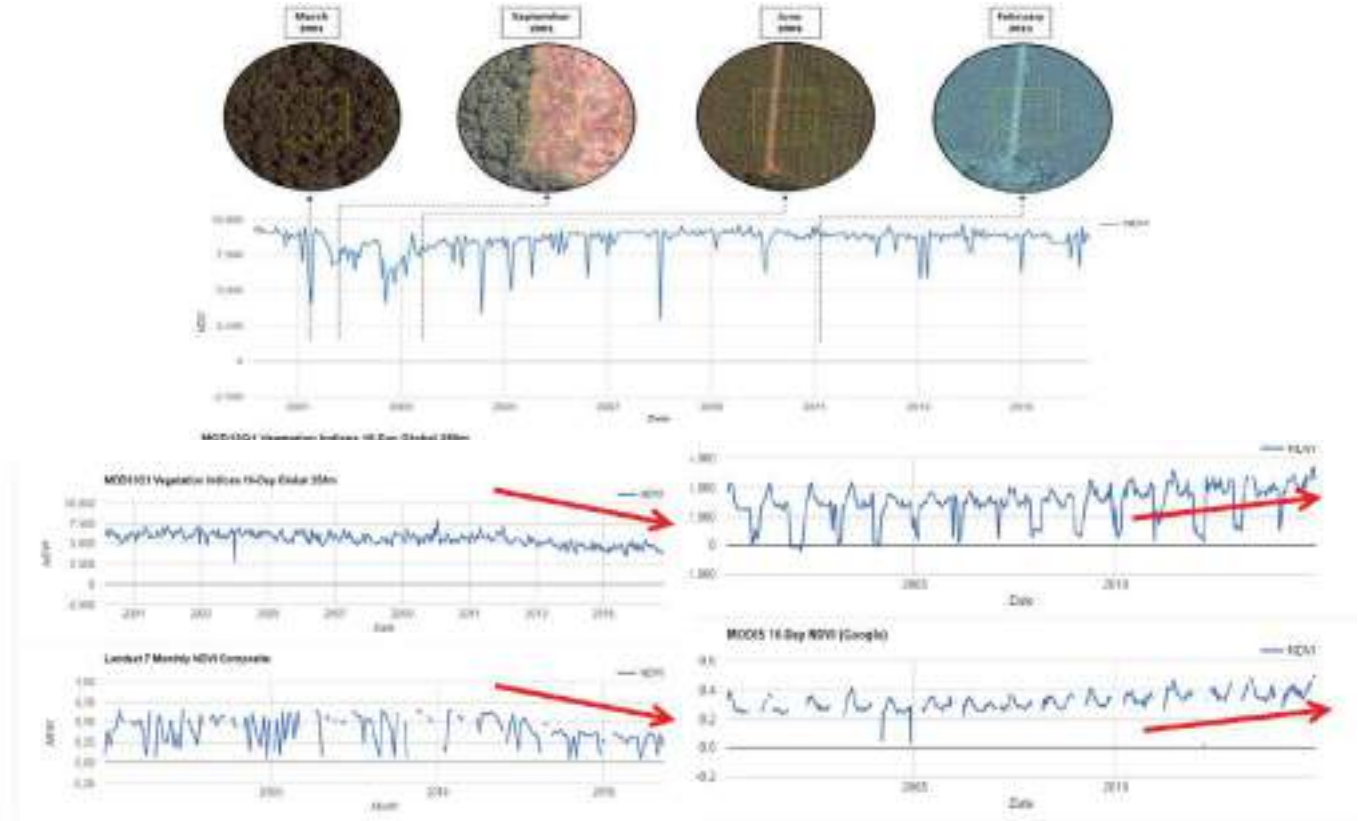
ATD'ye ilişkin bir sonraki adımda ise her bir arazi kullanım/örtü sınıflarına ilişkin bozulma ya da iyileşme nedenlerin tespiti gereklidir. Collect Earth metodolojisi yardımı ile arazi kullanım/örtü sınıflarındaki değişim yönünün bozunum nedeni üzerine fikir verecektir (Şekil 8). Arazilerin altı ana sınıf kapsamında tespitin başlangıç yılı olan 2000 yılından bu yana hangi arazi sınıflarına doğru bir değişim yaşandığı ve bu değişimlerin vejetasyon bakımından iyi yada kötü olduğu durumlarına göre analisti o bölgeye ilişkin fikir yürütübilecektir. Bu aşamda Collect Earth metodolojisi arazi hakkında vejetasyona bağlı olarak, bir iyileşme ya da bozulma olup olmadığı noktasına koordinat verisi dahil bilgi üretebilecektir.

	Mevcut Arazi Kullanımı						
Önceki Arazi Kullanimi	**Orman**	**Tarim Arazisi**	**Mera Arazisi**	**Sulak Arazi**	**Yerlesim Arazisi**	**Diger Arazi**	**Toplam (ha)**
Orman	19.000.043,6	28.738,7	38.734,5	6.247,5	19.992,2	14.994,1	19.108.750,7
Tarım	1.249,5	25.484.998,7	17.493,1	31.237,5	66.224,0	8.746,6	25.609.949,5
Mera	28.738,7	28.738,7	20.137.097,4	11.245,6	33.736,8	8.746,6	20.248.303,8
Sulak Alanlar		1.249,5	3.748,5	773.446,5		4.998,0	783.442,5
Yerlesim	1.249,5				1.763.058,1		1.764.307,6
Diger Alanlar	16.243,6	44.982,3	4.998,0	7.497,1	19.992,2	9.467.534,7	9.561.248,0
Toplam (ha)	19.047.525,0	25.588.708,0	20.202.071,6	829.674,2	1.903.003,2	9.505.020,0	77.076.002,0

Şekil 8. Geçmiş ve günümüzdeki arazi kullanım değişimleri ve yönü (Türkiye örneği).

ATD' nin dengelenmesi noktasında en önemli aşaması kayıp ve kazançlara ilişkindir. İyileşme ve bozunuma ilişkin arazilerin değerlendirilmesi ve sonuçlara ilişkin rakamsal verilere ulaşılması Collect Earth metodolojisi yardımıyla mümkündür (Şekil 9). Vejetasyona ilişkin artış ve azalışlar gerçekte arazinin bozunum ve iyileşmesine işarettir. Bu mantıkla Collect Earth metodolojisi tam olarak kazanç ve kayıp alansal varlıkları koordinat verisi dahil hesaplayabilmektedir.

ATD hedeflerine ulaşmadaki başarının değerlendirildiği bir sonraki aşamada kayıp ve kazançlardaki değişimi ölçmek ve sürecin takibi ve ona göre önlemini öngörülmektedir. Collect Earth'ün sunduğu bozulum/iyileşme yani kayıp/kazanç alanlarının Google Earth Engine yardımı ile tarihsel seyrinin takibi yapılarak süreç için analist yorumlama getirebilir. Ayrıca yersel çalışma ile nedenleri üzerine net fikir üretilebilir. Bu yönü ile bu noktada Collect Earth yardımcı veri konumundadır. Analist her bir kayıp/kazanç plot alanına ilişkin değişimin ne ölçekte değiştiği hakkında sistem üzerinden yapacağı yorumlamalar genel olarak yersel çalışma noktasında fikir verecektir.



Şekil 9. NDVI grafik veri görsel karşılaştırılması (üstte), "kayıp" ve "kazanç" alanlarına ilişkin NDVI grafik sonuçları (altta).

4. SONUÇ

Bu bildiride arazi tahribatının dengelenmesine yönelik içerik ve konular aktarılarak, Collect Earth metodolojisi tanıtılmıştır. Ayrıca Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü çerçevesinde gerçekleştirilen uygulamalar ve sonuçları neticesinde, Collect Earth yönteminin ATD kavramsal çerçevesinde nasıl ele alınması gerektiği vurgulanmış, kullanım olanakları, gereklilikleri, doğrudan ve dolaylı olarak sağlayacağı faydalar ortaya koyulmuştur.

ATD'nin kavramsal çerçevesi kapsamında ülkeler 2030 yılına kadar arazi tahribatının dengelenmesine yönelik hedefler belirlemektedir. Burada en önemli husus araziye ilişkin bir referans başlangıç tarihinin ve bir mevcut durum tespitinin (baseline) yapılmasıdır. Collect Earth yardımı ile mevcut durum tespitine ilişkin başlangıç zamanı yüksek çözünürlüklü verilerin Google Earth yardımıyla kullanılmasının başlandığı yıl olan 2000 yılıdır. Dolayısıyla Collect Earth yardımıyla 2000 yılından günümüze araziye ilişkin bir durum değerlendirilmesinin yapılması mümkündür. Günümüz itibarıylaulusal bağlamda ATD'ye ilişkin durum tespiti yapmak, nedenlerini ortaya koymak, alansal varlıklarına ulaşmak Collect Earth metodolojisi ile mümkündür. "Arazi tahribatı oranının düşürülmesi ve bozulmuş arazinin geri kazanım oranının artırılması" küresel hedefi göz önünde tutulduğunda 2030 yılına kadar arazi örtü/kullanımına ilişkin hangi sınıflarda neler yapılması gerektiğini de ortaya koyacaktır. Dolayısı ile Collect Earth metodolojisi 2000 yılından başlayarak günümüz mevcut durumu nedenleriyle ortaya koyabilecektir. Ayrıca hedef yıl olan 2030 yılına kadar izleme ve değerlendirme (5-10 yılda bir) yapabilecek alt yapıya sahip metodolojidir.

Arazi tahribatının dengelenmesi hedef belirleme programı teknik kılavuzuna göre (URL2) oluşturulan on aşama kapsamında Collect Earth metodolojisinin değerlendirilmesi Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 2'ye göre Colect Earth yaklaşımı politika içerikli aşamalar haricindeki teknik aşamalar için yeter düzeyde veri sunabilmekte ya da yardımcı veri temini sağlayabilmektedir. Bu yönü ile ATD konusunda metodolijinin kullanımı ve değerlendirilmesi ATD kapsamındaki uluslararası çalışmalarda yöntem olarak kullanılabilir.

Çizelge 2. ATD hedeflerine yönelik tüm aşamaların Collect Earth yöntemi ile gerçekleştirilebilirliği.

ATD hedeflerine (URL 2) yönelik aşamalar	**Collect Earth yöntemi**
Aşama 1: Hükumet yetkililerinin katılımın sağlanması	---
Aşama 2: ATD başlangıcının belirlenmesi; - Arazi kullanım/örtü sınıfları - Arazi verimliliği (üretkenliği) - Karbon stokları	 Tespit edilebilir Tespit edilebilir Yardımcı veri
Aşama 3: Arazi değerlendirilmesi; bozulma ve eğilimler - Mevcut durumun tespiti… - Arazi tahribatı eğilim alanlarının tespiti	 Tespit edilebilir Tespit edilebilir
Aşama 4: Arazi bozulma türleri/süreçlerinin tanımlanması - Arazi örtü sınıfları için bozulma nedenlerinin tespiti - Arazi bozulumunun doğrudan ve dolaylı nedenlerini tanımlamak	 Tespit edilebilir/Yardımcı veri Tespit edilebilir/Yardımcı veri
Aşama 5: Ulusal ATD hedeflerinin tanımlanması	---
Aşama 6: Arazi kullanım planlamasında ATD'nin yaygınlaştırılması - "Kayıp" ve "kazanç" alanlarının tespiti	 Tespit edilebilir
Aşama 7: ATD hedeflerine ulaşmak için önlemlerin belirlenmesi	---
Aşama 8: ATD'ye yönelik eylemlerin kolaylaştırılması	---
Aşama 9: ATD'nin izlenmesi - "kayıp" ve" kazanç" alanlarındaki değişimi ölçmek	 Tespit edilebilir/Yardımcı veri
Aşama 10: Raporlama	Hazırlanabilir

TEŞEKKÜR

Tarım ve Orman Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğüne sağladığı olanaklar ve desteklediği projelerden, Orman Mühendisi Talha Berk ARIKAN ve Saffet YILDIZ'a katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Annette L., C., Barron, J., O., Victor, M., Castillo, S., Pamela, C., Neville, D., C., Alexander, E., Geertrui, L., Martine, M., Graciela, I., M., Sara, M., Anna, E., T., Sven, W., Shelley W., 2018, Land in balance: The scientific conceptual framework for Land Degradation Neutrality, *Environmental Science and Policy* 79 (2018) 25–35.

Aydınoğlu, A.,C., Yomralıoğlu, T., 2008, Arazi Örtüsünü Temsil Eden Coğrafi Veri Tabanı Tasarımı*, II. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.

Bai, Z.G., D.L. Dent, L. Olsson, Schaepman, M., E., 2008*, Küresel Assessment of Land Degradation and Improvement - 1. Identification by Remote Sensing*. Report 5 2008/01,GLADA - ISRIC World Soil Information. Wageningen, Netherlands: ISRIC. Available Online: http://www.isric.org/isric/webdocs/docs/Report%202008_01_GLADA%20international_REV_Nov%202008.pdf

Bastin J.F., Berrahmouni N., Grainger A., Maniatis D., Mollicone D., Moore R., Patriarca C., Picard N., Sparrow B., Abraham E.M., Aloui K., Ateşoğlu A., Attore F., Başsüllü Ç., Bey A., Garzuglia M., Garcia M.L.G., Groot N., Guerin G., Leastadius L., Lowe A., Momane B., Marchi G., Patterson P., Rezende M., Ricci S., Salcedo I., Diaz P., Alfonso S., Stolle F., Surappaeva V., Castrı R., (2017), The extent of forest in dryland biomes, *Science,* doi: 10.1126/science.aam6527

Brivio, P., A. , Colombo, R., Maggi, M., Tomasoni, R., 2002, Integration of remote sensing data and GIS for accurate mapping of flooded areas*, International Journal of Remote Sensing*, 23 (3), 429–441.

FAO., 2011, The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) - Managing systems at risk. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London.

FAO., 2018, Central Asian Countries Initiative for Land Management (*CACILM*) II. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.(Marcelo Rezende; Land Monitoring Sğecialist at FAO).

Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2015, Collect Earth. http://www.fao.org/forestry/nfms-for-redd/85262/en/. (09.07.2016)

Gençer, M., Başayiğit, L., Akgül, M., 2015, Eğirdir Gölü Koruma Zonları CORINE Arazi Kullanım Sınıflaması, *Journal of Agricultural Sciences*, 21, 26-38.

Güre M., Özel, M., Özcan, E., H., 2009, CORINE Arazi Kullanımı Sınıflandırma Sistemine Göre Çanakkale Ili, *Hr.Ü.Z.F.Dergisi*, 13(3): 37 – 48.

Kitiş, C., K., 2009, Arazi Kullanımındaki Değişimlerin Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla İzlenmesinde Quickbird Uydu Verileri Ve Hava Fotoğraflarının Birlikte Kullanılma Olanaklarının Kuzey Adana Örneğinde Araştırılması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*, 168 S., Adana.

Lillesand, M., T, Kiefer, W., R., 1994. *Remote Sensing and Image Interpretation, Third Edition*, John Wiley & Sons, Inc., New York.

Ma, Z., Hart M., M., Redmond, R., L., 2001, Mapping Vegetation Across Large Geographic Areas: Integration Of Remote Sensing And GIS To Classify Multisource Data, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 67(3): 295-307.

Montanarella L., D.J. Pennock, N. McKenzie, M. Badraoui, V. Chude, I. Baptista, T. Mamo, M. Yemefack, M. Singh Aulakh, K. Yagi, Young Hong, S., 2016, World's soils are under threat. *Soil* 2(1):79-82.

Open Foris, 2015, Free Open-Source Solutions for Environmental Monitoring, http://www.openforis.org/. (26.07.2016)

Ormeci, C., Ekercin, S., 2007, An Assessment Of Water Reserve Change In The Salt Lake, Turkey Through Multitemporal Landsat Imagery And Real-Time Ground Surveys, *Hydrological Processes*, 21, 1424-1435.

Ostır, K., Veljanovskı, T., Podobnıkar, T., Stancic, Z., 2002, Application Of Satellite Remote Sensing In Natural Hazard Management: The Mount Mangart Landslide Case Study, *International Journal of Remote Sensing*, 24, 20, 3983– 4002.

Saiku, 2015, Analyse and Explore Data, http://www.meteorite.bi/. (26.07.2016)

Saroğlu, E., 2004, Farklı Çözünürlükteki Uydu Görüntülerinin Geometrik Dönüşümü Ve Dönüşüm Sonucunda Elde Edilen Görüntülerin Dış Doğruluğunun Araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Schweiger, E., W., Bolgrien, D., W., Angradi, T., R., Kelly J., R., 2005, Environmental Monitoring And Assessment Of A Great River Ecosystem: The Upper Missouri River Pilot, *Environmental Monitoring and Assessment*, 103, 21–40.

Tarım ve Orman Bakanlığı 2016, Tarım ve Orman Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadle Genel Müdürlüğü, Türkiye Arazi Tahribatının Dengelenmesi Ulusal Rapor (2016-2030). Eylül 2016, Ankara, s.s:10,34.

Topçu, P., Erpul G., 2017, The Policies and Strategies of Land Degradation Neutrality (LDN) within the framework of Sustainable Development Goals (SDGs) in Turkey, 5th International Participation Soil and Water Resources Congress, 11 sayfa.

UNCCD/ Science-Policy Interface, 2016. Land in Balance: The Scientific Conceptual Framework for Land Degradation Neutrality. Science- Policy Brief.

UNCCD/Science-Policy Interface, 2016. *Achieving Land Degradation Neutrality at the country level – Building blocks for LDN Target Setting*. Küresel Mechanism (GM) of the United Nations Convention to combat Desertification (UNCCD), Bonn, Germany. 28 pp. Available online: http://www2.unccd.int/sites/default/files/documents/160915_ldn_rgb_small%20%281%29.pdf

UNCCD-GM, 2016, *An Impact Investment Fund for Land Degradation Neutrality. Küresel Mechanism (GM) of the United Nations Convention to Combat Desertification* (UNCCD), Bonn, Germany. Available online: http://www.unccd.int/LDN-fund

URL 1 http://www.cem.gov.tr/erozyon/Libraries/cemDocument/ATDxYuksekSeviyexHedefxTasxTRxm.sflb.ashx, **(**12.07.2018)

URL2. https://www.unccd.int/sites/default/files/inline-files/LDN%20TS%20Technical%20Guide_Draft_English.pdf **(**12.07.2018)



20 Eylül 2018

13:30-14:50

SALON M1

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6126

1/25 000 ÖLÇEKLİ STANDART TOPOĞRAFİK HARİTALARDAN ELDE EDİLEN SAYISAL YÜKSEKLİK MODELLERİN DOĞRULUK ANALİZİ

Semih YILDIZ[1], Zuhal AKYÜREK[2], Abdurrahim AYDIN[3]

[1]Y. Müh., Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı, 06800, Çankaya, Ankara, semih.yildiz@metu.edu.tr

[2]Prof. Dr., Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı, 06800, Çankaya, Ankara, zakyurek@metu.edu.tr

[3]Doç. Dr. Abdurrahim Aydın, Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, 81620, Düzce, aaydin@duzce.edu.tr

ÖZET

Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) yeryüzünün katı kısmını oluşturan kara parçalarının diğer bir ifade ile topoğrafyanın deniz seviyesinden yüksekliğini, coğrafik konumu ile birlikte nicelik olarak ifade etmek üzere geliştirilirmiş ve yaygın bir şekilde kullanılan 3 boyutlu bir veri modelidir. Günümüzde kullanım amacına bağlı olarak farklı ölçeklerde ve farklı teknikler kullanılarak SYM üretimi yapılabilmektedir. Harita Genel Komutanlığı tarafından üretilen ve ülkemizde yaygın olarak kullanılan 1/25 000 (25K) ölçekli standart topoğrafik paftalar, üzerlerine işlenmiş eşyükselti eğrileri sayesinde SYM üretimi için sıklıkla kullanılmaktadır. Yatay doğruluğunun ± 5 m ve düşey doğruluğunun ±2.5 m olduğu belirtilen bu paftalar, tüm ülke topoğrafyasını kapsayacak şekilde üretilmiş olması nedeniyle, ülke çapında ve metre hassasiyetinde SYM (PAF-SYM) üretme imkânı tanımaktadır. Ancak hem üretim tekniği hem de kullanılan paftalar açısından hata barındıran bu PAF-SYM'lerin doğrulukları merak konusudur.

İnsansız hava araçları (İHA) diğer platformlara göre daha detaylı, yüksek çözünürlüklü ve düşük maliyetli veri üretimine imkân tanıması nedeniyle çok kısa zamanda bilimsel çalışmaların ilgi odağı hâline gelmiştir. Bu çalışma, İHA kullanılarak elde edilen veriler ışığında, 25K paftalardan üretilen 10 metre çözünürlüğe sahip PAF-SYM'lerin doğruluğunu test etmeyi ve hataların topoğrafyaya göre nasıl bir dağılım içinde olduğunu ortaya çıkarmayı amaçlamıştır. Bu kapsamda, üzerine 12 MP çözünürlüğe sahip kamera entegre edilmiş DJI Mavic Pro model İHA ile 80 metre uçuş yüksekliğinde 2.5 cm çözünürlükte görüntü elde edecek şekilde 7 ve 12 hektarlık iki farklı alanda uçuş gerçekleştirilmiştir. Uçuş sonucunda elde edilen sayısal görüntüler işlenerek yüksek çözünürlükte (~13cm/piksel) SYM'ler (İHA-SYM) üretilmiştir. Yatay ve düşey doğrulukları ile piksel çözünürlükleri santimetre hassasiyetinde olan İHA-SYM'ler, metre hassasiyetinde olan PAF-SYM'lerin doğruluk analizinde bir referans olarak kullanılmıştır. İki ürünü kıyaslamak için, öncelikle 13 cm çözünürlüğündeki İHA-SYM'ler 10 metre piksel çözünürlüğe sahip olacak şekilde ağırlıklı ortalama yöntemi ile yeniden örneklendirilmiştir. Böylece aynı çözünürlükte iki ayrı yöntem ile elde edilmiş SYM'ler kıyaslanmıştır. Kıyaslamaya göre SYM'ler arasında birinci alanda ortalama 6,38 metre, ikinci alanda ise ortalama -3,86 metre fark olduğu görülmüştür. Ayrıca, ağaç ve çalılıkların yoğun olduğu veya eğimin arttığı arazi bölgelerinde PAF-SYM ve İHASYP arasındaki yükseklik farklarının daha fazla olduğu görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: çözünürlük, fotogrametri, İHA, sayısal yükseklik modeli

ABSTRACT

ACCURACY ASSESSMENT OF DIGITAL ELEVATION MODEL (DEM) DERIVED FROM 1/25000 SCALE STANDART TOPOGRAPHIC MAPS

Digital elevation models (DEMs) are widely used 3D data models that consist of arrays of regularly spaced and geographically referenced bare-earth elevation values. There are various techniques used to create DEMs. In Turkey, A well-known technique is to derive elevation values from contours on 1/25 000 (25K) standard topographic maps that are already produced for the whole country by National Mapping Agency of Turkey (GCM). These 25K maps have 5 m horizontal and 2.5 m vertical accuracies. The technique to produce DEMs from 25K maps includes map digitizing, contour drawing and interpolation. Inherent errors in 25K maps combined with production procedure errors led to generate DEMs (25K-DEMs) with even greater errors, which are the subject of this study.

The aim of this study is to test the correctness of the 25K-DEMs and to find out how the errors are distributed over the topography in comparison with very high resolution DEMs derived from UAV platform (UAV-DEMs). Unmanned aerial vehicles (UAVs) have become the focus of scientific studies in a very short time since they allow for more detailed, high resolution and low cost data generation than other platforms such as artificial satellites and airplanes. In this scope, A DJI Mavic Pro model UAV with an integrated 12 MP resolution camera was used to gather very high-resolution (2.5 cm) images. Two different flights were carried out in two different study sites of 7 and 12 hectares at altitude of 80 meters. The obtained digital images were processed to produce high resolution (about 13cm/pixel) UAV-DEMs. UAV-DEMs are resampled from 13 cm pixels to 10 m pixel resolution using bilinear interpolation method to be able to compare them with 10 m resolution 25K-DEMs. As a result, DEMs obtained from two different techniques were compared by taking the elevation differences pixel by pixel. The average error of the first and second site were 6.38 m and -3.86 m respectively. In addition, the comparison shows that elevation errors increase in the regions where trees and shrubs are denser or slope is steeper.

Keywords: digital elevation model, fotogrammetry, resolution, UAV

1. GİRİŞ

Bilim ve mühendislik uygulamaları başta olmak üzere askerî, kültürel ve sportif faaliyetler gibi yeryüzü yüksekliğine bağlı uygulamalarda yatay konumlamanın yanında düşey konumlamaya da ihtiyaç duyulmaktadır. Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) bu gereksinimi karşılamak üzere geliştirilmiş ve son derece yaygın olarak kullanılmakta olan bir veri modeli olarak karşımıza çıkmaktadır. Arazi eğimi, arazi bakısı ve havza alanı gibi özellikler SYM üzerinden belirlenebilmektedir. Uzaktan algılama, fotogrametri veya yersel ölçme teknikleri kullanılarak SYM üretmek mümkündür. Harita Genel Komutanlığı tarafından üretilen ve ülkemizde yaygın olarak kullanılan 1/25 000 (25K) ölçekli standart topoğrafik paftalar (Şekil 1), üzerlerine işlenmiş eşyükselti eğrileri sayesinde SYM üretimi için sıklıkla kullanılmaktadır (Şekil 2) (Selvi, 2018).



Şekil 1. 1:25 000 ölçekli (25K) topoğrafik harita.



Şekil 2. 25K haritadan türetilmiş eşyükselti eğrileri.

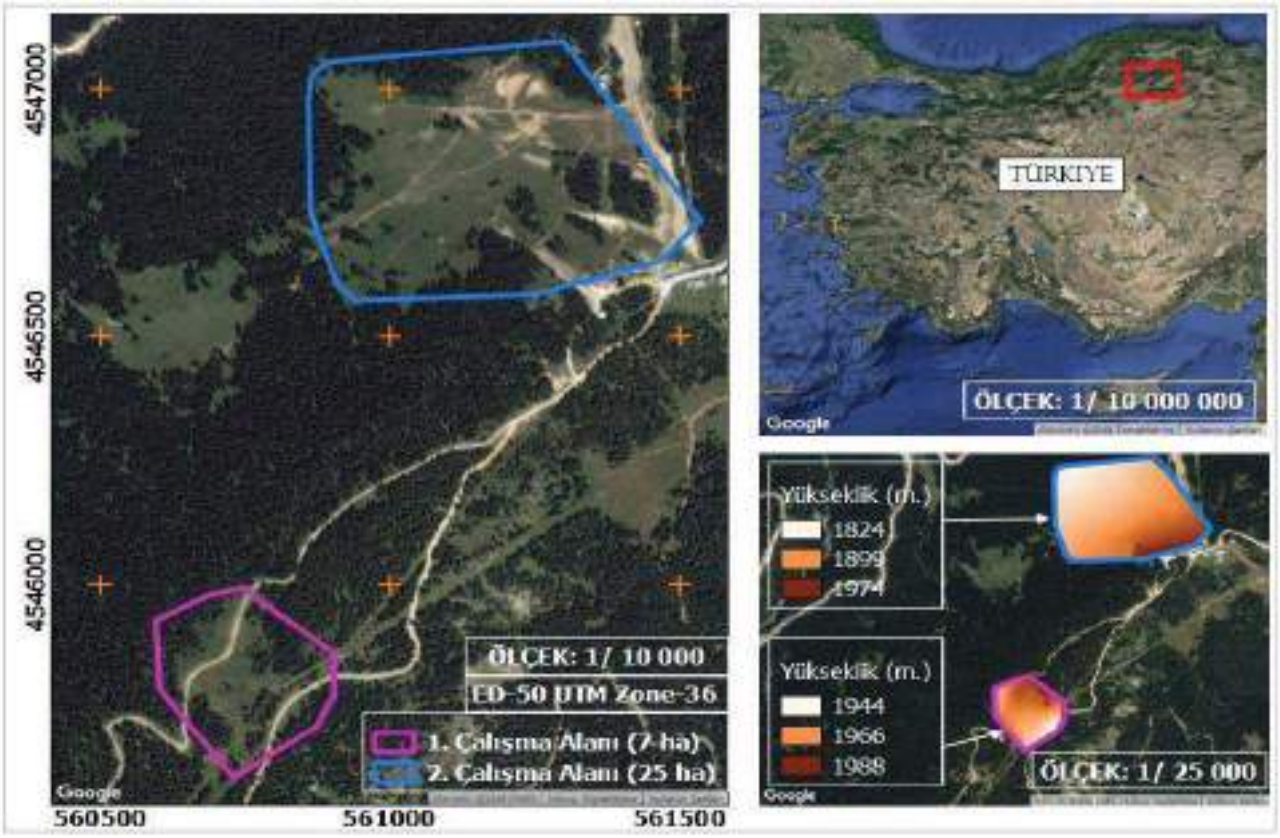
İnsansız Hava Araçları (İHA) üzerlerine entegre edilmiş GPS, IMU ve kamera algılayıcıları sayesinde uzaktan, ucuz maliyetli, yüksek çözünürlükte ve doğrulukta veri elde etme imkânı sunmaktadır (Bhandari vd., 2015). Bu durum İHA'ları, coğrafi veri elde etmede geleneksel olarak kullanılmakta olan yapay uydulara ve pilotlu hava araçlarına alternatif yeni bir platform olarak karşımıza çıkarmıştır. Bu çalışmada, İHA kullanarak sayısal hava görüntüleri elde etme ve bu verilere bağlı olarak önemli bir coğrafi veri türü olan ve yaygın bir şekilde kullanılan Sayısal Yükseklik Modeli (İHA-SYM) üretme olanağı ve kazanımları ele alınmıştır. Ayrıca çok yüksek çözünürlükte olan bu İHASYM'ler (13cm/piksel) 25K paftalardan elde edilen 10 m çözünürlüğe sahip PAF-SYM'lerin doğruluğunu test etmek için bir referans olarak kullanarak, PAF-SYM düşey doğruluğu analizi ve hataların topoğrafyaya nasıl yayıldığı konularında araştırma yapılmıştır.

2. UYGULAMA

Ilgaz Dağı Millî Parkı havzasında 7 Eylül 2017 tarihinde iki farklı alanda İHA ile uçuş gerçekleştirilmiştir. Çalışmada DJI Mavic Pro model İHA kullanıldı. Fotoğraf alımı İHA üzerine bütünleşik 12 MP çözünürlüğe sahip DJI FC220 model kamera sistemi ile yapımıştır. Konum hassasiyetini artırmak adına arazide kontrol noktaları tesis edilmiş ve bu noktalar üç boyutlu olarak Satlab SL600 Model CORS-GPS ile konumlandırılmıştır. Uçuş planlamasında UgCS yazılımı kullanılırken veri işleme ve SYM üretimi için Pix4D yazılımı ve üretilen SYM'lerin analiz ve doğruluk kıyaslamaları için R-Studio, ArcGIS ve Quantum GIS yazılımları kullanılmıştır.

2.1 Çalışma Alanı

Çalışma kapsamında, Türkiye'nin gözde millî parklarından biri olan Ilgaz Dağı Millî Parkı havzasında 7 ve 25 hektarlık alana sahip iki farklı alanda İHA ile veri alımı yapılmıştır. Bu havza Kastamonu'nun 45 km güneyinde ve Ankara'nın 200 km kuzeyinde Orta Anadolu bölgesinde yer almaktadır (Şekil 3). Deniz seviyesinden yüksekliği ortalama 1800 metredir. Ortalama sıcaklığı 5.7 °C'dir. Toprak genellikle şistler ve volkanik kayalardan oluşmuştur. Anadolu'nun en uzun ve en dinamik kırılma çizgisi olan kuzey fay hattı Ilgaz Dağı'nın güney eteklerinden geçmektedir. Millî Park içinde farklı özelliklere sahip vadiler, sırtlar ve tepeler vardır. Jeomorfolojik olarak, hafif dalgalı yayla düzlüğü veya zirve düzlüğü olarak ifade edilebilecek bir yapıya sahiptir. Arazi, genel olarak başta saf Göknar ve Sarıçam meşcereleri olmak üzere orman ile orman içi açıklık (OT) niteliğindeki alanlardan oluşmaktadır (Aydınözü vd., 2012). Ilgaz Dağı Millî Parkı'nın dağlık ve engebeli bir yapıya ve farklı arazi örtüsüne sahip olması, bu test alanını konuma bağlı uygulamalar açısından önemli kılmaktadır.



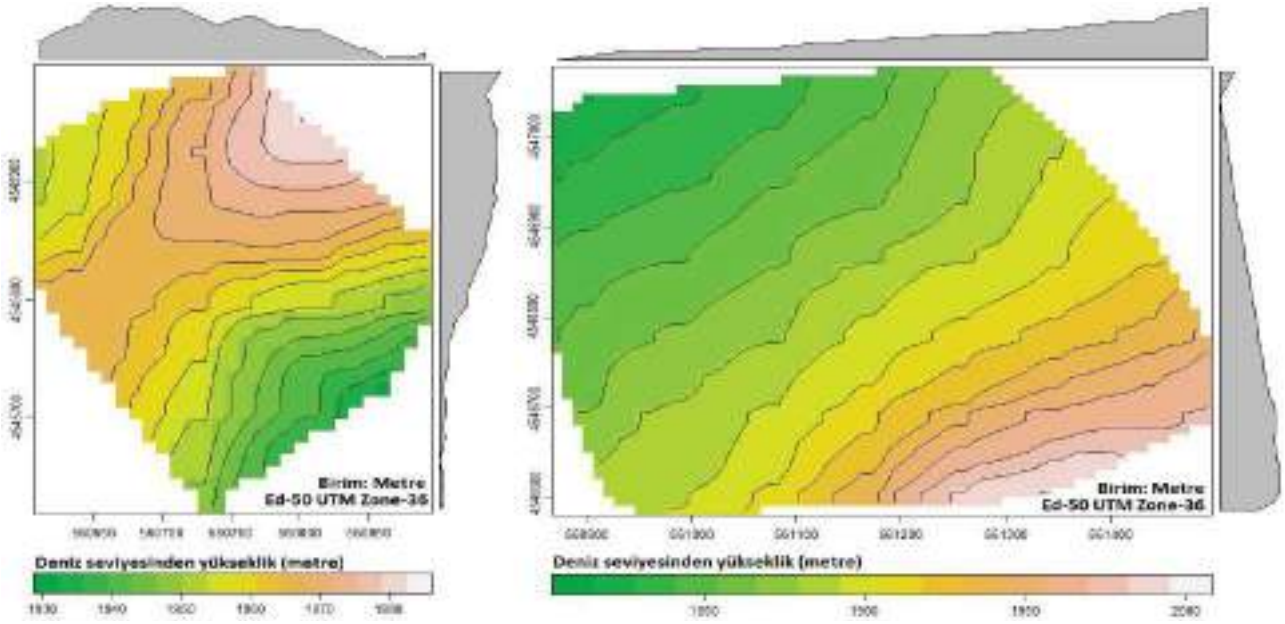
Şekil 3. Kastamonu ili, Ilgaz Dağı Millî Parkı sınırları dâhilinde bulunan çalışma alanlarını gösterir harita.

2.2 1:25 000 Ölçekli Paftalardan Sayısal Yükseklik Modeli Kazanımı (PAF-SYM)

Ulusal ölçekte standart bir SYM oluşturmak için diğer veri toplama yöntemlerine kıyasla üretim hızı, maliyet, çözünürlük ve doğruluk ölçütleri açısından beklentileri karşılaması nedeniyle 1:25 000 ölçekli topoğrafik paftaların sayısallaştırması benimsenmiştir. Yatay doğruluğunun ± 5 m ve düşey doğruluğunun ±2.5 m olduğu belirtilen bu paftalar, tüm ülke topoğrafyasını kapsayacak şekilde üretilmiş olması nedeniyle, ülke çapında ve metre hassasiyetinde SYM (PAF-SYM) üretme imkânı tanımaktadır (Bildirici vd., 2008). 1:25 000 ölçekli paftalar üzerinden yükseklik eğrilerinin sayısallaştırılması sonucu oluşturulan sayısal veri kütüğüne YÜKPAF25 denilmektedir. Çizgisel harita ve onun YÜKPAF25 örneği sırasıyla Şekil 1 ve Şekil 2 ile gösterilmiştir. Nokta yükseklikleri sadece eğriler ile temsil edilmektedir.

YUKPAF25 verileri, DTED-2 standardında 1″ çözünürlüklü SYM üretimi için kullanılmaktadır. Paftaların sayısallaştırılması sonucu elde edilen eşyükselti eğrileri ayrık veri yapısında (discrete) olup devamlı veri yapısına (continuous) kavuşturmak için yükseklik değerlerinin hesap (enterpolasyon) yoluyla bulunması gerekmektedir. Hesap sonucu bulunan grid yapıdaki yeni yükseklik değerlerinin hata miktarları daha fazla olmaktadır. Arazinin topoğrafik yapısı, toplanan veri (sayısallaştırma) sıklığı ve oluşturulacak grid ağının sıklığı gibi etmenler hata büyüklüğü üzerinde etkilidir. Kısaca SYM üretimi, baskı haritalarının sayısallaştırılmasının yanı sıra eşyükselti eğrilerinin vektöre çevrilmesi ve vektör eğrilerin yükseklik bilgilerine göre etiketlenmesi, etiketli vektör eğrilerinin enterpolasyon tekniği ile belirli bir çözünürlüğü olan gridlere çevrilmesi ve nihai olarak bu vektör gridlerin tekrar raster formatına dönüştürülerek SYM elde edilmesi aşamalarından oluşmaktadır. (Selvi, 2018).

Bu çalışmada hem üretim tekniği hem de üretildikleri paftalar açısından hata barındıran çalışma alanlarına ilişkin Harita Genel Komutanlığı tarafından yukarıda bahsedilen yöntemle üretilen Şekil 4'te gösterilmekte olan 10 metre çözünürlüğe sahip PAF-SYM'lerin doğrulukları ele alınmıştır. Alan-1 için kullanılan PAF-SYM ortalama deniz seviyesinden yüksekliği maksimum 1982, minimum 1932 olmak üzere ortalama 1960 metredir. Alan-2 için kullanılan PAF-SYM ortalama deniz seviyesinden yüksekliği maksimum 1995, minimum 1815 olmak üzere ortalama 1890 metredir.



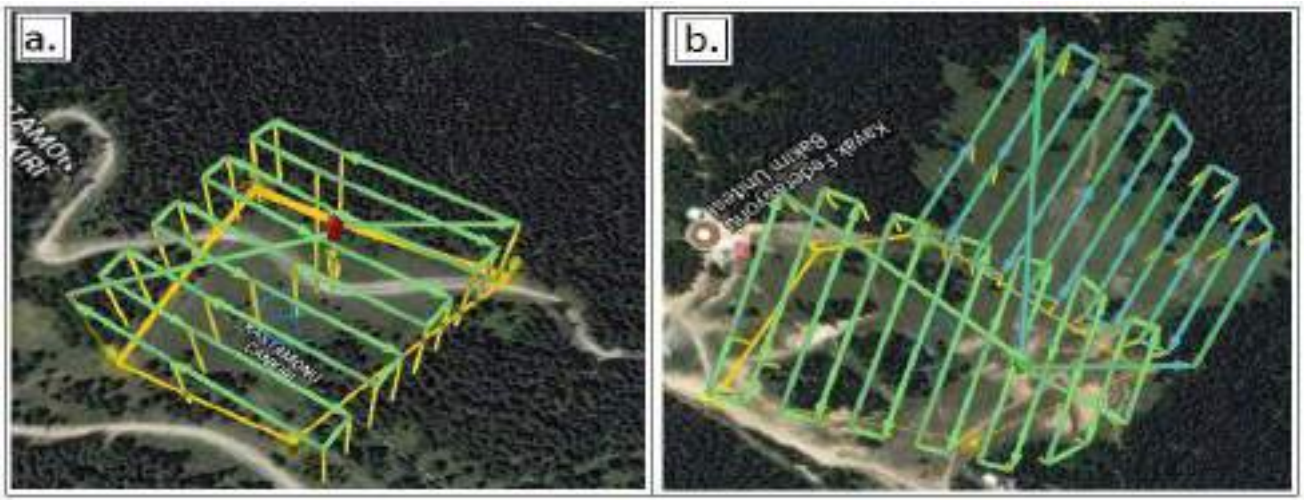
Şekil 4. Doğruluğu test edilmek üzere sırasıyla Alan 1 (Sol) ve Alan 2 (Sağ) için temin edilen 10 m çözünürlüğe sahip 1:25 000 Ölçekli Topoğrafik Haritalardan elde edilmiş Sayısal Yükseklik Modelleri (PAF-SYM).

2.3 İHA Verisinden Yüksek Çözünürlükte Sayısal Yükseklik Modeli Üretimi (İHA-SYM)

İHA ile yüksek çözünürlükte görüntü verisi elde etme ve bu görüntülerden SYM üretme süreci aşağıda belirtilen üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

2.4 Uçuş Planlaması ve Yer Kontrol Noktalarının Tesisi

Saha çalışmaları öncesinde, uçuş planlama yazılımı UgCS kullanılarak ilk olarak 7 hektarlık alan için uçuş planı tasarlanmıştır. Uçuş planı %75 ön ve %75 yan bindirmeli olarak 2.5 cm çözünürlüğü koruyacak şekilde topoğrafyaya adaptif olarak planlanmıştır. 25 hektarlık alan için iki uçuş olarak veri alımının gerçekleştirilmesi uygun görülmüş ve uçuş planı bu doğrultuda tasarlanmıştır. Ancak sahanın büyük olması nedeniyle batarya kapasitesine bağlı olarak uçuşların başarılı şekilde tamamlanabilmesi için bu iki uçuşta ön bindirme oranı %75 iken yan bindirme oranı %65 olarak tanımlanmıştır. Bu iki uçuş da ilk uçuşla aynı (2.5 cm) çözünürlüğü sağlayacak şekilde ortalama 80 m yükseklikte planlanmıştır. Her iki alan için tasarlanan uçuş planları Şekil 5'te gösterilmektedir.

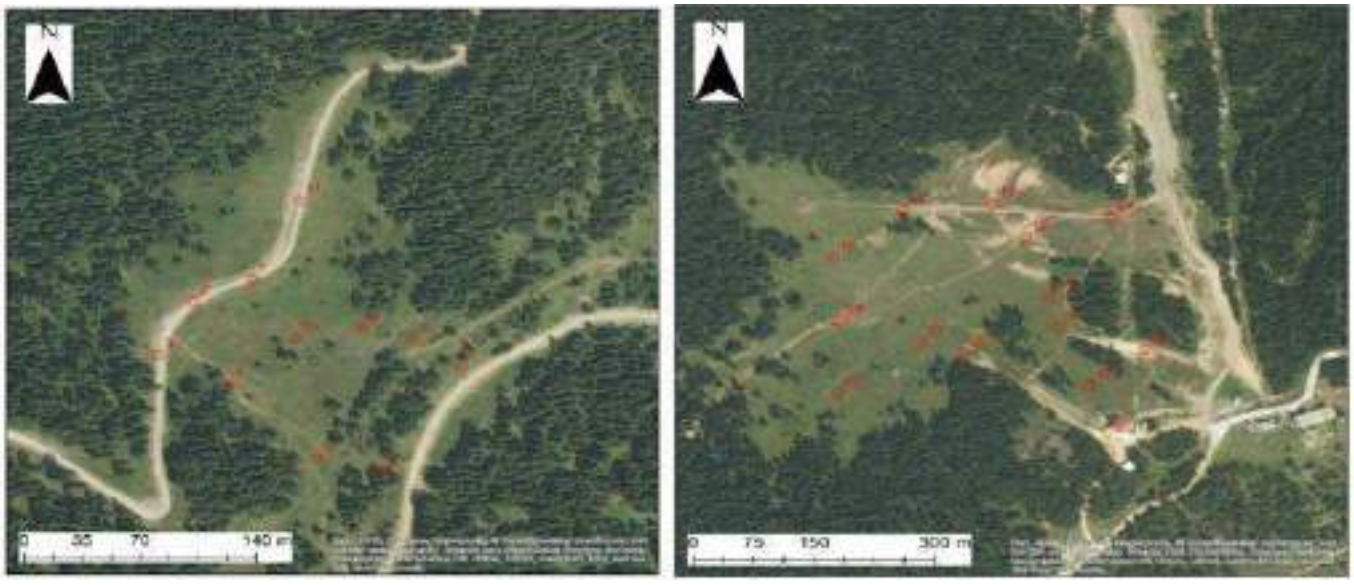


Şekil 5. UgCS yazılım kullanılarak sırasıyla Alan-1 (a.) ve Alan-2 (b.) için tasarlanan uçuş planları.

İHA'lar sahip oldukları IMU ve GPS özellikleri sayesinde çekilen her fotoğrafın çekim anına ait üç boyutlu konumlarını ölçmekte ve kaydetmektedir. Ancak bu konum ölçüleri metre hassasiyetinde olduğundan üretilecek arazi modelinin konum doğruluğunu artırmak için ayrıca yer kontrol noktalarının (YKN) tesis edilmesi ihtiyacı doğmaktadır. Bu amaçla arazide 7 hektarlık Alan 1'de 11 adet ve 25 hektarlık Alan 2'de 13 adet olmak üzere toplam 24 adet Yer Kontrol Noktası (YKN) tesis edilmiştir. Tesis edilen YKN'ler, Satlab SL600 Cors-GPS kullanılarak TUREF/TM-33 (EPSG: 5255) koordinat sisteminde cm hassasiyetinde konumlandırılmış ve elipsoit yükseklikleri ortalama deniz seviyesine indirgenmiştir. Yükseklikleri deniz seviyesine indirgemek için kullanılan geoid yüksekliği Dünya Gravite Modeli-2008 (EGM-2008) verilerinden elde edilmiştir. EGM-2008'e göre çalışma alanının geoid yüksekliği ortalama yaklaşık 36.52 metredir. Alınan koordinatlar ve hesaplanan ortalama deniz seviyesinden yükseklikler Çizelge 1'de verilmektedir. Ayrıca, YKN'lerin arazideki dağılımları Şekil 6'da gösterilmektedir.

Çizelge 1. Alan 1 (7 ha) için ölçülen Yer Kontrol Noktası (YKN) koordinatları ve hesaplanan ortalama deniz seviyesinden yükseklikleri.

Nokta No	Sağa Değer (m)	Yukarı Değer (m)	Elipsoidal Yükseklik (m)	Ortalama Deniz Seviyesi Yükseklik (m)
1	560697.70	4547482.42	2008.23	1971.71
2	560662.71	4547465.53	2005.21	1968.69
3	560641.8	4547425.17	2004.98	1968.46
4	560684.01	4547403.96	2000.64	1964.12
5	560737.15	4547346.60	1991.66	1955.14
6	560776.89	4547337.75	1986.99	1950.48
7	560823.78	4547417.20	1990.45	1953.93
8	560795.51	4547436.43	1998.32	1961.80
9	560764.49	4547444.17	2002.05	1965.52
10	560724.20	4547437.72	2000.95	1964.43
11	560726.33	4547541.35	2013.71	1977.19



Şekil 6. Sırasıyla Alan-1 (solda) ve Alan-2 (sağda) için tesis edilen Yer Kontrol Noktalarının (YKN) arazideki dağılımları.

2.5 İHA ile Veri Alımının Gerçekleştirilmesi

Arazi çalışması saat 08:45'te başlamış olup 11:45'te tamamlanmıştır. Arazi çalışması esnasında anemometre ile yerden yapılan ölçümlerde maksimum rüzgâr hızı 3 m/s olarak ölçülmüştür. DJI Mavic Pro model IHA 10 m/s'ye kadar rüzgâra dayanıklı olarak uçuşa olanak sağlamaktadır. Arazi çalışmaları esnasında hava sıcaklığı 18 °C olup gökyüzü tamamen bulutsuzdur. Böylece hem rüzgâr hem de sıcaklık açısından hava koşullarının uçuşa oldukça müsait olduğu gözlenmiştir. Uçuş planı doğrultusunda, 3 adet otonom uçuş gerçekleştirilmiştir. Alan 1'e ait görüntü alımı 09:42'de başlayıp 09:48'de tamamlanmış ve toplam uçuş süresi 8 dakika 6 saniye olarak gerçekleşmiştir. Uçuş boyunca toplam 2.4 km yol almıştır. Minimum yükseklik 1975 m ve maksimum 2068 m olarak ölçülmüştür. Hem ön hem de yan bindirme oranı % 75 ve yön açısı 230 ° olarak tayin edilmiştir. Benzer şekilde ikinci uçuş 13 dk. 23 sn. sürerken, üçüncü uçuş 12 dk. 56 sn. sürmüştür. Gerçekleştirilen ikinci ve üçüncü uçuşlarda sırasıyla 4.3 km ve 4.1 km yol almıştır. İkinci uçuşta uçuş yüksekliği minimum 1879 m ve maksimum 2058 m'dir. Üçüncü uçuşta uçuş yüksekliği minimum 1879 m ve maksimum 2058 m'dir. Her iki uçuşta, ön bindirme % 65, yan bindirme % 75 ve yön açısı 60 ° olacak şekilde uçuş yapılmıştır. Alan 1'de tek uçuş yapılarak toplam 118 görüntü elde edilirken Alan 2 için ilk uçuşta 210 ve ikinci uçuşta 197 olmak üzere toplam 407 adet görüntü elde edilmiştir.

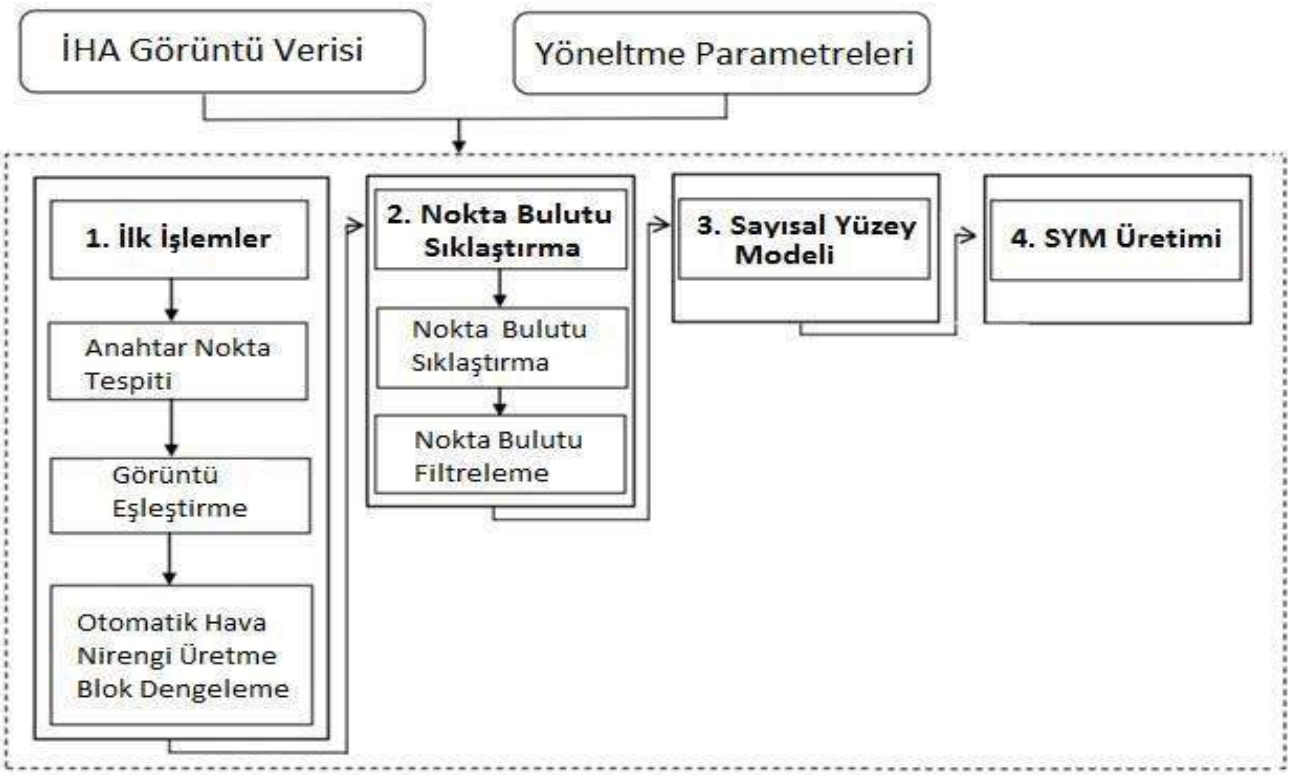
2.6 Veri İşleme ve Sayısal Yükseklik Modeli Üretimi

Arazi çalışmaları akabinde elde edilen hava fotoğraflarından SYM üretebilmek için lisanslı bir ürün olan Pix4D yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım, Computer Vision (CV) ve Fotogrammetry alanlarında kullanılan algoritmalara dayalı olarak İHA verilerini işlemek için geliştirilmiştir. Program girdi olarak sayısal hava fotoğraflarını ve yer kontrol noktalarını kullanmaktadır. Ayrıca yer noktalarının işaretlenmesi için kullanıcının elle müdahalesine imkân tanımaktadır. Yazılım ilk olarak hava fotoğraflarını eşlemek için CV alanında yaygın olarak kullanılan SIFT algoritmasını kullanarak anahtar noktaları (keypoint) tespit etmektedir. Bu anahtar noktalar kullanılarak fotoğraflar eşleştirilmekte ve kamera iç ve dış yöneltme parametreleri tayin edilmektedir. Böylece stereo kamera kalibrasyonu otomatik olarak yapılmakta ve uçuş modeli fotogrametrik anlamda oluşmaktadır. Çizelge 2'de gösterildiği gibi programın çıktı olarak verdiği kalite raporu kullanıcı tarafından kontrol edilmekte ve model doğruluğu istenilen düzeyde ise YKN noktaları işaretleme safhasına geçilmektedir. YKN noktaları kullanılarak model coğrafi olarak konumlandırılmaktadır.

Çizelge 2. Pix4D yazılımı ile oluşturulan stereo modellere ilişkin kalite değerleme cetveli (Pix4D, 2018).

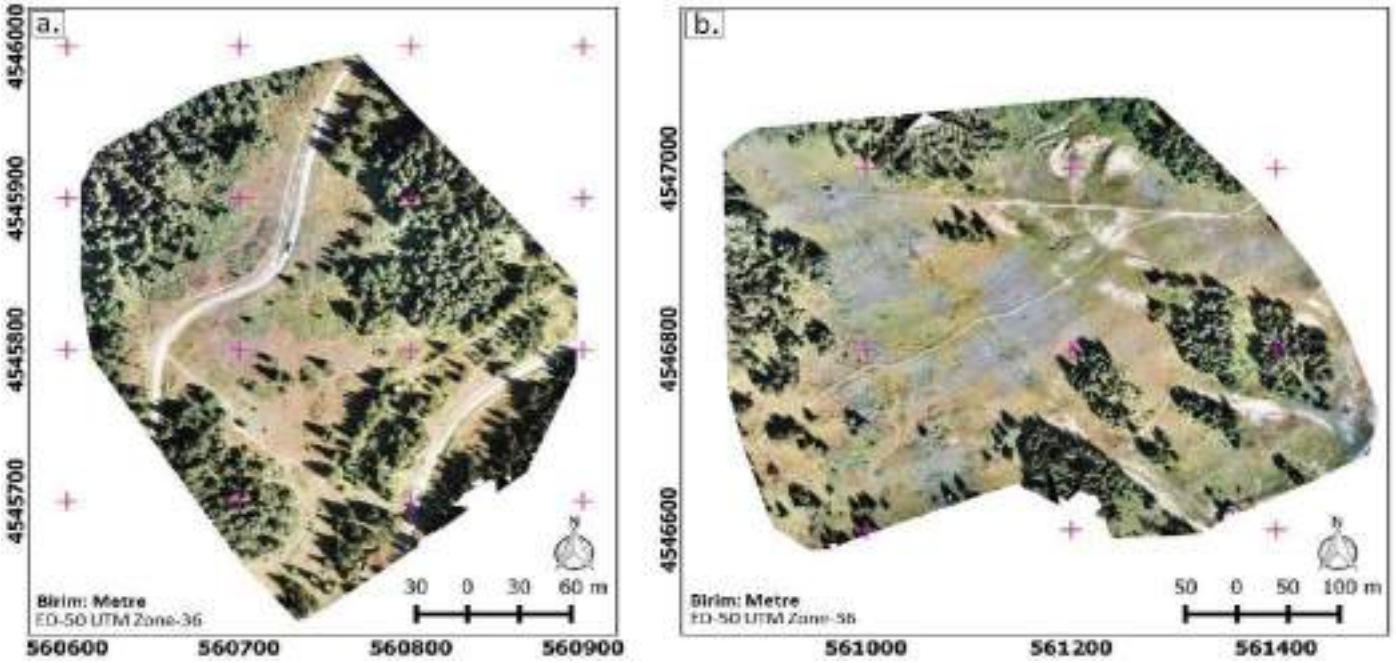
	Alan 1	**Alan 2**	**Referans**
Görüntüler	Görüntü başına ortalama 48060 anahtar nokta üretildi.	Görüntü başına ortalama 52392 anahtar nokta üretildi.	> 1000
Veri seti	118 görüntünün 118'i (%100) kalibre edildi.	407 görüntünün 401'i (%98) kalibre edildi.	> %95
Kamera Optimizasyonu	Başlangıç ve optimizasyon sonrası kamera iç parametreleri arasındaki fark % 0.08'dir.	Başlangıç ve optimizasyon sonrası kamera iç parametreleri arasındaki fark % 0.12'dir.	< %5
Eşleşme	Kalibre edilmiş görüntüler arasındaki nokta eşleşmesi ortalama 16468'dir.	Kalibre edilmiş görüntüler arasındaki nokta eşleşmesi ortalama 18298'dir.	> 1000
Coğrafik Referanslama	8adet YKN kullanılarak referanslama gerçekleştirildi. Karekök ortalama hata (RMSE)= 0.053'tür.	11 adet YKN kullanılarak referanslama gerçekleştirildi. Karekök ortalama hata (RMSE)= 0.044'tür.	YKN Sayısı>=3 RMSE<2*GSD

Girdileri tamamlanan yazılım SYM üretmek üzere nokta kümesi sıklaştırması (Point Cloud Densification) yapmakta ve milyonlarca nokta üretmektedir. Üretilen bu noktalar topoğrafik özelliklerine göre ayrıca sınıflandırılmaktadır (Point Cloud Densification). Elde edilen nokta kümesinden En Yakın Komşu Enterpolasyonu yöntemi kullanılarak Sayısal Arazi Modeli (SAM) oluşturulmakta ve topoğrafyayı olduğu gibi göstermektedir. SYM üretmek için sınıflandırılmış nokta kümesi kullanılarak topoğrafya üzerinde bulunan ağaç, çalı ve bina gibi toprak üstü objeler elimine edilmektedir. Böylece doğal topoğrafya yüzeyini gösterir SYM üretilmektedir. İş akışı şematik olarak kısaca Şekil 7'de gösterildiği gibidir.

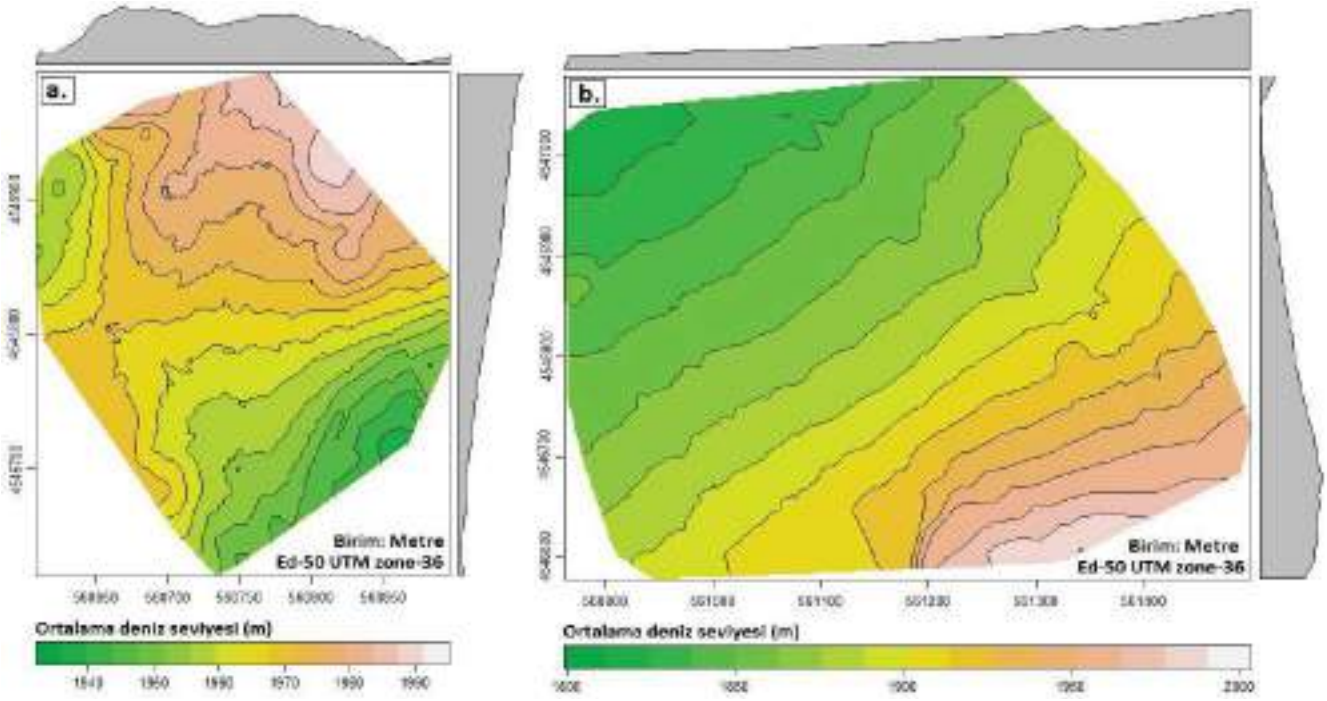


Şekil 7. Sayısal Yükseklik Modeli Üretimi için genel iş akış şeması (Bhandari. et al.. 2015).

Yukarıda ifade edilen iş akışının tamamlanması sonucunda aşağıda Şekil 8 ve Şekil 9'da gösterilmekte olan her iki çalışma alanına ilişkin Ortofoto ve Sayısal Yükseklik Modelleri elde edilmiştir.



Şekil 8. Çalışma alanlarına ilişkin İHA verilerinin işlenmesi sonucunda sırasıyla Alan 1 (a.) ve Alan 2 (b.) için üretilen ortofotolar.



Şekil 9. Çalışma alanlarına ilişkin İHA verilerinin işlenmesi sonucunda sırasıyla Alan 1 (a.) ve Alan 2 (b.) için üretilen 13 cm çözünürlüğe sahip Sayısal Yükseklik Modelleri (İHA-SYM).

2.7 İHA-SYM Verileri Yardımıyla PAF-SYM Doğruluk Analizi

PAF-SYM doğruluk analizi iki farklı grupta toplanan kontrol verisine göre yapılmıştır. Bunlar;

- İHA verilerinin işlenmesi ile elde edilen sayısal yükseklik (İHA-SYM) verileri ve
- CORS-GNSS yöntemiyle çalışma alanlarına tesis edilen YKN noktaları verileridir.

Her iki kontrol verisi grubundaki doğruluğun PAF-SYM verilerinden yüksek olduğu açıktır.

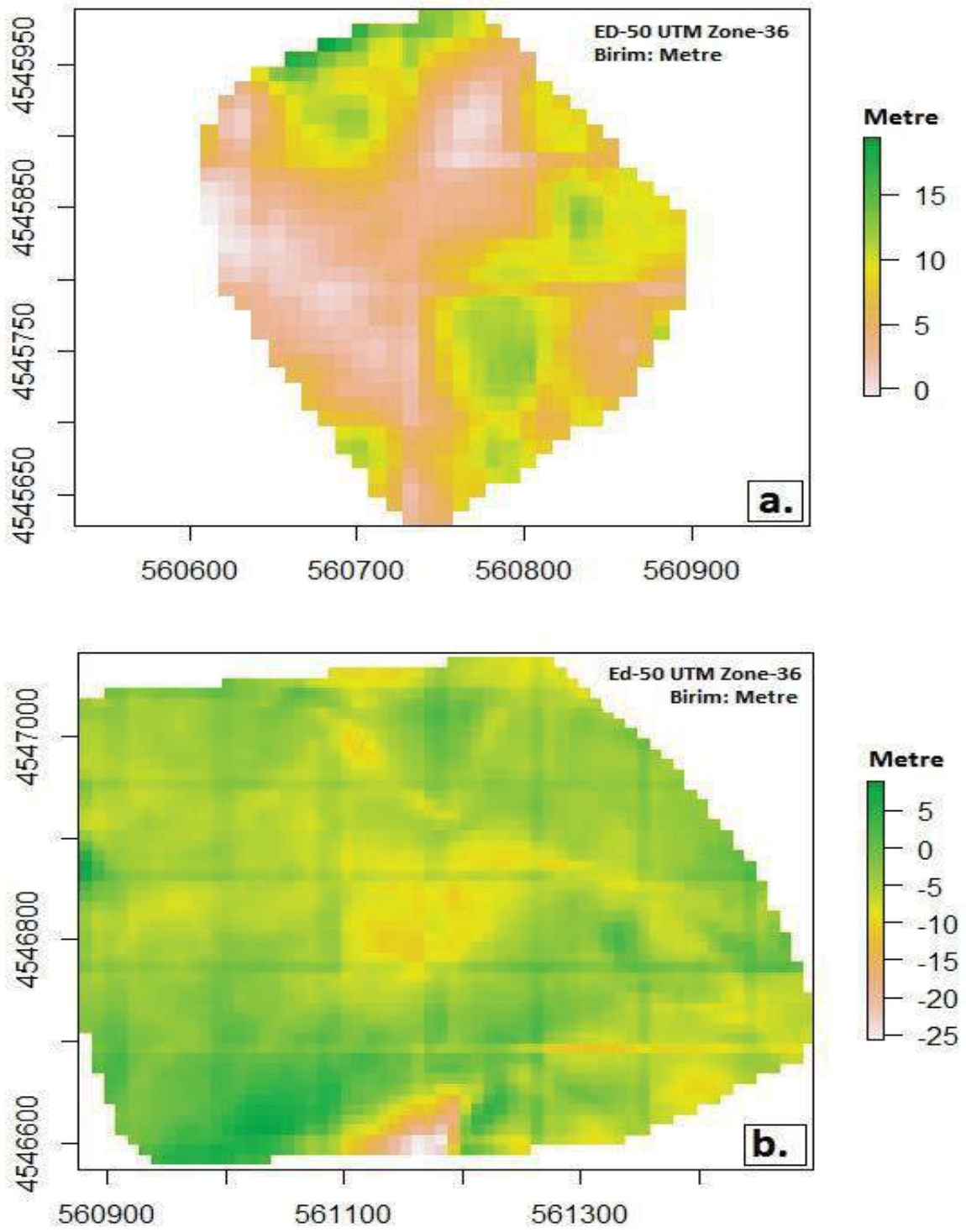
İHA-SYM çok yüksek çözünürlükte (13 cm) iken PAF-SYM'nin çözünürlüğü 10 m'dir. İki ürünü kıyaslamak için öncelikle 13 cm çözünürlüğündeki İHA-SYM'ler 10 metre piksel çözünürlüğüne sahip olacak şekilde En Yakın Komşu Enterpolasyonu hesap yöntemi kullanılarak dönüştürülmüştür. Böylece aynı çözünürlükteki iki metottan elde edilmiş SYM'ler (1) formülü kullanılarak Şekil 9'da gösterildiği gibi her iki alan için ayrı ayrı hata dağılımları elde edilmiştir. Hata dağılımlarının istatistiksel sonuçları Çizelge 3'te sunulmuştur.

X= İHA-SYM, Y=PAF-SYM ve Z=Yükseklik Hatası olmak üzere; $Z=X-Y$ (1)

Çizelge 3. Grid noktalarında hesaplanan PAF-İHA ve İHA-SYM yükseklik farklarına ilişkin istatistiksel. sonuçlar

Alan Adı	Ortalama (m)	Medyan (m)	Maksimum (m)	Minimum (m)	Standart Sapma (m)	Piksel Sayısı	Alan (ha)
Alan 1	6.38	10.54	19.34	-0.56	3.40	705	7.5
Alan 2	-3.86	-4.04	8.85	-25.74	3.58	2551	25.5

Ortalama deniz seviyesine göre tanımlı yükseklik değerlerine ilişkin mutlak hataların %95'i birinci alan için 12 m ikinci alanda 9 m'nin altındadır. Ancak Şekil 10'da gösterildiği hata dağılımı büyük ölçüde arazinin topoğrafik yapısıyla ilişkilidir. Noktasal hata değerleri dağlık ve ağaçlı alanlarda 20-25 m'ye çıkmakta iken düz yerlerde ise 4-6 m seviyesine düşmektedir.



Şekil 10. Sırasıyla Alan 1 (a.) ve Alan 2 (b.) için hesaplanan yükseklik farklarının coğrafik dağılımları.

Bu çalışmanın esas amaçlarından biri olan "İHA-SYM yükseklik değerlerini mutlak ölçüt kabul ederek PAF-SYM yükseklik değerlerinin doğruluğunu test etme" yönetiminin sağlaması niteliğinde olabilecek ikinci bir değerlendirme seçeneği de ele alınmıştır. Şöyle ki YKN noktaları yukarıda da bahsedildiği gibi araziye gelişigüzel ve tüm alanı kapsayacak şekilde dağıtılarak tesis edildiğinden ve GNNS ile çok hassas olarak konumlandırıldığından bu noktalar hem İHA-SYM hem de PAF-SYM için bir doğruluk değerlendirmesi yapmaya imkân tanımaktadır. Ancak burada İHA-SYM yükseklik değerleri YKN noktalarına bağlı olarak elde

edildiğinden aralarında bir korelasyon olduğu da malumdur. Kullandığımız PAF-SYM doğruluk analizi metodunun güvenirliğini destekler mahiyette olan YKN noktaları ile kıyas sonuçları tablo hâlinde sunulmuştur. Tablo 4'te görüldüğü gibi İHA-SYM yükseklik değerleri ile YKN yükseklik değerleri arasındaki farklar ortalama yarım metrenin altında kalırken PAF-SYM yükseklik değerleri ile YKN noktaları arasındaki yükseklik farkları birkaç metreyi bulabilmektedir. Ayrıca İHA-SYM ve PAF-SYM kıyaslamasında ortaya çıktığı gibi Alan 1 için elde edilen PAF-SYM ortalama yükseklik hatası Alan 2'den çok daha fazla çıkmaktadır.

Çizelge 4. Her iki çalışma alanına ait İHA-SYM ve PAF-SYM yükseklik değerlerinin arazide tesis edilen YKN noktalarının yükseklik değerleri ile farklarının istatistiksel değerleri. Burada Alan 1 ve Alan 2 için tesis edilen YKN noktaları mutlak ölçüt olarak kabul edilmiş ve her bir noktaya karşılık gelen piksel yükseklik değerleri ile kıyaslama yapılmıştır.

Alan Adı	SYM Türü	Ortalama (m)	Medyan (m)	Maksimum (m)	Minimum (m)	YKN Sayısı (m)
Alan 1	İHA-SYM	0.41	0.31	1.22	-0.43	11
Alan 1	PAF-SYM	5.36	4.59	10.85	1.82	11
Alan 2	İHA-SYM	0.14	-0.27	2.57	-0.96	11
Alan 2	PAF-SYM	-1.55	-2.87	9.36	-7.29	11

3. SONUÇLAR

Bu çalışma ile İHA kullanılarak standartlar dâhilinde çok yüksek çözünürlükte (13 cm) Sayısal Yükseklik Modeli (İHA-SYM) elde edilmiş ve 25K topoğrafik haritalardan elde edilen 10 m çözünürlükteki Sayısal Yükseklik Modelinin (PAF-SYM) doğrulukları iki SYM arasındaki fark alınarak test edilmiştir. Ortalama deniz seviyesine göre tanımlı yükseklik değerlerine ilişkin mutlak hatların %95'i birinci alan için 12 m ikinci alanda 9 m'nin altındadır. Ancak hata dağılımı büyük ölçüde arazinin topoğrafik yapısıyla ilişkilidir. Noktasal hata değerleri dağlık ve ağaçlık alanlarda 20-25 m'ye çıkmakta düz yerlerde ise 4-6 m seviyesine düşmektedir.

Sonuç olarak İHA-SYM kullanarak PAF-SYM'lerin doğruluğu test edilmiş ve yerel anlamda hatalar ortaya çıkarılmıştır. Ancak ülke çapında bir doğruluk değerlendirmesi yapabilmek için ülkenin farklı bölgelerinde daha büyük alanlarda uçuş yapılması gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

İHA kullanımı ve görüntü alımı konusunda yardımcı olmak üzere arazi çalışmasına eşlik eden Düzce Üniversitesinden Arş. Gör. Remzi EKER ve Müh. Yalçın Sefer'e katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Aydınözü, D., İbret, Ü., Aydın, M., 2012. Kastamonu Ilgaz Dağı Millî Parkında Arazi Kullanımının Analizi. *Marmara Coğrafya Dergisi,* Sayı: 26, Temmuz 2002, Sayfa: 108-123

Bhandari. B., Oli, U., Pudasaini, U., Panta, N., 2015. Generation of High Resolution DSM Using UAV Images. *FIG Working Week 2015 from the Wisdom of the Ages to the Challenges of the Modern World.* Sofia, Bulgaria. 1721 May 2015.

Bildirici. I.O., Üstün, A., Uluğtekin, N.N., Selvi, H.Z., Buğdaycı, I. ve Doğru, A.Ö., 2008. SRTM Verilerine Dayalı Ülke Bazında 3"×3" Çözünürlüklü Sayısal Yükseklik Modelinin Oluşturulması: Proje Sonuçları. *Uzaktan Algılama ve CBS Sempozyumu*. 13-15 Ekim 2008. Kayseri.

Pix4D, 2018. Quality Report Help. https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/202558679-Quality-reportspecifications.[Erişim tarihi: 09.05.2018].

Selvi, H.Z., Bildirici, İ.Ö., 2008. The accuracy and reliability of digital elevation models created from the contour lines of paper maps. *2. International Conference on Cartography and GIS*. Borovest, Bulgaria. p. 7

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7035

UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİ KULLANILARAK TÜRKİYE GENELİNDE BULUTLULUK ANALİZİ

Zühal KURT[1], Nazım AKSAKER[2], Ravide Kezban SEYHAN[3], Mehmet Akif ERDOĞAN[4], Gülnihal Kurt[5]

[1]Yüksek Lisans, Çukurova Üniversitesi Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri, z.kurt@student.cu.edu.tr
[2]Doç.Dr. Çukurova Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, naksaker@cu.edu.tr
[3]Yüksek Lisans Çukurova Üniversitesi Fizik rvdsyhn@gmail.com
[4]Öğr.Gör.Dr. Çukurova Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu. maerdogan@cu.edu.tr
[5]Lisans, Çukurova Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı, gulnihalkurtt@gmail.com

ÖZET

Bulut örtüsü, fotosentezden yağış miktarına kadar birçok olayı etkileyen ve uzaktan algılama yöntemleri ile doğru bir şekilde belirlenebilen bir olgudur. Bu çalışma, Türkiye genelinde açık gökyüzü alanlarının tespit edilmesi için yapılmıştır. Çalışmada, küresel ölçekli analizlerde mekânsal çözünürlüğü (500m) ile avantaj sağlayan MODIS cihazı tercih edilmiştir. Bulut örtüsü hazır ürün olarak düşük çözünürlüklü olarak sunulmaktadır. Bu çalışma ile bu ürünün yerel çözünürlük değerleri yüksek bulut örtüsü belirlenmiştir. MODIS'ın 2012-2018 yıllarını kapsayan veri arşivi, çalışmanın zaman periyodunu oldukça güncel kılmaktadır. Sonuç olarak Türkiye genelinde son altı yılda Trabzon ve Rize'nin 0.88 bulutluluk ortalaması değeri ile en yüksek, Mersin'in ise 0.070 bulutluluk ortalaması değeri ile en düşük ortalama bulutluluğa sahip olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar meteoroloji verileriyle karşılaştırılıp yorumlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: bulut örtüsü, görüntü işleme, MODİS, uzaktan algılama

ABSTRACT

CLOUDINESS IN TURKEY USING REMOTE SENSING DATA ANALYSIS

Cloud cover is a phenomenon that affects many phenomena from photosynthesis to rainfall amount and can be accurately determined by remote sensing methods. In this study, Turkey is made to identify the general area in the open sky. In the study, MODIS device, which gives advantage with spatial resolution (500m) in global scale analysis, is preferred. Cloud cover is available in low resolution as ready-made product. In this study, the local resolution of this product was determined to be high cloud cover. The actual data archive covering MODIS 2012-2018 has made the period of time work quite effective. As a result, Turkey's Trabzon and Rize 0.88 cloudiness throughout the last six years, with the highest average value, with the value of 0.070 cloudiness mean Mersin has been identified as having the lowest average cloudiness. The results were compared and interpreted with meteorological data.

Keywords: cloud cover, ımage processing, MODIS, remote sensing

1. GİRİŞ

Bulutlar Dünya'nın enerji sisteminde ve su döngüsündeki ana bileşenlerdir. (Kiehl ve Trenberth, 1997; Trenberth vd., 2009). Bulut örtüsünün; bulut katmanlarının gösterdiği değişiklikler, küresel ısınmanın iklim değişikliğine olan etkileri, hava tahminleri ve yağış gibi atmosferik ve meteorolojik alanların yanı sıra; açık hava koşuluyla astronomik gözlem kalitesi açısından da oldukça önemli bir faktördür. (Aksaker vd.,2015).

Bulutluluğun, küresel ve iklimsel etkileri göz önüne alındığında, bulut araştırmaları için meteorolojik gözlemelerden çıkarımlar yapılsa da uzay kaynaklı platformların artan kullanımı da dikkat çekmektedir. (Kaufman vd., 2002; King vd., 2003) Yüksek çözünürlüklü yeryüzü gözlemi çağına girildikçe uzaktan algılama verileri büyük patlama yaparak artış göstermiştir. (Yan Ma vd., 2010) Uydu görüntüleri kullanımındaki bu artışla birlikte bulut algılama ve bulut özellikleri elde etme adına bulut maskeleme algoritmaları ve aynı zamanda hizmet ettikleri sonuç ürününe bağlı olarak çeşitli eşik testleri geliştirilerek yöntemler çeşitlendirilmiştir. (Ackerman vd., 1998; Platnic vd., 2003; Dybbroe vd., 2005; Luo vd.,2008)

Bulutlar görünür ışığı güçlü bir şekilde bloke eder ve böylece uzay tabanlı çalışmalar için uydu sensörlerinden gelen sinyallerin kullanımını ciddi şekilde etkilemektedir. Bu bağlamda bulut piksellerinin doğru bir şekilde tanımlanması ve maskelenmesi gerekmektedir. Şu anda çeşitli maskeleme algoritmaları

mevcuttur; yakın kızılötesi eşik, kısa dalga kızılötesi eşik, uzamsal değişkenlik eşiği ve spektral değişkenlik eşiği. Bu algoritmaların herhangi biri gerçek bulut piksellerinin neredeyse tamamını belirleyebilir. (Shugou Chen ve Thinglu Zhang, 2015)

Bu bağlamda uzay kaynaklı platformlarından elde edilen ve işlenen sonuçların diğer meteorolojik ve istatistiksel sonuçlarla eş güdümlü olmasıyla birlikte uydu görüntüleri kullanımı geniş veri arşivi ile daha da avantajlı bir hâle gelmiştir. Dört mevsim ve yedi iklimin yaşandığı, matematiksel konum olarak da iklimsel etkilere elverişli olan Türkiye'de ortalama bulutluluğun incelenmesi iklimsel bağlantılar ve etkiler açısından oldukça önemlidir.

Bu çalışmada da uydu görüntüleri kullanarak Türkiye geneli 2012-2018 yılları ortalama bulut örtüsü analizi yapılmıştır. Kullanılan verilerin güncelliği, uzamsal ve zamansal çözünürlük açısından yüksek oluşu bu analizin sonuçlarını oldukça etkin kılmaktadır.

1.1 Veri

Türkiye geneli için yapılan bu çalışmada, 2012-2018 yıllarını kapsayan güncel veri seti incelenip, Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektroradyometresi (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) (MODIS) verileri kullanılmıştır. MODIS, küresel ve bölgesel ölçekli uygulamalar için en gelişmiş cihazlardan biridir. (Salomonson ve arkadaşları, 1989) Geometrik çözünürlüğü; 250 m (2 bant), 500 m (5 bant) ve 1000 m (29 bant) spektral çözünürlüğü; 0,415 µm ve 14,235 µm arasında 36 bant ve zamansal çözünürlüğü 16 gün olan MODIS 1-2 günde tüm dünyayı kaplayacak şekilde küresel geçiş sağlayabilmektedir.

Bu çalışmada AQUA ve TERRA polar yörüngeli uydusu üzerinde yer alan ve günlük hdf formatında 288 görüntü üreten MODIS bulut ürünü olan, 250m çözünürlüğe sahip, MYD35_L2/MOD35_L2 (61) veri seti kullanılmaktadır. Küresel kapsama alanında 5 dakika için granül boyutu 2030 x 1354 pikseldir. Toplamada yaklaşık olarak 6.500 hdf dosyasına ait 1.5 terabyte veri işlenmiştir. MODIS verilerine https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/ adresinden erişilebilir.

Uydu verilerinin yanı sıra Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün resmî web sitesindeki, ulusal ve uluslararası iklim istatistiklerinden oluşan yıllık iklim raporları ve yıllık meteorolojik analiz raporlarından faydalanılmıştır. Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğü web sitesine https://www.mgm.gov.tr/ adresinden erişilebilir.

1.2 Yöntem

MODİS veri seti, hdf formatında olduğundan ilk adım olarak veriler HDFView programı kullanılarak, sonraki aşamalar için, veri yapısı incelenmiştir.

Açık kaynak kodlu Python yazılımı içersindeki gdal, numpy, matplotlib gibi kütüphaneler yardımıyla veriler geotiff hâle dönüştürülüp CBS ortamına uygunlaştırılmış, ardından Türkiye koordinatları ekseninde birleştirilmiştir. Her güne ait ortalama bir geotiff görüntü oluşturularak elde edilen tüm bu günlük görüntüler yıllık ve son olarak da 2012-2018 için yıllık tekrardan birleştirilerek maksimum, minimum ve ortalama bulutluluk değeri elde edilmiştir.

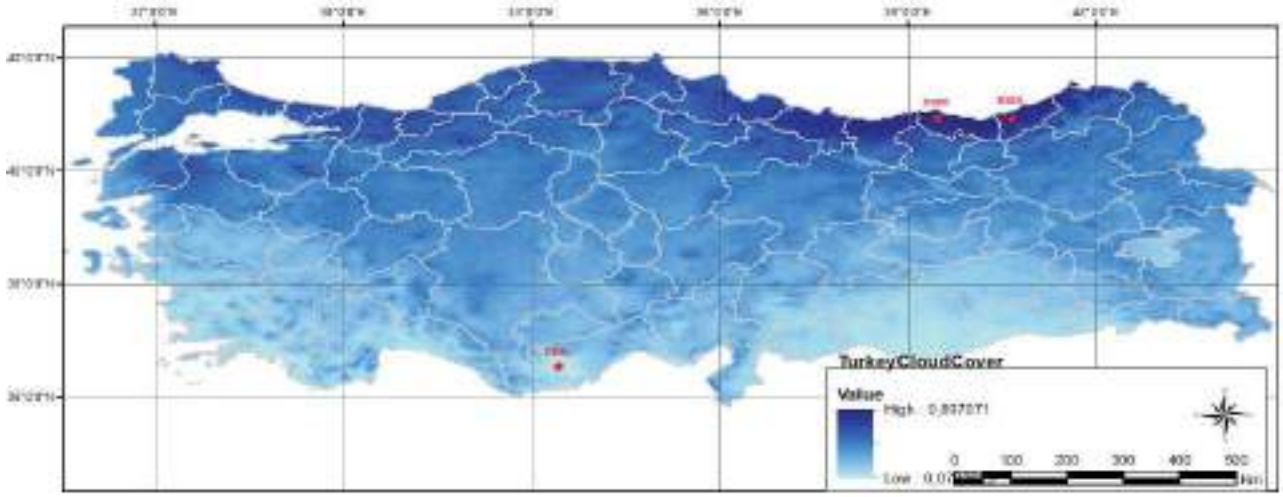
Görüntü işleme kısmında ARCGIS (ESRI) yazılımı kullanılmıştır. Verilerin görüntü konumları yer konumlarına iz düşümlendirilerek geometrik düzeltmesi yapılmıştır. Bu aşamadan sonra veriler, Türkiye Siyasi Sınır çerçevesinde kesilerek ve alansal olarak standartlaştırılarak veri aralığına göre renk kodlarıyla ölçeklendirilmiştir. Diğer referans ögeleri (pusula, ölçek vb.) eklenip görüntü formatına (JPEG) aktarılmıştır.

2.Türkiye Geneli 2012-2018 Yılları Ortalama Bulutluluk Analizi

Türkiye, Dünya üzerindeki konumu ve coğrafi yapısı gereği birçok iklime ve mevsime ev sahipliği yapmaktadır. Dolayısıyla bu değişken yapıya sahip bu coğrafya üzerinde iklim parametrelerinin bulutluluğa bağlı etkileri değişkenlik göstermektedir. Türkiye'nin bulutluluğunu etkileyen ana sistemler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Deniz kaynaklı polar hava kütleleri, Türkiye'nin kuzeyinde yoğun bulutluluğa neden olmaktadır.
- Güneybatı yukarı hava hareketleri ile gelen cephesel Akdeniz siklonları Türkiye'nin batı kısmını etkilemektedir.
- Ayrıca doğu Akdeniz havzası siklonları, Türkiye'nin güneydoğusu ve güneyindeki bulutluluk için önemlidir.
- Bazı yerel dikine aktiviteler bulutluluk üzerinde pozitif bir etkiye sahiptir.
- Kuzey Afrika ve Arap çöllerinden gelen karasal tropik hava akımları bulutluluk üzerinde, özellikle Türkiye'nin güney-doğu bölgesi, kısmen orta Anadolu ve doğu kısmı için negatif etkiye sahiptir. (Aksoy, B., Incecik, S.)

Tüm bu doğa olaylarının uzay tabanlı verilerle bir bütün olarak elde edilip incelenmesi daha dğru ve kesin sonuçlar ortaya koyacaktır. Uzaktan algılama verileri kullanılarak yapılan 2012-2018 yıllarını kapsayan analiz sonucu **Şekil 1**'de verilmiştir. Tüm yılların görüntülerinin birleştirilmesinden elde edilen bu görüntü 0-1 arasında normalize edilerek standartlaştırılmıştır. "1" değeri bulutluluğu "0" değeri de açık gökyüzünü ifade etmektedir.
Doğu Karadeniz Bölgesi'nde en yüksek seviyeye ulaşan ortalama bulutluluk piksel değeri, Orta Karadaeniz Bölgesi'ne doğru gidildikçe azaldığı, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde, Ege Bölgesinde ve Orta Akdeniz'de yerini kısmen açık gökyüzüne bıraktığı gözlenmiştir. 0.89 değeri ile ortalama en bulutlu ve 0.070 değeri ile en açık gökyüzüne sahip iller **Şekil 1.** de gösterilmiştir.



Şekil 1. 2012-2018 yılları arası Türkiye Ortalama Bulutluluk Haritası.

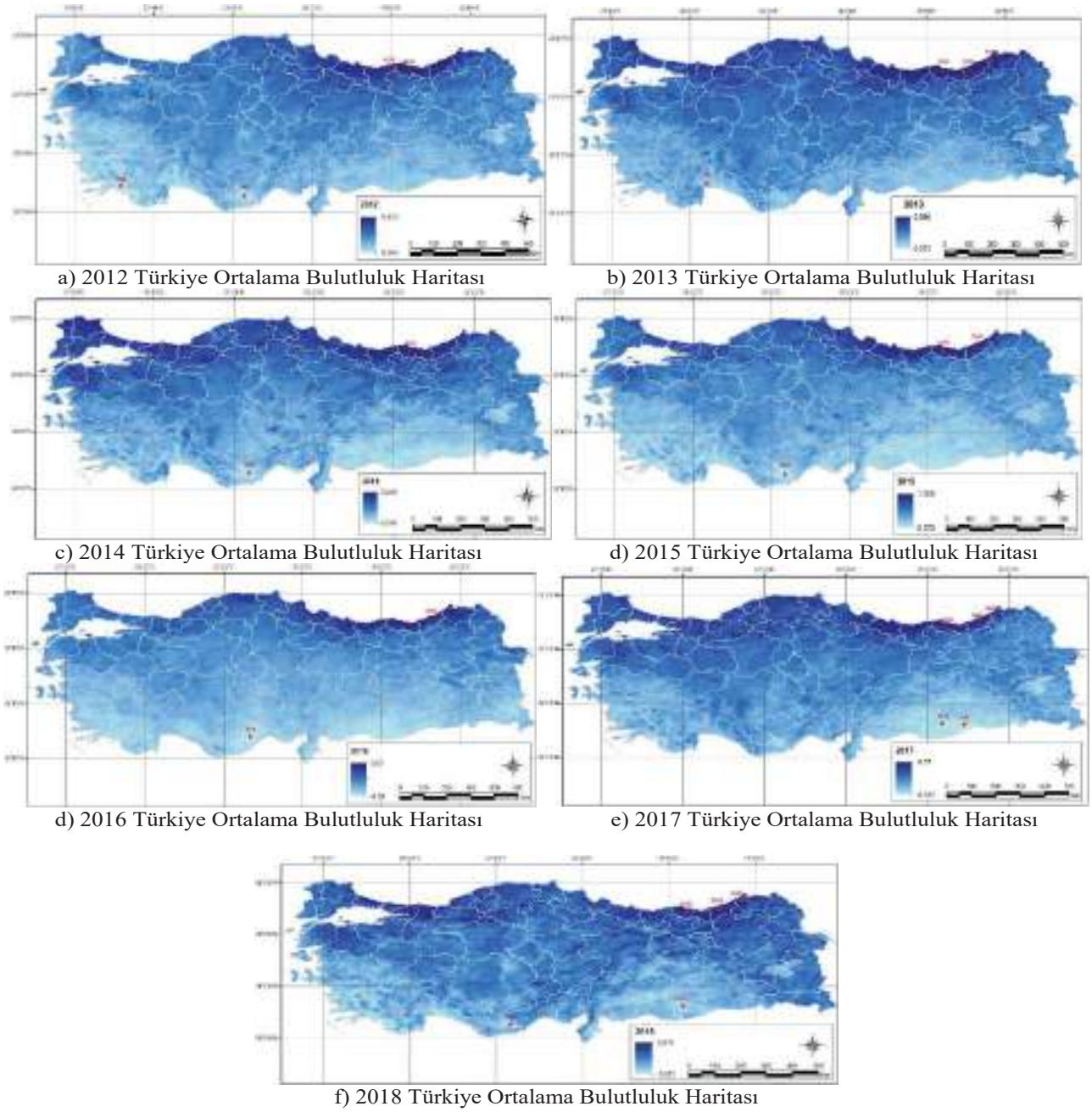
2.1. Türkiye Genelinde Yıllık Bulutluluk Analizi ve Meteorolojik Verilerle Uydu Verilerinin Karşılaştırılması

ARCGIS (ESRI) yazılımında bulunan piksel değerlerine göre; 2012-2108 yıllarına ait maksimum ve minimum bulutluluk değerleri **Tablo 1.**' de verilip **Şekil 2.**' de haritalandırılmıştır.

Yıllar	**Bulutluluk Değerleri**	İller
2012	Max: 0.872	Trabzon- Rize
	Min: 0.042	Mersin
2013	Max: 0.890	Trabzon- Artvin- Rize
	Min: 0.072	Antalya
2014	Max: 0.891	Trabzon
	Min: 0.041	Antalya
2015	Max: 1.000	Trabzon- Rize
	Min: 0.073	Mersin
2016	Max: 0.830	Rize
	Min: 0.090	Mersin
2017	Max: 0.970	Trabzon- Artvin- Rize

	Min: 0.022	Mardin- Şanlıurfa
2018	Max: 0.978	Trabzon- Artvin- Rize
	Min: 0.021	Mersin

Tablo 1. Türkiye 2012-2018 yılları arası standart ölçekte maksimum ve minimum bulutluluk değerleri ve bu değerlerin gözlemlendiği iller.



a) 2012 Türkiye Ortalama Bulutluluk Haritası

b) 2013 Türkiye Ortalama Bulutluluk Haritası

c) 2014 Türkiye Ortalama Bulutluluk Haritası

d) 2015 Türkiye Ortalama Bulutluluk Haritası

d) 2016 Türkiye Ortalama Bulutluluk Haritası

e) 2017 Türkiye Ortalama Bulutluluk Haritası

f) 2018 Türkiye Ortalama Bulutluluk Haritası

Şekil 2. Türkiye 2012-2018 Yıl Bazlı Ortalama Bulutluluk Haritası.

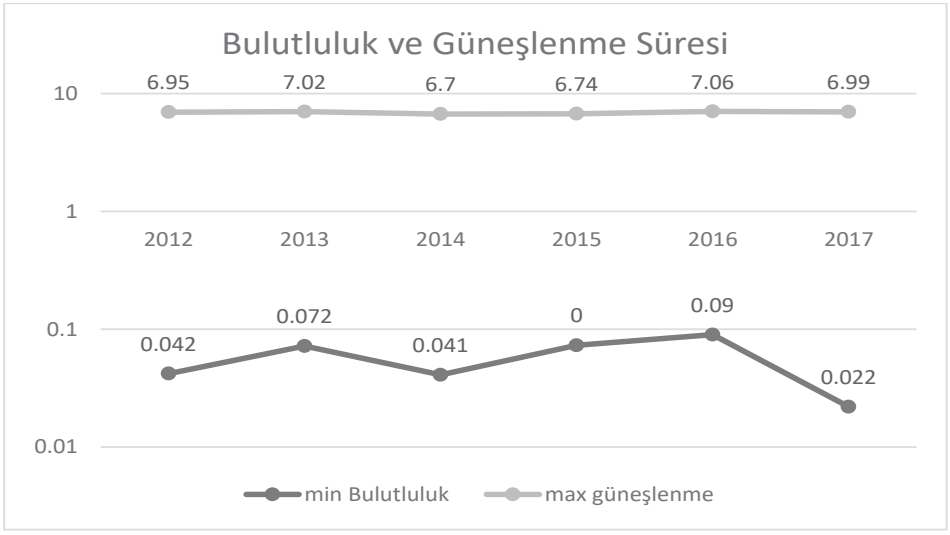
2.1.1 Bulutluluk ve Güneşlenme Süresi ile Karşılaştırılması

Bir bölgede, güneşin gökyüzünde görünebildiği süreye güneşlenme süresi denir. Bir yerin güneşlenme süresi ne kadar fazla olursa sıcaklık değeri de o kadar fazla olmaktadır. Güneşlenme süresini mevsim, bakı, enlem gibi faktörlerin

yanı sıra bulutluluk oranı da önemli ölçüde etkilemektedir. Gökyüzünün bulutlu olması durumunda güneş ışınlarının yer yüzüne düşmesi engellenir, sıcaklık değerleri düşer ve güneşlenme süresi kısalmaktadır.

Türkiye güneş potansiyeli açısından oldukça zengin bir ülkedir. Yıllık ortalama güneş enerjisi 1315 kWh/m² ve Türkiye'nin tüm yüzeyine gelen enerji miktarı 1025·1012 kWh değerleri arasında değişen yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Ülkemizin yıllık güneşlenme süresi ortalama olarak 2640 saattir. (Kumbur.H. vd.,2005)

Türkiye ortalama güneşlenme sürelerinin 1985-2017 yılları arasındaki dağılımı Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğü iklim raporlarından alınan, Türkiye Ortalama Günlük Toplam Güneşlenme Süresi Dağılımı Haritası **Şekil 3**' de verilmiştir. Uydu verilerinden elde edilen güncel ortalama bulutluluk sonuçları ise **Şekil 1** 'de verilmiştir. Açıkça görülmektedir ki Rize ilindeki ortalama 4.2-5.2 günlük güneşlenme süresi ile ortalama bulutluluk arasında bir ilişki olduğu doğrulanmaktadır. İklim raporlarından elde edilen sonuçlar ve yapılan ortalama bulutluluk analizi **Grafik 1**'de verilmiştir. **Grafik 1**'e göre minimum bulutluluğun en yüksek olduğu 2016 yılında en uzun güneşlenme süresi yaşanmıştır. Buna bağlı olarak bulutluluk ve güneşlenme süresi arasında bölgesel olduğu gibi genel ölçekte de doğru orantılı bir ilişki vardır. 2018 yılına ait iklim raporu henüz oluşturulmadığından **Grafik 1**'e 2018 yılı dahil edilmemiştir.



Grafik 1. Türkiye 2012-2107 Bulutluluk ve Güneşlenme Süresi(g) Grafiği.



Şekil 3. Türkiye ortalama günlük toplam güneşlenme süresi dağılımı.

2.1.2. Bulutluluk ve Yağış ile Karşılaştırılması

Türkiye'de yağışın yıllık dağılışı bakımından büyük farklılıklar görülmektedir. Nitekim Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yıllık yağış tutarı 2500 mm'yi geçerken, dağlarla çevrili bazı depresyonlarda bu değer 250 mm'nin altına inmektedir. Türkiye'yi üç yönden çevreleyen denizlerin buharlaşama kaynağı olarak yağış koşulları üzerindeki etkisi büyüktür. Kıyı bölgelerine ulaşan nemli hava kütleleri Kuzey Anadolu Dağları'nın kuzey, Torosların güney yamaçları boyunca yükselerek kıyı kuşağı ve bu dağların yamaçlarına bol yağış bırakır. Buna karşılık dağları aşıp iç bölgelere inen nemini büyük ölçüde yitirmiş hava kütleleri bu bölgelere daha az yağış bırakır. Bu nedenle iç bölgelerde yağış kıyı bölgelerine oranla daima azdır (Koçman, 1993). Yıllık ortalama yağış miktarlarının dağılışı açısından Torosların batısı ile Batı ve Doğu Karadeniz bölümlerinde bu değer 1000 mm'nin üzerindedir. En yüksek yağış değerleri Samsun'dan doğuya doğru olmak üzere Doğu Karadeniz Bölümü'ndedir. (Rize 2300 mm). (Ölgen M.Kirami, 2010)

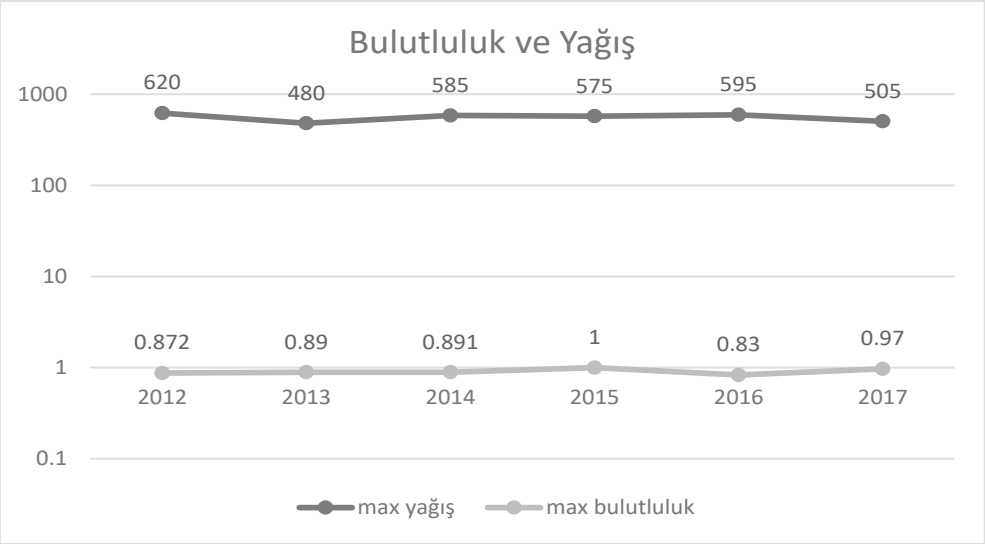
Yağmur ölçümlerinin gerçek yağışa yakın olduğu düşünülse de doğrulama için uzaktan algılama tabanlı tahminlere ve model çıktılarına ihtiyaç vardır. (Sungmin O. vd., 2016) Bu ihtiyacı karşılamak için bu çalışmada hem meteorolojik veriler hem uydu verileri karşılaştırılmıştır. Yıllık iklim raporlarından alınan istatistiksel sonuçlar ve bulutluluk analizi sonuçları **Grafik 2**'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Maksimum bulutluluğun en yüksek olduğu 2015 yılında maksimum yağışın en yüksek değeri almadığı görülmektedir. Buna bağlı olarak bölgesel ölçekte uyum gösteren yağış ve bulutluluk farklı parametrelerin etkisiyle genel bakışta uyum göstermemektedir.

Bulutlar devamlı değişiklik gösteren bir oluşum sergilemektedirler. Bulutların bu tipik şekillerinin sınıflandırılması cinsler (genera), türler (species) ve çeşitlenmeler (varieties) olarak tespit edilmiştir. Bu bulutlardan bazıları (Nimbostratus) yağmur oluşumuna sebep olurken bazıları (Virga) ise oluşan yağışın yeryüzüne inmeden buharlaşması ile gökyüzünde bulut şeklini almaktadır. (Köksal S.,2007)

MODIS bulut maskesi, sadece bulutlu / bulutsuz tanımlayıcısından daha fazladır. Çeşitli kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılamak için tasarlandığından her türlü bulut varlığına karşı çok duyarlıdır. Yanlızca bazıları ince cirrus kontaminasyonunu tolere edebilir veya düzeltebilir, diğerleri için ise bu gözardı edilir. (Strabala K.)

Tüm bunlar göz önünde bulundurulduğunda yapılan bu çalışmada elde edilen ortalama bulutluluk sonuçları, hem yağış oluşumunu etkileyen hem de yağış oluşumunu doğrudan etkilemeyen bulut piksellerinin tümünü kapsamaktadır. Genel bulutluluk ortalaması alındığında yağış getiren bulutlar ve diğerleri de bu ortalamanın içinde olduğundan yağış ve bulutluluk arasındaki ilişki **Grafik 2**' de de görüldüğü gibi uyumluluk göstermemektedir.

2018 yılına ait iklim raporu henüz oluşturulmadığından **Grafik 2**'ye 2018 yılı dahil edilmemiştir. Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan iklim istatistiklerine dayanarak oluşturulan Türkiye Yıllık Toplam Yağış Dağılımı Hraitası **Şekil 4 't**e gösterilmektedir. Türkiye Yıllık Toplam Yağış Dağılımı Haritasında 1970-2017 yılları arasındaki yağış miktarına göre Rize nin 2.2001-2.400 mm ile en çok yağış alan şehri olduğunu görülmektedir. **Şekil 1'** deki Türkiye bulutluluk haritası ile karşılaştırdığımız zaman yine Rize'nin 2012-2018 yılları arasında en bulutlu üç ilden biri olduğunu ve toplam yağış ile bulutluluk arasındaki ilişkinin bölgesel ölçekte doğru orantılı olduğunu, uydu görüntüleri ve meteorolojik verilerden faydalanarak söylenebilir.



Grafik 2. Türkiye 2012-2107 Bulutluluk ve Yağış(mm) Grafiği.



Şekil 4. Türkiye Yıllık Toplam Yağış Dağılımı Haritası.

3. SONUÇLAR

Yapılan bu çalışmada uzaktan algılama verileri kullanılarak bulutluluk analizi yapılmıştır. Güncel verilerle meteorolojik veriler kıyaslanarak yorumlanmıştır. Bölgelerin iklimsel etkilerine bağlı olarak yağış, sıcaklık ve güneşlenme süresi gibi bulutluluk faktörüyle ilgili iklimsel faaliyetlerin değerlendirilmesi yapılmıştır.

Türkiye bulutluluk analizine göre son altı yılda Trabzon ve Rize'nin 0.88 değeri ile en yüksek, Mersin'in ise 0.070 değeri ile en düşük ortalama bulutluluğa sahip olduğu belirlenmiştir. Güneşlenme süresi ve bulutluluk arasındaki ilişki ile yağış ve bulutluluk arasındaki ilişki incelenerek yorumlanmıştır. Maksimum güneşlenme süresi ve minimum bulutluluk arasında uyumlu bir ilişki görülürken, maksimum yağış ve maksimum bulutluluk arasında Türkiye genelinde uyumlu bir ilişki görülmemektedir. Bunun nedenlerinin bulut çeşitliliği ve kullanılan uydunun bulut algoritması olduğu düşünülmektedir ancak daha detaylı bir analiz için farklı bulut belirleme algoritmaları ile bulut türleri belirlenmeli, bu bulut türlerinin yağış ile ilişkisi incelenmelidir.

Uzaktan algılama verilerinin geniş veri arşivinden yararlanılabilirliği geçmişe yönelik analizler yapılmasında ve geleceğe yönelik daha kesin tahminler yapılmasında büyük avantaj sağlamaktadır. İlerleyen çalışmalarda bu avantajlar kullanılarak daha geniş veri setiyle daha geniş bölgelerde analizler yapılarak iklimsel öngörüler üzerinde çalışılması planlanmaktadır.

TEŞEKKÜR

Yapılan bu çalışma sırasında bilgisini ve desteğini esirgemeyen Dr. Kazım Kaba'ya ve bu çalışmaya sağlanan desteklerden dolayı TÜBiTAK 117F309 no'lu projeye teşekkürü bir borç bilirim.

KAYNAKLAR

Ackerman, S. A., Strabala, K. I., Menzel, W. P., Frey, R. A., Moeller, C. C. ve Gumley, L. E., 1998. Discriminating clear sky from clouds with MODIS. *Journal of Geophysical Research,* 103: 32141-32157.

Ackerman, S. A., Strabala, K. I., Menzel, W. P., Frey, R. A. Moeller, C. C., Gumley, L. E., Baum, B. A., Schaaf, C. ve Riggs, G., 1997. Discriminating clear-sky from cloud with MODIS algorithm theoretical basis document (MOD35). *EOS ATBD Home Page*, 125.

Aksaker, N., Yerli, S.K., Erdoğan, M.A., Erdi E., Kaba, K. ve Ak, T., 2015. Astronomical site selection for Turkey using GIS techniques. *Experımental Astronomy* ,39: 547-566

Bar-Or, R. Z., Altaratz, O. ve Koren, I., 2011. Global analysis of cloud field coverage and radiative properties, using morphological methods and MODIS observations. *Atmospheric Chemistry And Physıcs*, 11: 191-200.

Chen, S., Zhang, T., 2015. An improved cloud masking algorithm for MODIS ocean colour data processing. *Remote Sensing Letters*, 6(3): 218-227.

Chu, A., K. I. Strabala, R. Song, S. Platnick, M. Wang and S. Matoo, 1997. MODIS Atmosphere Quality Assurance Plan. MODIS Home Page, 44.

Justice, C.O., Townshend, J.R.G., Vermote, E.F., Masuoka, E., Wolfe, R.E., Saleousc, N., Roya, D.P. ve Morisette, J.T. 2002. An overview of MODIS Land Data Processing and Product Status. *Remote Sensing Of Environment*, 83:3–15.

Frey, R., 2010. *Collection 6 Updates to the MODIS Cloud Mask (MOD35),* MODIS/VIIRS Science Team Meeting. 19 Sayfa.

Khlopenkov, K.V., Trishchenko, A.P. ve Luo, Y., 2008. Implementation and Evaluation of Concurrent Gradient Search Method for Reprojection of MODIS Level 1B Imagery. *IEEE Transactions on Geoscience And Remote Sensing*, 46(7): 2016-2027.

Kumbur, H., Özer, Z., Özsoy, D. ve Avcı, E., 2005. *Türkiye'de Geleneksel ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması.* TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Yenilenebilir Enerji Kaynaklar Sempozyumu ,7 Sayfa.

Koçman, A., 1993. Türkiye'de Yağış Yetersizliğine Bağlı Kuraklık Sorunu. *Ege Coğrafya Dergisi*. 7:77- 88.

Koçman, A., 1993. Türkiye İklimi*, Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları,* 72.

Köksal S., 2007. Bulutlar, *T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü*

King, W., Menzel, P., J. Kaufman, Y., Tanre, D., Platnick, S., Ackerman, S., Lorraine, A., Pincus,R. ve Hubanks, P., 2002, Cloud and Aerosol Properties, Precipitable Water, and Profiles of Temperature and Water Vapor from MODIS, *IEEE Transactions On Geoscience and Remote Sensing*

Kirami, Ö., 2010, Türkiye'de Yıllık ve Mevsimsel Yağış Değişkenliğinin Alansal Dağılımı, *Ege Coğrafya Dergisi*, 19(1):85-95

Luo. Y., Trishchenko. A.P. ve Khlopenkov. K.V., 2008. Developing clear-sky, cloud and cloud shadow mask for producing clear-sky composites at 250-meter spatial resolution for the seven MODIS land bands over Canada and North America, *Remote Sensing of Environment*,112(12): 4167-4185

Platnick, S., King M. D., IEEE, Ackerman, S., Menzel, P. ve Bryan, A., 2003. The MODIS Cloud Products: Algorithms and Examples From Terra, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(2):459-473

Ricciardelli. E., Romano. F. ve Cuomo. V., 2010. A Technique for Classifying Uncertain MOD35/MYD35 Pixels Through Meteosat Second Generation-Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager Observations.", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 48(4): 2137-2149.

Sezen, I., Sakarya, S., Topçu, S., Aksoy, B. ve Incecik, S., 2013. *Türkiye'nin Marmara ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde Açık Günlere Ait Global Radyasyon Değişiminin Açıklık İndeksi İle İncelenmesi,* MGM Araştırma-Atmosfer Modelleri. 9 Sayfa.

Strabala, K., 2004. *MODIS Cloud Mask User's Guide.32 Sayfa.*

Zhang, R., Sun. D., Li.S.ve Yu. Y., 2013. A Stepwise Cloud Shadow Detection Approach Combining Geometry Determination and SVM Classification for MODIS Data, International Journal of Remote Sensing, 34(1): 211-226.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7037

UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİ KULLANILARAK TÜRKİYE GENELİNDE IŞIK KİRLİLİĞİ ANALİZİ

Ravide Kezban SEYHAN[1], Nazım AKSAKER[2], Zühal KURT[3], Mehmet Akif ERDOĞAN[4]

[1]Yüksek Lisans Çukurova Üniversitesi Fizik rvdsyhn@gmail.com
[2]*Doç.Dr. Çukurova Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, naksaker@cu.edu.tr*
[3]*Yüksek Lisans*, Çukurova Üniversitesi Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sis*temleri, z.kurt@student.cu.edu.tr*
[4]*Öğr.Gör. Çukurova Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu.Maerdogan@cu.edu.tr*

ÖZET

Artan nüfus ve şehirleşmeye bağlı olarak uydu görüntüleri ile gözlemlenen yapay ışıklar da zamana bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu değişim oldukça dikkat çekici olup bize nüfus artışı ve şehirleşmenin hangi oranda değiştiği konusunda bilgi vermektedir. Bu çalışmada, 2012-2018 yıllarına ait Türkiye'deki gözlemevleri için ışık kirliliği analizi yapılmaktadır. VIIRS uydusu zamansal ve mekânsal çözünürlüğü açısından bu çalışmada tercih sebebi olmuştur. Uzaktan algılama ile yapılan bu çalışmada nüfus artışı ve şehirlerdeki gelişim ile ışık kirliliğinin doğru orantılı olarak artığı görülmüştür. Şehirleşmeye bağlı olarak, diğer illere göre nüfus artışının yaşandığı iller sırasıyla İstanbul,Ankara ve İzmir dir ve buna ek olarak da bu illerde ışık kirliliği değerlerinin artışı görülmektedir.

Anahtar Sözcükler: ArcGIS, ışık kirliliği, uzaktan algılama, VIIRS

ABSTRACT

LIGHT POLLUTION IN TURKEY USING REMOTE SENSING DATA ANALYSIS

Depending on the increasing population and urbanization, the artificial lights observed with satellite images change with time. This change is not e worthy and gives us information on population growth and where the urbanization has changed. In this study, belonging to Turkey around the year 2012-2018 light pollution analysis is performed. The VIIRS satellites are preferred in this study in terms of temporal and spatial resolution. In this study, which is made by remote sensing, population growth and development in cities were seen to increase in direct proportion to light pollution. It is seen that Istanbul, Ankara and İzmir in addition to the light pollution values related to the urbanization and the increase of the population according to other things.

Keywords: ArcGIS, light pollution, remote sensing, VIIRS

1.GİRİŞ

Uzaya yönlendirilmiş yanlış aydınlatmalar ve düzensiz yayılan ışıklar atmosferdeki molekül ve tozlar tarafından saçılarak gökyüzünün doğal fon parlaklığını bozmakta,astronomi gözlemlerini engelleyecek ve doğal hayatı bozucu etkile oluşturacak şekilde büyük bir tehlike oluşturmaktadır (Bennie et al., 2014a) . Işık kirliliği(Light Pollution),ışığın enerji savurganlığına neden olacak,yanlış yerde, yanlış miktarda, yanlış yönde ve yanlış zamanda ışık kullanılmasıdır. Işık kirliliğinin başlıca sorumlusu gelişen teknoloji, artan insane nüfusu ve nüfusun yerleşim tercihlerinin artık çoğunlukla kentler olmasıdır. Işık kirliliği geceleri gökyüzünde bir parlaklık oluşturur. Işık kirliliği olmasa bile göğün kendine ait bir parlaklığı vardır. Işık kirliliği bu doğal parlaklığı artırarak gökyüzünün gözlenmesine olumsuz etki yapar. Bu durum her geçen yıl ışık kirliliğinin artışını göstermektedir. Bu çalışmanın amacı, uzaktan algılama görüntülerini kullanarak ışık kirliliğini ölçmek ve değişimini izlemektir. (Bhaduri et al., 2002)

Işık kirliliğine ait uydu sistemlerimlerinin üç işletim sistemi vardır. Birincil gece sensörü ABD Hava Kuvvetleri Savunma Meteoroloji Uydusu Programı (DMSP) na ait uydulara monte edilen Operasyonel Hatlar Sistemi (OLS)dir. Şu anda, görüntüleme NOAA ait meteorolojik uydusu Suomi Ulusal Kutupsal Yörünge Ortaklığı (Suomi-NPP) tarafından da gerçekleştirilmektedir. Suomi-NPP'nin yeni bir Görünür Kızılötesi Görüntüleme Işınölçer Düzeneği (VIIRS) uydusu var. VIIRS uydusu, geçmişte kullanılan DMSP uyduları üzerindeki gece ışığı tespit aygıtlarına kıyasla büyük ölçüde iyileştirilmiş bir çözünürlük ve hassasiyet sunmaktadır (Changyong Cao and Yan Bai 2014). Bu yüzden çalışmada en uygun VIIRS uydusunun daha uygun olduğu düşünülmüştür.

1.1 Veri

Görünür Kızılötesi Görüntüleme Işınölçer Düzeneği (VIIRS),28 Ekim 2011'de başarıyla fırlatılan Suomi Ulusal Kutupsal Yörünge Ortaklığı (Suomi NPP) uzay aracının en önemli araçlarından biridir.VIIRS uydusu bölgesel ve küresel ölçeklerdeki arazi yüzeyini karakterize etmek ve izlemek için oldukça uygundur. Bu araç, günde iki kez tüm Dünya'nın orta çözünürlüklü, radyometrik olarak doğru görüntülerini sağlamak için tasarlanmış olup farklı bant genişliklerine karşılık gelen çeşitli verileri toplar.

VIIRS, 0.412 µm ile 12.01 µm arasındaki spektrumu kapsayan 22 spektral bant içerir. Görünür Kızılötesi Görüntüleme Işınölçer Düzeneği (VIIRS), 28 Ekim 2011'de, gündüz / gece bantlarında (DNB), 500 ve 900 nm arasında 750 m'lik bir mekansal çözünürlükte yüksek kaliteli gece görüntülerini toplar (Miller et al., 2012, 2013). NOAA/NCEI'deki Dünya Gözlemleri Grubu (EOG), VIIRS DNB'den gece vakti verileri kullanılarak ortalama ışımaları üretip bizlere sunmaktadır. Ortalamalar yıllık ve aylık bazda yayınlanmaktadır. Verilere https://www.ngdc.noaa.gov/eog/viirs/download_dnb_composites.html adresinden erişilebilmektedir. Bu çalışmada aylık görüntüler kullanılmıştır.

1.2 Uygulama

Yayınlanan veriler ESRİ tarafından geliştirilen ölçeklendirilebilen entegre bir Cografi Bilgi Sistemi yazılımı olan ArcGIS yazılımı ile düzenlenmiştir. Kullandığımız adreste tüm dünyanın ışık kirliliğinin ortalaması aylık ve yıllık bazında 6 paftaya bölünmüş şekilde yayınlanmıştır. Çalışmamız Türkiye genelinde olduğu için öncelikle ArcMap te Türkiye kesilmiştir ve CBS ortamında ışık kirliliğinin analizi yapılmıştır. Türkiyeyi belirledikten sonra 2012-2018 yıllarına ait veriler ArcMap te görüntülenmiştir.



a) 2012 yılının , ArgMapte JPEG formatındaki görüntüsü



b)2013 yılının , ArgMapte JPEG formatındaki görüntüsü



c)2014 yılının , ArgMapte JPEG formatındaki görüntüsü



d)2015 yılının , ArgMapte JPEG formatındaki görüntüsü



e)2016 yılının , ArgMapte JPEG formatındaki görüntüsü



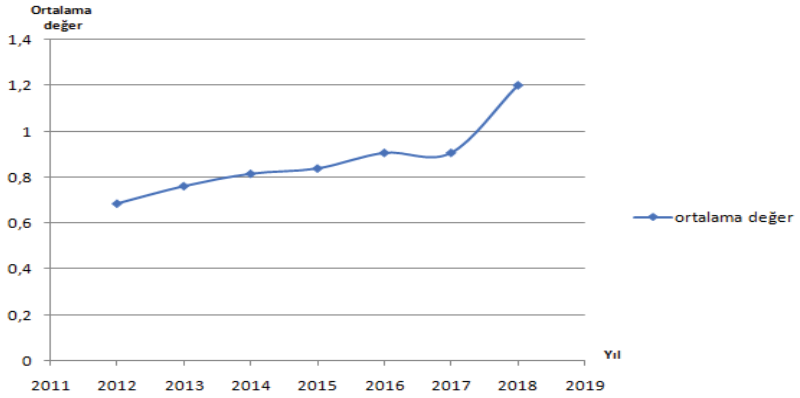
f)2017 yılının , ArgMapte JPEG formatındaki görüntüsü



g)2018 yılının , ArgMapte JPEG formatındaki görüntüsü

Şekil 1. 2012-2018 yıllarının ArcMapte JPEG formatındaki görüntüsü.

Görüntüleme işleminden sonra her yılın ışık kirliliği ortalama değerleri belirlenmiştir. Elde edilen değerler ile MapInfo ArcGIS 10.04 yazılımı kullanarak her yıl bu değerlerde artış olduğu belirlenmiştir.

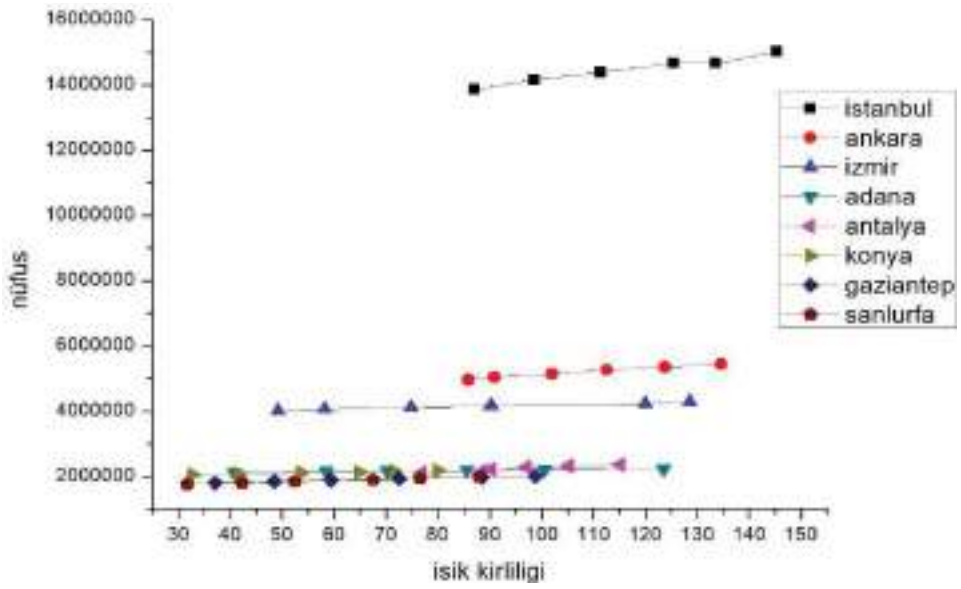


Şekil 2. Türkiye 2012-2018 yıllarına ait ışık kirliliği değerleri.

2012-2018 yılları arasındaki ışık kirliliğinin artış nedenlerinin en önemli faktörü nüfus artışı ve şehirleşmedir.

2. Nüfus Artışı ve Işık Kirliliği

Şehirleşme ile nüfus artışı doğru orantıdadır. Bu durum ışık kirliliğinin daha fazla olmasına sebep olmaktadır. (Onuk,2008). Son altı yıl da hızla nüfusun arttığı iller sırasıyla İstanbul, Ankara, İzmir, Adana, Antalya, Konya, Gaziantep, Şanlıurfa'dır. Bu illerin nüfus bilgisi Nüfus İl Müdürlüğünden alınan elde edilmiştir. Değerlere https://www.nufusu.com/il/ adresinden ulaşabilirsiniz.
Bu çalışmamızda nüfus artışı ile ışık kirliliğinin arasındaki ilişki araştırılmıştır.



Şekil 3. Türkiye 2012-2018 yıllarına ait nüfus ve ışık kirliliği değerleri.

Grafikte görüldüğü gibi nüfus artışının görüldüğü illerde ışık kirliliği artışı da görülmektedir.

3. Işık Kirliliği Astronomi İlişkisi

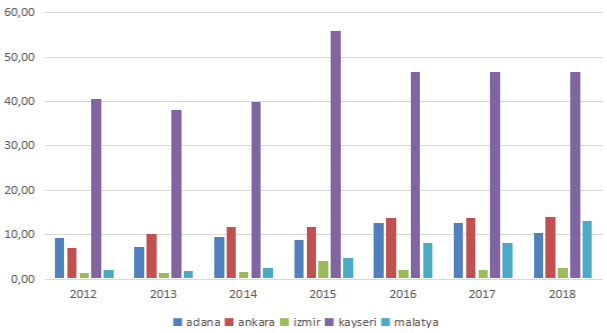
Işık kirliliğinin fazla olması, özellikle astronomi çalışmalarını olumsuz etkileyen bir durumdur. (Dokuzcan, 2006). Gökyüzüne doğru yayılan yapay ışık, atmosferdeki toz ve moleküller tarafından her yöne saçılır ve gece gökyüzünün doğal arka plan parlaklığını artırır. Bu yapay gök parlaklığı astronomik gözlemleri olumsuz etkiler. Işık kirlenmesinin neden olduğu yapay gök parlaklığı, her gözlemevini olumsuz etkilemektedir. Astronomik gözlemevleri şehirlerden çok uzaklara kurulmuş olsalar dahi ışık kirliliğinden etkilenmektedirler. Türkiye'deki gözlemevlerinin ışık kirliliğinin 2012-2018 yıllarına ait değerleri ArcMap te görüntülenmiştir ve bulunduğu yerin ışık kirliliği değeri belirlenmiştir.

Işık kirliliğinin fazla olması, özellikle astronomi çalışmalarını olumsuz etkileyen bir durumdur (Dokuzcan, 2006). Gökyüzüne doğru yayılan yapay ışık, atmosferdeki toz ve moleküller tarafından her yöne saçılır ve gece gökyüzünün doğal arka plan parlaklığını artırır. Bu yapay gök parlaklığı astronomik gözlemleri olumsuz etkiler. Işık kirlenmesinin neden olduğu yapay gök parlaklığı, her gözlemevini olumsuz etkilemektedir. Astronomik gözlemevleri şehirlerden çok uzaklara kurulmuş olsalar dahi ışık kirliliğinden etkilenmektedirler. Türkiye'deki gözlemevlerinin ışık kirliliğinin 2012-2018 yıllarına ait değerler ArcMap te görüntülenmiştir ve bulunduğu yerin ışık kirliliği değeri belirlenmiştir.

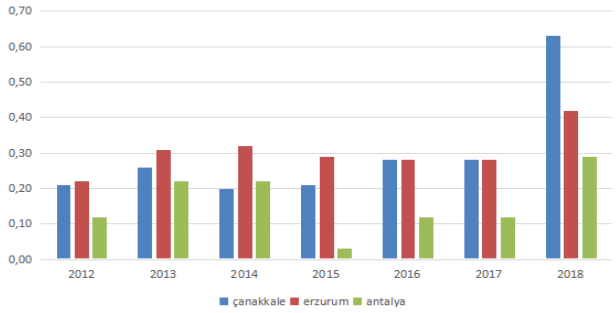


Şekil 5. Nisan 2018 yılının,Türkiye deki gözlemevlerinin, ArgMapte JPEG formatındaki görüntüsü.

Işık kirliliğini Türkiye de bulunan gözlemevlerinin konumlarına göre incelediğimizde de artışın olduğunu görülmektedir.



a) Adana,Ankara,İzmir,Kayseri,Malatya illeri



b) Çanakkale, Erzurum,Antalya illeri

Şekil 6. 2012-2018 yıllarına ait Türkiye gözlemevleri ışık kirliliği zamansal değişim grafiği.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmamızda VIIRS uydusu verileri kullanılarak son altı yılın ışık kirliliği analizi yapılmıştır. Işık kirliği analizi son altı yılda nüfusu hızla artan 8 il ve Türkiye de bulunan gözlemevleri dikkate alınarak yapılmıştır.

Işık kirliliği değerlerindeki artış miktarı nüfus artışına ve şehirleşmeye bağlı olduğu görülmektedir. Nüfus artışına bağlı ışık kirliliği değerinin artış gösterdiği iller sırasıyla İzmir, İstanbul ve Ankara dır. Bu değerler ve İzmir de %7,9 İstanbul da %5,8 ve Ankara da %4,7 artış görülmektedir.

Işık kirliliği artışının 2012-2018 yılları arasında en çok artış gösteren gözlemevlerinin bulunduğu iller sırasıyla Kayseri (Erciyes Üniversitesi Uzay Bilimleri Gözlemevi Uyguluma ve Araştırma Merkezi) ve Ankara (Kreiken Gözlemevi) dır. Işık kirliliği değeri Kayseri de %1,5 iken Ankara'daki değer %0,7 artış görülmektedir.

TEŞEKKÜR

Yapılan bu çalışmaya sağlanan desteklerden dolayı TÜBiTAK 117F309 nolu projeye teşekkürü bir borç bilirim.

KAYNAKLAR

Ansarı B.H.,2013," Işık Kirliliği (Karanlık Kirliliği) ve Çevreye Olan Etkileri", *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* Volume:28, Pages 11-22

Cao C., Xiong J., Wolfe R., DeLuccia F.,Liu M.,Blonski S., Lin G. ,Nishihama M., Pogorzala D. ,Oudrari H. ,Hillger D.,2013, "Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) Sensor Data Record (SDR) User's Guide", *U.S. Department Of Commerce National Oceanic and Atmospheric Administration*

Cao C. , Bai Y., 2014, "Quantitative Analysis of VIIRS DNB Nightlight Point Source for Light Power Estimation and Stability Monitoring",Remote Sensıng, Volume:6 ,Pages 11915-11935

Dziurdzikowski J., Janowski A., Przyborski M., Szulwic J., 2014," Satellite Imaging in the Analyses of Light Pollution", *Sciverse Science Direct,* Volume: 00 (2014) 000–000

Levin N., Zhang Q,. 2017, "A global analysis of factors controlling VIIRS nighttime light levels from densely populated areas", *Remote Sensing Of Environmente*, Volume:190, Pages 366-382

www.darksky.org

https://www.lightpollutionmap.info/#zoom=4&lat=5759860&lon=1619364&layers=B0FFFFTFFFF

http://www.lrc.rpi.edu/programs/nlpip/lightinganswers/lightpollution/lightPollution.asp

http://www.tug.tubitak.gov.tr/isik/kirlilik.html



20 Eylül 2018

15:10-16:50

SALON 2009

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6708

OPTİK GÖRÜNTÜLERDEN KONUM BİLGİSİ ELDE ETMEDE KULLANILAN ALGILAYICI YÖNELTME YÖNTEMLERİ

Hüseyin Topan

Doç. Dr., Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 67100, Zonguldak, topan@beun.edu.tr

ÖZET

Optik görüntüler, fotogrametri, uzaktan algılama, bilgisayarla görme ve derin öğrenme çalışmalarında en sık kullanılan veri türüdür. Görüntülerden konuma bağlı bilgi elde edilmesi, temelde görüntü koordinat sistemi ile nesne koordinat sistemi arasındaki dönüşümün sağlanması ile mümkündür. Genel olarak "algılayıcı yöneltmesi" adı verilen bu dönüşüm işlemi, algılayıcı ve taşıyıcı geometrisini kullanan ve kullanmayan yöntemler ile koordinatlandırılmış görüntü, mozaik görüntü, ortogörüntü ve Sayısal Yükseklik Modeli gibi konum bilgisi içeren farklı türde ürünlerin üretilmesinde kullanılmaktadır. Bu ürünlerin doğrudan konuma bağlı uygulamalarda kullanılmasının yanında çevre, ormancılık, tarım, peyzaj, şehir ve bölge planlama, arkeoloji, savunma vb. farklı uygulamalarda da birer altlık olarak kullanılması söz konusudur. Dolayısıyla ürünlerin elde edilmesinde kullanılan yöntemlerin özellikleri hem ürünün kalitesini hem de ürünün kullanıldığı uygulamanın başarısını etkileyecektir.

Ülkemizde gerçekleştirilen uygulamalara bakıldığında, yukarıda bahsedilen ürünlerin üretiminde genellikle kullanıcı müdahalesinin sınırlı olduğu ticari yazılımların kullanıldığı görülmektedir. Giderek yaygınlaşan açık erişimli yazılımların kullanımı artsa da kullanıcılar özellikle algılayıcı yöneltmesi yöntemine müdahale etmemektedir. Bu eksiklik ancak algılayıcı yöneltme yöntemlerinin aralarındaki farkların, kullanılabileceği algılayıcı ve ürünlerin iyi bilinmesi; ayrıca dengeleme işlemlerinin ve sonuç doğruluk araştırmasının nasıl yapılacağının kavranması ile aşılabilir.

Bu bildiride, insansız hava araçlarından yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerine kadar geniş bir yelpazede kullanımına gereksinim duyulan algılayıcı yöneltme yöntemleri, aralarındaki farklar, dengeleme ve sonuç doğruluk işlemleri hakkında bilgiler verilecektir.

Anahtar Sözcükler: fotogrametri, uzaktan algılama, algılayıcı yöneltmesi, algılayıcıya bağımlı yöneltme, algılayıcıdan bağımsız yöneltme

ABSTRACT

SENSOR ORIENTATION MODELS USED FOR GENERATION OF GEOSPATIAL INFORMATION FROM OPTICAL IMAGES

Optical images are the most common input data used in photogrammetry, remote sensing, computer vision and deep learning applications. Generation of geospatial information from images is based on the transformation between image and object coordinate systems. This transformation is generally called "sensor orientation", and is used for generation of various kinds of geospatial products such as georeferenced image, mosaic image, orthoimage and Digital Elevation Model. Such kinds of products are not used only in geospatial applications but also in environmental, forestry, agricultural, landscape architecture, urban and regional planning, archaeology, defence etc. The characteristics of methods affects both the quality of products and the success of application where the product is used.

When the nation-wide applications are reviewed, it can be said that the commercial software which the user cannot fully control all steps is used in the generation of products aforementioned. Although open access software becomes more common than in the past, users refrain changing the options of sensor orientation. This challenge could be overcome with the help of knowledge of difference among the sensor orientation models, suitable imaging sensors and products which the model can be used in. Besides, how the adjustment process and final accuracy assessment will be held are the other vital issues.

This paper presents wide-range of information about sensor orientation models which is widely used for unmanned aerial vehicles and high resolution satellite images.

Keywords: photogrammetry, remote sensing, sensor orientation, sensor dependent orientation, sensor independent orientation

1. GİRİŞ

Optik görüntüler, fotogrametri, uzaktan algılama, bilgisayarla görme ve derin öğrenme çalışmalarında yaygın olarak kullanılan bir veri türüdür. Tarihî süreçte "analog fotoğraf" olarak elde edilen görüntüler, günümüzde yerini tamamen "elektro-optik" görüntüye bırakmıştır. Optik bir görüntü, 3B (3 boyutlu) nesne uzayının 2B (2 boyutlu) görüntü uzayına merkezî bir izdüşümüdür. Bu izdüşüm, uzaktan algılamada kullanılan algılayıcıların dar görüş alanı nedeniyle paralel izdüşüm hâlini alır (Okamoto, 1992). Ham bir görüntü ile sadece satır ve sütun değerlerinden oluşan görüntü koordinatları elde edilir. Görüntü kullanılarak nesne koordinatlarının elde edilebilmesi için ise görüntü ve nesne koordinat sistemleri arasındaki koordinat dönüşümünün gerçekleştirilmesi gerekir. Genel olarak *algılayıcı yöneltmesi* olarak adlandırılan bu işlem *algılayıcıya bağımlı* ve *algılayıcıdan bağımsız* olmak üzere iki çeşit yöntem ile gerçekleştirilir. Yöntemin özelliklerine göre tek (mono) veya bindirmeli (stereo) görüntülerden 2/3B nesne

koordinatlarını elde etmek mümkündür. Böylece koordinatlandırılmış görüntü, mozaik görüntü, ortogörüntü ve SYM (Sayısal Yükseklik Modeli) gibi konum bilgisi içeren farklı türde ürünlerin üretilmesi mümkündür.

Bu bildiride, insansız hava araçlarından yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerine kadar geniş bir yelpazede kullanılan algılayıcı yöneltme modelleri, aralarındaki farklar, dengeleme ve sonuç doğruluk işlemleri, 2/3B koordinat bilgisi elde etmede nasıl kullanıldıkları hakkında bilgiler verilecektir.

2. ALGILAYICI YÖNELTME YÖNTEMLERİ

Algılayıcı yöneltme yöntemleri temelde *algılayıcıya bağımlı* ve *algılayıcıdan bağımsız* olmak üzere ikiye ayrılır. Bu yöntemlerin temel özellikleri şöyle sıralanabilir:

a) *Algılayıcıya bağımlı* yöntemler, algılayıcının ve taşıyıcının geometrik özelliklerini dikkate alırlar.
b) Kuramsal olarak algılayıcıya bağımlı bir yöntem, fotogrametride kullanılan eşdoğrusallık bağıntıları dışında YKN'ye (Yer Kontrol Noktası) ihtiyaç duymaz. Ancak yüksek konum doğruluğu için algılayıcı ve taşıyıcı sisteme ait parametrelerin (elemanların) düzeltilmesi gerekir. Bu nedenle YKN, çizgisel özellikteki nesneler veya SYM gibi ek verilerin kullanımı kaçınılmazdır.
c) Algılayıcıdan bağımsız yöntemler algılayıcının ve taşıyıcı sistemin geometrik özelliklerini dikkate almazlar.
d) Algılayıcıdan bağımsız yöntemlerin katsayıları YKN veya çizgisel özellikteki nesneler yardımıyla belirlenir.
e) Dengeleme ile hem görüntü koordinatlarına hem de yöneltme ögelerine/katsayılarına düzeltme getirilebilir. Bunun için faklı dengeleme yöntemleri kullanılmaktadır.
f) Dönüşüm işleminde kötü konum ve kötü koşul sorunu ile karşılaşmak olasıdır. Bu sorunun çözümü için düzenlileştirme, normalleştirme, farklı matris tersi alma veya indirgeme yöntemleri kullanılmaktadır.

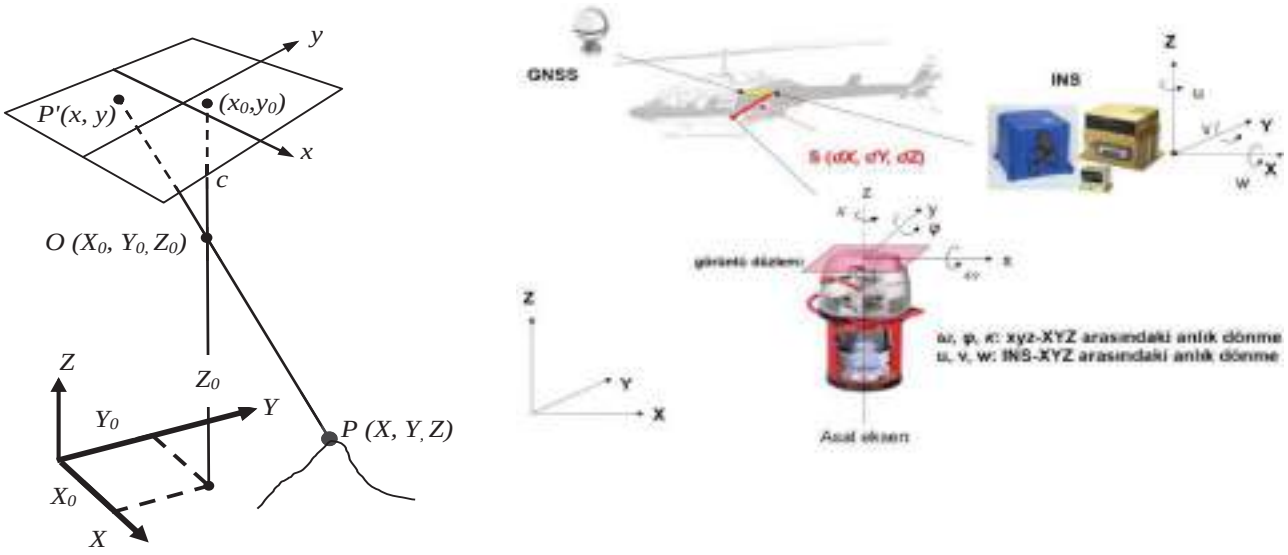
Görüntünün geometrik özellikleri, algılayıcı ve taşıyıcı sistemin geometrik özelliklerine bağlı olduğundan, görüntüleme geometrisi konusunu da özetle ele almak açısından öncelikle algılayıcıya bağımlı yöntemler tanıtılacaktır.

2.1. Algılayıcıya Bağımlı Yöntemler

Algılayıcıya bağımlı yöntemler, görüntü ve nesne koordinat sistemi arasındaki dönüşümü gerçekleştirirken algılayıcı ve taşıyıcı sistemin geometrik özelliklerini dikkate almaktadırlar. Bu yöntemler, fotogrametri ve uzaktan algılama için iki farklı bölümde ele alınacaktır. Aralarındaki fark, uzaktan algılamada kullanılan taşıyıcı sistemin (yapay uydu) bir yörüngede hareket etmesinden kaynaklanan ek bazı koordinat sistemleri kullanmasıdır.

2.1.1. Fotogrametride Kullanılan Yöntemler

Öncelikle fotogrametride en yaygın bilinen eşdoğrusallık bağıntıları üzerinde durulacaktır. Bu bağıntının dayandığı geometrik ilişki **Şekil 1 a**'da gösterilmektedir. Görüntü merkezi bir izdüşümle elde edilir ve izdüşüm merkezi kamera optik sisteminin merkezidir (*O*). Görüntü koordinat sistemi (*x, y*) ile nesne koordinat sistemi (*X, Y, Z*) arasındaki dönüşüm, *O* merkez alınarak *O'*nun ve nesnenin (*P*) görüntü ve nesne uzayındaki karşılıkları ile oluşturulan üçgenler yardımıyla (1) numaralı eşitlik ile tanımlanır.



a) Eşdoğrusallık bağıntılarının elde edildiği fotogrametrik görüntü alım durumu.

b) Fotogrametride kamera, INS/IMU ve GNSS alıcısının durumu.

Şekil 2. Algılayıcıya yarı-bağımlı yöntemler için geometrik temeller.

$$\begin{bmatrix} X_P \\ Y_P \\ Z_P \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} X_O \\ Y_O \\ Z_O \end{bmatrix} + s \underline{R} \begin{bmatrix} x - x_o \\ y - y_o \\ 0 - c \end{bmatrix} \quad (1)$$

Burada X_P, Y_P, Z_P P'nin nesne koordinatlarını, X_O, Y_O, Z_O O'nun nesne koordinatlarını, s ölçeği, $\underline{R}$ görüntü ve nesne koordinat sistemleri arası dönmeyi, x, y görüntü koordinatlarını, x_o, y_o O'nun görüntü koordinat sistemindeki karşılığını (asal noktanın konumunu) ve c odak uzaklığını temsil etmektedir. Analog fotoğraflar kullanıldığında görüntü koordinat sistemi çerçeve işaretleri kullanılarak yeri belirlenen orta noktadan başlarken sayısal görüntülerde ise bu görüntülerin matris yapısı nedeniyle görüntünün sol üst köşesinden başlayarak satır ve sütun yönünde tanımlanır. $\underline{R}$ dönme matrisi ise görüntünün koordinat sisteminin üç ekseni (x, y, c) ile nesne koordinat sistemi eksenleri (X, Y, Z) arasında sırasıyla ω, φ, χ açılarıyla tanımlanan ve pozitif değerleri saat ibresinin tersi olarak kabul edilen açılardan hesaplanmaktadır. Bu dönme, görüntüleme sistemini taşıyan sistemin hareketinden ve rüzgâr gibi etkenlerden kaynaklanmaktadır. İç yöneltme öğeleri (x_o, y_o, c) ise kamera kalibrasyon raporu ile veya kullanıcı tarafından test görüntüleri çekilerek belirlenebilir (Kraus, 1993). Kamera kalibrasyon raporları, çerçeve işaretlerinin ve asal noktanın görüntü koordinatları, mercek bozunum değerleri ve odak uzaklığı gibi değerlerin olduğu bir rapordur. Bu bağıntılarda iç yöneltme ögeleri (x_o, y_o, c) kameraya özgü olarak değişse dahi dış yöneltme ögeleri YKN yardımıyla (X_0, Y_0, Z_0, ω, φ, κ) uzay geriden kestirme ile hesaplanarak elde edilmektedir (Örmeci, 1988).

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte taşıyıcı sistemin dönüklüğünün INS/IMU (Inertial Navigation System/Inertial Measurement Unit) ve taşıyıcı sistemin konumu GNSS (Global Navigation Satellite Systems) alıcısı ile belirlenir (**Şekil 1 b**). Dolayısıyla görüntü koordinat sistemi (x, y) ile nesne koordinat sistemi (X, Y, Z) arasındaki dönüşüm görüntü ↔ kamera ↔ INS/IMU ↔ GNSS ↔ yer koordinat sistemleri arasındaki dönüşümün tanımlanması ile mümkündür. *Doğrudan algılayıcı yöneltmesi* adı verilen bu yöntemin bağıntısı şöyledir:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_i = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} + \underline{R}_{ins}^{yer} \cdot \begin{bmatrix} dX \\ dY \\ dZ \end{bmatrix} + s \cdot \underline{R}_{ins}^{yer} \cdot d\underline{R}_{gör}^{ins} \cdot \begin{bmatrix} x - x_0 \\ y - y_0 \\ -c \end{bmatrix} \quad (2)$$

Burada, kamera koordinat sistemi ile görüntü koordinat sistemi arasındaki dönüşüm iç yöneltme ile gerçekleştirilir. $d\underline{R}_{gör}^{ins}$, kamera ve INS/IMU arasındaki dönüklüğü, $\underline{R}_{ins}^{yer}$ ise INS/IMU ile yer koordinat sistemi arasındaki dönüklüğü temsil eder. Ölçek s ile gösterilmektedir. dX, dY, dZ ise INS/IMU ve GNSS arasındaki mesafenin koordinat bileşenleri, (X_0, Y_0, Z_0) ise GNSS alıcısı ile elde edilen yer koordinatlarıdır. Böylece nesne koordinatları (X, Y, Z) elde edilir (Yastıklı, 2004). (1) ve (2) numaralı bağıntılar, sadece uçak veya helikopter gibi insanlı hava araçları ile yapılan fotogrametri çalışmalarında değil, günümüzde kullanımı yaygınlaşan UKHA (Uzaktan Kumandalı Hava Aracı) veya İHA (İnsansız Hava Aracı) olarak adlandırılan sistemlerle gerçekleştirilen eğik bakışlı veya yersel (yakın saha) fotogrametri çalışmalarda da kullanılabilir (Niu vd., 2006; Zhou, 2009). Aralarındaki fark, GNSS ve INS/IMU gibi sistemlerin kullanılmadığı durumlarda (1) numaralı bağıntı geçerli iken bu sistemlerin kullanıldığı durumlarda (2) numaralı bağıntının geçerli olmasıdır. Dengeleme işleminde dış yöneltme elemanlarına düzeltme getirilebileceği gibi iç yöneltme elemanları da hatalı kabul edilerek kendiliğinden (oto) kalibrasyon yaklaşımı ile düzeltilebilir.

2.1.2. Uzaktan Algılamada Kullanılan Yöntemler

Fotogrametridekine ek olarak uzaktan algılamada kullanılan *algılayıcıya bağımlı* yöneltme yöntemlerinde uydu yörüngesi ile ilgili koordinat sistemlerinin de dikkate alınması gerekir. Günümüzde çoğu optik görüntünün doğrusal dizin sistemler ile elde edildikleri göz önüne alındığında görüntü ile nesne koordinat sistemleri arasındaki dönüşüm görüntü ↔ doğrusal dizin (satır) ↔ kamera ↔ uydu ↔ yörünge ↔ inersiyal ↔ yer koordinat sistemi arasında gerçekleşir **(Şekil 2 a)** (Weser vd., 2008)**.** Algılayıcıya bağımlı yöntemin genel hali aşağıdaki gibidir:

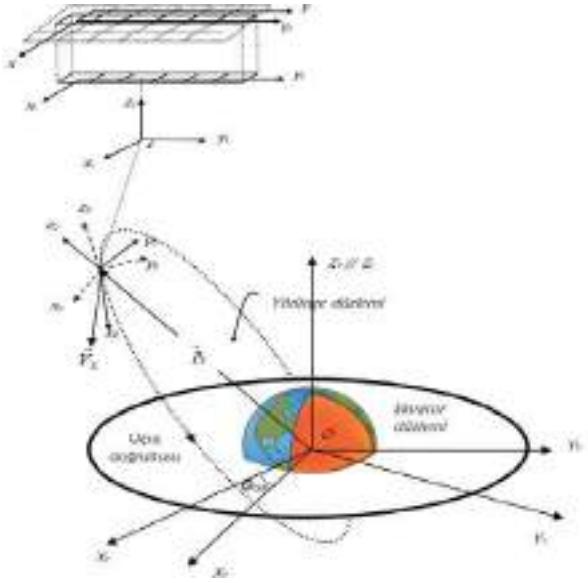
$$\vec{P} = \vec{P}_S + R_{OG} \cdot R_{PO} \cdot \left[C_M + s \cdot R_{CP} \cdot (\vec{p}_s - \vec{c}_s + \delta\vec{x}) \right] \quad (3)$$

Burada $\vec{P}$ yer koordinatlarına ait konum vektörünü, $\vec{P}_s$ uydunun yer koordinatlarına ait konum vektörünü, R_{OG} yörünge koordinat sisteminden yer koordinat sistemine dönüşümü, R_{PO} uydu koordinat sisteminden yörünge koordinat sistemine dönüşüm, C_M kamera koordinat sisteminin uydudaki konumunu ve dönüklüğünü, s ölçeği, R_{OG} kamera koordinat sisteminden uydu koordinat sistemine dönüşümü, $\vec{p}_s$ satır koordinatlarına ait vektörü, $\vec{c}_s$ doğrusal dizinin kamera koordinat sistemindeki konumunu ve dönüklüğünü, $\delta\vec{x}$ sistematik hata düzeltmelerine ait vektörü temsil etmektedir. Konum, hız, dönüklük gibi yöneltme öğeleri farklı sıklıklarla zamana bağlı olarak elde edildiklerinden zaman ölçme uyumluluğu önemli bir etkendir. Ayrıca yöneltme öğelerinin değerleri doğrusal bir dizinin her bir satırı için birbirinden farklı olacağından uygun bir kestirim yöntemi (Lagrange, doğrusal vb.) ile belirlenmelidir (Riazanoff, 2004).

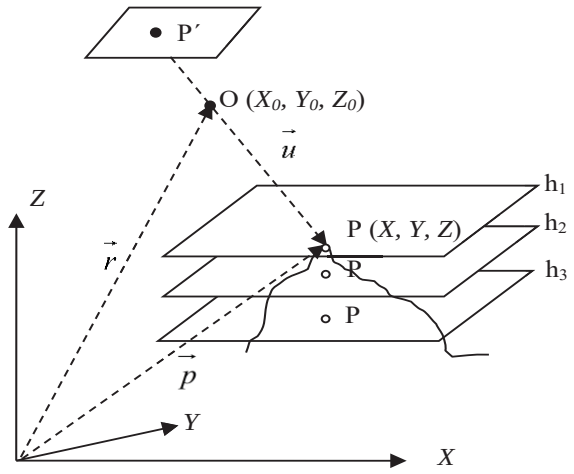
Algılayıcıya bağımlı yöntemlerde göz önünde bulundurulması gereken diğer bir konu ise fotogrametrik sistemlerde kullanılan mercek sistemlerinden kaynaklanan geometrik bozulmaların kalibrasyon raporları veya kendiliğinden

kalibrasyon ile giderilmesi gerektiğidir (Dörstel vd., 2003; Fraser, 1997). Uydularda ise genellikle aynalardan oluşan Korsch teleskoplar kullanıldığından olası geometrik bozulmalar önemli ölçüde azaltılmıştır (Grange vd., 2006). Örneğin SPOT-5 için bu bozulma göz ardı edilebilir düzeydedir (Weser vd., 2008).

Yüksek doğrulukla 2/3B konum bilgisi üretmenin mümkün olduğu bu yöntemler algılayıcıya göre farklılık gösterebilmektedir. Bu farklılığın yazılımlara uyarlanması güç olduğundan, bu yöntemlerle hemen hemen aynı doğrulukta sonuçlar veren RFM yöntemi geliştirilmiştir. 1999 yılından beri yüksek çözünürlüklü uzaktan algılama görüntüleri için önerilen genel bir dönüşüm modelidir (OGC, 1999). RFM algılayıcıya bağımlı ve algılayıcıdan bağımsız olmak üzere iki türlüdür. Bu bölümde algılayıcıya bağımlı RFM anlatılacak, algılayıcıdan bağımsız RFM ise Algılayıcıdan Bağımsız Yöntemler başlığında ele alınacaktır. Algılayıcıya bağımlı RFM'ye ait toplam 78 katsayı



a) Uzaktan algılamada doğrusal dizin görüntü ile yer koordinat sistemi arası dönüşüm



b) RFM katsayılarının (RPC) elde edilmesinin geometrik temeli.

Şekil 2. Fotogrametri ve uzaktan algılamada algılayıcıya bağımlı yöntemler için koordinat sistemleri.

(RPC), (3) numaralı bağıntı ile verilen algılayıcıya bağımlı yöneltme ile her bir görüntü için ayrı ayrı belirlenerek kullanıcıya sunulur **(Şekil 2 b).** Burada, görüntüde P′ ile gösterilen noktanın görüntüdeki karşılığının (P) konumu, algılayıcıya bağlı bir model ve $\vec{p} = \vec{r} + \vec{u}$ kuralı yardımıyla farklı yükseklik seviyeleri (örneğin h_1, h_2 ve h_3) için belirlenir. Farklı yükseklik seviyeleri için belirlenmesinin sebebi, bindirmeli (stereo) görüntü veya bölgeye ait yükseklik bilgisi yoksa, P noktasının hangi yükseklik seviyesinde olduğunun bilinememesidir. Böylece, P'nin tüm yüksekliklere göre konumu belirlenir ve bunlar aşağıda verilen eşitliklerde yerine konularak RPC'ler elde edilir. Her yükseklik seviyesi için farklı RPC elde edileceğinden bunların ortalaması alınarak, görüntünün her yükseklik bölgesi için en uygun RPC seti oluşturulmuş olur. RFM'nin bağıntısı aşağıdaki gibidir:

$$f = \sum_{g=0}^{m_g}\sum_{j=0}^{m_j}\sum_{k=0}^{m_k} P_{gjk} X_i^g Y_i^j Z_i^k \tag{4 a}$$

$$\begin{aligned} f_1 = {} & a_{000} + a_{100}X_{n_i} + a_{010}Y_{n_i} + a_{001}Z_{n_i} + a_{110}X_{n_i}Y_{n_i} + a_{011}Y_{n_i}Z_{n_i} + a_{101}X_{n_i}Z_{n_i} + a_{200}X_{n_i}^2 \\ & + a_{020}Y_{n_i}^2 + a_{002}Z_{n_i}^2 + a_{111}X_{n_i}Y_{n_i}Z_{n_i} + a_{030}Y_{n_i}^3 + a_{210}X_{n_i}^2Y_{n_i} + a_{012}Y_{n_i}Z_{n_i}^2 \\ & + a_{120}X_{n_i}Y_{n_i}^2 + a_{300}X_{n_i}^3 + a_{102}X_{n_i}Z_{n_i}^2 + a_{021}Y_{n_i}^2Z_{n_i} + a_{201}X_{n_i}^2Z_{n_i} + a_{003}Z_{n_i}^3 \end{aligned} \tag{4 b}$$

$$r_{n_i} = \frac{f_1}{f_2}, \qquad c_{n_i} = \frac{f_3}{f_4} \tag{4 c}$$

$$r_n = (r - r_0)/s_r\,, \qquad c_n = (c - c_0)/s_c \tag{4 d}$$

$$X_n = (X - X_0)/s_X\,, \qquad Y_n = (Y - Y_0)/s_Y\,, \qquad Z_n = (Z - Z_0)/s_z \tag{4 e}$$

Burada r, c görüntünün sırasıyla satır ve sütununu, altindis n normalleştirme yapıldığını, 0 ötelemeyi; s ölçeği ve a, b, c, d ise katsayıları (RPC) ifade eder. Buradaki derecelerin toplamı $(g + j + k) \leq 3$ koşulunu sağlamalıdır. Normalleştirme işlemi ile tüm koordinatlar kendi türünde ±1 aralığına getirilir ve böylece dengeleme işleminde

oluşabilecek kötü koşullu durumun önüne geçilmiş olur. İlk yıllarda sadece yerden görüntüye dönüşümü sağlayan RPC'ler verilmekte iken günümüzde görüntüden yere dönüşümü sağlayan RPC'ler de verilmektedir. Nesne koordinatları WGS-84 (World Geodetic System-1984) datumunda ve coğrafi koordinatlar şeklinde olmalıdır. Zira RPC'ler, bu koordinat sisteminde ve türünde GNSS ile elde edilen ögeler yardımıyla hesaplanmaktadır. IKONOS görüntüleri için $b = d$ ve genellikle $b_1 = d_1 = 1$'dir ki kesirli bir yapıya sahip olan RFM ile RPC hesabı yapmak mümkün olabilmektedir.

2.2. Algılayıcıdan Bağımsız Yöntemler

Eğer görüntüye ait iç ve dış yöneltme elemanları bilinmiyor veya kullanılmayacaksa bu durumda algılayıcıdan bağımsız yöneltme yöntemleri kullanılabilir. Bunlar i) benzerlik, ii) afin, iii) polinom, iv) afin izdüşüm, v) projektif, vi) DLT (Direct Linear Transformation) ve vii) algılayıcıdan bağımsız RFM yöntemleridir. Yöneltmeyi sağlayan katsayılar YKN yardımıyla hesaplandıklarından bu noktaların doğruluğu, sayısı ve dağılımına doğrudan bağlıdırlar. Bunlardan benzerlik, polinom ve afin izdüşüm yöntemi, optik görüntülemenin temel ilkesi olan merkezî iz düşümden ziyade dik iz düşüm için kullanılan yöntemlerdir. Uzaktan algılama uygulamalarında bu yöntemlerin kullanılmalarının temel nedeni, uydu görüntülerinin kapladıkları alana oranla çok dar bir açıyla görüntü almasıdır. Bu durumda merkezi iz düşümde birbirine yaklaşan iz düşüm doğruları, uzaktan algılama görüntülerinde paralel kabul edilebilir. (Okamoto, 1992). Aşağıda sırasıyla bu yöntemler tanıtılmaktadır.

2.2.1. Benzerlik Dönüşümü

Benzerlik dönüşümü, 2B koordinat sistemleri arasındaki dönüşümü sağlamaktadır. Bu koordinat sistemlerinin eksenleri birbirine diktir ve iki koordinat sistemi arasındaki dönüşümde tek bir açı ve ölçek söz konusudur. Bu durumda iki koordinat sistemi arasındaki dönüşüm:

$$\begin{bmatrix} r_i \\ c_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \end{bmatrix} + s \begin{bmatrix} cos \propto & -sin \propto \\ sin \propto & cos \propto \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{00} + a_{10}X_i - a_{01}Y_i \\ b_{00} + a_{01}X_i + a_{10}Y_i \end{bmatrix} \quad (5\text{ a, b})$$

şeklinde yazılabilir. Burada a, b katsayıları ifade etmektedir. Dört ögeye sahip benzerlik dönüşümünün çözümü için her iki koordinat sisteminde, koordinatları bilinen en az iki YKN'ye ihtiyaç vardır. Benzerlik dönüşümü şekil koruyan bir yöntemdir. Yani geometrik bir şekle sahip alanlar sabit oranda değişir ve dönüşüm sonrasındaki şekil esas şekline benzerdir. Benzerlik dönüşümde açı değerleri korunur (Kurt, 2002). Bu durum, dönüşümde şeklin korunumunu zorlayıcı bir özellik olduğundan, uydu görüntüleri için benzerlik dönüşümü kullanılarak elde edilen hata değeri diğer yöntemlere göre daha yüksek olmaktadır (Topan vd., 2016).

2.2.2. Afin Dönüşüm

Afin dönüşümde, 2B iki koordinat sistemi arasındaki dönüşüm iki öteleme, iki açı ve bir ölçek yardımıyla gerçekleştirilir. Bu nedenle afin dönüşüm, her iki eksen için farklı ölçek ve dönme açısına sahiptir. Böylece, görüntülerde satır ve sütun yönünde farklı geometrik bozulmaları dikkate aldığı için afin dönüşüm uzaktan algılama ve fotogrametride kullanılabilir (Turgut ve İnal, 2003). Afin dönüşümünde bir doğru dönüşüm sonrası, yine bir doğrudur. Dolayısıyla her iki koordinat sistemindeki iki doğru parçasının oranı ve paralellikleri dönüşüm sonrası da aynı kalır. Afin dönüşümün matematik modeli:

$$\begin{bmatrix} r_i \\ c_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} s_1 & 0 \\ 0 & s_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos w & -\sin \varphi \\ \sin \varphi & \cos w \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{00} + a_{10}X_i + a_{01}Y_i \\ b_{00} + b_{10}X_i + b_{01}Y_i \end{bmatrix} \quad (6\text{ a, b})$$

şeklindedir. Burada s_1 ve s_2 iki eksen yönündeki ölçeği, w ve φ ise iki eksen etrafındaki farklı dönme açılarını temsil etmektedir. Toplam altı ögenin çözümü için en az üç YKN'ye ihtiyaç vardır. Bu yöntem, uzaktan algılamada sıklıkla kullanılan band çakıştırma işleminde tercih edilen bir dönüşüm yöntemidir.

2.2.3. Polinom Dönüşümü

Polinom dönüşümü de 2B dönüşüm için kullanılabilen bir dönüşümdür (Zoej, 1997). Polinom dönüşümünün genel bağıntısı aşağıdaki gibidir.

$$r_i = \sum_{j=0}^{m}\sum_{k=0}^{m} a_{jk} X_i^j Y_i^k, \qquad c_i = \sum_{j=0}^{m}\sum_{k=0}^{m} b_{jk} X_i^j Y_i^k \quad (7\text{ a, b})$$

Burada $j + k \leq m$ olması gerektiği ve polinom dönüşümünün derecesinin (m) kuramsal olarak sonsuz bir değer olabileceği hatırlatılmalıdır. Ancak bu değer uygulamada 5 ile sınırlandırılmaktadır (Cam, 2018). Her bir katsayının görüntünün satır ve sütun (r, c) koordinatlarına olan geometrik etkisi Petrie ve Kennie (1990) tarafından tanımlanmıştır (Zoej'den 1997). Afin dönüşüm aslında birinci derece bir polinom dönüşümü, benzerlik dönüşümü de afin dönüşümün özel bir halidir (tek bir ölçek ve dönme açısı kullanımı durumudur). İkinci ve daha yüksek dereceden dönüşümler, görüntüdeki doğrusal olmayan bozulmaların düzeltilmesi için kullanılmaktadır. Polinom derecesine göre katsayıların toplam adedi $n_k = (m + 1)(m + 2)$ olacağından, gerekli YKN sayısı en az $n_{YKN} = n_k/2$ adet olacaktır.

2.2.4. Afin İzdüşüm Dönüşümü

3B nesne uzayının 2B görüntü uzayına izdüşümü afin izdüşüm yöntemiyle modellenebilir (Yamakawa, 2004). Bu dönüşüme yükseklik düzeltmesi getiren afin dönüşüm adı da verilmektedir (Büyüksalih vd., 2003). Yukarıda anlatılan yöntemlerden farklı olarak, YKN'lerin yükseklik değeri de dikkate alınarak yüksek nesnelerin görüntü uzayındaki kayıklığı bu dönüşüm ile modellenmeye çalışılmaktadır. Bu dönüşümün matematik modeli aşağıdaki gibidir.

$$r_i = a_{000} + a_{100}X_i + a_{010}Y_i + a_{001}Z_i$$
$$c_i = b_{000} + b_{100}X_i + b_{010}Y_i + b_{001}Z_i \quad \text{(8 a, b)}$$

Bu model, büyük bakış doğrultusu ve yavaşlatma etkisi ile görüntülemeden kaynaklanan geometrik bozulmaları gidermek için ek katsayılar kullanılarak QuickBird OrthoReady Standard ve IKONOS Geo görüntüleri için aşağıdaki gibi uyarlanmıştır (Jacobsen, 2003):

$$r_i = a_{000} + a_{100}X_i + a_{010}Y_i + a_{001}Z_i + a_{101}X_iZ_i + a_{011}Y_iZ_i$$
$$c_i = b_{000} + b_{100}X_i + b_{010}Y_i + b_{001}Z_i + b_{101}X_iZ_i + b_{011}Y_iZ_i \quad \text{(9 a, b)}$$

Ancak OrbView-3 görüntülerinin birbirine paralel olmayan kenarlara sahip olmasından kaynaklanan geometrik etkiyi gidermek için iki ek katsayı daha eklenerek aşağıdaki gibi yazılabilir (Büyüksalih, 2006):

$$r_i = a_{000} + a_{100}X_i + a_{010}Y_i + a_{001}Z_i + a_{101}X_iZ_i + a_{011}Y_iZ_i + a_{200}X_i^2$$
$$c_i = b_{000} + b_{100}X_i + b_{010}Y_i + b_{001}Z_i + b_{101}X_iZ_i + b_{011}Y_iZ_i + b_{110}X_iY_i \quad \text{(10 a, b)}$$

2.2.5. Projektif Dönüşüm

Projektif dönüşüm, fotogrametride en genel dönüşüm modelini içermektedir. İz düşüm düzlemleri birbirlerine paralel olabilir, kesişebilir veya merkezî bir iz düşüm söz konusu olabilir. Bu durumlarda ve iz düşüm sistemleri farklı olan koordinat sistemlerinin dönüşümlerinde kullanılmaktadır (Yaşayan, 1978). 2B afin dönüşüm, projektif dönüşümün özel bir durumudur. Projektif dönüşüm bağıntısı

$$r_i = \frac{a_{00}+a_{10}\cdot X_i+a_{01}\cdot Y_i}{1+c_{10}\cdot X_i+c_{01}\cdot Y_i},\ c_i = \frac{b_{00}+b_{10}\cdot X_i+b_{01}\cdot Y_i}{1+c_{10}\cdot X_i+c_{01}\cdot Y_i} \quad \text{(11 a, b)}$$

şeklindedir. Burada 2B koordinat sistemleri arasındaki bir dönüşüm söz konusu olduğundan, 3B nesne uzayından 2B görüntü uzayına geçiş, projektif dönüşüme benzer bir şekilde DLT yöntemiyle gerçekleştirilmektedir.

2.2.6. DLT

DLT yöntemi, Abdel-Aziz ve Karara (1971) tarafından geliştirilen ve (1) numaralı bağıntı ile verilen eşdoğrusallık eşitliklerinin yeniden düzenlenerek, iç ve dış yöneltme ögelerine ihtiyaç duymadan dönüşüm sağlayan bir yöntemdir ve bağıntısı aşağıdaki gibidir:

$$f_1 = a_{000} + a_{100}\cdot X_i + a_{010}\cdot Y_i + a_{001}\cdot Z_i$$
$$f_2 = b_{000} + b_{100}\cdot X_i + b_{010}\cdot Y_i + b_{001}\cdot Z_i$$
$$f_3 = 1 + c_{100}\cdot X_i + c_{010}\cdot Y_i + c_{001}\cdot Z_i \quad (12)$$
$$r_i = \frac{f_1}{f_3} \qquad c_i = \frac{f_2}{f_3}$$

Bu yöntem, iç ve dış yöneltme elemanlarına gereksinim duymadan eşdoğrusallık ilkesi ile dönüşüm yapmaya olanak sağladığından özellikle bilgisayarla görme işlemlerinde çokça tercih edilmektedir.

2.2.7. RFM

Algılayıcıya bağımlı ve *algılayıcıdan bağımsız RFM* arasındaki fark, RPC'lerin ilk yöntemde *algılayıcıya bağımlı* bir yöntemle **Şekil 2 b**'deki gibi elde edilmesi, ikinci yöntemde ise YKN'ları ile hesaplanmasıdır. Dolayısıyla *algılayıcıdan bağımsız RFM,* YKN'lerin doğruluğuna, sayısına ve dağılımına doğrudan bağlıdır. Her iki tür RFM için (4 a-e) ile verilen bağıntı geçerlidir.

3. DENGELEME

Algılayıcı yöneltmesinde dengeleme işlemi önemli bir adımdır. Zira hem görüntü çeşitli bozulmalara sahiptir, hem de *algılayıcıya bağımlı* yöntemin parametreleri hatalıdır ve düzeltilmeleri gerekir. Bunun yanında *algılayıcıdan bağımsız* bir yöntemin katsayıları da yine dengeleme işlemi ile belirlenir. Dengelemede EKK (En Küçük Kareler) yöntemi kullanılabileceği gibi kötü koşul durumunda düzenlileştirme yöntemleri de kullanılmaktadır. Dolaylı ölçüler

dengelemesi veya koşullu dengeleme gibi farklı dengeleme yöntemleri dayalı veya serbest dengeleme olarak uygulanabilir. Ayrıca parametre anlamlılık testinin yapılması, gereksiz parametrelerin/katsayıların ayıklanmasını sağlayarak işlem kolaylığı sağlar. Bunun yanında uyuşumsuz ölçü testinin yapılması, ölçü kümesine uymayan gözlemlerin ayıklanarak sonuç doğruluğun artmasını sağlayacaktır.

3.1. Dolaylı Ölçüler Dengelemesi

Bakış açılarının (ψ) kullanıldığı *algılayıcıya bağımlı* yöneltme yöntemlerinin dışında kalan tüm yöntemlerde dolaylı ölçüler dengelemesinin kullanıldığı görülmektedir. Burada görüntü ve nesne koordinat sistemleri arası dönüşümün genel bağıntısı:

$$(r,c)_i = \mathrm{F}\{P_j,(X,Y,Z)_i\} \tag{13}$$

şeklindedir. Burada F dönüşüm modelini, *P* dönüşüm katsayısını veya ögesini, *i* ve *j* ise sırasıyla YKN ve ögelerle/katsayılarla ilgili olan indisleri, üst çizgi ise dengeli koordinatları ifade etmektedir. *Algılayıcıya bağımlı* bir modelde *P* iç ve dış yöneltme ögelerini, *algılayıcıya bağımlı RFM*'de RPC'leri veya algılayıcıdan bağımsız bir modelde YKN'ları yardımıyla belirlenen dönüşüm katsayılarını ifade etmektedir. YKN'larının nesne koordinatları hatasız (dengeli) kabul edilir ve 2B bir dönüşüm yönteminde *Z* koordinat bileşeni kullanılmaz. Dengeleme işleminde hem görüntü koordinatlarına (*r, c*) hem de ögelere/katsayılara (*P*) getirilecek düzeltme değerleri döngüsel olarak aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\underline{\bar{L}} = \underline{L} + \underline{v} = \underline{L}\big|_0 + \underline{A}\underline{dP} \tag{14}$$

$$\underline{dP} = \left(\underline{A}^T\underline{A}\right)^{-1}\underline{A}^T(\underline{L} - \underline{L}\big|_0) \tag{15}$$

$$\underline{\bar{P}} = \underline{P}\big|_0 + \underline{dP} \tag{16}$$

$$\underline{v} = \underline{L}\big|_0 - \underline{L} + \underline{A}\,\underline{dP} \tag{17}$$

$$m_0 = \pm\sqrt{\frac{\underline{v}^T\underline{v}}{f}} \tag{18}$$

Burada sıfır (0) katsayıların yaklaşık değerleri ile hesaplanan görüntü koordinatlarını, *dP* katsayılara getirilecek düzeltmeyi (dengeleme bilinmeyeni), $\underline{A}$ dengeleme bilinmeyenlerinin (*dP*) katsayılar (Jakobiyen) matrisini, m_0 birim ağırlıklı ölçünün koh'unu, *v* ölçülere (görüntü koordinatlarına) getirilecek düzeltmeleri, *f* ise serbestlik derecesini ifade etmektedir ve $f = 2n - u$ (*n*: YKN sayısı, *u*: öge/katsayı adedi) şeklinde hesaplanır. Dengeleme sonucunda $[\underline{v}^T\underline{v}] = \min$ ve $m_0 \leq 1\ piksel$ olması beklenir (Leprince vd., 2007). Algılayıcıdan bağımsız dönüşüm yöntemleri ile yapılan işlemlerde katsayıların yaklaşık değeri bilinmediğinden (16) bağıntısından ilk döngü için $\underline{\bar{P}} = \underline{dP}$ eşitliği yazılabilir. Ancak diğer döngülerde $\underline{P}\big|_0 = \underline{\bar{P}}$ kabulü yapılarak dengeleme hesabı tekrarlanır. (13) numaralı bağıntıda görüntü koordinatları yöneltme ögelerinin/katsayılarının bir işlevi olarak düşünülmektedir. Oysa (1) ve (2) numaralı bağıntılarda nesne koordinatları görüntü koordinatlarının ve yöneltme ögelerinin bir işlevi olarak ele alınmıştır. Dolaylı ölçüler dengelemesinde (13) numaralı eşitlikte görüntü koordinatları ölçü, yöneltme ögelerinin yaklaşık değerlerine getirilecek düzeltmeler ($\underline{dP}$) dengeleme bilinmeyeni olarak kabul edilerek dengeleme işlemi gerçekleştirilir. Böylece görüntü ile nesne koordinat sistemleri arasındaki dönüşüm işlemi, düzeltilmiş değerler yardımıyla gerçekleştirilir.

3.2. Koşullu Ölçüler Dengelemesi

Günümüzde a*lgılayıcıya bağımlı* yöntemlerin iç yöneltme elemanlarını bakış açısı (ψ) kullanıldığı durumda dönüşüm bağıntısı

$$\begin{aligned} F_{\psi_y} &= \frac{r_{11}(X-X_s)+r_{12}(Y-Y_s)+r_{13}(Z-Z_s)}{r_{31}(X-X_s)+r_{32}(Y-Y_s)+r_{33}(Z-Z_s)} - \tan(\psi_y) = \frac{f_1}{f_3} - \tan(\psi_y) = 0 \\ F_{\psi_x} &= \frac{r_{21}(X-X_s)+r_{22}(Y-Y_s)+r_{23}(Z-Z_s)}{r_{31}(X-X_s)+r_{32}(Y-Y_s)+r_{33}(Z-Z_s)} + \tan(\psi_x) = \frac{f_2}{f_3} + \tan(\psi_x) = 0 \end{aligned} \tag{19}$$

şeklinde bir koşul denklemi olarak ele alınmaktadır. Koşullu ölçüler dengelemesi (Gauss-Helmert yöntemi) uygulandığında fonksiyonel model

$$\underline{A}\cdot\underline{dP} + \underline{B}\cdot\underline{v} + \underline{w} = \underline{0} \tag{20}$$

şeklindedir. Burada $\underline{A}$ ve $\underline{B}$ sırasıyla dış yöneltme ögelerine ve ölçülere ait Jakobiyen matrisi ve $\underline{w}$ de kapanma artıklarını tanımlamaktadır. $\underline{A}$ ve $\underline{B}$ matrisleri (19) bağıntısıyla verilen ve doğrusal olmayan eşitliklerin uygun bir yöntemle (Taylor serisi gibi) doğrusallaştırmasıyla elde edilir. Dengeleme bilinmeyenleri (*dP*) aşağıdaki gibi

hesaplanarak (16) bağıntısındaki gibi ögelerin yaklaşık değerlerine ($P|_0$) eklenir ve böylece dengelenmiş ögeler bulunur:

$$\underline{dP} = -(\underline{A}^T(\underline{B}\underline{B}^T)^{-1}\underline{A})^{-1}\underline{A}^T(\underline{B}\underline{B}^T)^{-1}\underline{w} \tag{21}$$

Ölçülere ait düzeltmeler de aşağıdaki şekilde hesaplanarak ölçülere eklenir ve böylece dengeli ölçüler elde edilir:

$$\underline{v} = B^T(\underline{B}\underline{B}^T)^{-1}(\underline{A}\underline{dP} + \underline{w}) \tag{22}$$

Elde edilen dengeli ögelerin ve ölçülerin (19) eşitliğiyle verilen koşulu sağlayıp sağlamadığının ($F(\bar{L}, \bar{P}) \stackrel{?}{=} 0$) kontrol edilmesi gerekir. Bu şart sağlanıncaya dek dengeli parametreler ve ölçülerle yeniden dengeleme işlemine tabi tutulur.

3.3. Demet Dengeleme

Demet dengelemede amaç birden fazla görüntüye ait ölçülerin ve ögelerin birlikte dengelenmesidir. Ayrıca bağlama/denetim noktalarının yaklaşık yer koordinatları da o noktalara ait ögeler olarak kabul edilir ve bu koordinatlara ait düzeltme değerleri de hesaplanır. Bu durumda (20) eşitliği:

$$\begin{bmatrix} \underline{A}_1 & \cdots & \underline{0} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \underline{0} & \cdots & \underline{A}_m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{dP}_1 \\ \vdots \\ \underline{dP}_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \underline{B}_1 & \cdots & \underline{0} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \underline{0} & \cdots & \underline{B}_m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{v}_1 \\ \vdots \\ \underline{v}_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \underline{w}_1 \\ \vdots \\ \underline{w}_m \end{bmatrix} = \underline{0} \tag{23}$$

şeklinde yazılır. Burada *m* toplam görüntü sayısını ifade etmektedir. Bu sayede gerek YKN/BDN'lerinin dengeli koordinatları ile ölçülerek elde edilen koordinatları arasındaki farktan sonuç doğruluklar elde edilebilir.

3.4. Kötü Konum ve Kötü Koşul Durumları

Dengeleme işleminde kötü konum ve kötü koşul durumları ile karşılaşmak olasıdır. Döngüsel işlemlerde ıraksamaya veya dengeleme bilinmeyenlerinin (dP) ve dolayısıyla ölçülere getirilecek düzeltmelerin (v) olması gerekenden çok farklı değerlerle hesaplanarak sonuç doğruluğun yanlış hesaplanmasına yol açabilirler. Kötü konum sorununa örnek dönüşüm bağıntısının yeterli düzeyde dönüşümü temsil etmemesi verilebilri. Kötü koşul sorununa örnek ise ögelerin/katsayıların kendi aralarında veya ölçülerle arasındaki olası korelasyondan veya $\underline{A}^T\underline{A}$ simetrik matrisinin köşegen elemanlarının sıfır veya sıfıra yakın olmasından kaynaklanan kötü kondisyon sorunu gösterilebilir (Tao ve Hu, 2001; Topan ve Maktav, 2014). Matris tersinin sağlıklı alınamasına neden olan bu sorunların çözümü için Tikhonov düzenlileştirmesi, indirgeme veya genelleştirilmiş matris tersi (Moore-Pensore veya Pseudo ters) gibi faklı düzenlileştirme yöntemleri uygulanmaktadır. Bununla birlikte, her bir koordinat türü ±1 aralığına getirilerek işlem yapılırsa bu sorun giderilebilir.

3.5. Uyuşumsuz Ölçülerin ve Anlamsız Ögelerin Belirlenmesi

YKN'larının görüntü koordinatları ölçü olarak kabul edildiğinden, görüntü üzerinde YKN işaretlenirken yapılacak hatanın belirli bir sınırda olması gerekir. Bu sınırı aşan durumlarda ölçü uyuşumsuz kabul edilir. Bunun için normal dağılım, Pope (Tau dağılımı) veya t-student yöntemi kullanılabilir (Cam, 2018).

Bazı ögeler/katsayılar dengelemede bilinmeyen olarak dikkate alınmayabilir (Ghilani ve Wolf, 2006). Böyle bir durumda, *algılayıcıya bağımlı* bir ögenin yaklaşık değerine düzeltme getirilmesine gerek kalmazken *algılayıcıdan bağımsız* bir yöntemde ise o katsayı kullanılmayabilir. Böylece gereğinden fazla öge/parametre kullanımından kaçınılarak hem serbestlik derecesi arttırılmış hem de olası kötü koşul sorununun önüne geçilmiş olur (Moghaddam vd., 2018). Klasik yaklaşımların yanısıra son yıllarda anlamsız RPC'lerin bulunması için genetik optimizasyon yöntemleri de kullanılmaktadır (Naeini vd., 2017; Valadan Zoej vd., 2007). Ayrıca bir ögenin anlamsız olması, ona getirilecek düzeltmenin sonuç doğruluğa katkısının önemsenmeyecek derecede olduğu anlamına da gelmektedir (Topan ve Maktav, 2014).

3.6. Yardımcı Veriler ve Sonuç Doğruluk Araştırması

Dengeleme işlemi için genellikle YKN'ları kullanılmaktadır. Böylece (1) numaralı bağıntı dışında kalan *algılayıcıya bağımlı* yöntemlerde ögelere/RPC'lere düzeltme getirilebilir veya *algılayıcıdan bağımsız* yöntemde katsayılar hesaplanabilir. YKN seçimi dönüşüm başarımını etkilediğinden olabildiğince doğru yapılmalıdır (Kapnias vd., 2008; Topan vd., 2007). Günümüzde YKN yerine görüntüdeki çizgisel özellikli nesneleri (yol orta/kenar çizgisi, bina kenarı vb.) kullanan yöntemler de mevcuttur (Habib vd., 2003; Li ve Shi, 2014; Yavari vd., 2018). Kuramsal olarak (1) numaralı bağıntı dışındaki *algılayıcıdan bağımsız* yöntemler YKN veya çizgisel özellikteki nesnelere ihtiyaç duymazlar. Ancak hatalı olduğu varsayılan ögelerin düzeltilmesi için yine de bunların kullanılması gerekir. Haliyle özellikle bunların sayısı/miktarı ve dağılımına bağımlılıkları *algılayıcıya bağımlı* yöntemlere oranla daha azdır (Topan ve Maktav, 2014).

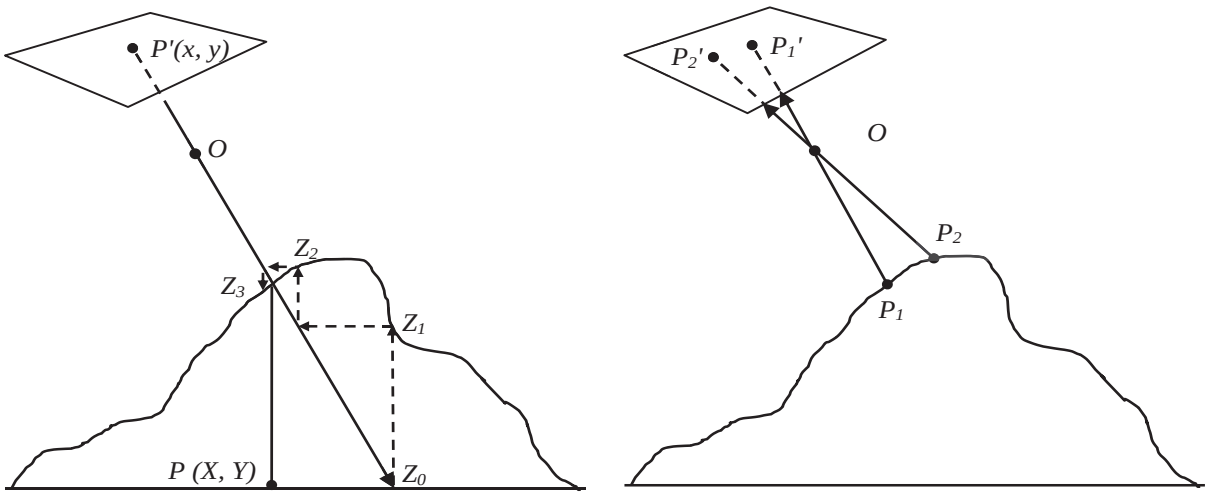
Dönüşüm doğruluğu farklı yöntemlerle incelenebilir. BDN'ler, YKN'ler ile aynı özelliklere sahip olan ve dönüşüm işlemi sonunda YKN'ler dışında kalan bölgelerde elde edilecek doğruluğun hesaplanmasında kullanılan noktalardır.

Algılayıcıdan bağımsız yöntemlerde dengeleme hesabına katkısı yokken, *algılayıcıya bağımlı* yöntemin kullanıldığı demet dengeleme hesabında yer almaktadır. BDN'ler ile elde edilen doğruluk sadece kendi bulunduğu noktayı temsil ettiğinden ve YKN'lerin bir kısmının BDN olarak kullanılmasının YKN sayısını azaltması gibi sakıncalar nedeniyle eğer elde yatay ve düşey doğruluğu bilinen bir SYM varsa, bu sayede tüm görüntü için geçerli bir doğruluk araştırması yapılabilir (Moghaddam vd., 2018; Sertel vd., 2007; Topan, 2013, 2014; Topan ve Kutoglu, 2009; Topan vd., 2014; Topan vd., 2013).

Bindirmeli görüntülerden de elde edilebilen SYM, hem ortogörüntü üretiminde ilgi alanına ait yükseklik bilgisi sunan, hem de doğruluk araştırmasında YKN'ye gereksinimi ortadan kaldıran bir veri türüdür (Chen vd., 2017).

4. 2/3B KOORDİNAT BİLGİSİ ELDE ETME

Dengeleme işlemi ile görüntü ve nesne koordinat sistemleri arası olası en hatasız dönüşüm sağlanmış olur. Böylece görüntülerden 2 veya 3 boyutlu koordinat bilgisi elde edilebilir. Ortogörüntüler 2B koordinatları, SYM ise 3B koordinatları sunan birer üründür. Bir ortogörüntü, görüntü alımı sırasında algılama ve taşıyıcı sistem geometrisinden kaynaklanan görüntülerdeki eğiklik ve dönüklük gibi hataların giderilmesi ve yükseklik farklarından kaynaklanan yatay kayıklığın da en az düzeye indirilmesi ile elde edilen görüntü veya görüntü mozaiği olarak tanımlanmaktadır (Ottavianelli ve Vescovi, 2018). İki tür ortogörüntü üretimi söz konusudur. Bunlardan birincisi, görüntü koordinatlarından nesne koordinatlarının elde edildiği *doğrudan* yöntem, diğeri ise nesneden görüntü koordinatlarının elde edildiği *dolaylı* yöntemdir (Konecny, 1979). Doğrudan yöntemde, örneğin (1)-(3) numaralı bağıntılarla verilen görüntüden nesneye olan ışın yolu ve SYM'den elde edilen yükseklikler döngüsel olarak şu şekilde kullanılır: Önce $Z_0 = 0$ kabul edilerek yatay koordinatlar hesaplanır. Sonra hesaplanan bu yatay koordinatlara SYM'de karşılık gelen Z_1 bulunur. Bu değer kullanılarak yatay koordinatlar ve bunlara karşılık gelen Z değeri hesaplanır. Böylece her döngüde hesaplanan yatay koordinatlar arası fark belirli bir eşik değere ulaşana dek döngü sürdürülür **(Şekil 3 a)**. Dolaylı yöntemde ise (13) numaralı bağıntıda olduğu gibi nesneden görüntüye olan dönüşüm yardımıyla SYM'nin her bir pikseline karşılık gelen görüntü koordinatları hesaplanır ve yeniden örnekleme işlemi ile gri değer ataması yapılır (Cam, 2018).



Şekil 3. Ortogörüntü üretiminde doğrudan (solda) ve dolaylı (sağda) yöntemler.

Eğer bindirmeli görüntüler mevcutsa 3B koordinatları hesaplamak olasıdır (Okamoto, 1992; Poli, 2005). İki görüntüden de aynı nesne koordinatları elde edilmesi gerektiğinden örneğin (1) numaralı eşitlik yardımıyla

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix}_1 + m_1 \underline{R}_1 \begin{bmatrix} x - x_o \\ y - y_o \\ -c \end{bmatrix}_1 = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix}_2 + m_2 \underline{R}_2 \begin{bmatrix} x - x_o \\ y - y_o \\ -c \end{bmatrix}_2 \tag{24}$$

şeklinde yeniden yazılabilir. Bu bağıntı aşağıdaki gibi düzenlenirse:

$$\begin{bmatrix} \underline{R}_1 \begin{bmatrix} x - x_o \\ y - y_o \\ -c \end{bmatrix}_1 & -\underline{R}_2 \begin{bmatrix} x - x_o \\ y - y_o \\ -c \end{bmatrix}_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix}_2 & -\begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix}_1 \end{bmatrix} \tag{25}$$

$$\underline{A} \cdot \underline{m} = \underline{b} \tag{26}$$

$$\underline{m} = (\underline{A}^T \underline{A})^{-1} \underline{A}^T \underline{b} \tag{27}$$

m_1 ve m_2 değerleri hesaplanarak (24) numaralı bağıntı ile nesne koordinatları hesaplanabilir. Burada karşılıklı görüntü koordinatlarının görüntü eşleme yöntemleri ile hesaplanması gerekmektedir.

5. SONUÇLAR

Günümüzde görüntülerden daha fazla oranda ve giderek artan doğruluklarda konum bilgisi elde edilmektedir. Bu durum, hem algılayıcıların geliştirilmesini hem de farklı dönüşüm modellerinin farklı uygulamalar için kullanılmasını gerekli kılmaktadır. Doğrudan konuma bağlı bilginin kullanıldığı uygulamaların yanında çevre, ormancılık, tarım, peyzaj, şehir ve bölge planlama, arkeoloji, savunma gibi pek çok alanda birer altlık olarak kullanılan görüntü temelli ürünlerin uygulama başarısına katkısını etkileyen *algılayıcı yöneltmesi*, yöntemin yapısı, yöntemde kullanılan ögelerin/katsayıların neler olduğu ve doğrulukları, YKN ve SYM gibi ek veriler ve bunların kalitesi, dengelemede kullanılan yaklaşım, kötü konum ve kötü koşul durumlarının oluşup oluşmadığı, uyuşumsuz ölçülerin ve anlamsız ögelerin/katsayıların ayıklanması ve sonuç doğruluğun nasıl belirlenebileceği gibi pek çok bileşenle birlikte ele alınması gereken önemli bir konudur. Tüm bu bileşenlerin sonuçlar üzerindeki etkisi ne kadar kontrol altında tutulursa, görüntülerden konum bilgisi elde etme başarımı da o derece artacaktır. Bu bildirinin, Ülkemizde bu konularda araştırma ve uygulama yapanlara yardımcı olması arzu edilmektedir.

KAYNAKLAR

Abdel-Aziz, Y.I. ve Karara, M., 1971. Direct Linear Transformation from Comparator Co-ordinates into Objectspace Co-ordinates in Close-range Photogrammetry. *American Society of Photogrametry Symposium on Close-Range Photogrammetry*, syf: 420-475.

Büyüksalih, G., Akcin, H., Jacobsen, K., 2006. Geometry of OrbView-3 Images. *ISPRS Topographic Mapping From Space (with Special Emphasis on Small Satellites)*, Ankara, Turkey.

Büyüksalih, G., Oruç, M. ve Koçak, G., 2003. Geometric Accuracy Testing of Ikonos Geo-Product Mono Imagery Using Different Sensor Orientation Models. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciencies*, 27(2003): 347-360.

Cam, A., 2018. Algılayıcan Bağımsız Dönüşüm Yöntemleri İle Üretilen Ortogörüntülerin Konum Doğruluğunun Belirlenmesi. Bülent Ecevit Universitesi, Zongudlak. 61 sayfa.

Chen, X., Zhang, B., Cen, M., Guo, H., Zhang, T. ve Zhao, C., 2017. SRTM DEM-Aided Mapping Satellite-1 Image Geopositioning Without Ground Control Points. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 14(11): 2137-2141.

Dörstel, C., Jacobsen, K. ve Stallmann, D., 2003. DMC—photogrammetric accuracy–calibration aspects and generation of synthetic DMC images. *Optical*, 1: 74-82.

Fraser, C.S., 1997. Digital camera self-calibration. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 52(4): 149-159.

Ghilani, C.d. ve Wolf, P.R., 2006. *Adjustment Computations*. 4th basım, John Wiley & Sons, Inc.

Grange, R., Milliard, B., Vivès, S., Safa, F., Réfrégier, A., Boulade, O. ve Bertin, E., 2006. Zero distortion three mirror telescope designed for the Dark Universe Explorer (DUNE) space mission. *SPIE Astronomical Telescopes + Instrumentation*, 6265 (syf: 6.

Habib, A., Lin, H.T. ve Morgan, M., 2003. Autonomous Space Resection Using Point- and Line-Based Representation of Free-Form Control Linear Features. *The Photogrammetric Record*, 18(103): 244-258.

Jacobsen, K., 2003. Geometric Potential of IKONOS and QuickBird Images. *Photogrammetric Week*, Stuttgart, syf: 10.

Kapnias, D., Milenov, P. ve Kay, S., 2008. *Guidelines for Best Practice and Quality Checking of Ortho Imagery*. European Commission, Joint Research Centre, Institute for the Protection and Security of the Citizen.

Konecny, G., 1979. Methods and possibilities for digital differential rectification. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 45(6): 727-734.

Kraus, K., 1993. *Photogrammetry, Fundamentals and Standard Processes*. Dümmler, Bonn. 397 sayfa.
KURT, O., 2002. İki Boyutlu Benzerlik ve Afin Dönüşümü. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Joedezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Zonguldak.

Leprince, S., Barbot, S., Ayoub, F. ve Avouac, J.P., 2007. Automatic and precise orthorectification, coregistration, and subpixel correlation of satellite images, application to ground deformation measurements. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 45(6): 1529-1558.

Li, C. ve Shi, W., 2014. The Generalized-Line-Based Iterative Transformation Model for Imagery Registration and Rectification. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 11(8): 1394-1398.

Moghaddam, S.H.A., Mokhtarzade, M., Naeini, A.A. ve Amiri-Simkooei, A., 2018. A Statistical Variable Selection Solution for RFM Ill-Posedness and Overparameterization Problems. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*: 1-12.

Naeini, A.A., Moghaddam, S.H.A., Mirzadeh, S.M.J., Homayouni, S. ve Fatemi, S.B., 2017. Multiobjective Genetic Optimization of Terrain-Independent RFMs for VHSR Satellite Images. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, PP(99): 1-5.

Niu, X., Hassan, T., Ellum, C. ve El-Sheimy, N., 2006. Directly georeferencing terrestrial imagery using MEMS-based INS/GNSS integrated systems. *Proceedings of XXIII FIG Congress*.

OGC, 1999. *The OpenGIS® Abstract Specification Topic 6: The Coverage Type and its Subtypes Version 4*.

Okamoto, A., 1992. Ultra-Precise Measurement Using Affine Transformation. *International Archieves of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciencies*, Washington, D. C., XXXIX-Part B5 (syf: 318-322.

Ottavianelli, G. ve Vescovi, F.D., 2018. Harmonisation of optical product types in relation to geometric corrections. *Remote Sensing Letters*, 9(3): 258-264.

Örmeci, C., 1988. Ortofoto'ların Sayısal Olarak Elde Edilmesi Üzerine Bir Çalışma. *İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi*, 46(3): 1-12.

Poli, D., 2005. Modelling of spaceborne linear array sensors. ETH Zürich.
RIAZANOFF, S., 2004. SPOT 123-4-5 Geometry Handbook. in: Image, S. (Ed.).

Sertel, E., Kutoglu, S.H. ve Kaya, S., 2007. Geometric correction accuracy of different satellite sensor images: application of figure condition. *International Journal of Remote Sensing*, 28(20): 4685-4692.

Tao, C.V. ve Hu, Y., 2001. A comprehensive study of the rational function model for photogrammetric processing. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 67(12): 1347-1358.

Topan, H., 2013. First Experience with Figure Condition Analysis Aided Bias Compensated Rational Function Model for Georeferencing of High Resolution Satellite Images. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 41(4): 807-818.

Topan, H., 2014. Dönüşüm Katsayılarının ve Sayısal Yükseklik Modelinin Konum Doğruluğunun Ortogörüntülerin Konum Doğruluğu Üzerindeki Etkisinin Belirlenmesi: Ikonos, QuickBird, OrbView-3 ve Pléiades-1A Görüntüleri ile Örnek Uygulama. *5. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, İstanbul.

Topan, H., Cam, A., Oruç, M. ve Teke, M., 2016. GÖKTÜRK-2 Görüntülerinin Geometrik ve Radyometrik Açıdan Değerlendirilmesi. *VI. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, Adana, syf: 804-809.

Topan, H. ve Kutoglu, H.S., 2009. Georeferencing Accuracy Assessment of High-Resolution Satellite Images Using Figure Condition Method. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 47(4): 1256-1261.

Topan, H. ve Maktav, D., 2014. Efficiency of Orientation Parameters on Georeferencing Accuracy of SPOT-5 HRG Level-1A Stereoimages. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 52(6): 3683-3694.

Topan, H., Oruç, M. ve Koçak, M.G., 2007. Ortogörüntü Üretiminde Yer Kontrol Noktası Seçimi ve Sonuçlara Etkisi. *11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara, syf.

Topan, H., Oruç, M., Taşkanat, T. ve Cam, A., 2014. Combined Efficiency of RPC and DEM Accuracy on Georeferencing Accuracy of Orthoimage: Case Study With Pléiades Panchromatic Mono Image. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 11(6): 1148-1152.

Topan, H., Taşkanat, T. ve Cam, A., 2013. Georeferencing Accuracy Assessment of Pléiades 1A Images Using Rational Function Model. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-7/W2, syf: 251-256.

Turgut, B. ve İnal, C., 2003. Nokta Konum Duyarlıklarının İki ve Üç Boyutlu Koordinat Dönüşümüne Etkisi. *Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı*, Konya, Türkiye, syf: 155-161.

Valadan Zoej, M.J., Mokhtarzade, M., Mansourian, A., Ebadi, H. ve Sadeghian, S., 2007. Rational function optimization using genetic algorithms. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 9(4): 403-413.

Weser, T., Rottensteiner, F., Willneff, J., Poon, J. ve Fraser, C.S., 2008. Development and Testing of a Generic Sensor Model for Pushbroom Satellite Imagery. *The Photogrammetric Record*, 23(123): 255-274.

Yamakawa, T., 2004. Linear Orientation Models for High-Resolution Satellite Line Scanner Imagery. The University of Melbourne, Melbourne. 191 sayfa.

Yastıklı, N., 2004. Algılama Sistemlerinin Doğrudan Yöneltilmesi. *Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 2004/90: 5-11.

Yaşayan, A., 1978. *Hava Fotogrametrisinde İki Boyutlu Doğrusal Dönüsümler ve Uygulamalar*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Yer Bilimleri Fakültesi. 106 sayfa.

Yavari, S., Valadan Zoej, M.J., Sahebi, M.R. ve Mokhtarzade, M., 2018. Accuracy improvement of high resolution satellite image georeferencing using an optimized line-based rational function model. *International Journal of Remote Sensing*, 39(6): 1655-1670.

Zhou, G., 2009. Near Real-Time Orthorectification and Mosaic of Small UAV Video Flow for Time-Critical Event Response. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 47(3): 739-747.

Zoej, M.J.V., 1997. Photogrammetric Evaluation of Space Linear Array Imagery For Medium Scale Topographic Mapping. Glasgow University. 303 sayfa.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6179

PLÉİADES UYDU GÖRÜNTÜSÜNÜN HAVA LİDAR VERİLERİ ENTEGRASYONU İLE NESNE TABANLI SINIFLANDIRILMASI VE DOĞRULUK ANALİZİ

Sedanur GÜRDAL[1], Füsun BALIK ŞANLI[2], Serdar BAYBURT[1]

[1]Müh., İstanbul Büyükşehir Belediyesi Bimtaş, 34430, İstanbul, sedanur.gurdal@bimtas.istanbul
[2]Doç. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, İstanbul, fbalik@yildiz.edu.tr
[1] Yük. Müh., İstanbul Büyükşehir Belediyesi Bimtaş, 34430, İstanbul, serdar.bayburt@bimtas.istanbul

ÖZET

Uzaktan algılama teknolojileri arazi örtüsünün haritalandırılması için birçok yöntem sunmaktadır. Kentsel gelişimin artmasıyla coğrafi veri tabanlarının doğru ve etkin bir biçimde güncellenmesi ve kullanılması gerekmektedir. Nesne tabanlı sınıflandırma, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden, arazi kullanım haritaları üretmek için etkin bir sınıflandırma yöntemidir. Topografyanın çok hızlı ve hassas bir şekilde elde edilmesine olanak sağlayan hava lidar teknolojisinden elde edilen yüksek çözünürlüklü ürünler, nesne tabanlı sınıflandırma uygulamalarına entegre edilerek sınıflandırma doğruluğu arttırılabilir.
Bu çalışmada yüksek çözünürlüklü Pléiades uydu görüntüsüne, öncelikli olarak yalnız spektral verilerden yararlanarak nesne tabanlı sınıflandırma işlemi uygulanmış, sonrasında hava lidar nokta bulutu verisinden üretilen, yüksek çözünürlüklü SYM, nSYM, Intensity verileri entegre edilerek sınıflandırma doğruluğundaki değişim analiz edilmiştir. Analiz sonucunda uydu görüntülerinin sağladığı spektral bilgilerin, hava lidar verilerinden elde edilen 3 boyutlu mekânsal özellikler ile birleştirilmesi, özellikle kentsel alanlarda sınıflandırma doğruluğuna katkı sağladığı görülmüştür. Sınıflandırma toplam doğruluğu ve kappa doğruluğunu sırasıyla %3 ve 0,04 oranında arttırmıştır.

Anahtar Sözcükler:,hava Lidar, Intensity, nesne tabanlı sınıflandırma, Pléiades, SYM, nSYM

ABSTRACT

PLÉİADES SATELLITE IMAGE OBJECT-BASED CLASSIFICATION AND ACCURACY ANALYSIS WITH AIRBORNE LIDAR DATA INTEGRATION

Remote sensing technologies have many methods for land cover mapping. With the increase in urban development, geographical databases need to be used and updated accurately and effectively. Object based classification is an effective classification method for producing land use maps from high resolution satellite images. The high resolution products from airborne lidar technology, which allows the topography to be acquired very quickly and precisely, can be integrated into object based classifications to increase classification accuracy.
In this study, high resolution Pléiades satellite image was initially applied to object-based classification using only spectral data and then integrated high resolution DSM, nDSM, intensity dataset which generated from airborne point cloud data to analyze the change in the classification accuracy. As a result of the analysis, it has been found that combining spectral data provided by satellite images with 3D spatial products obtained from airborne data increases the classification accuracy, especially in the urban areas. Classification overall accuracy and Kappa statistics are incrased 3 % and 0,04 respectively.

Keywords: airborne Lidar, Intensity, object base classification, Pléiades, DSM, nDSM

1. GİRİŞ

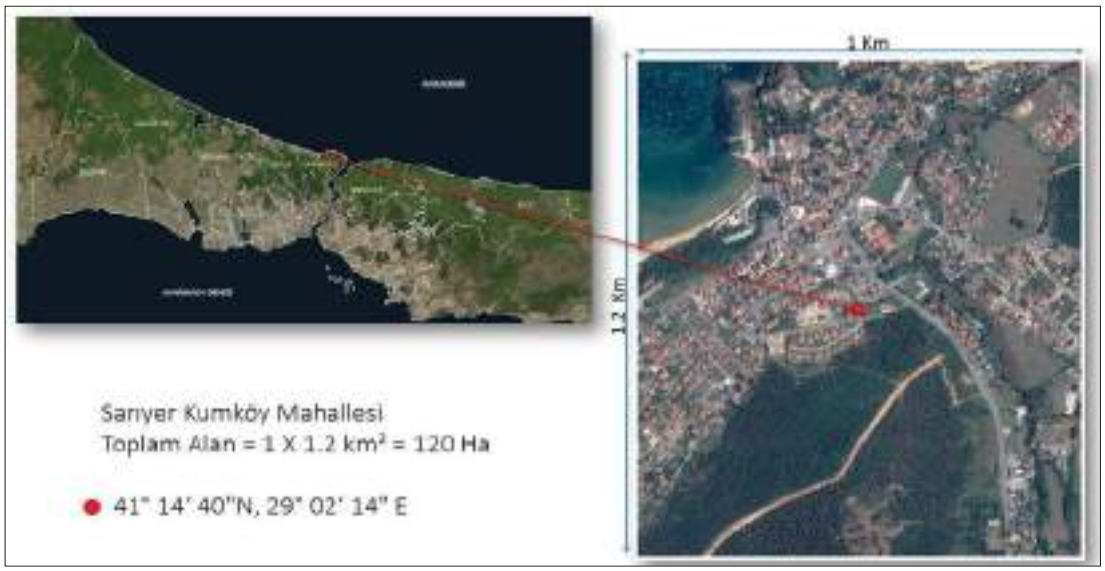
Arazi kullanım haritaları mekânsal çalışmalarda önemli altlıklar oluşturmaktadır. Arazi yönetimi, arazi yüzeyindeki değişikliklerin tespit edilmesi, coğrafi veri tabanlarının güncellenmesi; hızla değişen topografya ve kentsel alanlar için önemli bir ihtiyaç hâline gelmektedir. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda uzaktan algılama teknolojilerinin farklı uygulamalarından elde edilen ürünler, sonuçların doğruluklarını arttırmak amacıyla birlikte kullanılabilmektedir. Spektral görüntüler ve lidar verileri arazi kullanım haritaları oluşturmada yaygın olarak kullanılmaktadır. Farklı arazi türlerini ayırt etmede, spektral veriler ve 3 boyutlu topografya verileri önemli katkı sağlamaktadır. Bunun yanı sıra kullanılan ürünlerin çözünürlük değerleri farklı arazi türleri için görüntü yorumlama ve sınıflandırma aşamasında önemli bir unsurdur.

İstanbul Sarıyer bölgesinde 1,2 x 1 km²lik bir alana ait, 0.50 m çözünürlüklü ve 4 bantlı Pléiades uydu görüntüsü ile Ecognition Developer 9.0 yazılımında, spektral özelliklerden faydalanılarak nesne tabanlı sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamada sınıflandırma işlemine hava lidar nokta bulutundan elde edilen ve raster hâle getirilmiş, 0.25 m GSD'li (Ground Sample Distance/Yer Örneklem Aralığı), SYM, nSYM ve Intensity verileri eklenmiştir. Her iki sınıflandırma uygulamasının doğruluk analizleri incelenerek değerlendirme yapılmıştır.

2. UYGULAMA

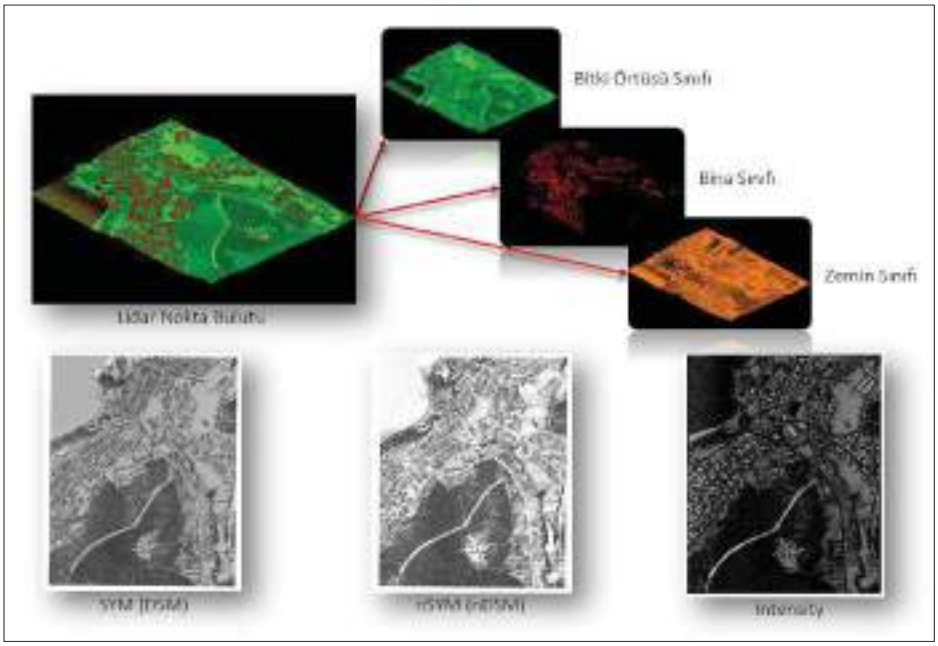
2.1 Çalışma Alanı ve Veri Seti

Çalışma alanı olarak farklı arazi türlerinin (kentsel alan, bitki örtüsü, su vb.) bir arada bulunduğu İstanbul Sarıyer Kumköy Mahallesi'nde 1,2 x 1 km²lik (120 ha) bir alan seçilmiştir (**Şekil 1**). Kullanılan Pléiades uydu görüntüsü 2014 yılına ait olup 0.50 m mekânsal çözünürlüğe ve R,G,B ve NIR olmak üzere 4 bantlıdır.



Şekil 1. Çalışma alanına ait Pléiades uydu görüntüsü.

Çalışma alanına ait hava lidar nokta bulutu 16 nokta/m²lik nokta yoğunluğuna sahiptir. 2013 yılına ait olan sınıflandırılmış hava lidar nokta bulutu verisinden TerraSolid Yazılımı ile 0.25 m GSD'li SYM, nSYM ve intensity verileri üretilmiştir (**Şekil 2**).



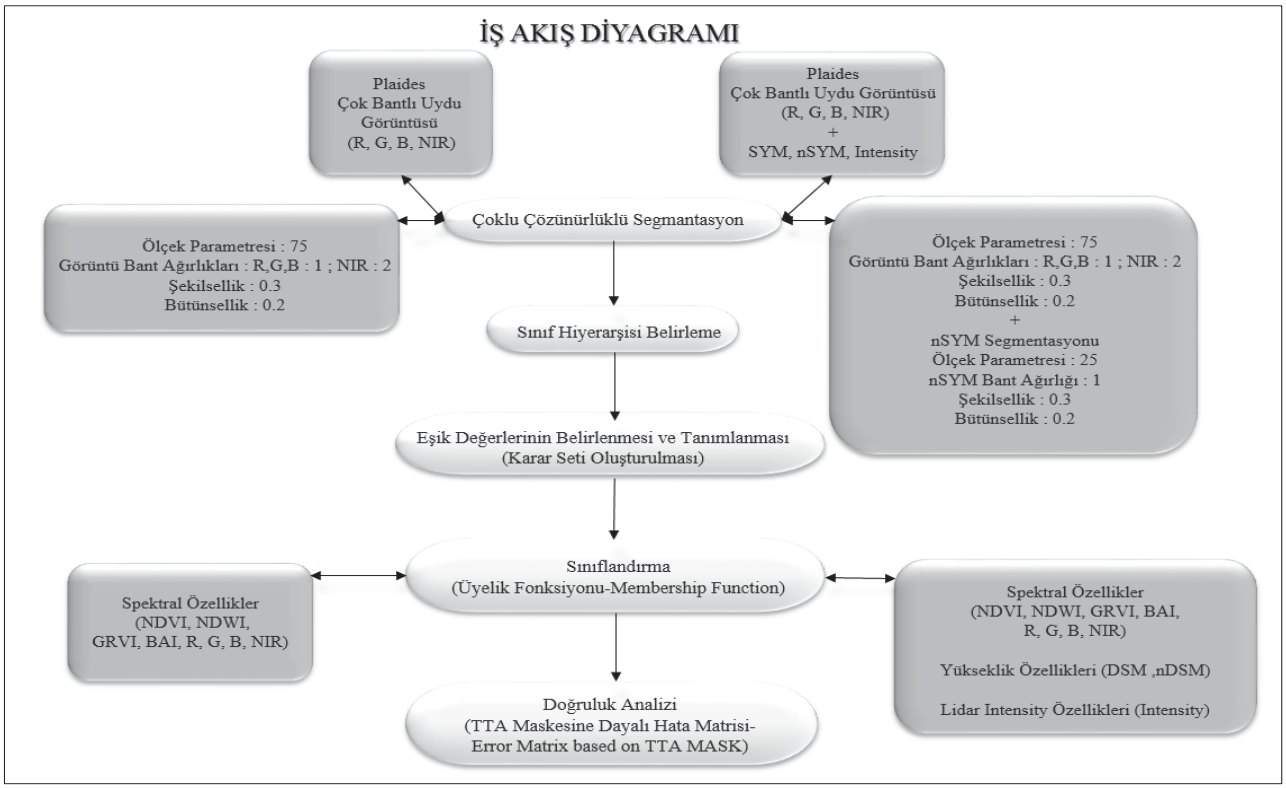
Şekil 2. Çalışma alanına ait sınıflandırılmış Lidar Nokta Bulutu ve sınıfları, Sayısal Yüzey Modeli, Normalize Edilmiş Sayısal Yüzey Modeli ve Intensity verileri.

SYM (Sayısal Yüzey Modeli/Digital Surface Model) verisi sınıflandırılmış hava lidar nokta bulutunun "Zemin, Bitki Örtüsü, Bina" sınıfları kullanılarak üretilen, yalın arazi yüzeyinin yanında bitki örtüsü, ağaç, bina ve insan yapımı diğer objelerin de dâhil edildiği matematiksel bir yüzey modelidir.

nSYM (Normalize Edilmiş Sayısal Yüzey modeli / Normalized Digital Surface Model) verisi ise; yine sınıflandırılmış hava lidar nokta bulutu verisinin "Zemin" sınıfı kullanılarak üretilen ve yalın arazi yüzeyini ifade eden SAM (Sayısal Arazi Modeli/Digital Terrain Model) verisinin, SYM verisinden çıkarılmasıyla elde edilen bir sayısal fark modelidir. nSYM verisi arazi üzerindeki bitki örtüsü, ağaç, bina gibi objelerin yerden olan yükseklik bilgilerini doğrudan verdiği için farklı sınıf türlerini elde etmede oldukça önemli bir veridir. Lidar nokta bulutunun sahip olduğu x, y, z koordinat bilgilerinin yanında, yüzey yansıtımını gri tonları olarak gösteren Intensity bilgisi de mevcuttur ve bu veri kullanılarak raster hâldeki Intensity verisi üretilmiştir.

2.2 Yöntem

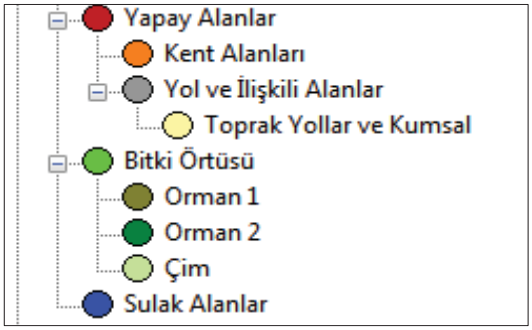
Çalışmada "Ecognition Developer 9.0" yazılımı kullanılarak "Nesne Tabanlı Sınıflandırma" yöntemi uygulanmıştır. İki farklı veri setiyle, iki sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. İlk olarak Pléiades uydu görüntüsünün 4 bandı kullanılmıştır. İkinci aşamada 4 banda ek olarak, lidar nokta bulutu verisinden üretilen SYM, nSYM ve Intensity verileri eklenmiştir. Her iki aşamada da nesne tabanlı sınıflandırmanın başlıca bileşenleri olan; özellik çıkarımı, segmentasyon ve sınıflandırma aşamaları sırasıyla uygulanmıştır. Çalışmaya ait iş akışı **Şekil 3**' te gösterildiği gibidir.



Şekil 3. İş akış diyagramı.

2.3 Arazi Örtüsü Sınıflarının Tanımlanması

Çalışma alanına ait alan, öncelikli olarak yapay alanlar, bitki örtüsü ve sulak alanlar olmak üzere üç ana sınıfta incelendi. Yapay alanlar ve bitki örtüsü içeren alanlar kendi içinde alt sınıflara ayrıldı. Yapay alanlara; kent alanları, yol ve ilişkili alanlar, toprak yollar ve kumsal olarak alt sınıflar eklendi. Aynı şekilde bitki örtüsü olan alanlara, farklı orman türleri içerdiği için, iki farklı orman sınıfı ve çim sınıfı eklendi. Sınıf hiyerarşisi belirleme ve isimlendirme aşamasında, Avrupa Çevre Ajansı tarafından belirlenen Arazi Örtüsü/Kullanımı Sınıflandırmasına göre uydu görüntüleri üzerinden bilgisayar destekli görsel yorumlama metodu ile üretilen arazi örtüsü/kullanımı verisi olan CORINE (Coordination of Information on the Environment)' den yararlanılmıştır. Sınıflandırma hiyerarşisi **Şekil 4**' te gösterildiği gibidir.

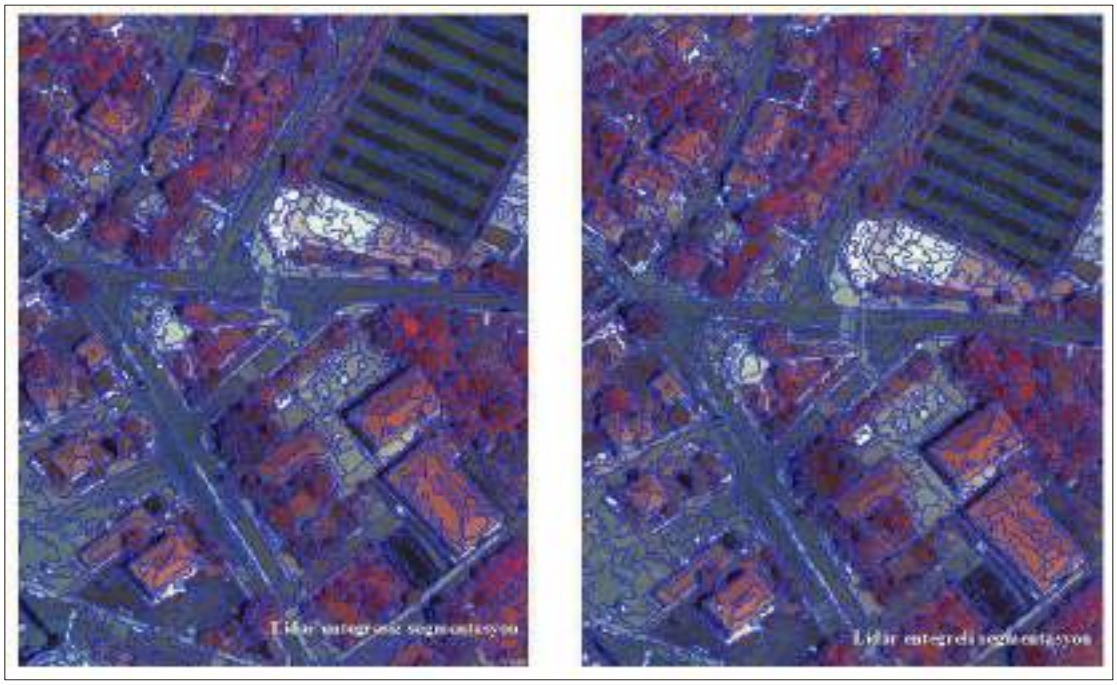


Şekil 4. Sınıf hiyerarşisi.

2.4 Segmentasyon

Nesne tabanlı sınıflandırma yönteminin önemli bir adımı olan segmentasyon işleminde, çoklu çözünürlüklü segmantasyon olarak ifade edilen ve literatürde en çok tercih edilen yöntem olan "Multiresolution Segmentation" yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde benzer yansıtım özelliklerine sahip pikseller şekilsellik ve bütünsellik fonksiyonlarıyla gruplandırılır ve tek bir segment hâline getirilir. Segmentasyon sonucu oluşan segmentlerin yansıtım özellikleri yanında doku, uzunluk ve alan gibi özellikleri de kullanılarak sınıflandırma sırasında birçok özelliğin elde edilmesi kolaylaştırılır (Kalkan, 2010). Segmentasyon işleminde uygun ölçeğin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Buna rağmen kullanılan segmentasyon algoritmalarında uygun değerde ölçeğin belirlenebilmesi için objektif bir yöntem bulunmamaktadır (Kim et al. 2008). Farklı ölçek türlerinde, farklı şekilsellik (Shape) ve bütünsellik (Compactness) değerleri denenerek çalışma alanına en uygun segmentasyon parametreleri belirlenmiştir. İlk segmentasyon işleminde yalnız spektral bantlara ağırlık verilmiştir. Segmentasyon ölçek parametresi 75, şekilsellik ve bütünsellik özellikleri sırasıyla 0.3 ve 0.2 olarak kullanılmıştır.

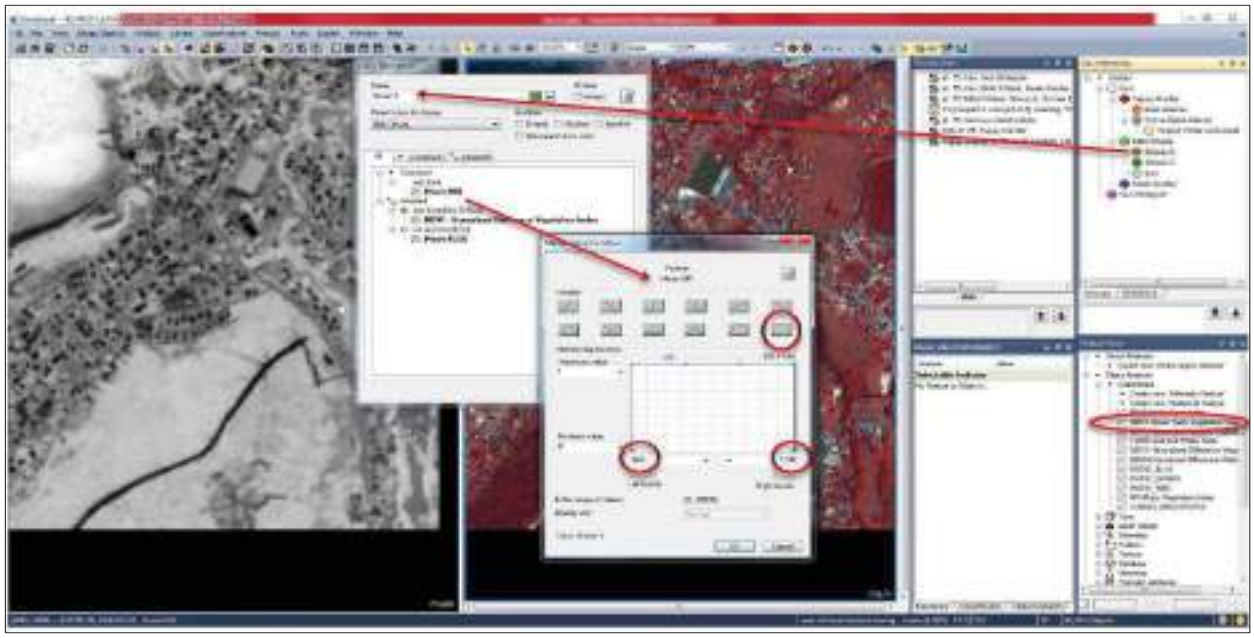
İkinci segmentasyon işleminde, ilk segmentasyondan farklı olarak 25 ölçek parametreli nSYM segmentasyonu tematik katman olarak kullanılmıştır. Burada nSYM verisinin segmentasyon aşamasına dahil edilmesiyle objelerin, özellikle de binaların ayırt edilebilirliğini arttırmak amaçlanmıştır.



Şekil 5. Segmentasyon sonuçları.

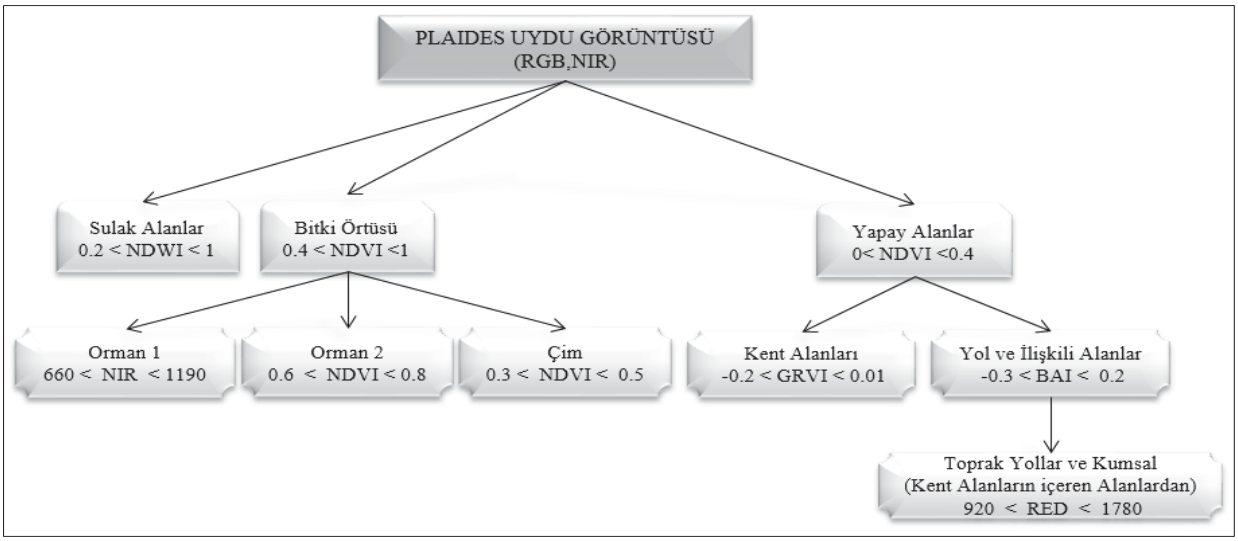
2.5 Sınıflandırma

"Ecognition Developer" yazılımında yer alan spektral ve şekilsel özelliklerin ve bunlar dışında kullanıcı tarafından yazılıma tanımlanabilen formüllerin, her bir sınıfın ayırt edilmesinde kullanılacak, en uygun eşik değerleri **Şekil 7**'de gösterildiği gibi görsel yoruma dayalı olarak belirlenmiştir. Belirlenen değerler üyelik fonksiyonu (Membership Function) yardımıyla, her bir sınıfın içeriğine tanımlanmıştır (**Şekil 6**).



Şekil 6. Eşik değerlerinin belirlenmesi ve tanımlanması.

İlk uygulamada, yalnız spektral özellikler kullanılarak sınıflandırma yapılmıştır. Sınıflandırma aşamasında Pléiades uydu görüntüsünün R,G,B ve NIR bant yansıtım özelliklerinin yanında NDVI (Normalized Difference Vegatation Index), NDWI (Normalized Difference Water Index), BAI (Built Up Areas Index), GRVI (Green Ratio Vegatation Index) formüllerinden yararlanılmıştır (**Şekil 7**).



Şekil 7. Lidar entegresiz sınıflandırmada kullanılan eşik değerleri.

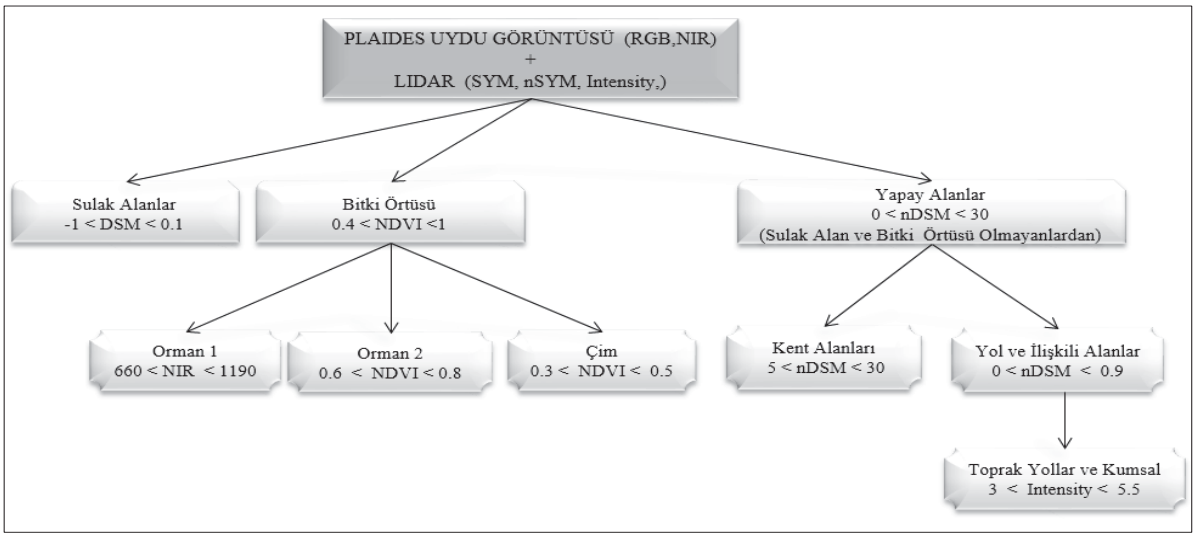
Lidar entegre edilmeden, yalnız spektral özelliklerin kullanıldığı sınıflandırmadan elde edilen sonuç **Şekil 8'** de gösterildiği gibidir. Bu sonuç, özellikle yol ve ilişkili alanlar, kent alanları, toprak yollar ve kumsal sınıfları arasındaki

ayırt edilebilirliğin ne kadar düşük olduğunu göstermektedir. Sulak ve bitki örtüsü sınıfları daha belirgin ve bitki örtüsü içeren alanlarda farklı türlerin ayırt edilebilirliği yüksektir.



Şekil 8. Lidar entegresiz sınıflandırma sonucu.

İkinci uygulamada spektral bantlara ek olarak SYM, nSYM ve Intensity verileri dahil edilmiştir. Uygun eşik değerlerinin belirlenmesi aşamasında, bitki örtüsü içeren alanlarda yine spektral özelliklerin kullanılması, daha iyi sonuç verdiği için uygun görülmüştür. Fakat ikinci sınıflandırmada nSYM segmentasyonun dahil edilmesi nedeniyle bitki örtüsü içeren alanlar, ilk sınıflandırmaya göre farklılık göstermiştir. Diğer sınıflarda ise lidar özelliklerinden yararlanılmıştır (**Şekil 9**).



Şekil 9. Lidar entegreli sınıflandırmada kullanılan eşik değerleri.

Hava lidar nokta bulutundan üretilen SYM, nSYM ve Intensity verilerinin dahil edilmesiyle yapılan sınıflandırmadan elde edilen sonuç **Şekil 10'**da gösterildiği gibidir. Sonuçlar değerlendirildiğinde ilk olarak göze çarpan, binaları da

içeren kentsel alanlar sınıfının sınırlarının belirgin derecede iyileşmiş olmasıdır. Toprak yollar, kumsal ile kentsel alanlar arasındaki karmaşıklık gözle görülür derecede giderilmiştir.



Şekil 10. Lidar entegreli sınıflandırma sonucu.

3. DOĞRULUK ANALİZİ

Her iki sınıflandırma için "TTA Maskesine Dayalı Hata Matrisi (Error Matrix Based on TTA Mask)" yöntemi ile ayrı ayrı doğruluk analizleri yapılmış ve her bir sınıfın doğruluk değerlerindeki değişimler incelenmiştir (**Çizelge 1, Çizelge 2**). Uzaktan algılama görüntülerinin sınıflandırma doğruluğu, seçilen referans bilgiler ve sınıflandırılmış veri arasındaki uyuşmanın ne kadar yüksek olduğunun belirlenmesi anlamına gelmektedir. Bu yöntemde her bir tematik sınıf için seçilen örnek segmentler ile görüntüdeki sınıflandırılmış segmentlerin uyumu test edilir (Kalkan, 2010). Doğruluk analizinin segment bazlı yapılması, çalışma alanının boyutu, segmentasyon aşamasında kullanılan ölçek faktörü gibi parametreler ve kullanılan verilerin yüksek çözünürlükte olması, yüksek doğruluk değerleri elde edilmesi sonucunu doğurmuştur.

Çizelge 1. Lidar entegresiz sınıflandırmadan elde edilen hata matrisi tablosu ve doğruluk değerleri.

Kullanıcı \ Referans	Sulak Alanlar	Bitki Örtüsü	Yapay Alanlar	Çim	Orman 1	Orman 2	Yol ve İlişkili Alanlar	Kent Alanları	Toprak Yollar ve Kumsal	**Toplam**	**Üretici Doğruluğu**
Sulak Alanlar	11724	0	0	0	0	0	0	0	0	11724	**100%**
Bitki Örtüsü	0	65351	2292	0	0	0	0	0	0	67643	**97%**
Yapay Alanlar	0	2214	67045	0	0	0	0	0	0	69259	**97%**
Çim	0	0	0	6439	1049	0	0	0	0	7488	**86%**
Orman 1	0	0	0	1476	16007	0	0	0	0	17483	**92%**
Orman 2	0	0	0	0	0	9952	0	0	0	9952	**100%**
Yol ve İlişkili Alanlar	0	0	0	0	0	0	30514	1483	0	31997	**95%**
Kent Alanları	0	0	0	0	0	0	596	5675	1011	7282	**78%**
Toprak Yollar ve Kumsal	0	0	0	0	0	0	0	853	5314	6167	**86%**
Toplam	11724	67565	69337	7915	17056	9952	31110	8011	6325	228995	
Kullanıcı Doğruluğu	**100%**	**97%**	**97%**	**81%**	**94%**	**94%**	**100%**	**71%**	**84%**		
Genel Doğruluk	**95%**										
Kappa	**0.939**										

Çizelge 2. Lidar entegreli sınıflandırmadan elde edilen hata matrisi tablosu ve doğruluk değerleri.

Kullanıcı \ Referans	Sulak Alanlar	Bitki Örtüsü	Yapay Alanlar	Çim	Orman 1	Orman 2	Yol ve İlişkili Alanlar	Kent Alanları	Toprak Yollar ve Kumsal	**Toplam**	**Üretici Doğruluğu**
Sulak Alanlar	3844	0	0	0	0	0	0	0	0	3844	**100%**
Bitki Örtüsü	0	69412	0	0	0	0	0	0	0	69412	**100%**
Yapay Alanlar	0	1209	61643	0	0	0	0	0	0	62852	**98%**
Çim	0	0	0	18638	0	0	0	0	0	18638	**100%**
Orman 1	0	0	0	0	10933	0	0	0	0	10933	**100%**
Orman 2	0	0	0	1209	1022	6923	0	0	0	9154	**76%**
Yol ve İlişkili Alanlar	0	0	0	0	0	0	18150	0	0	18150	**100%**
Kent Alanları	0	0	0	0	0	0	0	5255	0	5255	**100%**
Toprak Yollar ve Kumsal	0	0	0	0	0	0	0	0	3880	3880	**100%**
Toplam	3844	70621	61643	19847	11955	6923	18150	5255	3880	202118	
Kullanıcı Doğruluğu	**100%**	**98%**	**100%**	**94%**	**91%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**		
Genel Doğruluk	**98%**										
Kappa	**0.985**										

Her iki sınıflandırmadan elde edilen sonuçlar incelendiğinde; genel doğrulukta %3 oranında bir artış ve lidar verisinin genel doğruluğa katkı sağladığı görülmüştür. Her bir sınıf kendi içinde değerlendirildiğinde ise; "Sulak Alanlar" sınıfında herhangi bir değişim söz konusu değildir. Gerek spektral veriler kullanarak gerekse lidar verilerinden deniz vb. su içeren alanlar kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. Ormanlık alanlarda, iki sınıflandırmada da spektral veri kullanılmasına rağmen lidar entegreli sınıflandırma sonuçlarının doğruluk değerlerinde artış söz konusudur. Bu durum ikinci uygulamada nSYM segmentasyonunun entegre edilmesiyle açıklanabilir. Bitki örtüsü alt sınıflarında yer alan ve çalışma alanında bulunan iki orman türünden ilkini ifade eden "Orman 1" sınıfında; kullanıcı doğruluğu artış gösterirken, üretici doğruluğu azalma göstermiştir. Üretici doğruluğu seçilen test alanlarının kaçının doğru sınıflandırıldığıyla, kullanıcı doğruluğunun ise bu alanların yeryüzü gerçeğini ne oranda doğru temsil ettiğiyle ifade edilebilir. "Yapay Alanlar" sınıfının doğruluk değeri, lidar entegreli sınıflandırma sonuçlarında yüksektir. Özellikle ilk sınıflandırmada kent alanlarının, toprak yollar ve kumsal alanlardan ayırt edilmesi, benzer spektral yansıtım değerlerine sahip olması nedeniyle başarılı olamamıştır. Lidar verilerinden nSYM ve intensity verisinin entegre edilmesi bu aşamada sınıflandırma doğruluğunun artmasına büyük ölçüde katkı sağlamıştır. "Kent Alanları" sınıfı nSYM, "Toprak Yollar ve Kumsal" sınıfı intensity verisi kullanarak kolaylıkla ayırt edilebilmiştir. Bu sınıfların doğruluk değerlerindeki artış miktarı da diğer sınıflara göre daha fazla olmuştur. "Yol ve İlişkili Alanlar" sınıfı ise her iki sınıflandırmada da aynı doğruluk değerini vermiştir.

4. SONUÇLAR

Kentsel alanlarda, arazi örtü türlerinin otomatik olarak haritalandırılması, uzaktan algılamanın en zorlu problemlerinden biridir. Bu bağlamda bu çalışma hem daha efektif hem de daha yüksek doğruluklu arazi örtüsü haritalarının üretilebilmesi için alternatif bir çözüm sunmuştur. Çoklu sensör verilerinin entegre edildiği bu yöntemin, ilgili kural setleri hazırlanarak coğrafi veri tabanlarının güncellenmesinde kullanılması, bu güncellemelerin sürekliliğinin ve doğruluğunun sağlanması kapsamında uygulanması önerilmektedir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, hava lidar verilerinin nesne tabanlı sınıflandırma uygulamalarına entegre edilmesinin, sınıflandırmadaki genel doğruluğu arttırdığı görülmüştür. Özellikle lidar verilerinden elde edilen nSYM verisi gerek şekilsel gerekse bütünsel açıdan objelerin çıkarımına imkân sağladığı için, piksel tabanlı sınıflandırma sonuçlarının bazı kısıtlarını giderdiği görülmüştür. Bu bağlamda kentsel yapıları ve dokuları içeren alanlarda lidar verisinin doğruluğa katkısı daha fazladır. Bunula birlikte, yalnız spektral verilerin kullanılmasıyla elde edilen genel doğruluğun daha düşük çıkmasına rağmen, bitki örtüsü içeren alanlarda spektral verilerin kullanılması daha uygundur. Özellikle de farklı orman türlerini ayırt etmede uydu görüntülerinin sahip olduğu spektral bilgiler daha faydalıdır.

KAYNAKLAR

BİMTAŞ, 2018. Boğaziçi Peyzaj İnşaat Müşavirlik Teknik Hizmetler San. Tic. A.Ş. https://bimtas.istanbul/lttmLas.aspx , https://bimtas.istanbul/lttmDsm.aspx , https://bimtas.istanbul/lttmnDsm.aspx [Erişim Tarihi:06.08.2018].

Chetan, M.A., Dornik, A., Urdea, P., 2017. Comparison of Object and Pixel-based Land Cover Classification Through Three Supervised Methods. Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement. DOI 10.12902. 6 sayfa.

CORİNE, 2018. Coordination of Information on the Environment.

http://corine.ormansu.gov.tr/corineportal/nedir.html [Erişim Tarihi:21.07.2018].

CSCRS, 2018. ITU Research and Application Center for Satellite Communications and Remote Sensing. http://www.cscrs.itu.edu.tr/assets/downloads/PleiadesUserGuide.pdf [Erişim Tarihi:06.05.2018].

Delen, A., Şanlı Balık, F., 2017. Pamuk Ekili Alanların Nesne Tabanlı Sınıflandırma Yöntemi ile Belirlenmesi: Menemen Örneği, Journal of New Results in Engineering and Natural Science, No:1701. 8 sayfa.

Divina, F., Aquino, D., Romero, J., 2015. Land Cover Classification Using Lidar Data. The 36th Asian Conference on Remote Sensing. 7 sayfa.

Jawak, S.D., Panditrao, S.N., Luis, A.J., 2014. Airborne Lidar and High Resolution Satellite Data For Rapid 3D Feature Extraction. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-8. 8 sayfa.

Jia, Y., 2015. Object-based Land Cover Classification with Orthophoto and LIDAR Data. Yüksek lisans tezi. School of Architecture and the Built Environment Royal Institute of Technology (KTH) Stockholm, Sweden. 75 sayfa.

Kalkan, K., Maktav D., 2010. Nesne Tabanli ve Piksel Tabanli Siniflandirma Yöntemlerinin Karşilaştirilmasi (Ikonos Örneği). III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu. 8 sayfa.

Kim, M., Madden, M.,Warner, T., 2008. Estimation Forest Stands with Multispectral IKONOS Imagery, Object-Based Image Analysis, Berlin, Springer, 291–307.

Alberto, R.T., Serrano, S.C., Damian, G.B., Camaso, E.E., Celestino, A.B., Hernando, P.J.C., Isip, M.F., Orge, K.M., Quinto, M.J.C., Tagaca, R.C., 2016. Object Based Agricultural Land Cover Classification Map of Shadowed Areas From Aerial Image and Lidar Data Using Support Vector Machine. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume III-7. 6 sayfa.

Teo, T., Huang, C., 2016. Object-Based Land Cover Classification Using Airborne Lidar and Different Spectral Images. Terr. Atmos. Ocean. Sci., Vol. 27, No. 4: 491-504.

TerraSolid, 2018. Terrasolid Develops Software. https://www.terrasolid.com/download/tscan.pdf [Erişim Tarihi:06.05.2018].

Trimble, 2018. eCognition Developer. http://www.ecognition.com/content/step-step-user-guide-beginner-ecognition-land-cover-mapping-1 [Erişim Tarihi:06.05.2018].

Yamamoto, T., Nakagawa M., 2015. Merging Airborne Lidar Data and Satellite Sar Data For Building Classification. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-4/W5. 6 sayfa.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6659

FRAKTAL BOYUT VE LAKÜNARİTE İNDEKSİ İLE CORINE ARAZİ ÖRTÜSÜ/KULLANIMI SINIFLARININ MEKÂNSAL DEĞİŞİMLERİNİN ANALİZİ: ANKARA ÖRNEĞİ

Derya ÖZTÜRK[1], Fatmagül KILIÇ-GÜL[2]

[1]Doç. Dr., Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 55139, Atakum, Samsun, dozturk@omu.edu.tr
[2]Prof. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, Esenler, İstanbul, fkilic@yildiz.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada Ankara ilinin arazi kullanımı/örtüsündeki mekânsal değişimler fraktal analiz ile incelenmiştir. 1990, 2000 ve 2012 yıllarına ait CORINE ikinci düzey arazi kullanımı/örtüsü verileri kullanılmış, fraktal boyut ve lakünarite indeksi ile mekânsal desen ve değişimler irdelenmiştir. Fraktal analiz, kutu sayma yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar yüzölçümü değişimlerinin yanında, fraktal boyut ve lakünarite indeksi ile parçalanma/kompaktlaşma ve heterojenite/homojenite derecesinin incelenmesinin kentleşme ve antropojenik etkilerin çevresel sonuçlarının izlenmesi ve değerlendirilmesi açısından oldukça yararlı bilgiler sunduğunu ortaya koymuştur.

Anahtar Sözcükler: fraktal boyut, lakünarite, kutu sayma yöntemi, CORINE

ABSTRACT

ANALYSIS OF SPATIAL CHANGES OF CORINE LAND USE/COVER CLASSES USING FRACTAL DIMENSION AND LACUNARITY INDEX - A CASE STUDY: ANKARA

In this study, the spatial changes in land use/cover of Ankara province were investigated by fractal analysis. CORINE-Second level land use/cover data for 1990, 2000, and 2012 were used, spatial patterns and changes were examined using fractal dimension and lacunarity index. Fractal analysis was performed using the box counting method. The results show that the analysis of fragmentation/compactness and heterogeneity/homogeneity by fractal size and lacunarity index, as well as areal changes, provides very useful information in terms of monitoring and evaluating the environmental consequences of urbanization and anthropogenic effects.

Keywords: fractal dimension, lacunarity, box-counting, CORINE

1. GİRİŞ

Son yıllarda coğrafi bilgi teknolojilerindeki hızlı gelişmeler, fraktal geometrinin çeşitli mekânsal analiz ve çalışmalara entegre edilmesine olanak sağlamıştır (Paszto vd., 2011; Yue vd., 2011; Knight, 2015). Fraktal geometriye dayalı fraktal analiz, mekân-zaman fenomenlerini değerlendirmek için etkin bir araç olup, arazi kullanımı/örtüsünün mekânsal organizasyonu hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır (Pintilii vd., 2017). Fraktal analiz kapsamında hesaplanan fraktal boyut ve lakünarite indeksi, gerek tekil olarak gerekse birlikte değerlendirilebilen ölçütlerdir (Myint vd., 2006; Karperien ve Jelinek, 2016; Pintilii vd., 2017). Fraktal boyut, karmaşıklığın karakterizasyonu için kullanışlı bir parametredir (de Oliveira vd., 2014). Daha yüksek fraktal boyuta sahip nesneler daha karmaşıktır (Torrens ve Alberti, 2000). Fraktal boyut geometrik bir yapının ya da doğada bir nesnenin mekânsal olarak alanı nasıl doldurduğunu karmaşıklık (düzensizlik) ve parçalanma derecesiyle ölçer (Pintilii vd., 2017). Fraktal boyutun hesaplanmasında en çok kullanılan yöntem kutu sayma yöntemidir (Brown, 1995). Bu yöntem özellikle arazi kullanımı/örtüsü ve kentsel büyüme araştırmaları için görüntüler üzerinde gerçekleştirilen mekânsal analizlerde oldukça yaygın kullanılmaktadır (Shen, 2002; Kaya ve Bölen, 2011). Lakünarite ise, boşluk veya delik boyutlarının mekânsal dağılımı ile ilgili olup, temel olarak nesnelerdeki boşlukların geometrik düzenini ölçmek için geliştirilmiştir (Tian vd., 2007). Mekânsal analizler için lakünarite, görüntülerdeki boşluk boyutlarının dağılımlarını tanımlamak için kullanılan bir kavramdır (Lapidus ve van Frankenhuijsen, 2013). Düşük lakünarite homojen, yüksek lakünarite heterojen boşlukları ifade eder (Myint, 2007). Fraktal boyut parçalanma (saçaklanma, yayılma)/kompaktlaşma derecesini ölçerken, lakünarite mekânsal dağılımın homojen veya heterojen (dağınık) bir şekilde meydana gelip gelmediğini belirterek, ele alınan sınıfın heterojenite/homojenite derecesinin ölçülmesine imkan verir (Pintilii vd., 2017). Bu şekliyle lakünarite fraktal boyutun tamamlayıcısıdır ve genellikle kutu sayma yöntemiyle fraktal analiz gerçekleştirilirken hesaplanır (Karperien ve Jelinek, 2016). Fraktal boyut ve lakünarite bu özellikleri ile görüntüdeki yapıların mekânsal dağılımının karakterize edilmesinde etkin olarak kullanılabilmektedir (Myint vd., 2006).

Arazi kullanımı/örtüsü sistemleri arasında oldukça karmaşık bir ilişki bulunmaktadır. Özellikle antropojenik etkiler, çeşitli mekânsal ölçeklerde alan ve dağılım yönünden çok hızlı değişimlere neden olmaktadır (Tian vd., 2007). Bu

nedenle gerek kırsal gerekse kentsel planlama için arazi kullanımı/örtüsü durumunun ve değişimlerinin belirlenmesi karar alıcılar için önemli bir konudur (Schreinemachers ve Berger, 2006; McNeill vd, 2012). Arazi örtüsü/kullanımı paterninin ve değişimlerinin kantitatif olarak değerlendirilmesi kentleşmenin ve antropojenik etkilerin çevresel sonuçlarının izlenmesi ve değerlendirilmesi açısından oldukça önemlidir (Tian vd., 2007). Bu bağlamda, fraktal boyut ile şekillerin karmaşıklığı ve lakünarite ile heterojenite analiz edilerek altta yatan coğrafi süreçler keşfedebilir, çeşitli coğrafi fenomenler yeni ve yenilikçi bir şekilde analiz edebilir (Paszto vd., 2011).

Bu çalışmada Türkiye'nin en hızlı büyüyen illerinden birisi olan Ankara ele alınmış, 1990, 2000 ve 2012 CORINE ikinci düzey arazi kullanımı/örtüsü verileri kullanılarak fraktal analiz ile mekânsal desen özelliklerinin zamansal değişimi araştırılmıştır. Bu amaçla kullanılan fraktal boyut ve lakünarite indeksi ile parçalanma/kompaktlaşma ve heterojenite/homojenite derecesi incelenmiştir.

2. ÇALIŞMA ALANI: ANKARA

Ankara ili (Şekil 1), doğu yönünde Kırşehir ve Kırıkkale, batı yönünde Eskişehir, kuzey yönünde Çankırı, kuzeybatı yönünde Bolu ve güney yönünde Konya ve Aksaray illeri ile çevrilmiştir. Deniz seviyesinden yüksekliği yaklaşık 890 m'dir (Ankara, 2018). 1940 yılında 602.965 olan nüfus, 1990 yılında 3.236.626, 2000 yılında 4.007.860, 2012 yılında 4.965.542'ye ulaşmıştır. İlin 2017 yılı itibarıyla nüfusu 5.445.026'dır (Ankara Kalkınma Ajansı, 2017). İlin güney kesiminde İç Anadolu ikliminin belirgin özelliklerini taşıyan step iklimi, kuzey kesiminde ise Karadeniz ikliminin ılıman ve yağışlı halleri görülebilir. En sıcak aylar Temmuz ve Ağustos, en soğuk ay ise Ocak ayıdır. Bölgeye düşen yağış miktarları kuzey ve güney kesimlerde farklılık gösterir (Ankara Valiliği, 2018). Yağış rejimi dalgalı bir eğilim göstermekte ve bazı dönemler çok az yağış almaktadır. Ankara Kalkınma Ajansı (2017) yağış rejimi nedeniyle Ankara'nın kuraklık tehlikesiyle karşı karşıya olduğunu, bu kapsamda ilde suyun verimli kullanımı, ormanların korunması ve yeni orman alanlarının eklenmesiyle kuraklığa karşı tedbirlerin desteklenmesinin gerekliliğini belirtmektedir (Ankara Kalkınma Ajansı, 2017). Ayrıca Ankara Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü (2017) yanlış arazi kullanımı, usulsüz faydalanma ve tarım arazisi açma neticesinde Ankara'nın erozyona en fazla maruz kalan illerimizden biri hâline geldiğini ifade etmektedir (Ankara Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2017).



Şekil 1. Çalışma Alanı: Ankara.

3. MATERYAL VE METOT

Ankara ili arazi kullanımı/örtüsü mekânsal desen özelliklerinin zamansal değişimlerini belirlemek için 1990, 2000 ve 2012 yıllarına ait CORINE verilerinin ikinci düzey arazi kullanımı/örtüsü durumu kullanılmıştır. Çalışmada öncelikle arazi kullanımı/örtüsü sınıflarının zamansal değişimi Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) analizleriyle hem

alansal hem de mekânsal olarak irdelenmiştir. Arazi kullanımı/örtüsü sınıflarının mekânsal desenlerinin incelenmesinde fraktal analizden yararlanılmıştır. Fraktal boyut kutu sayma yöntemiyle, lakünarite indeksi kayan kutular algoritmasıyla hesaplanmıştır.

Kutu sayma yönteminde fraktal boyutu hesaplamak için nesne farklı büyüklüklerde grid hücreleriyle (kutu) kaplanır ve ilgilenilen nesneye ait bir parçayı tamamen veya kısmen örten grid sayısı belirlenir. Farklı grid büyüklükleri ve buna bağlı olarak belirlenen dolu grid sayıları kullanılarak fraktal boyut hesaplanır. Kutu sayma yöntemine göre fraktal boyut hesabı Eşitlik 1'de verilmektedir (Morency ve Chapleau, 2003; Peitgen vd., 2004).

$$D_B = (logN_2 - logN_1)/(logS_2 - logS_1) \quad (1)$$

Burada D_B kutu sayma yöntemiyle elde edilen fraktal boyut, N kutu sayısı, S kutu boyutunu ifade etmektedir.

Kayan kutular algoritmasında r x r boyutlu kutu görüntünün sol üst köşesine yerleştirilir. Kutu içerisinde dolu piksellerin sayısı belirlenir. Kutu sistematik olarak bir sütun sağa taşınarak ve ardından bir alt satırdan devam edilerek kutunun her konumu için dolu piksellerin sayıları hesaplanır. Kutunun toplam konum sayısı N(r), r boyutlu kutuda S adet dolu piksel bulunan kutu konumu sayısı n(S,r) olmak üzere Eşitlik 2 kullanılarak Q(S,r) değeri hesaplanır. Q(S,r) ve S değerlerine göre Eşitlik 3 ve 4'te belirtildiği üzere 1. ve 2. istatistiksel momentler bulunur. Lakünarite değeri (Λ) 1. ve 2. istatistiksel momentler kullanılarak Eşitlik 5'e göre hesaplanır (Allain ve Cloitre, 1991).

$$Q(S,r) = n(S,r)/N(r) \quad (2)$$

$$Z_1 = \sum SQ(S,r) \quad (3)$$

$$Z_2 = \sum S^2Q(S,r) \quad (4)$$

$$\Lambda(r) = Z_2/{Z_1}^2 \quad (5)$$

Verilerin fraktal analize uygun forma getirilmesinde ve CBS analizlerinde ArcGIS 10.0 (Esri, Redlands, CA) yazılımı, fraktal analizlerde ImageJ yazılımı (National Institutes of Health, USA) ve bunun üzerinde çalışan FracLac plugini kullanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

1990-2012 periyoduna arazi kullanımı/örtüsündeki alansal değişimler incelendiğinde; hızlı kentsel büyümenin arazi kullanımı/örtüsü dinamikleri üzerinde büyük bir etkisi olduğunu göstermektedir (Tablo 1). Tablo 1 incelendiğinde 1990-2012 yılları arasında geçen 22 yıl süresince kentsel alanın önemli ölçüde genişlediği, tarım alanlarının ise tahrip edilerek parçalandığı tespit edilmiştir. 1990 yılında 39507 hektar olan kentsel doku (C11) sınıfı, 2000 yılında 48812 hektar ve 2012 yılında ise 50943 hektara ulaşmıştır. Sanayi, ticaret ve ulaşım alanları (C12) 1990 yılında 9507 hektar iken, 2000 yılında 16948 ve 2012 yılında 23330 hektar olmuştur. Maden ocağı, çöp boşaltım ve inşaat alanları (C13) alansal artışı fazla olan diğer bir sınıf olup, 1990 yılında 2657 hektar, 2000 yılında 4448 hektar ve 2012 yılında 11577 hektardır. Değişimler mekânsal olarak incelendiğinde yapay alanlardaki bu değişimlerin büyük ölçüde ekilebilir alanlar (C21), heterojen tarımsal alanlar (C24) ve otlak alanlarının (C23) dönüşümü ile gerçekleştiği görülmüştür.

Mekânsal desen ve değişimleri irdelemek için hesaplanan fraktal boyut ve lakünarite indeksi değerleri Tablo 2'de yer almaktadır. 1990, 2000 ve 2012 yıllarının üçünde de en düşük fraktal boyut sürekli ürünler (C22) sınıfında görülmüştür. 1990 yılında 0,5356 olan fraktal boyut, 2000 yılında değişmemiş, ancak 2012 yılında 0,6289 değerine çıkmıştır. En yüksek fraktal boyut 1990 yılında 1,6698, 2000 yılında 1,6684 ve 2012 yılında 1,6802 değerleriyle ekilebilir alanlar (C21) sınıfındadır. En düşük lakünarite 1990 yılında 0,4500 değeriyle kıyısal sulak alanlar (C42) sınıfında görülürken, 2000 ve 2012 yılları için sırasıyla 0,5258 ve 0,7040 değerleri ile sürekli ürünler (C22) sınıfındadır. En yüksek lakünarite 1990 yılı için 3,6761, 2000 yılı için 4,0816 ve 2012 yılı için 4,7329 değerleriyle kentsel doku (C11) sınıfındadır. 1990-2012 periyodunda hem fraktal boyutun hem de lakünaritenin arttığı sınıflar kentsel doku (C11), sanayi, ticaret ve ulaşım alanları (C12), maden ocağı, çöp boşaltım ve inşaat alanları (C13), sürekli ürünler (C22), ormanlar (C31) ve karasal sulak alanlardır (C41). Hem fraktal boyutun hem de lakünaritenin aynı anda azaldığı sınıflar yapay bitkilendirilmiş alan (C14) ve otlak alanları (C23) sınıflarıdır. Fraktal boyut artarken lakünaritenin azaldığı sınıflar ekilebilir alanlar (C21), çalı veya otsu bitkili alanlar (C32) ve karasal sulardır (C51). Fraktal boyut azalırken lakünaritenin arttığı sınıflar heterojen tarımsal alanlar (C24), bitki örtüsü olmayan veya çok az bitkili alanlar (C33) ve kıyısal sulak alanlardır (C42). 1990-2012 periyodunda yapay alanlardaki

değişim ayrıntılı ele alındığında kentsel dokunun (C11) fraktal boyut değeri 1,3139'dan 1,3427'ye, lakünarite indeksi değeri 3,6761'den 4,7329'a çıkmıştır. Fraktal boyutta 0,0288, lakünarite indeksinde ise 1,0568 değerinde artış görülmüştür. Kentsel dokudaki alansal artışın fraktal boyut üzerinde kısmen etkili olduğu, dolayısıyla kentsel parçalılığın düşük bir miktar arttığı, ancak lakünarite değerindeki önemli değişimle heterojenitenin önemli derecede arttığı görülmüştür. Sanayi, ticaret ve ulaşım alanlarının (C12) fraktal boyutu 0,8736'dan 1,0910'a, lakünarite indeksi ise 2,8340'dan 3,5704'e yükselmiştir. Fraktal boyuttaki değişim daha parçalı ve karmaşık yapıya geçişi ifade ederken lakünaritedeki artış alansal genişlemenin heterojen bir şekilde gerçekleştiğini ortaya çıkarmıştır. Maden ocağı, çöp boşaltım ve inşaat alanları (C13) sınıfında ise fraktal boyut değerinin 0,6850'den 1,0016'ya, lakünarite değerinin 1,7790'dan 2,3688'e yükseldiği ve Sanayi, ticaret ve ulaşım alanları sınıfına benzer şekilde hem parçalılık hem de heterojenite artışının gerçekleştiği belirlenmiştir. Hızlı kentleşme-endüstriyelleşme ve piyasa güdümlü arazi gelişimi, yapay alanların artışı gerçekleşirken tarım arazilerinin önemli ölçüde kaybına neden olmuştur. Her ne kadar yerleşim planları yapılıyor olsa da düşük fiyatlı konut gereksinimi kentsel saçaklanmaya neden olarak düzensiz, heterojen ve karmaşık bir yapı ortaya çıkarmıştır.

Çizelge1. Ankara ili CORINE 2. düzey arazi kullanımı/örtüsü sınıflarının alansal dağılımı.

Sınıf kodu	Sınıf adı	Alan (ha)		
		1990	2000	2012
C11	Kentsel Doku	39507	48812	50943
C12	Sanayi, Ticaret ve Ulaşım Alanları	9507	16948	23330
C13	Maden Ocağı, Çöp Boşaltım ve İnşaat Alanları	2657	4448	11577
C14	Yapay Bitkilendirilmiş Alan	3129	3605	2862
C21	Ekilebilir Alanlar	989033	976022	1062328
C22	Sürekli Ürünler	486	486	2051
C23	Otlak Alanları	76821	75465	54328
C24	Heterojen Tarımsal Alanlar	427851	426171	311101
C31	Ormanlar	125320	124998	128403
C32	Çalı Veya Otsu Bitkili Alanlar	458834	455714	506923
C33	Bitki Örtüsü Olmayan veya Çok Az Bitkili Alanlar	329155	330145	294064
C41	Karasal Sulak ve Islak Alanlar	6958	6594	7084
C42	Kıyısal Sulak ve Islak Alanlar	1180	2677	15784
C51	Karasal Sular	56788	55141	56448

Çizelge 2. Fraktal boyut ve lakünarite indeksinin zamansal değişimi.

Sınıf kodu	Sınıf adı	1990		2000		2012	
		Fraktal boyut	Lakünarite indeksi	Fraktal boyut	Lakünarite indeksi	Fraktal boyut	Lakünarite indeksi
C11	Kentsel Doku	1,3139	3,6761	1,3272	4,0816	1,3427	4,7329
C12	Sanayi, Ticaret ve Ulaşım Alanları	0,8736	2,8340	1,0398	3,1065	1,0910	3,5704
C13	Maden Ocağı, Çöp Boşaltım ve İnşaat Alanları	0,6850	1,7790	0,8195	1,8703	1,0016	2,3688
C14	Yapay Bitkilendirilmiş Alan	0,8354	2,5671	0,8574	2,2074	0,7938	2,3053
C21	Ekilebilir Alanlar	1,6698	0,7417	1,6684	0,7360	1,6802	0,7415
C22	Sürekli Ürünler	0,5356	0,5258	0,5356	0,5258	0,6289	0,7040
C23	Otlak Alanları	1,3925	1,0433	1,3894	1,0484	1,3813	0,9176
C24	Heterojen Tarımsal Alanlar	1,6388	0,7221	1,6385	0,7211	1,6154	0,8363
C31	Ormanlar	1,3427	1,4147	1,3446	1,4132	1,3603	1,4262
C32	Çalı Veya Otsu Bitkili Alanlar	1,5876	1,0317	1,5861	1,0475	1,6062	0,9647
C33	Bitki Örtüsü Olmayan veya Çok Az Bitkili Alanlar	1,5975	0,6484	1,5979	0,6496	1,5715	0,7775
C41	Karasal Sulak ve Islak Alanlar	0,7310	1,9441	0,7293	1,8283	0,7990	2,8930
C42	Kıyısal Sulak ve Islak Alanlar	1,5181	0,4500	1,2825	0,6234	1,3726	1,0808
C51	Karasal Sular	1,0239	3,5968	1,0609	3,9043	1,0649	3,5026

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma sonuçları, arazi kullanımı/örtüsündeki alansal değişimlerin yanı sıra mekânsal desenin fraktal analiz ile incelenmesinin antropojenik faaliyetlerin baskısı altında kalan alanların anlaşılmasında ve mekânsal dinamiklerdeki

eğilimlerin belirlenmesinde önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Burada, fraktal boyut ve lakünaritenin tekil olarak ve aynı zamanda bir arada kullanılmasının, sürdürülebilir kalkınma için etkili arazi yönetim stratejilerin geliştirilmesinde ve fonksiyonel planların hazırlanmasında yararlı olabileceği görülmektedir. Çalışma bulguları mekânsal dinamikler için bir envanter oluşturmuş, klasik yöntemlerle elde edilen mekânsal değişim analizlerine yeni ve tamamlayıcı bilgiler sağlamıştır. Analizde kullanılan CORINE verileri Avrupa düzeyinde elde edilebilen veriler olduğu için, fraktal analizle bölgesel karşılaştırmaların yapılmasına olanak sağlayabilir. Ancak, arazi sınıflandırmasında genelleştirilmiş alanlar, şekillerin fraktal analizinde doğruluğu düşürmektedir. CORINE sınıflandırmasının Landsat verilerinden elde edilmesi, 100 m piksel boyutlu veri olarak sunumu ve en küçük haritalama biriminin 25 hektar olmasının, veri kalitesi üzerinde olumsuz etkiye sahip olduğu unutulmamalıdır. Bununla birlikte karasal sular (C51) sınıfı, kullanılan görüntü çözünürlüğü ve CORINE sınıflandırma metodolojisi nedeniyle dar çizgisel su detaylarını (nehirler, kanallar vb.) kapsamamaktadır. Dolayısıyla karasal suların (C51) fraktal değerleri yorumlanırken bu husus dikkate alınmalıdır.

KAYNAKLAR

Allain, C., Cloitre, M., 1991, Characterizing the lacunarity of random and deterministic fractal sets, *Physics Review A*, 44(6), 3552-3558.

Ankara Kalkınma Ajansı, 2017, İstatistiklerle Ankara 2017, 239 s.

Ankara Valiliği, 2018, http://www.ankara.gov.tr [Erişim Temmuz 2018]

Ankara Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2017, *Ankara İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu, Ankara, 260 s.*

Brown, S.R., 1995, Measuring the dimension of self-affine fractals: Example of rough surfaces, Chapter 4. In *Fractals in the Earth Sciences*, C.C. Barton, P.R. La Pointe (Eds.), Plenum Press, New York.

de Oliveira, M.A.B., Brandi, A.C., dos Santos, C.A., Botelho, P.H.H., Cortez, J.L.L., de Godoy, M.F., Braile, D.M., 2014, Comparison of fractal dimension and Shannon entropy in myocytes from rats treated with histidine-tryptophan-glutamate and histidine-tryptophan cetoglutarate, *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular,* 29(2),156-62.

Karperien, A.L., Jelinek H.F., 2016, Box-Counting Fractal Analysis: A Primer for Clinican. In: *The Fractal Geometry of the Brain*, A. Di Ieva (Ed.), Springer, New York.

Kaya, H.S., Bölen, F., 2011, Kentsel dokudaki değişimin fraktal geometri yöntemiyle incelenmesi, *İTÜ Dergisi/A Mimarlık*, 10(1), 39-50.

Knight, J.L., 2015, GIS Based Compactness Measurement Using Fractal Analysis. http://www.spatial.maine.edu/~onsrud/ucgis/testpr oc/knight/knight.html [Erişim 1 Ağustos 2015]

Lapidus, M.L., van Frankenhuijsen, M., 2013, Fractal Geometry, Complex Dimensions and Zeta Functions: Geometry and Spectra of Fractal Strings, Chapter 11, Springer, New York.

McNeill, D., Nesheim, I., Brouwer, F., 2012, Land Use Policies for Sustainable Development: Exploring Integrated Assessment Approaches, Edward Elgar Publishing, Cheltenham.

Morency, C., Chapleau, R., 2003, Fractal geometry for the characterisation of urban-related states: Greater Montreal Case, *Harmonic and Fractal Image Analysis-HarFA e-journal*, 30-34.

Myint, S.W., Mesev, V., Lam, N., 2006, Urban Textural Analysis from Remote Sensor Data: Lacunarity Measurements Based on the Differential Box Counting Method, *Geographical Analysis*, 38, 371-390.

Myint, S.W., 2007, Urban Mapping with Geospatial Algorithm. In: Urban Remote Sensing (Eds. Weng Q., Quattrochi D.A.), Chapter 6, CRC Press, Boca Raton.

Paszto, V., Marek, L., Tucek, P., 2011, Fractal Dimension Calculation for CORINE Land-Cover Evaluation in GIS - A Case Study. Dateso 2011, V. Snasel, J. Pokorny, K. Richta (Eds.), pp. 196-205.

Peitgen, H.-O., Jürgens, H., Saupe, D., 2004, Chaos and Fractals: New Frontiers of Science, Chapter 4, Springer-Verlag, New York.

Pintilii, R.-D., Andronache, I., Diaconu, D.C., Dobrea, R.C., Zelenakova, M., Fensholt, R., Peptenatu, D., Draghici, C.-C., Ciobotaru, A.-M., 2017, Using Fractal Analysis in Modeling the Dynamics of Forest Areas and Economic Impact Assessment: Maramures, County, Romania, as a Case Study, *Forests*, 8(1), 1-14.

Schreinemachers, P., Berger, T. 2006, Land use decisions in developing countries and their representation in multi-agent systems, *Journal of Land Use Science*, 1(1), 29-44.

Shen, G., 2002, Fractal dimension and fractal growth of urbanized areas, *International Journal of Geographical Information Science,* 16(5), 419-437.

Tian, G., Yang, Z., Xie, Y., 2007, Detecting spatiotemporal dynamic landscape patterns using remote sensing and the lacunarity index: a case study of Haikou City, China, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 34, 556-569.

Torrens, P.M., Alberti, M., 2000, Measuring sprawl. CASA Working Papers 27. Centre for Advanced Spatial Analysis (UCL), London.

Yue, W., Bailang, Y., Wu, J., 2011, Application of ArcGIS in fractal analysis of rivers, *The 19th International Conference on GeoInformatics*, 24-26 June, Shanghai, China.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6448

2015 VE 2017 TUZ GÖLÜ KAMPANYA VERİLERİNİ KULLANARAK GÖKTÜRK-2 BANTLARINA AİT RADYOMETRİK KAZANÇLARIN KIYASLANMASI

Hüsne Seda DEVECİ[1], İsmail Hakkı DEMİRHAN[1]

[1]TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, Uzaktan Algılam Grubu, ODTÜ Yerleşkesi, 06800, Çankaya, Ankara,
(seda.deveci, hakki.demirhan@tubitak.gov.tr)

ÖZET

Radyometrik kalibrasyon, uydu algılayısıcısının gerçek fiziksel özelliklere uygunluğunu sağlanmayı ve test etmeyi mümkün kılar. Radyometrik kalibrasyon çalışmaları belirli koşulları sağlayan geniş ve homojen sahalarda yapılabilmektedir. Mutlak radyometrik kalibrasyon uydu verisinin devamlılığı, güvenirliliği ve yaygın kullanımı için önemli bir ihtiyaçtır. Mutlak radyometrik kalibrasyon çalışmalarına Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumuna bağlı olan TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü öncülük etmektedir. TÜBİTAK UZAY'ın girişimleri ve araştırmaları sonucunda, CEOS (Committee on Earth Observation Satellites, Yer Gözlem Uyduları Komitesi) tarafından kalibrasyon çalışmaları için referans verilen 8 kalibrasyon sahasından biri hâline gelen Tuz Gölü, ülkemizde ve dünyada gerçekleştirilen radyometrik kalibrasyon alanında çalışan araştırmacılara ev sahipliği yapmaya devam etmektedir. TÜBİTAK UZAY, CONTROLS Projesi ile 2009 yılında başlattığı radyometrik kalibrasyon çalışmalarına, 2013 yılında başlayan Kalkınma Bakanlığı destekli Uydu Görüntü İşleme ve Geoportal Oluşturma Projesi (GEOPORTAL) ile devam etmektedir. GEOPORTAL Projesi kapsamında her sene ağustos ve/veya eylül aylarında millî yer gözlem uydularımız RASAT ve Göktürk-2'nin mutlak radyometrik kalibrasyonu için Tuz Gölü'nde saha çalışmaları gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışmada; Göktürk-2'nin mutlak radyometik kalibrasyon prosedürü ve yersel/atmosferik verilerin açık kaynak kodlu Işınım Benzetim Simulatör'ü ile işlenmesi özetlenecektir. Tuz Gölü 2015 ve 2017 kampanya verileri ile hesaplanan Göktürk-2 bantlarına ait radyometrik kazançlar kıyaslanacaktır.

Anahtar Sözcükler: radyometrik kalibrasyon, 6S, atmosfer üstü yansıtım, kazanç, Göktürk-2

ABSTRACT

COMPARISON OF RADIOMETRIC GAINS OF GOKTURK-2 BANDS USING 2015 AND 2017 TUZ GOLU CAMPAING DATA

Radiometric calibration makes possible to provide and test appropriateness to actual physical properties of satellite sensor. Radiometric calibration studies should be performed in wide and homogeneous sites that provide certain conditions. Absolute radiometric calibration is an important requirement for the continuity, reliability and widespread use of satellite data. Space Technologies Research Institute (TÜBİTAK UZAY) managed by The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK) leads the researhes of absolute radiometric calibration. With TÜBİTAK UZAY's initiatives and researches, Tuz Gölü, which has become one of the eight LANDNET sites that have been referred to by CEOS (Committee on Earth Observation Satellites) for its calibration studies. TÜBİTAK UZAY continues to host international and national researchers working in the field of radiometric calibration. TÜBİTAK UZAY continues its radiometric calibration studies started at 2009 with CONTROLS Project, with the Satellite Image Processing and Development of GEOPORTAL (GEOPORTAL) Project which started at 2013 with the fundation of Minisrty of Development. Within the GEOPORTAL project, field studies are carried out at Tuz Gölü for the absolute radiometric calibration researches of RASAT and Göktürk-2, national satellites of Turkey) each year in August and/or September.

In this study, absolute radiometric calibration prosedure of Göktürk-2 and ground/atmospheric data processing by an open source Radiative Transfer Simulator will be summarized. Estimated radiometric gains of Göktürk-2 bands will be compared by using 2015 and 2017 Tuz Gölü campaign data.

Key Words: radiometric calibration, 6S, top of atmosphere reflectance, gain, Göktürk-2

1. GİRİŞ

Ülkemizde, uzay alanındaki bilimsel ve teknolojik çalışmalar her yıl artmaktadır. Uydu tasarımı ve üretimi bu çalışmaların bir kısmını oluştururken, uyduların aldığı verilerin anlamlandırıldığı uzaktan algılama teknolojileri ormancılık, tarım, çevre kirliliği gibi birçok alanda Türk bilimine katkı sağlamaktadır.

Radyometrik kalibrasyon, uyduların uzaktan algılama çalışmalarını gerçekleştirmek adına yapılan görüntülerin ön işleme aşamalarından biridir. Dünyada uzaktan algılama uydularının radyometrik kalibrasyonu üzerine yapılan araştırmalar 1980'lerde başlamış olup yapılan ilk çalışma Arizona Üniversitesinden (Slater vd.,1987) tarafından Landsat TM algılayıcısının radyometrik kalibrasyonunu gerçekleştirmek üzerine yürütülmüştür. Sözkonusu çalışmada White Sands test bölgesi, araştırma alanı olarak seçilmiş; yansıtım, ışınırlık ve irradyans tabanlı yöntem olarak üç kalibrasyon yöntemi önerilmiştir. Mutlak radyometrik kalibrasyon için yansıtım tabanlı metot ile bağımsız bir metot olan ışınırlık tabanlı metodun iki yıla ait sonuçları karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. White Sands dışında günümüze kadar Libya 4, Railroad Valley Playa, Dunhuang, Ivanah Playa ve La Crau bölgeleri radyometrik kalibrasyon çalışmaları kapsamında kullanılmıştır. Landsat TM, Landsat ETM+, Landsat 8, Kompsat-3A, IKONOS, RapidEye,ASTER, SPOT, MODIS ve Hyperion gibi çeşitli spektral çözünürlüklere sahip uydular için mutlak radyometrik kalibrasyon çalışması yapılmış ve ilgili uyduların kalibrasyon katsayıları başarılı bir şekilde elde edilmiştir.

Türkiye'de kalibrasyon konusundaki araştırma çalışmalarına 2009 yılında, Türkiye'deki tek radyometrik kalibrasyon test sahası olan Tuz Gölü kullanılarak başlanmıştır. Hiperspektral uydu kamerasının yerden mutlak radyometrik kalibrasyonu üzerine yapılan (Demirhan ve Sakarya, 2016) çalışması, Göktürk-2'nin bağıl ve mutlak çapraz radyometrik kalibrasyonu üzerine (Teke vd., 2016) çalışması ve NDVI perspektifinden Göktürk-2'nin mutlak radyometrik kalibrasyonu üzerine yapılan (Sakarya vd., 2016) çalışması, TÜBİTAK UZAY'da yürütülmüş/yürütülen radyometrik kalibrasyon çalışmalardan bir kısmı olup yapılan araştırma ve çalışmalar hâlen devam etmektedir.

Bu çalışmada, 2015 ve 2017 yıllarında Tuz Gölü test sahası alınan Göktürk-2 uydu görüntülerinin mutlak radyometrik kalibrasyonunun yapılması sonunda elde edilen kalibrasyon katsayılarının kıyaslanması amaçlanmaktadır.

2. TUZ GÖLÜ REFERANS TEST SAHASI

Fırlatma sonrasında uydu algılayıcılarının radyometrik kalibrasyonun yapılabilmesi için çoğunlukla Yer Gözlem Uyduları Komitesi (CEOS)'nin belirlediği kriterleri sağlayan test sahaları kullanılmaktadır. Atmosferik parametrelerin ölçümü için gereken cihazların bulundurulduğu, tanımlanmış kriterleri sağlayan çalışma alanlarına LandNet (**Çizelge 1**) sahası denilmektedir. Yer Gözlem Uyduları Komitesi bünyesinde çalışan Kalibrasyon ve Doğrulama Çalışma Grubu (WGCV) kriterler ışığında LandNet Sahalarını ve/veya yalancı kalibrasyon sahalarını (Pseudo-Invariant) kalibrasyon sahalarının değerlendirmeleri gerçekleştirmektedir.

Radyometrik kalibrasyon amaçlı kullanılacak sahalarda istenilen temel kriteler aşağıdaki gibidir:

1) Homojen bir alan olmalıdır.
2) Alan geniş yayılıma sahip olmalıdır.
3) Aerosol oranın az olması sebebiyle yüksek rakımda olması hata oranını düşürür.
4) Alana kolay ulaşım sağlanabilmelidir.
5) Zamana bağlı olarak yersel özelliklerin değişmemesi beklenir.
6) Alanın Lambert yüzeyi olması tercih sebebidir.
7) Alana kolay ulaşım sağlanabilmelidir.
8) Alanın hava kirliliğinin yoğun olduğu alanlardan uzak olması istenir.

Çizelge 1 Yer Gözlem Uyduları Komitesi (CEOS)'nin seçtiği kalibrasyon sahaları ve özellikleri.

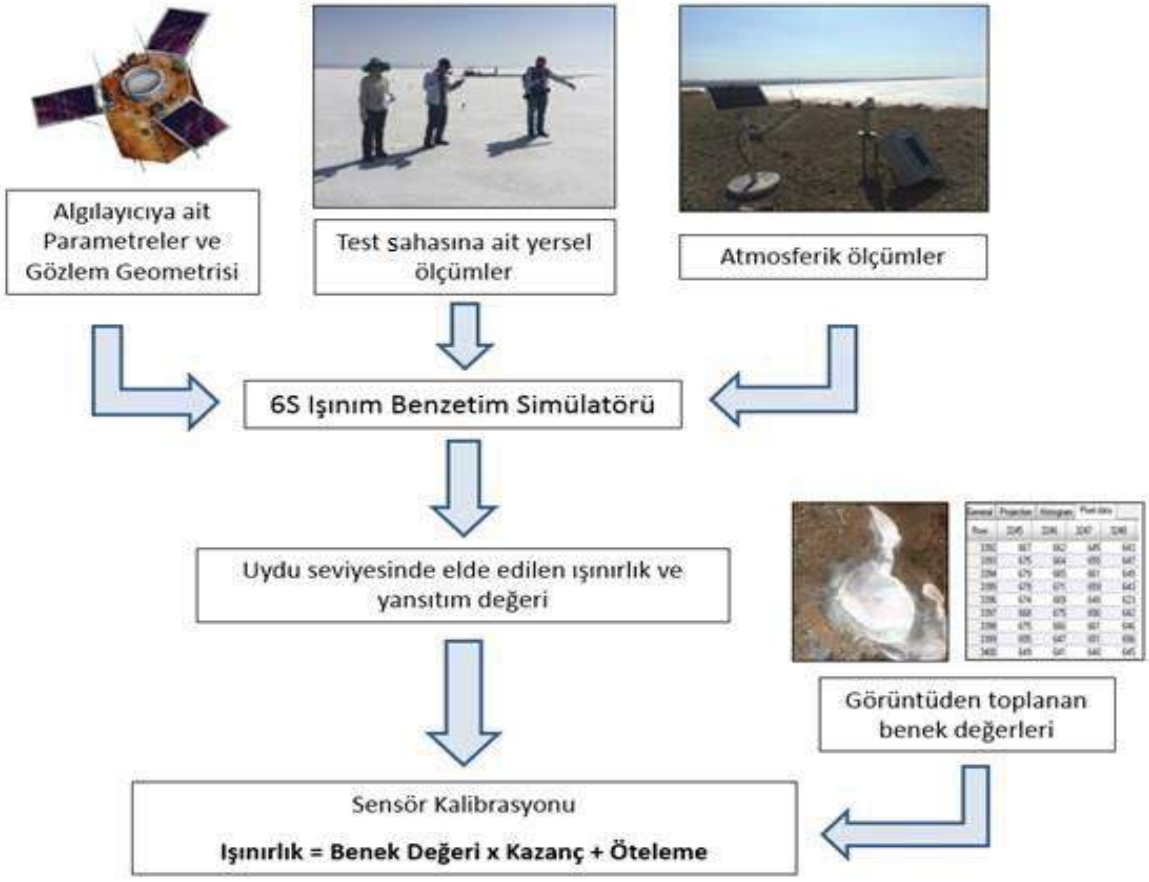
Kalibrasyon Sahası (LandNet)	Boylam	Enlem	İlgili Kurum
Tuz Gölü, Türkiye	33.33	38.83	TÜBİTAK UZAY
Railroad Valley Playa, USA	-115.69	38.5	NASA/GSFC
Negev, İsrail	35.01	30.11	Ben Gurion Univerisity
La Crau, Fransa	4.86	43.56	CNES
Ivanpah Playa, USA	-115.40	35.57	NASA/GSFC
Frenchman Flat	-115.93	36.81	NASA/JPL
Dunhuang, Çin	94.34	40.13	NSMC/CMA
DOME-C, Antarktika	123	-74.5	University of Washington

3. MUTLAK RADYOMETRİK KALİBRASYON ANA PROSEDÜRÜ

Uzaktan algılama amaçlı çalışmalarda kullanılan algılayıcıların radyometrik kalibrasyonu; verilerin güvenirliğini ve devamlılığını sağlamak adına önemli bir işlemdir. Radyometrik kalibrasyonu gerçekleştirilen veri (görüntü) standart ölçekte tanımlanarak diğer algılayıcılardan alınan görüntülerle karşılaştırılabilir seviyeye gelmektedir.

Uydu üzerinde bulunan kameraların kalibrasyonları genellikle fırlatma öncesinde gerçekleştirilmektedir. Fırlatma sırasındaki sıcaklığa ve basınca bağlı bozulmalar, uydu yörüngesindeyken kamera optiğinde, elektroniğinde oluşabilen değişimle/kaymalar nedeniyle radyometrik kalibrasyon işleminin yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmada; mutlak radyometrik kalibrasyon tekniği uygulanmıştır (**Şekil 1**). Söz konusu bu teknikte; optik algılayıcıların atmosfer üstü (AÜ) yansıtım (top-of-atmosfer/apparent reflectance – ToA reflectance) hesaplamak için, Göktürk-2 geçişinin öncesinde ve sonrasında Tuz Gölü kalibrasyon sahasından ölçülen yersel yansıtım değerleri ve atmosferik ölçümler kullanılmaktadır. Uydu ve Güneş'in Dünya'ya göre bakış geometrileri olan azimut ve zenit açıları da atmosfer üstü değerleri elde etmek için kullanılan diğer parametrelerdir. Algılayıcıdaki AÜ ışınırlık ve yansıtım, Işınım Benzetim Simulatörü (Radiative transfer Code-RTC) kullanılarak hesaplanır. Bu çalışmada; Işınım Benzetim Simulatörü olarak 6S (Second Simulation of a Satellite Signal in the Solar Spectrum – (6S Model)) kullanılmıştır.



Şekil 1. Mutlak radyometrik kalibrasyon için uygulanan işlem adımları.

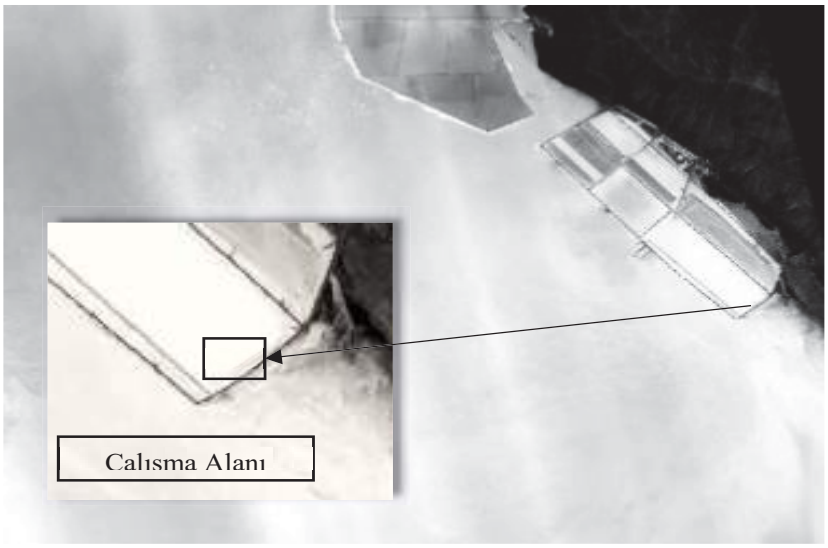
Göktürk-2'nin L1R olarak isimlendirilen seviyelendirilmiş görüntüsünden alınan benek değerleri (Digital Number-DN) ve AÜ ışınırlık değerleri, radyometrik kalibrasyon parametreleri olan kazanç (gain) ve öteleme (offset) değerlerini hesaplamak için kullanılır (1).

$$Işınırlık = Benek\ Değeri * Kazanç + Öteleme \quad (1)$$

3.1. Göktürk-2 Uydu Görüntüsü

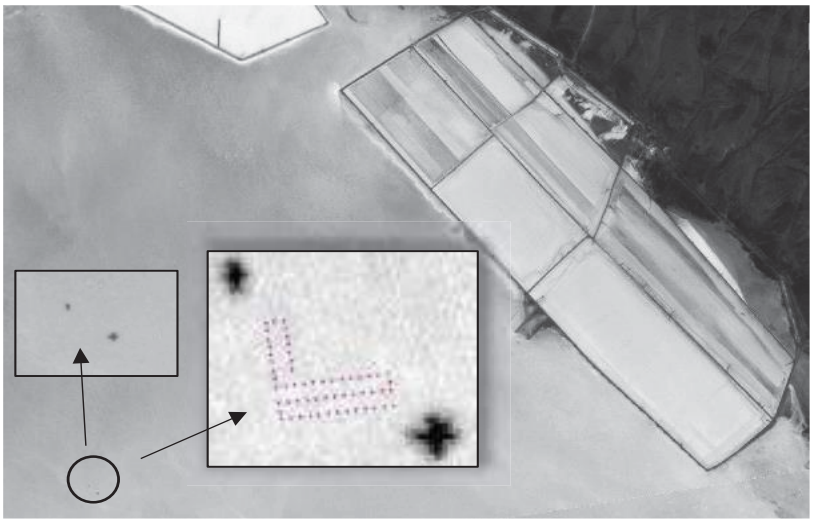
Millî Yer Gözlem Uydu'muz Göktürk-2, TÜBİTAK UZAY ve TUSAŞ iş birliği ile Türk Hava Kuvvetleri için millî imkânlarla tasarlanarak, 18 Aralık 2012 tarihinde yörüngesine başarıyla yerleştirilmiştir. Göktürk-2 uydusu görünür ve yakın-infrared bölgede 5 metre konumsal çözünürlüğe sahip 4 adet bandı bulunmaktadır. Pankromatik bandın konumsal çözünürlüğü ise 2.5 metredir. Göktürk-2 uydusunun teknik özelliklerinden ait daha fazla bilgiye (Atak vd., 2015) yayınından ulaşılabilir.

2015 yılındaki arazi çalışması 11.09.2015 tarihinde Tuz Gölü'nün zorlu arazi koşulları nedeniyle gölün doğusunda bulunan tuz havuzlarından en kuru ve homojen olanı seçilmek suretiyle ölçümler gerçekleştirilmiştir (**Şekil 2**). Geçiş öncesinde ve sonrasında toplam 50 adet yersel imza toplanmıştır.



Şekil 2. Çalışmada kullanılan 11.09.2015 tarihli Göktürk-2 uydu görüntüsü.

2017 yılındaki arazi çalışması ise 13.09.2017 tarihinde Tuz Gölü'nün orta kısımlarında (havuzdan yaklaşık 5 km batı istikametinde) gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, Göktürk-2 geçişinin öncesi ve sonrasında ilgili bölgeden toplanan 57 yersel imza kullanılmıştır (**Çizelge 2**). Gerçekleştirilen arazi çalışmasında hedef alanı yer kestirimini yapabilmek amacıyla, ölçüm yapılan alanının güney doğusuna ve kuzey batısına yer belirteçleri (tarpolin adı verilen siyah kumaşlar) serilmiştir (**Şekil 3**). Lojistik problemlerinden kaynaklanan zaman kısıtı nedeniyle, serilen ikinci tarpolin en ve boy olarak ilk serilen tarpolinin yaklaşık yarısı olacak şekilde serilebilmiştir.



Şekil 3. Çalışmada kullanılan 13.09.2017 tarihli Göktürk-2 uydu görüntüsü.

Çizelge 2. 2015 ve 2017 arazi çalışmaları kapsamında toplanan yersel veri sayısı ve tarihleri.

Arazi Çalışmalarının Tarihi	Uydu Geçiş Durumu	Yersel Veri Sayısı
11.09.2015	Geçiş Öncesi	25
	Geçiş Sonrası	25
13.09.2017	Geçiş Öncesi	57
	Geçiş Sonrası	57

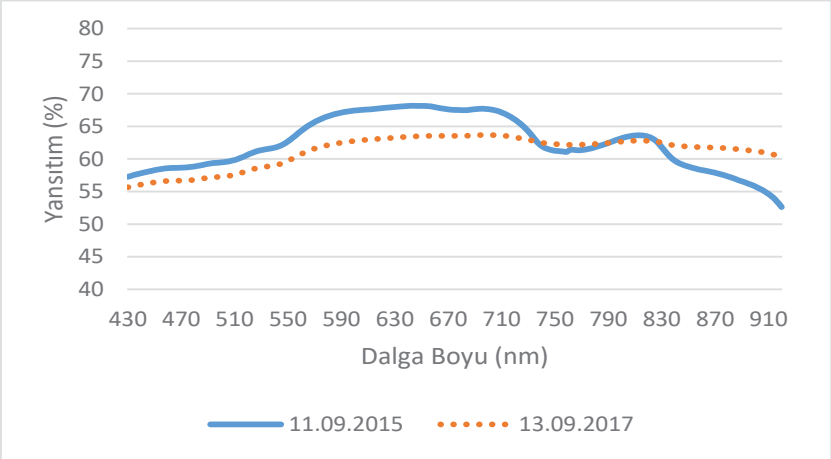
3.2. Yersel Yansıtım Ölçümleri

6S Simulatörüne girdi sağlanmak üzere yersel imzaların toplanması gerekmektedir. Yersel imzalar, 350-2500 nm spektral aralıkta veri sağlayan ASD FieldSpec3 ile toplanmıştır. Her beş ölçümde bir defa cihazın kalibrasyonu için % 95 yansıtırlık özelliğe sahip beyaz referans yüzeyden (spektralon) ölçüm alınmıştır. Çalışmada Tuz Gölü yüzeyinin Lambert özelliği dikkate alınarak spektral ölçümlerden Göktürk-2'nin tayfsal çözünürlük karakteristiği nedeniyle görünür ve yakın-infrared bölge aralığındaki yansıtım değerleri kullanılmıştır (**Şekil 4**).



Şekil 4. Tuz Gölü'nde yersel imza ölçümlerinin gerçekleştirilmesi (13.09.2017).

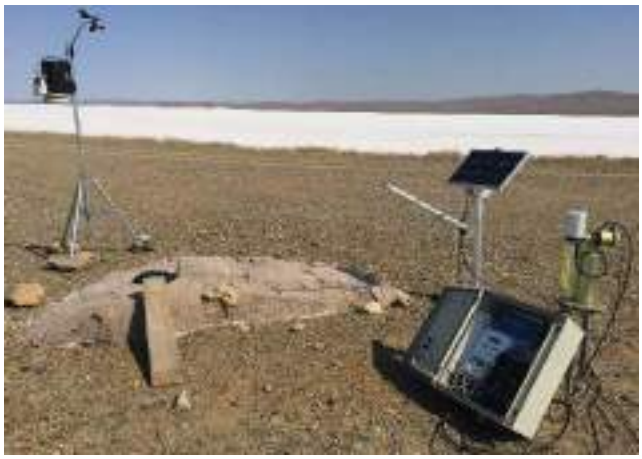
Radyometrik kalibrasyon çalışmaları kapsamında yersel imzaların şartlar elverdiği sürece gölün içerisinden alınması tercih edilmektedir. Gölün batısında yer alan havuzlar tuz işletmesi tarafından işlem görmektedir ve yüzeydeki yaklaşık 10 cm'lik tuz tabakası her sene hasat edilmektedir. 2015 yılında tuz havuzundan alınmak durumunda kalınan imzalar, 2017 yılında gölün iç kısımlarından alınan imzalar ile kıyaslandığına daha yüksek yansıtım özelliği göstermektedir. Gölün iç kısımlarına kıyasla daha yeni kristalleşmiş tuz özelliği gösteren havuzdaki tuzların daha beyaz olma özelliği spektral imzalara yansıması **Şekil 5**'te verildiği gibidir.



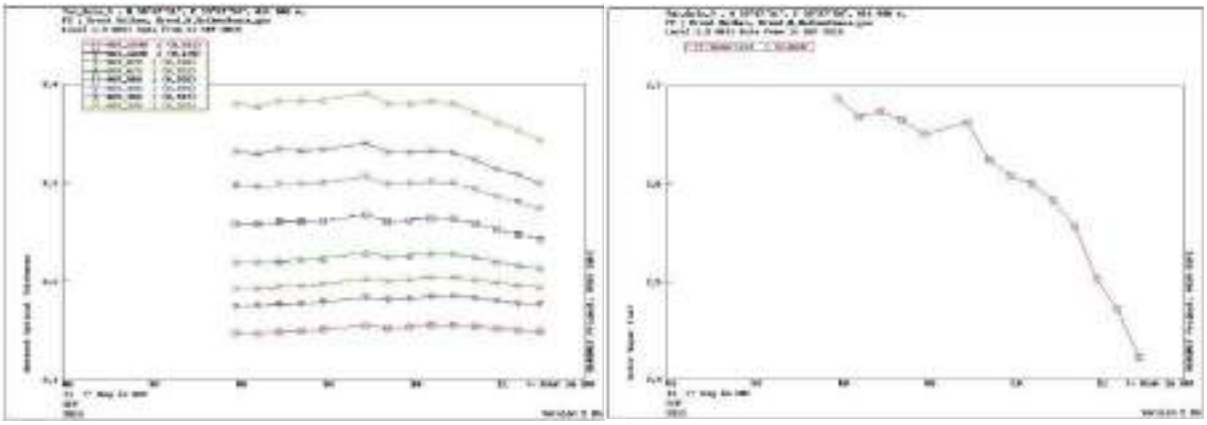
Şekil 5. Tuz Gölü'nde toplanan 2015 ve 2017 yıllarına ait yersel spektral imzaların ortalamaslarının karşılaştırılması.

3.3. Atmosferik ve Geometrik Verilerin Sağlanması

2015-2017 yıllarının her ikisinde de çalışma alanına yakın bir yere kurulan güneş fotometresi ve meteoroloji istasyonu ile atmosferik parametrelerin ölçümleri gerçekleştirilmiştir (**Şekil 6**). Su buharı ve aerosol optik derinlik değeri, CIMEL Güneş fotometresi ile ölçülerek NASA'nın sitesinden (AERONET) temin edilmektedir (**Şekil 7**). Aerosol model olarak 'continental model' tercih edilmiş, programın çalışma mantığına uygun güneş fotometresi ile ölçülmüş olan 550 nm deki optik derinliğe karşılık gelen AOD (Aerosol Optical Depth - Aerosol Optik Derinlik) değeri kullanılarak aerosol miktarı tanımlanmıştır. Uydunun Tuz Gölü üzerinden geçtiği zamana denk gelen değer, simülatöre girdi olarak alınmaktadır. 6S arayüzünde kullanılan bir diğer atmosferik parametre ise ozon değeridir. Söz konusu değer, ilgili gün belirtilerek NASA'nın sitesinden (Ozoneaq) alınmıştır.



Şekil 6. Atmosferik ölçümleri gerçekleştiren güneş fotometresi ve meteoroloji istasyonu.



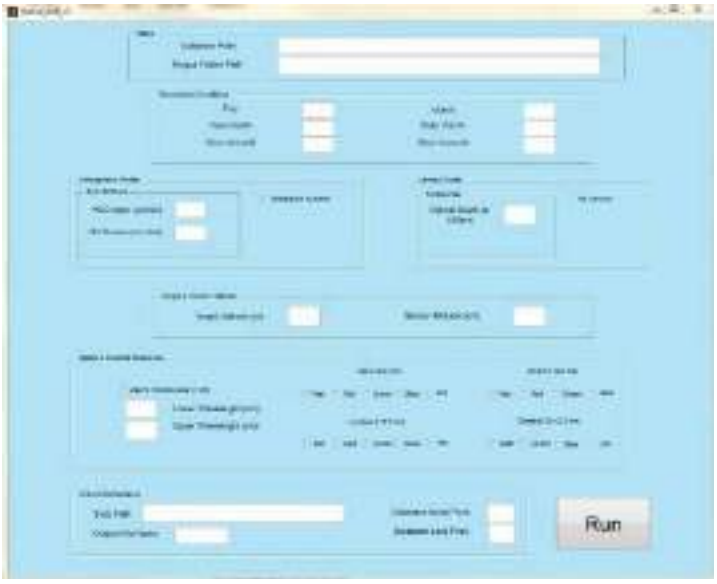
Şekil 7. Simülatöre girdi olarak kullanılan AOD ve su buharı değerleri (11.09.2015).

Kullanılan Göktürk-2 görüntüsüne ait telemetri verilerinden uydunun zenit ve azimut bilgileri elde edilmiştir. Çekimin gerçekleştiği saat, ay-gün-yıl bilgilerinden ise güneşin zenit/azimut bilgileri hesaplanarak ilgili veriler 6S Işınım Benzetim Simülatörüne girdi olarak verilmiştir.

3.4. Işınım Benzetim Simülatörü

Çalışmada açık kaynak kodlu ışınım benzetim simülatörü olarak 6S Işınım Benzetim Simülatörü kullanılmıştır. 6S; optik elektromanyetik sinyalin ışınım yayılımını atmosfer boyunca simule eden bilgisayar kodudur. Laboratoire d'Optique Atmospherique tarafından geliştirilen simülasyon modeli, 5S kodunun geliştirilmiş versiyonudur. 6S girdileri, toplam 9 adımdan oluşmaktadır.

1. Gözlem geometrisi
2. Atmosferik koşullar
3. Aerosol modeli
4. Aerosol optik derinlik
5. Yer ve algılayıcı yüksekliği
6. Dalgaboyu ve spektral tepki fonksiyonu
7. Yersel yansıma
8. BRDF model
9. Atmosferik düzeltme modeli



Şekil 8. 6S Işınım Benzetim Simülatörü Arayüzü.

Laboratoire d'Optique Atmospherique'ın ücretsiz olarak kullanıcılara sunmuş olduğu 6S Işınım Benzetim Modeli, bütün parametlerin .txt formatına aktarılması suretiyle sonuç üretebilmektedir. Her bir ölçüm için söz konusu parametrelerin sıralı olarak yazılması ve bazı girdilerin başka bir ortamda hesaplanmasını gerektirmektedir. Bu işlem özellikle bu çalışmada gerçekleştirildiği gibi çoklu veri alınması durumunda emek yoğun bir çalışma gerektirmektedir ve operatör kaynaklı hata oranını arttırmaktadır. Yapılan mutlak radyometrik kalibrasyon çalışmaları kapsamında; 6S Işınım Benzetim Simülatörünün çalıştırılabildiği kullanıcı dostu bir arayüz tasarlanarak, 6S yazılımına seri ve kolay girdi sağlanacak bir altyapı oluşturulmuştur (**Şekil 8**).

Spektroradyometre ile sürekli ölçüm yapılarak elde edilen yüzlerce (>350) veri tek bir seferde girdi olarak veri tabanından simülatöre aktarılabilmektedir. Her bir ölçüme ait, AÜ yansıtım ve AÜ ışınırlık sonuçlarının da yer aldığı simülatör çıktıları hız bir şekilde üretilebilmektedir. Çalışmada, 2.5 nm'ye göre intepole edilen Göktürk-2'nin bağıl spektral tepki (RSR) değerleri simülatöre girdi olarak verilmiştir. Simülatörün çıktı dosyasından, radyometrik kalibrasyon için gerekli olan AÜ yansıtım ve AÜ ışınırlık değerleri olarak kullanılmıştır. Arayüz kodlaması ve tasarımı kapsamında, Göktürk-2 ile birlikte RASAT, Landsat 8, Sentinel 2'nin spektral tepki değerleri de koda entegre edilmiş böylelikle millî uydularımız olan Göktürk-2 ve RASAT'ın dışında Landsat 8 ve Sentinel-2A uydusunun da AÜ yansıtım ve AÜ ışınırlık değerleri elde edilerek doğrulama (validasyon) çalışmaları kapsamında kullanılabilmiştir. Radyometrik Kalibrasyon İş Paketi kapsamında tasarlanan arayüz, GEOPORTAL Projesi'ne kazandırılmış olup İMECE gibi Göktürk-2'den sonra gönderilecek birçok yeni nesil millî yer gözlem uydularımızın radyometrik kalibrasyon çalışması için de kullanımasına olanak verecek niteliktedir. Işınım Benzetim Simülatörüne sağlanan Göktürk-2 uydusuna ait örnek 6S girdileri aşağıda verilmiştir.

4. ANALİZ

Bu bildiride 2015 ve 2017 yılında aynı kazanç modu ile çekilen Göktürk-2 görüntüleri kullanılarak mutlak radyometrik kalibrasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Algılayıcıya ait kazanç, AÜ yansıtım ve AÜ ışınırlık değerlerinin yıllara bağlı değişimi/değişmezliği analiz edilmiştir (**Çizelge 3**). Analizi yapılan tüm değerlerin %10'un içerisinde olduğu ve kazanç değerinin NIR bandında %0'a kadar düştüğü gözlenmektedir (**Çizelge 4**).

2015 yılındaki hedef alan ile 2017 yılındaki hedef alan, yüzey özellikleri açısından farklılık göstermektedir. Çalışmanın gerçekleştirildiği 2015 ve 2017 yıllarının her ikisinde de görüntüler her bir bant için aynı modda çekilmiştir. Aynı banda ait kazanç katsayılarındaki farkın, ölçüm alanlarındaki yersel yansıtım değerlerindeki farktan kaynaklandığı değerlendirilmektedir. 2015 yılında havuzlardan alınan yersel ölçümlerin, 2017 yılında gölün içerisinden alınan ölçümlere göre daha yüksek yansıtım veriyor olması, AÜ yansıtım ve AÜ ışınırlık sonuçlarının da daha yüksek olmasına neden olmuştur. 2015 yılı verilerine göre hesaplanan kazanç katsayılarının; pan, yeşil, mavi bantları için sırasıyla yüzde 0.57, 9.27, 8.77 fazla olduğu hesaplanmıştır. Kırmızı bant için hesaplanan kazanç katsayısında ise yüzde 6,25 bir azalma gerçekleşmiştir. NIR bandın da ise herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir. Her iki senede gerçekleştirilen çalışmada mavi banttan aynı benek değeri alınmıştır. Bu durumun algılayıcıdan kaynaklandığı değerlendirilmektedir. AÜ ışınırlık değişkenlik gösterirken benek değerinin sabit kalıyor olması, algılayıcının yüksek parlaklığa sahip bölgelerde doygunluğa ulaştığını ve bu doygunluğun, çekilen bölge aynı yüzey özellikleri gösterdiği sürece devam ettiğini göstermektedir.

Çizelge 3. 2015 ve 2017 yılında aynı kazanç faktörü ile çekilen Göktürk-2' nin mutlak radyometrik kalibrasyonu sonucu elde edilen tüm bantlara ait kazanç değerleri.

	Tarih	AÜ Yansıtım	AÜ Işınırlık	Benek Değeri (DN)	Kazanç Modu	Kazanç	Öteleme
Pan	11.09.2015	0,578	228,317	1313	4	0,174	0
	13.09.2017	0,544	210,106	1213	4	0,173	0
Kırmızı	11.09.2015	0,595	210,879	1752	2	0,120	0
	13.09.2017	0,565	194,374	1517	2	0,128	0
Yeşil	11.09.2015	0,570	241,936	1463	8	0,165	0
	13.09.2017	0,537	221,120	1467	8	0,151	0
Mavi	11.09.2015	0,560	251,939	2038	6	0,124	0
	13.09.2017	0,533	232,512	2038	6	0,114	0
NIR	11.09.2015	0,538	135,596	1255	2	0,108	0
	13.09.2017	0,569	138,927	1295	2	0,108	0

Çizelge 4. 2015 ve 2017 yılına ait elde edilen kazanç değerleri arasındaki yüzde farklar.

Yüzde Fark (%)	Pan	Kırmızı	Yeşil	Mavi	NIR
Kazanç	0.57	-6.25	9.27	8.77	0.00
AÜ yansıtım	6.25	5.30	6.14	5.00	-5.44
AÜ ışınırlık	8.66	8.49	9.41	8.00	-2.39

Analizler, AÜ yansıtım ve AÜ ışınırlık değerlerinin 2 yıl 2 gün içerisinde yüzde % 9'luk dilim içerisinde kaldığını göstermektedir. Bu durum Tuz Gölü arazisinin yüzey yansıtım özelliklerininin yıllar içerisinde korunduğunu gösterir niteliktedir.

5. SONUÇ

Radyometrik kazançların hesaplanması, karşılaştırılabilir atmosfer üstü yansıtım değerine dönüşümlerde; değişim analizi, arazi örtüsü/arazi kullanımı, sınıflandırma, çevresel kirlilik tespiti vb. gibi çalışmalar kapsamında önem arz etmektedir.

2015 ve 2017 yıllarına ait radyometrik kalibrasyon çalışmaları kapsamında; millî yer gözlem uydumuz Göktürk-2'nin mutlak radyometrik kalibrasyon sonucu elde edilen katsayıları ilk kez paylaşılmaktadır. NIR ve pan bandına ait kazanç katsayılarında iki yıl içerisinde bir değişiklik gözlenmemiş olup, diğer bantlarda % 9'luk dilim içerisinde kalındığı analiz edilmiştir. Çalışmada, aydınlanma durumuna göre kullanılan bant modlarına göre analizler gerçekleştirilmiştir. Bant modları değiştirilerek de talepte bulunulabilmektedir. Çalışmanın gerçekleştirildiği 2015 ve 2017 yıllarının her ikisinde de görüntüler Yaz Modu'nda çekilmiştir. 2018 yılında gerçekleştirilecek olan mutlak radyometrik kalibrasyon çalışması kapsamında, Göktürk-2 uydusunun yeşil ve mavi bantların daha düşük bant modları ile çekilerek %9'luk farkın düşebileceği değerlendirilmektedir.

TEŞEKKÜR

Uydu Görüntü İşleme ve Geoportal Oluşturma Projesi (GEOPORTAL)'ni fonlayan kurum olan T.C. Kalkınma Bakanlığına maddi desteklerinden ötürü teşekkürü borç biliriz. Göktürk-2 görüntülerinin çekilmesini sağladıkları için Hava Kuvvetleri Komutanlığı personeline desteklerinden dolayı teşekkür ederiz. Çalışmada emeği geçen GEOPORTAL Projesi Personeline ve arazi çalışmasındaki yardımlarından ötürü Fatih Fehmi Şimşek'e, Mustafa Güleryüz'e ve ayrıca Kayacık Tuzlası Mutlucan Tuz İşletmesi personeline şükranlarımızı sunarız.

KAYNAKLAR

6S Model. http://6s.ltdri.org. [04.03.2016].

AERONET. https://aeronet.gsfc.nasa.gov/. [13.05.2017].

Atak, V. O., Erdoğan, M., & Yılmaz, A. (2015). Göktürk-2 Uydu Görüntü Testleri. *Harita Dergisi*, 81(2), 18-33.

Demirhan. İ. H.. Sakarya. U.. 2016. Hiperspektral Uydu Kamerasının Yerden Mutlak Radyometrik Kalibrasyonu İçin Ön Araştırma Sonuçları. UZAL-CBS. Adana.

LANDNET SITES (CEOS Reference Sites). http://calvalportal.ceos.org/ceos-landnet-sites. [13.05.2017].

Sakarya. U.. Demirhan. İ.H.. Deveci. H.S.. Teke. M.. Demirkesen. C.. Küpçü. R.. Öztoprak. A.F.. Efendioğlu. M.. Şimşek. F.F.. Berke. E.. Gürbüz. S.Z.. 2016**.** Absolute Radiometric Calibration of the GÖKTÜRK-2 Satellite Sensor Using Tuz GÖLÜ (landnet Site) from Ndvi Perspective. ISPRS - International Archives of the Photogrammetry. *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 373-377.

Slater. P. N.. Biggar. S. F.. Holm. R. G.. Jackson. R. D.. Mao. Y.. Moran. M. S.. Palmer. J. M.. Yuan. B.. 1987. Reflectance- and radiance-based methods for the in-flight absolute calibration of multispectral sensors. *Remote Sensing of* Environment. Volume 22. Issue 1. pp. 11-37.

Teke. M.. Demirkesen. C.. Haliloğlu. O.. İmre. E.. 2016. Göktürk-2 Uydusunun Bağıl ve Mutlak Çapraz Radyometrik Kalibrasyonu. *Harita Dergisi*. 155.

Ozoneaq. Ozone & Air Quality. [Online] https://ozoneaq.gsfc.nasa.gov/data/ozone/. [17.12.2015]

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6986

KADASTRODA ÜÇ BOYUTLU GÖSTERIM: İMKÂN VE KISITLAMALAR

Fatih DÖNER[1], Samet ŞİRİN[2]

[1]Doç. Dr., Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 29100, Gümüşhane, fatihdoner@gumushane.edu.tr
[2]Müh., Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Adıyaman İl Müdürlüğü, 02000, Adıyaman, samet.sirin@csb.gov.tr

ÖZET

Türkiye'de 2005 yılında Kadastro Kanunu'nda yapılan değişiklikle kadastroya mekânsal bilgi sisteminin altyapısını oluşturma görevi verilmiştir. Bu tarihten sonra Türkiye'de kadastronun tamamlanması, kadastro sisteminin otomasyonu ve paftaların yenilenmesi gibi amaçlarla projeler gerçekleştirilmiştir. Bu projeler sayesinde günümüzde tapu ve kadastro faaliyetleri bilgisayar ortamında yürütülebilmekte ve taşınmazlara ait bilgiler yasal mevzuat çerçevesinde ilgililere ve vatandaşlara sunulabilmektedir. Şubat ayında Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM), '3B Kent Modelleri ve Kadastro Projesi' isimli bir projenin duyurusunu yapmıştır. Öncelikle seçilen pilot bölge üzerinde denenecek ve modelleme çalışmalarının dört yıl süreceği bu proje ile vatandaşların sahibi oldukları bağımsız bölümleri üç boyutlu (3B) olarak ayrıntılı bir şekilde görebilmeleri hedeflenmektedir. Projeyle ayrıca, oluşturulan 3B modeller ile tapu bilgileri ve bağımsız bölümlerin mimari projeleri ilişkilendirilerek birlikte görülebilecektir. Böyle bir projenin hayata geçirilebilmesi ve etkin olarak kullanıcılara kadastro verilerinin 3B olarak sunulabilmesi için 3B verinin modellenmesi ve gösterimi alanlarında alternatiflerin incelenmesine ihtiyaç vardır.

Bu çalışmada kadastro verilerinin 3B gösterimine yönelik olarak kullanılabilecek veri modelleri ve gösterim araçlarının incelenmesi amaçlanmaktadır. CityGML (City Geography Markup Language), IFC (Industry Foundation Classes), IndoorGML ve LADM (Land Administration Domain Model) gibi temel standartlar kullanılabilirlikleri bakımından karşılaştırılmıştır. Çalışmada oluşturulan örnek 3B modeller, çeşitli gösterim araçlarıyla birlikte bu standartların bağımsız bölümlerin temsilinde kullanılabilir olduğunu göstermiştir. Ancak aşılması gereken zorluklar da bulunmaktadır. Bunlardan bazıları üretilen 3B modellerin mevcut kadastro altlıklarıyla entegrasyonu, bağımsız bölümlerin sınırlarının belirlenmesi ve yükseklik için referans alınan yüzeyin belirlenmesi olarak sıralanabilir. Kadastronun konusunu oluşturan taşınmaz mallar söz konusu olduğunda fiziksel sınırlar ve yasal sınırlar arasındaki farkı dikkate almak gerekmektedir. CityGML, IndoorGML ve IFC gibi veri modelleri yapıların fiziksel temsilini hedeflerken LADM gibi veri modelleri sadece fiziksel nesneleri değil taşınmazların yasal sınırlarını da modellemeyi amaçlamaktadır.

Anahtar Sözcükler: CityGML, 3B kadastro, 3B modelleme

ABSTRACT

3D REPRESENTATION IN CADASTRE: POSSIBILITIES AND RESTRICTIONS

With the amendment made in the Cadastre Law in 2005, in Turkey, the task of establishing the infrastructure of spatial information system was given to cadastre. After this date, projects aiming at completing cadastre, automation of cadastral system and renewing of cadastral maps were realized. Thanks to these projects, today land registry and cadastre activities can be carried out in computer environment and information about real estates can be presented to citizens and related subjects within the frame of legal regulations. In February, General Directorate of Land Registry and Cadastre (GDLRC) made a project announcement named '3D City Modeling and Cadastre Project'. With the project, which will be tested first in a selected pilot area and continue four years for modeling works, it is aiming at representing condominiums in three dimensional (3D) detail belong to citizens. It is also aimed with the project that the 3D models created will be displayed together with the architectural projects of the land registry information and condominiums. In order for such a project to be able to put into practice and effectively present cadastral data as 3D to users it is necessary to examine the alternatives in the area of 3D data modeling and representation.

In this study, it is aimed to examine data models and display tools that can be used for 3D representation of cadastral data. Standards such as CityGML (City Geography Markup Language), IFC (Industry Foundation Classes), IndoorGML and LADM (Land Administration Domain Model) were compared in terms of usability. The exemplary 3D models generated in the study show that these standards, along with a variety of display tools, can be used to represent condominiums. However, there are also difficulties to overcome. Some of them can be listed as integration of the produced 3D models with the existing cadastral bases, determination of the boundaries of the condominiums and determination of the reference surface for height. When it comes to real estates that make up the issue of the cadastre, it is necessary to consider the difference between physical boundaries and legal boundaries. While data models such as CityGML, IndoorGML, and IFC are targeted physical representation of buildings, LADM are intended to model not only physical objects but also legal boundaries of real estates.

Keywords: CityGML, 3D cadastre, 3D modeling

1. GİRİŞ

Kadastroda yasal nesnelerin geometrik durumları haritalar üzerinde iki boyutlu parseller ile gösterilmektedir. Arazi kullanımının yoğun olduğu alanlarda parsel yüzeyinin altını ve üstünü kullanma eğilimi vardır. Birbirleri üstüne binen karmaşık yapılar, yerin altında veya üstünde bulunan altyapı tesisleri, sayıları sürekli artan kablo ve borular bu kullanıma örnek olarak verilebilir. Kadastronun artan ihtiyaçlara cevap verebilmesi ve mülkiyeti etkili şekilde yasal güvence altına alabilmesi için mülkiyetin düşey boyuttaki konumsal bileşenlerinin de yönetilebilmesi gerekmektedir. Bu gereklilik son yıllarda kadastro sistemlerinin tescil için iki boyutlu yatay bir düzlem yerine düşey boyutu (üçüncü boyut) hatta dördüncü boyutu (zaman) da içeren bir mekânı referans almasını gündeme getirmiştir (Döner vd., 2010; Döner vd., 2011). Öte yandan, üç boyutlu (3B) karmaşık kullanım durumlarının modellenmesini destekleyebilecek birçok konumsal veri modeli geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları CityGML (City Geography Markup Language), IFC (Industry Foundation Classes), IndoorGML ve LADM (Land Administration Domain Model) olarak sıralanabilir (Döner ve Şirin, 2017).

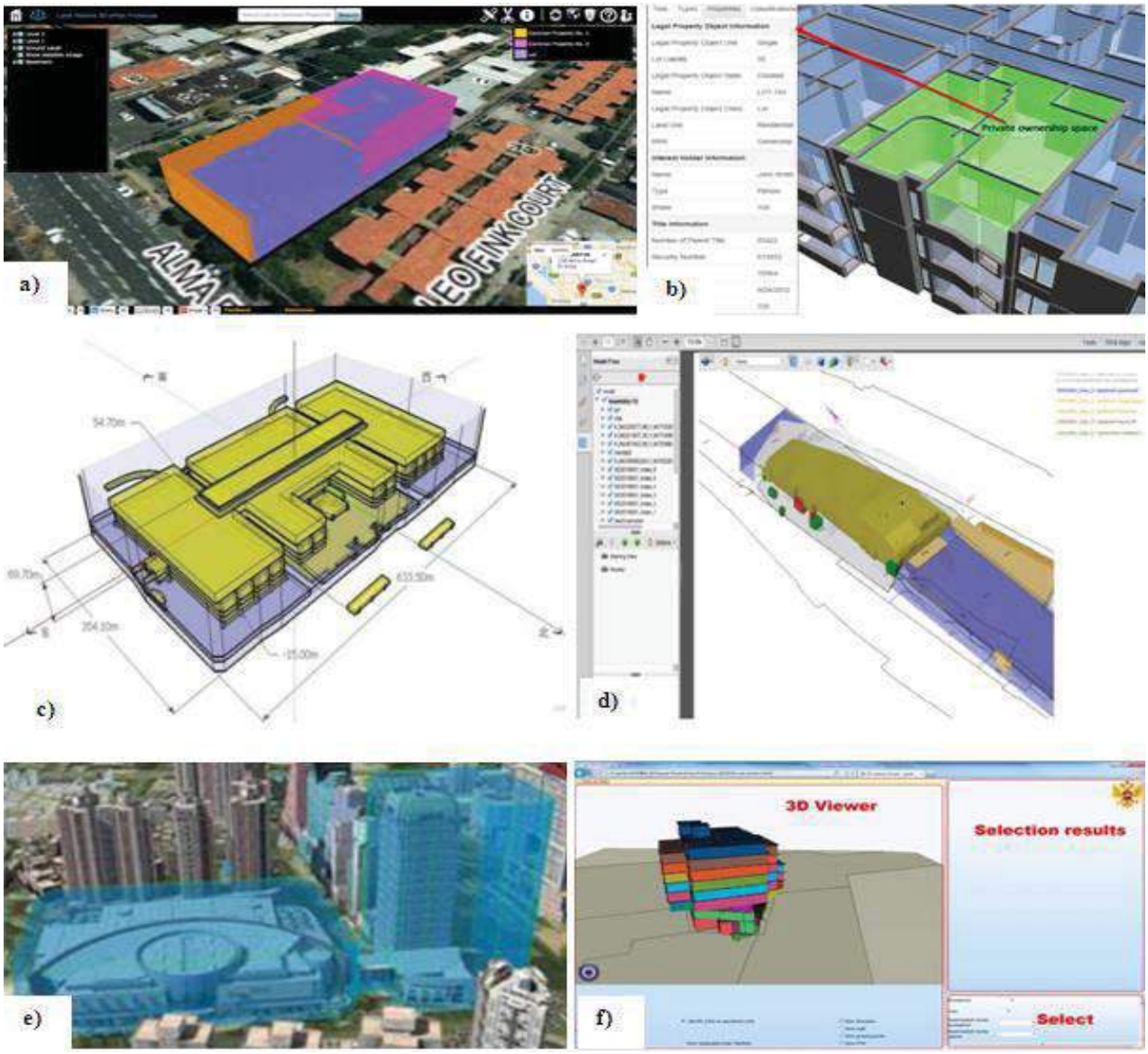
Kadastroda parseller dışında temel nesneler, binalar veya bağımsız bölümlerdir. Bu kadastral nesneler önemli bir ekonomik değere sahip olduğundan tescil bilgileri ayrı bir kütükte tutulur. Son yıllarda binaların bağımsız bölümlerinin kadastroda 3B gösterimine yönelik çalışmalarda bir artış görülmektedir. Bir bina içerisindeki farklı bölümlerin yasal sınırlarını 3B olarak belirgin bir şekilde göstermek kolay değildir. Bununla birlikte, son yıllarda bu sınırların kullanıcılara gösterilebilmesi ve kolayca anlaşılabilmesi için 3B dijital ortamlar daha fazla imkân sunmaya başlamıştır (Atazadeh vd., 2017). Kadastronun konusunu oluşturan taşınmaz mallar söz konusu olduğunda fiziksel sınırlar ve yasal sınırlar arasındaki farkı dikkate almak gerekmektedir. CityGML, IndoorGML, IFC gibi veri modelleri yapıların fiziksel temsilini hedeflerken LADM gibi veri modelleri sadece fiziksel nesneleri değil taşınmazların yasal sınırlarını da modellemeyi amaçlamaktadır. Bu çalışmada, bağımsız bölümlerin kadastroda 3B gösterilmesine yönelik imkân ve kısıtlamalar incelenmektedir. Çeşitli 3B konumsal veri modelleri ile üretilen modeller karşılaştırılarak kadastroda 3B bir gösterim için kullanılabilirlikleri belirlenmeye çalışılmaktadır. İkinci bölümde, 3B kadastro ihtiyacı ve bu ihtiyacı karşılamaya yönelik çalışmalar özetlenmektedir. Üçüncü bölümde, TKGM 3B Kadastro Projesi'ne yer verilmektedir. Dördüncü bölümde, kadastroda bağımsız bölümlerin modellenmesinde kullanılabilecek konumsal veri modelleri incelenmiştir. Beşinci bölümde, örnek uygulama ile üretilen 3B modeller yer almaktadır. Çalışma sonuçlar bölümüyle sona ermektedir.

2. 3B KADASTRO

Modern kadastro sistemlerinden beklenen kamu hak ve kısıtlamalarını da içerecek şekilde arazinin tüm yasal durumunu göstermesidir. Günümüzde arazinin giderek daha yoğun bir şekilde kullanılması neticesinde birçok kullanım türü üst üste çakışmakta, iç içe geçmekte veya daha karmaşık kullanım durumları oluşturmaktadır. Birleşmiş Milletler (UN) ve Uluslararası Haritacılar Birliği (FIG) tarafından hazırlanan çeşitli raporlarda geleneksel kadastro sistemlerinin karmaşık hak ve kısıtlamaları yönetmede yetersiz kaldıkları belirtilmektedir (Kaufmann ve Steudler, 1998; UN ve FIG, 1996). Bu yetersizlik özellikle son yirmi yılda kadastro sistemlerinin üçüncü boyutu da kapsayacak şekilde yeniden düzenlenmesini gündeme getirmiştir. 3B kadastro konusunun uluslararası düzeyde ilk olarak ele alınması 2001 yılında Hollanda'nın Delft kentinde düzenlenen çalıştayla olmuştur. 2002 yılında, FIG'in üçüncü (Konumsal Bilgi Yönetimi) ve yedinci (Kadastro ve Arazi Yönetimi) komisyonu altında 3B Kadastrolar (3D Cadastres) isimli bir çalışma grubu oluşturulmuştur. Bu çalışma grubu 3B bir kadastro oluşturmada farklı ülkelerin çalışmalarını karşılaştırmayı, 3B kadastro için ortak bir kavram ve terminoloji geliştirmeyi hedeflemiştir. Bu sayede farklı fikir ve uygulamaların verimli bir şekilde paylaşılması amaçlanmıştır. Çalışma gurubu, 3B bir kadastro sistemi için 2012 yılında ISO standardı hâline gelen Arazi İdaresi Veri Modeli'ni (Land Administration Domain Model – LADM –ISO 19152) benimsemiştir (FIG, 2018).

Bugüne kadar pek çok ülke 3B kadastro kapsamında pilot çalışmalar, uygulamalar ve yasal düzenlemeler gerçekleştirmiştir. Örneğin, Kanada ve Avustralya'nın bazı eyaletlerinde zemindeki parsel sınırlarından ayrı olarak hacimsel parsellerin oluşturulmasına imkân verecek yasal düzenlemeler yapılmıştır. Bu ülkelerde hacimsel parsellerin nasıl ölçülüp haritalanacaklarına ilişkin yönetmelikler de bulunmaktadır. Bunun yanında Hollanda'da Medeni Kanun'da yapılan değişiklikle teknik altyapı tesislerinin taşınmaz olarak kabul edilmesi ve bunların kadastroda tescil edilmesi süreci başlamıştır. Norveç ve İsveç gibi Avrupa ülkelerinde gerçekleştirilen 3B kadastro ile ilgili düzenlemeler ise bağımsız bölümlerin tescilinde karşılaşılan problemlerin çözümüne yönelik olmuştur. Yasal düzenlemeler dışında çeşitli pilot projeler geliştiren ülkeler de olmuştur. Şekil 1'de bunlara ait örnekler gösterilmektedir. Şekil 1 (a) ve (b)de Avustralya'nın Victoria eyaletinde gerçekleştirilen 3B kadastro pilot projesine ait ekran görüntülerine yer verilmiştir. Bu pilot proje ile binalardaki bağımsız bölümlerin ve ortak kullanım alanlarının öznitelik bilgileriyle birlikte IFC tabanlı olarak gösterilmesi gerçekleştirilmiştir (Atazadeh vd., 2016; Shojaei vd., 2016). Şekil 1 (c)de Çin'de bağımsız bölümlerin 3B gösterimi için geliştirilen pilot çalışma gösterilmiştir (Guo vd., 2012). Şekil 1 (d)de Hollanda'da dijital 3B PDF uzantılı dosyaların tapu senetlerine eklenmesini amaçlayan pilot projeye ait ekran görüntüsü bulunmaktadır (Stoter vd., 2012). Şekil 1 (e)de Polonya'da kent modelleri kullanılarak 3B kadastral parsellerin üretilmesini amaçlayan pilot projeye ait ekran görüntüsüne yer

verilmiştir (Ying vd., 2012). Şekil 1 (f)de Rusya'da 3B kadastral nesnelerin web tabanlı 3B gösterimi ve sorgulanması için geliştirilen pilot projeye ait ekran görüntüsü bulunmaktadır (Vandysheva vd., 2011).



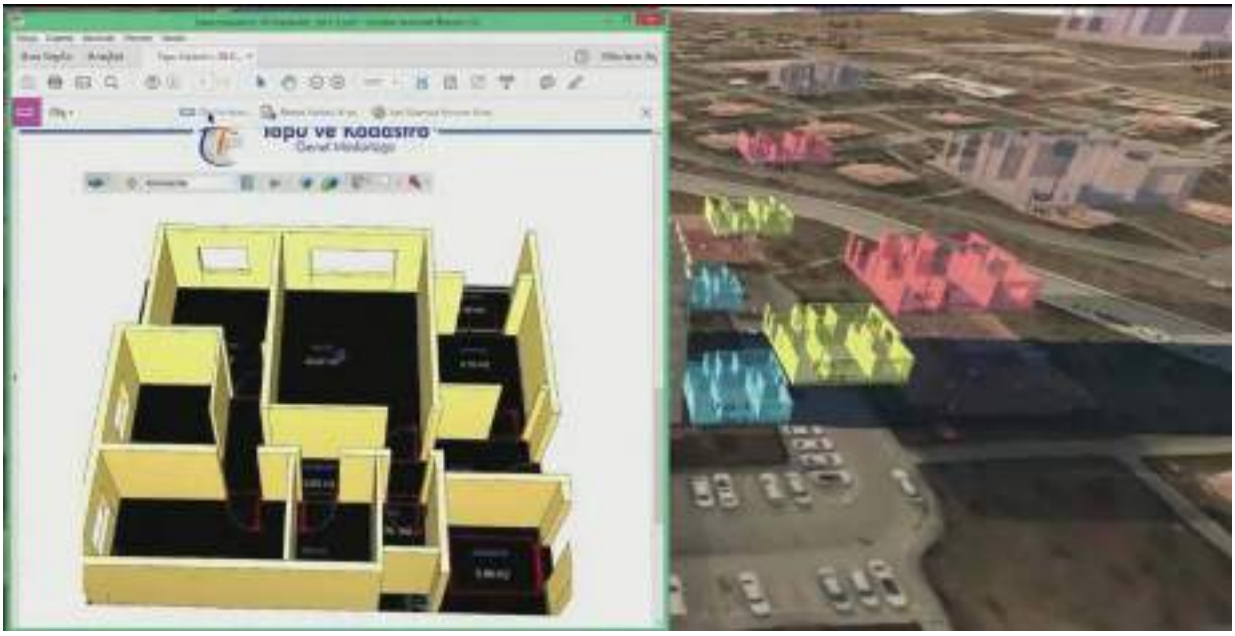
Şekil 1. 3B kadastro için pilot proje geliştiren bazı ülkelere ait örnekler. a ve b: Avustralya, c: Çin, d: Hollanda, e: Polonya ve f: Rusya.

3. TKGM 3B KADASTRO PROJESİ

Türkiye'de 2005 yılında Kadastro Kanunu'nda yapılan değişiklikle kadastroya mekânsal bilgi sisteminin altyapısını oluşturmak görevi verilmiştir. Bu tarihten sonra Türkiye'de kadastronun tamamlanması, kadastro sisteminin otomasyonu ve paftaların yenilenmesi gibi amaçlarla projeler gerçekleştirilmiştir. Bu projeler sayesinde günümüzde tapu ve kadastro faaliyetleri bilgisayar ortamında yürütülebilmekte ve taşınmazlara ait bilgiler yasal mevzuat çerçevesinde ilgililere ve vatandaşlara sunulabilmektedir. Örneğin; Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan parsel sorgu sistemi ile bir parselin sınırları uydu görüntüsü üzerinde gösterilebilmektedir. Aynı zamanda, bu parsele ait öznitelik bilgileri de parselin üzerinde tıklandığında görüntülenebilmektedir. Parsel Sorgu Sistemi ile mevcut durumda, kadastrodaki taşınmazlardan sadece arazilerin sınırları iki boyutlu olarak gösterilebilmektedir. Parsel üzerindeki binalara veya parsel yüzeyinin altındaki (veya üstündeki) nesnelere ait konumsal veri bu sistemde gösterilmemektedir. Parsel Sorgu Sistemin yanında kadastro verilerini konumsal olarak görüntülemenin bir yolu da e-devlet kapısını kullanmaktır. Parsel Sorgu Sistemi (PSS) ile sunulan kadastro verileri tüm internet kullanıcılarına açıkken, e-devlet kapısı üzerinden sadece şahsın kendisine ait taşınmaz verilerinin

gösterimi mümkündür. PSS'den farklı olarak e-devlet üzerinden giriş yapıldığında sadece araziler değil, bağımsız bölüm sınıfındaki taşınmazların bilgileri de görülebilmektedir. PSS yanında e-devlet üzerinden sunulan bağımsız bölüm gösterimi de 3B değildir. Gösterimde sadece bağımsız bölümün bulunduğu yapı adasının sınırları zeminde 2B olarak gösterilmektedir. Bu adanın üzerine tıklandığında bağımsız bölümün bulunduğu binanın konumu uydu görüntüsü üzerinde işaretlenmektedir.

Ülkemizde hem ilgililere hem de taşınmaz sahiplerine internet üzerinden sunulan kadastro verilerinin 2B olduğu görülmektedir. 2018 yılı Şubat ayında TKGM, internet üzerinden sunulan verileri 3B hâle getirmek amacıyla '3B Kent Modelleri ve Kadastro Projesi' isimli bir projenin duyurusunu yapmıştır. Duyuruda, öncelikle seçilen pilot bölge üzerinde denenecek ve modelleme çalışmalarının dört yıl süreceği bu projeyle vatandaşların kendilerine ait bağımsız bölümleri hatta bu bağımsız bölümlerin odalarını 3B olarak ayrıntılı bir şekilde görebilmelerinin hedeflendiği belirtilmiştir. Bunun yanında, oluşturulan 3B modeller ile tapu bilgileri ve bağımsız bölümlerin mimari projelerinin ilişkilendirilerek birlikte gösterilmesinin sağlanacağı belirtilmiştir (TKGM, 2018a). Bu duyuru dışında projedeki 3B modelleme çalışmaları hakkında ayrıntılı bilgi bulunmamaktadır. Sadece, bu bildirinin tam metninin hazırlandığı günlerde TKGM resmî web sitesinde proje hakkında bir video yayımlayarak bilgilendirme yapmıştır. Bu bilgilendirmede TKGM envanterinde bulunan eğik fotogrametik kamera ile detaylı kat modellerinin oluşturulmaya başlandığı, örnek 3B tapuların hazırlandığı ve Tapu ve Kadastro Bilgi Sistemi (TAKBİS) entegrasyonunun çalışılmakta olduğu belirtilmektedir (TKGM, 2018b). Şekil 2'de proje kapsamında oluşturan kat modeline ait ekran görüntüsü verilmektedir.



Şekil 2. TKGM 3B Kadastro Projesi ön çalışmasında üretilen kat modeli (TKGM, 2018b).

4. 3B KONUMSAL VERİ MODELLERİ

Bu bölümde kadastroda bağımsız bölümlerin modellenmesinde kullanılabilecek 3B konumsal veri modelleri incelenmektedir.

4.1 CityGML (City Geography Markup Language)

CityGML uluslararası düzeyde kabul gören 3B kent nesnelerinin temsili için ortak bir bilgi modelidir. CityGML kent nesnelerinin geometrik, topolojik, semantik ve görünüm özelliklerini dikkate alarak sınıf ve ilişkilerini tanımlar. Diğer vektör formatların aksine CityGML, geometri ve grafiklere ilave olarak genel amaçlı zengin bir bilgi modelini temel alır. Bu sayede farklı alanlardaki karmaşık analizler için 3B modellerin kullanılmasını olanaklı kılar. CityGML'in kullanım alanlarından bazıları kent planlama, mimari tasarım, turizm, 3B kadastro, çevresel benzetim, afet yönetimi, yaya navigasyonu olarak sayılabilir. Açık bir model olan CityGML, GML uygulama şeması ile gerçekleştirilir. GML konumsal verinin değişimi için geliştirilebilir bir standart olup OGC (Open Geospatial Consortium) ve ISO TC 211 (International Organization for Standardization- Technical Committee- Geographic information/Geomatics) tarafından yayımlanmıştır (Biljecki vd., 2015).

4.2 IFC (Industry Foundation Classes)

IFC standardı BIM (Building Information Modeling) modellerinin depolanması ve değişimi için açık ve platform bağımsız bir veri modelidir. Bu standardın amacı BIM modellerinin farklı platformlar arasında birlikte işlerliğini ve değiş tokuşunu sağlamaktır. EXPRESS veri modelleme dili bu açık BIM modelinin temelini oluşturur. IFC'de çok sayıda konumsal ve semantik kavramlar binaların modellenmesi için kullanılır. IFC, arazi yüzerini temsil etmesi yanında coğrafi koordinatları, datum yüksekliklerini, binanın adresi gibi bilgileri öznitelik olarak saklayabilir. IFC'de modeldeki fiziksel elementlerin sadece geometrik ve topolojik yapıları değil bunlar arasındaki semantik bağlantı (duvarlar ve tavanlar gibi) da tanımlanır. IFC, binaların hiyerarşik bölümlenmesi yanında bina elementlerinin birbiriyle hiyerarşik olmayan bağlantısını da destekler. Bu yaklaşım özellikle çeşitli yasal haklar binanın farklı yerlerine dağıldığında kullanışlıdır. Örmeğin; bir özel mülkiyet hakkı bağımsız bölüm (daire), otopark ve depo gibi binanın farklı yerlerindeki birimleri kapsıyorsa bu mülkiyet hakkını diğer birimlerle ilişkilendirerek modellemek IFC ile mümkündür (Atazadeh vd., 2017).

4.3 IndoorGML

IndoorGML OGC (Open Geospatial Consortium) tarafından kapalı mekânlarda ağ analizi yapmak için geliştirilen oldukça yeni bir 3B standarttır. Bu fiziksel veri modeli kapalı mekânlardaki navigasyon faaliyetleri için temel topolojik ve semantik varlıkları içerir. İç mekânın bölümlenmesi ve bu bölümlerin bağlantı, yakınlık ve ilişkileri IndoorGML'de tanımlanır. Bu fiziksel modelin sunduğu ilişkiler sayesinde kapalı mekânlar ve bunların sınırları modellenebilir. Bu sayede yapı içerisindeki kullanım durumlarının yasal sınırlarını temsil etmek mümkün olabilir (Atazadeh vd., 2017).

4.4 LADM (Land Administration Domain Model)

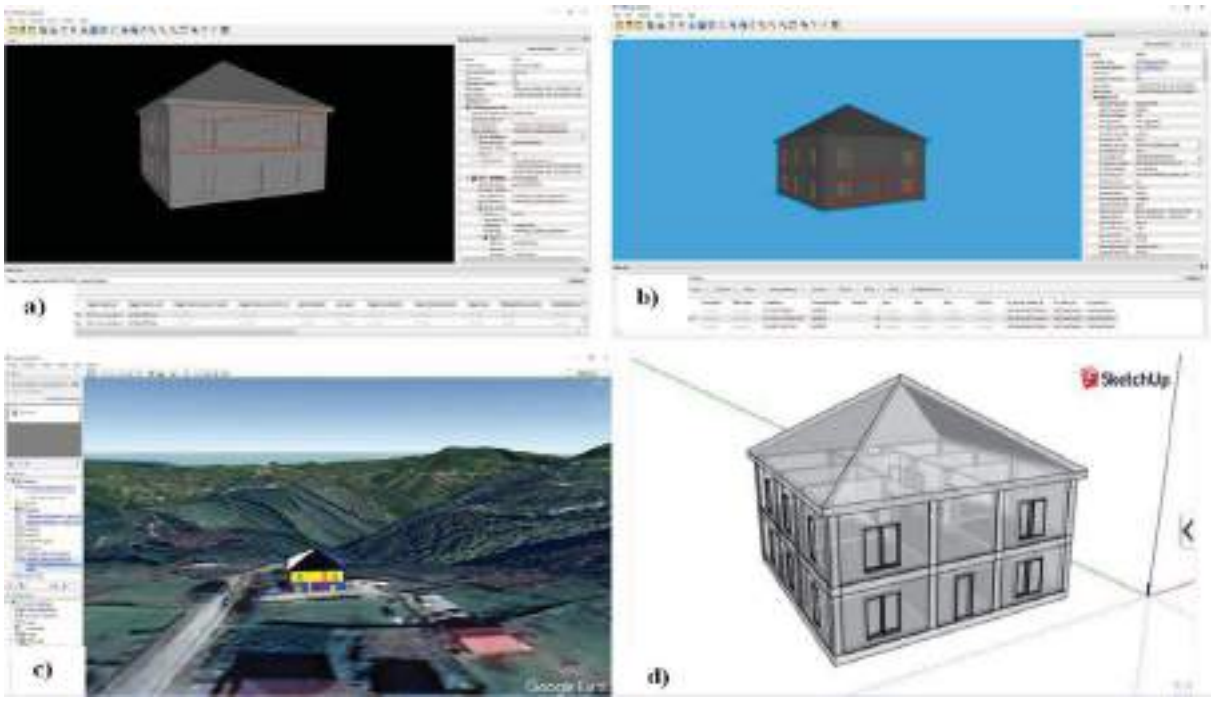
LADM bir ISO (International Organization for Standardization) standardı olup arazi idaresinin bilgi bileşenini kapsayan kavramsal bir model sunmaktadır. Bu model su yüzeylerini de kapsayacak şekilde araziyi, arazi üstündeki ve altındaki mekânı içine almaktadır. LADM'nin temel amaçlarından biri arazi idaresi sistemlerinin gelişimi için geliştirilebilir bir temel oluşturmaktır. LADM taraflar, konumsal birimler, idari birimler ve konumsal kaynaklardan oluşur. Taraflar yasal işlemlerdeki kişi ve kurumları temsil eder. Konumsal birimler arazi, binalar veya mülkiyetle ilişkili yasal menfaatlerin temsilini sağlar. Temel konumsal birimler arazi parselleri, binalar veya altyapı tesisleri etrafındaki hacimsel yasal mekânlardır. İdari birimler konumsal birimlerle ilişkili yasal haklar temel alınarak tanımlanır. Örneğin; bir binadaki özel mülkiyet bir bağımsız bölümün yasal mekânı, otopark ve depo gibi üç konumsal birimden oluşan bir idari birim olarak dikkate alınır. Konumsal kaynaklar ise konumsal birimlerin sınırlarını temsil etmek için kullanılan veri elde etme yöntemlerini içermektedir. En yaygın konumsal kaynaklar yersel ölçmeler, fotogrametrik yöntem ve nokta bulutu verisi olarak sıralanabilir. LADM'de konumsal birimlerin sınırlarını tanımlamak için iki yaklaşım bulunmaktadır. Birincisi 2B-alansal konumsal birimlerin ikincisi ise sınırlandırılmış hacimsel konumsal birimlerin tanımlanması içindir (Lemmen vd., 2015).

5. ÖRNEK UYGULAMA

Bu bölümde bildirinin dördüncü bölümünde incelenen 3B konumsal veri modellerinden bazıları seçilerek bunlar ile bir yapının 3B olarak modellenmesi amaçlanmıştır. Modellenmek üzere seçilen yapı iki kat ve çatıdan oluşmaktadır. Yapıya ait dijital veri CAD tabanlı bir mimari çizim programı formatında elde edilerek çalışmaya başlanmıştır. CAD ortamında yapıya ait dijital veri elde edildikten sonra CityGML ve IFC veri yapılarında modellerin oluşturulması gerçekleştirilmiştir. Şekil 3 (a) ve (b) sırasıyla CityGML ve IFC veri yapılarında modellenen aynı yapıya ait görünümleri bir arada sunmaktadır. Üretilen 3B modellerin Şekil 3'teki görünümü Feature Manipulation Engine (FME) yazılımı ile elde edilmiştir. Çalışma kapsamında üretilen modelleri gösteriminde kullanılabilecek, 3B veriyi depolayabilen bazı yaygın veri formatları araştırılarak Çizelge 1'de açıklamalarıyla birlikte verilmektedir. Çalışmanın bu bölümünde CityGML ve IFC formatında üretilen model Çizelge 1'de listelenen dosya formatlarından Collada formatına dönüştürülerek Google Earth yazılımıyla görüntülenmiştir (Şekil 3 (c)). Bunun yanında, Şekil 3 (d), Çizelge 1'deki veri formatlarından ayrı olarak, 3B modellerin sunumunda yaygın bir şekilde kullanılan Google SketchUp formatında üretilen modeli göstermektedir. Oluşturulan modeller karşılaştırıldığında CityGML ile üretilen 3B model görünümünün IFC'ye göre daha iyi olduğu, kapı ve pencere gibi detayların seçilebilir olduğu görülmüştür. Buna karşılık dosya boyutu CityGML ile üretilen modelde daha büyük olmuştur. Bu çalışmada kullanılanlar yanında piyasada yaygın olarak bilinen 3B gösterim araçlarından bazıları Adobe Acrobat Reader (3DPDF), ESRI (ArcGlobe), NASA (World Wind), BSContact, TerraExplorer, XNavigator, AutoDesk (Revit), Bentley (MicroStation), WebGL olarak sıralanabilir. Bu yazılımlar kullanılarak üretilen 3B modellerin daha anlaşılabilir ve kullanışlı olması sağlanır. Örneğin; 3B bir bina modelinde duvar, çatı, merdiven gibi model elementlerinin modelden ayrıştırılarak gösterimi (Exploding), farklı katlardaki bağımsız bölümlerin gösteriminde katların basamaklandırılarak gösterimi (Sliding), bir binadaki yasal ve fiziksel nesnelerin karşılaştırılmasında kaydırma (Swiping) özelliklerinin kullanılması mümkündür.

Çizelge 1. 3B veriyi depolayabilen bazı yaygın veri formatları.

Dosya Formatı	Açıklama
KML (KMZ)	Keyhole Markup Language
X3D (VRML)	Virtual Reality Markup Language (ISO/IEC19777)
GML	Geography Markup Language (OGC-Open Geospatial Consortium)
DXF, DWG, DGN	CAD (Computer Aided Design) format
3DS	Autodesk 3ds Max
Shapefile	ESRI konumsal veri formatı
Collada	Digital Asset Scheme Specification for 3D Visualisation (ISO/PAS 17506)
3D PDF	Portable Document Format (ISO 32000)



Şekil 3. (a): CityGML, (b): IFC veri modellinde modellenen 3B yapı, (c): Collada veri formatı kullanılarak üretilen modelin Google Earth yazılımıyla gösterimi, (d): üretilen modelin SketchUp yazılımındaki 3B görünümü.

6. SONUÇLAR

Bu bildiride, kadastro verilerinin 3B gösterimini sağlamada imkân ve kısıtlamalar değerlendirilmiştir. ISO ve OGC standartlarında bağımsız bölümlerin gösterimi için 3B modeller üretilerek üretilen modeller çeşitli gösterim araçlarıyla sunulmuştur. 3B dijital modellerin üretilmesinde ve gösteriminde son yıllarda önemli ilerlemeler olmuştur. Bu modellerin kadastroda kullanımı da mümkündür. Çeşitli ülkelerde özellikle bağımsız bölümleri kadastroda 3B olarak gösterebilmek amacıyla pilot projeler gerçekleştirilmiştir. Türkiye'de bu amaçla TKGM tarafından başlatılan bir proje bulunmaktadır. Bununla birlikte, gerçek anlamda 3B bir kadastro için 3B gösterim yanında hukuki ve kurumsal meselelerin de ele alınması gerekmektedir. Örneğin; zemindeki sınırdan ayrı olarak düşey boyutta mülkiyet hakkının nasıl sınırlandırılabileceği, taşınmazların 3B verilerinin toplanmasında, güncellenmesinde ve paylaşımında hangi kurumların sorumlu olacağı bu meselelerden bazılarıdır. Teknik altyapı tesisleri ve ulaşım sistemlerine ait 3B nesneler de dikkate alındığında 3B bir kadastronun konumsal veri altyapıları ile uyumlu olması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Bunlar yanında, aşılması gereken bazı teknik zorluklar da bulunmaktadır. 3B modellerin mevcut CAD verileri kullanılarak üretilmesi durumunda mevcut kadastro altlıklarıyla ilişkilendirilebilmeleri için yerel koordinat sisteminden ulusal koordinat sistemine dönüştürülmeleri gerekmektedir. Bunun yanında, bağımsız bölümlerin sınırlarının nasıl belirleneceğiyle ilgili düzenlemelere ihtiyaç vardır. Birçok 3B modelde yükseklikler zemin kotu sıfır kabul edilerek bağıl olarak üretilmektedir. Bununla birlikte, mevcut kadastro parselleriyle üretilen modelleri konumsal olarak ilişkilendirebilmek ve arazinin gerçek durumunu modelde temsil edebilmek için mutlak yüksekliklere (ortometrik yükseklik) ihtiyaç bulunmaktadır.

3B modelleme ve gösterim alanında son yıllarda yaşanan ilerlemeler Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) de desteğiyle 3B bir kadastroyu teknik açıdan olanaklı hâle getirmiştir. Bununla beraber, akıllı kentlerin altyapısını oluşturacak 3B bir kadastro için bu bölümde değinilen hukuki ve kurumsal boyuttaki konuların, teknik boyutla birlikte bir bütün olarak ele alınarak kadastronun içeriğinin belirlenmesi en uygun yaklaşım olacaktır.

KAYNAKLAR

Atazadeh B., Kalantari M., Rajabifard A., Ho S., 2017**.** Modelling building ownership boundaries within BIM environment: A case study in Victoria, Australia, Computers, Environment and Urban Systems, 61.

Atazadeh, B., Kalantari, M., Rajabifard, A., Ho, S., Champion, T., 2016. Extending a BIM based data model to support 3D digital management of complex ownership spaces. International Journal of Geographical Information Science. Published Online July 2016.

Biljecki F., Stoter J., Ledoux H., Zlatanova S. ve Çöltekin A., 2015**.** Applications of 3D City Models: State of the Art Review, ISPRS International Journal of Geo-Information, 4.

Döner, F., R. Thompson, J. Stoter, C. Lemmen, H. Ploeger, P. van Oosterom and S. Zlatanova, 2011**.** Solutions For 4D Cadastre – With A Case Study On Utility Networks, International Journal of Geographical Information Science, 25(7) 1173-1189 (2011), doi: 10.1080/13658816.2010.520272.

Döner, F., R. Thompson, J. Stoter, C. Lemmen, H. Ploeger, P. van Oosterom and S. Zlatanova, 2010. 4D Cadastres: First Analysis of Legal, Organizational, and Technical Impact-with a Case Study on Utility Networks, Land Use Policy, 27 1068-1081 (2010), doi:10.1016/j.landusepol.2010.02.003.

Döner, F., Şirin, S., 2017. Examination of the Usability of Spatial Data Models for a 3D Cadastre, UCTEA International Geographical Information Systems Congress 2017, 15-18 November 2017, Adana, Turkey

FIG, 2018. Best Practices 3D Cadastres, FIG publication. International Federation of Surveyors (FIG), ISBN: ISBN 978-87-92853-64-6, 258p. Copenhagen, Denmark, March 2018.

Guo, R., Li, L., He, B., Luo, P. Ying, S., Zhao,. Z., Ziang, R., 2012. 3D cadastre in China: a case study in Shenzhen City, In: van Oosterom, P., Fendel, E., Stoter, J., Streilein, A. (Eds.), 2nd International Workshop on 3D Cadastres, 16-18 November 2011, Delft, the Netherlands, pp. 291-310.

Kaufmann J. Ve Steudler D., Cadastre 2014 – A Vision for a Future Cadastral System, FIG Publication, 1998.

Lemmen, C., Oosterom, P. van ve Bennett, R., 2015**.** The Land Administration Domain Model, Land Use Policy, 49, 2015.

Shojaei, D., Olfat, H., Rajabifard, A., Darvill, A., Briffa, M., 2016. "Assessment of the Australian digital cadastre protocol (ePlan) in terms of supporting 3D building subdivisions.", Land Use Policy, Vol. 56, pp. 112-124.

Stoter, J., van Oosterom, P., Ploeger, H., 2012. The phased 3D cadastre implementation in the Netherlands. In: van Oosterom, P., Guo, R., Li, L., Ying, S., Angsüsser, S. (Eds.), Proceedings 3rd International Workshop on 3D Cadastres: Developments and Practices, 25- 26 October 2012, Shenzhen, China, pp. 203 – 218.

Thompson, R. J., Oosterom, van P.,Soon, K. H., 2017**.** LandXML Encoding of Mixed 2D and 3D Survey Plans with Multi-Level Topology, ISPRS Int. J. Geo-Inf., 6, 171.

TKGM, 2018a. 3B Kent Modelleri ve Kadastro Projesi. https://www.tkgm.gov.tr/tr/icerik/satin-alinacak-ev-tapuda-uc-boyutlu-gorulebilecek [Erişim tarihi: 21.02.2018].

TKGM, 2018b. 3B Kadastro Ön Çalışması. https://www.tkgm.gov.tr/tr/icerik/3-boyutlu-kadastro-projesi [Erişim tarihi: 02.08.2018].

UN ve FIG, The Bogor Declaration, UN Interregional Meeting of Experts on the Cadastre, Bogor, Indenosia, 1996.
Vandysheva, N., Tikhonov, V., van Oosterom, P., Stoter, J., Ploeger, H., Wouters, R., Penkov, V., 2011. 3D Cadastre Modelling in Russia, In: FIG Working Week 2011, Marrakech, pp. 19.
Ying, S., Guo, R., Li, L., He, B., 2012. Application of 3D GIS to 3D Cadastre in Urban Environment. In: van Oosterom, P., Guo, R., Li, L., Ying, S., Angsüsser, S. (Eds.), Proceedings 3rd International Workshop on 3D Cadastres: Developments and Practices, 25- 26 October 2012, Shenzhen, China, pp. 253 – 272.

POSTER OTURUMU

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.5890

ÇOK AŞAMALI ORTANCA SÜZGEÇ YÖNTEMİNE DAYALI BİR YAKLAŞIM

Pelin ALTINIŞIK[1], Erhan ERGÜN[2]

[1]Dr. Öğretim Üyesi, Samsun Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Uçak Bakım ve Onarım Bölümü, 55420, Ballıca, Samsun, pelintoy@omu.edu.tr
[2]Dr. Öğretim Üyesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 55130, Kurupelit, Samsun, erhan.ergun@bil.omu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, görüntülerdeki tuz ve biber gürültüsünü gidermek için yeni bir yaklaşım önerilmektedir. Bu yaklaşım, literatürdeki çok aşamalı ortanca süzgeç (ÇOS) yöntemine dayalıdır. Önerilen süzgeç, tuz ve biber gürültüsüyle bozulmuş Lena görüntülerine uygulanmaktadır. Süzgecin başarımı, literatürde yer alan ortanca süzgeç (OS) ve ÇOS ile karşılaştırılmaktadır. Görsel ve nicel olarak elde edilen sonuçlara göre önerilen süzgecin, karşılaştırma süzgeçlerinden daha başarılı olduğu görülmektedir.

Anahtar Sözcükler: görüntü işleme, tuz ve biber gürültüsü, ortanca süzgeç, çok aşamalı ortanca süzgeç

ABSTRACT

AN APPROACH BASED ON MULTILEVEL MEDIAN FILTER METHOD

In this study, a new approach is proposed in order to remove the salt and pepper noise in images. This approach is based on the multilevel median filter (MMF) method in the literature. The proposed filter is applied to Lena images corrupted by salt and pepper noise. The success of the filter is compared with the median filter (MF) and MMF in the literature. According to the results obtained visually and quantitatively, it is determined that the proposed filter is more successful than the comparison filters.

Keywords: image processing, salt and pepper noise, median filter, multi-level median filter

1. GİRİŞ

Gürültü, görüntüleme sistemi tarafından üretilmektedir. Ayrıca; kopyalama, tarama, iletim ve depolama sırasında da oluşmaktadır. Görüntüye eklenen gürültü; makine görme, uzaktan algılama, X ışını ile görüntüleme vb. alanlarda sorun oluşturmaktadır. Çünkü; azalan görüntü kalitesi sebebiyle kenar algılama, görüntü bölütleme, öznitelik çıkarma, örüntü tanıma gibi işlemler olumsuz etkilenmektedir. Dolayısıyla; bir görüntü süzgeci kullanarak görüntünün gürültüsünü gidermek gerekmektedir.

Görüntü işlemede amaç, gürültü içeren görüntünün ayrıntılarını bulanıklaştırmadan gürültüyü gidermektir. Görüntü ayrıntısıyla yüksek derecede ortak ilişkiye sahip alanlardaki pikseller kastedilmektedir. Keskin kenarlar ve ince çizgiler, ayrıntı olarak adlandırılmaktadır (Nieminen vd., 1987).

Gürültü türü olan tuz ve biber gürültüsü; görüntü algılayıcısındaki piksel elemanları normal çalışmadığında, algılayıcı gürültüsü, ölçüm hatası, kuvvetli elektromanyetik alan, atmosferik olaylar nedeniyle oluşan dalgalanmalar veya veri iletiminde hatalar oluştuğunda meydana gelmektedir (Çivicioğlu ve Alçı, 2009). Gürültülü görüntüdeki siyah ve beyaz piksellerin varlığından dolayı "tuz ve biber gürültüsü" olarak adlandırılmaktadır. Pikselin kaç bitle ifade edildiğine göre; biber gürültüsü en küçük, tuz gürültüsü en büyük gri seviye değerine sahiptir. Pikselleri 8 bitle temsil edilen bir görüntüde biber gürültüsünün gri seviye değeri 0, tuz gürültüsünün gri seviye değeri 255'tir.

Tuz ve biber gürültüsü, önemli gürültü türlerinden birisidir (Gonzalez ve Woods, 2002). Görüntü verisinin elde edilmesi, iletimi ve işlenmesi sırasında tuz ve biber gürültüsüyle bozulması, görüntü işlemede sık karşılaşılan bir sorundur (Beşdok vd., 2003).

J. W. Tukey tarafından 70' lerin başında önerilen OS, hesaplanması basit ve gerçekleştirilmesi kolay olduğu için görüntüden tuz ve biber gürültüsünü süzgeçlemede yaygın olarak kullanılmaktadır. OS' in en büyük dezavantajı, görüntüdeki ayrıntıları koruma yeteneğinin yeterli olmamasıdır. Ana sebep; sıralama sürecinin, yapısal ve mekansal komşuluk bilgisini yok etmesidir (Hamza vd., 1999). Gürültü giderme ve görüntü ayrıntılarının korunması arasındaki çelişkiden dolayı son yıllarda pek çok OS yöntemi geliştirilmiştir. Bunlardan biri, A. Nieminen ve arkadaşları tarafından sunulan ÇOS' tir. Geliştirilmiş diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında basit ve etkili olduğu söylenebilmektedir (Yang ve Toh, 1995). Bu süzgeç, gürültüyü ortadan kaldırırken aynı zamanda görüntü ayrıntılarını etkili bir şekilde koruyabilmektedir (Kuang ve Sun, 2010). ÇOS, OS' e kıyasla daha kabul edilebilir bir yumuşatma sağlamaktadır (Kundu ve Zhou, 1992). ÇOS, gürültüyü zayıflatırken aynı zamanda bir piksel genişliğindeki çizgilerden oluşan ayrıntıyı koruyabilmektedir (Wichman ve Neuvo, 1991).

ÇOS, kaskat bir süzgeçleme yapısına sahiptir. ÇOS, ortanca süzgeçleme operasyonlarının birleşimidir (Kayıkçıoğlu ve Dizdaroğlu, 2004). Bu yapı, ilk katta yer alan temel alt süzgeçlerin çıkışını birleştirmektedir. Alt süzgeçler, bir yöndeki benzer gri tonların oluşturduğu özelliği korumak için tasarlanmışlardır (Brailean vd., 1995).

OS ve ÇOS, görüntü matrisinin her pikseline uygulanmaktadır. Bu genelleme, önerilen süzgeç ile yeniden yapılandırılmaktadır. Şöyle ki; gürültülü görüntüdeki sağlam piksellere süzgeç uygulanmamaktadır. Böylece; sağlam pikseller, değerlerini koruyarak çıkışa aktarılmaktadır. Ayrıca; işlem yükünün azaltılması ile sonuca daha çabuk varılması sağlanmaktadır.
Gürültü miktarı arttıkça; OS ve ÇOS' te, merkez pikselin komşuluklarında yoğun olarak yer alan gürültü pikselleri, süzgeç çıkışının hatalı olarak belirlenmesine sebep olmaktadır. Çünkü, 0 ve 255 gibi uç değerlere sahip bu pikseller, çıkışı istenmeyen değere ötelemektedir. Bu nedenle; önerilen yöntemde, komşu gürültü pikselleri süzgeç algoritmasının dışında tutulmaktadır.

1.1 Ortanca Süzgeç

OS' te süzgeç maskesi tarafından belirlenen komşuluktaki piksel değerleri sınıflandırılmaktadır. Sınıflandırılmış grubun ortanca değeriyle maskenin merkez değeri yer değiştirilmektedir.
OS ile gürültü bastırılmakta ancak işaret bozulması ortaya çıkmaktadır. İnce çizgi, keskin kenar ve sivri köşe gibi görüntü ayrıntıları bozulmakta veya kaybolmaktadır. Bu istenmeyen etkiler, yapının korunmasının önemli olduğu birçok uygulamada kabul edilememektedir.

1.2 Çok Aşamalı Ortanca Süzgeç

Çok aşamalı ortanca operatörü kavramı, OS' in ayrıntı koruma özelliğini geliştirmek için sunulmuştur.
f(i,j), görüntünün (i,j) konumundaki piksel değeri olarak tanımlanmaktadır. W, merkezi (i,j)' de olan (2N+1)x(2N+1) boyutlu kare süzgeçleme penceresi olarak belirlenmektedir. W penceresindeki dört alt pencere Denklem 1 ile tanımlanmaktadır (Forero ve Delgado, 2003).

$$W_1(i,j)=f(i+m,j) \quad (1a)$$

$$W_2(i,j)=f(i+m,j+m) \quad (1b)$$

$$W_3(i,j)=f(i,,j+m) \quad (1c)$$

$$W_4(i,j)=f(i+m,j-m) \quad (1d)$$

Denklem 2 ile verilen eşitliklerde; ortanca[ ], min[ ] ve maks[ ], sırasıyla, köşeli parantez içindeki öğelerin ortancasını, en küçüğünü ve en büyüğünü bulma işlemlerini belirtmektedir.

$$Z_k(i,j)=[\text{ortanca}[f(*,*)\in W_k(i,j)] \quad (2a)$$

$$T_1(i,j)=\min[Z_k(i,j)] \qquad 1\le k\le 4 \quad (2b)$$

$$T_2(i,j)=\text{maks}[Z_k(i,j)] \qquad 1\le k\le 4 \quad (2c)$$

$Z_k(i,j)$ ile her bir $W_k(i,j)$ alt penceresindeki öğelerin ortancası hesaplanmaktadır. k=1, 2, 3, 4 olmak üzere $Z_k(i,j)$ alt yapıları, görüntüdeki farklı yönlerdeki özellikleri ortaya çıkarabilmek için kullanılmaktadırlar. Her bir yönde belirlenebilecek görüntü özelliklerini bir araya getirmek için kullanılan minimizasyon işlemi $T_1(i,j)$ alt yapısı, geometrik bilgilerin daha yüksek değerli bir arka plan üzerinde bulunduğu görüntüler için kullanılabilmektedir. Benzer şekilde, $T_2(i,j)$ alt yapısı, geometrik bilgilerin daha düşük değerli bir arka plan üzerinde bulunduğu görüntüler için kullanılabilmektedir.
Çok aşamalı ortanca süzgecin çıkışı, Denklem 3 ile verilmektedir.

$$y(i,j)=\text{ortanca}[T_1(i,j),T_2(i,j),f(i,j)] \quad (3)$$

Denklem 3' teki y(i,j), son ortanca alma işlemi olup alt yapıların gürültü azaltımını geliştirmektedir. ÇOS, hem yüksek hem de düşük değerli arka plan üzerindeki geometrik bilgileri hesaba kattığı için bir görüntünün kenar özelliklerini OS' ten çok daha etkili bir şekilde koruyabilmektedir (Hu ve Ji, 2009).

1.3 Önerilen Süzgeç

ÇOS uygulanırken süzgeç penceresinin komşuluğunda yer alan 0 ve 255 değerli gürültü piksellerinin, süzgeç verimini düşürdüğü izlenmektedir. ÇOS temeline dayalı önerilen süzgeçte, komşu 0 ve 255 değerli pikseller, süzgeçleme işlemine dahil edilmemektedir. Komşuluktaki sağlam pikseller yardımıyla bozuk pikselin süzgeçlenmiş değeri bulunmaktadır.

Önerilen süzgeç, sadece gürültü piksellerine uygulanmaktadır. Böylelikle sağlam piksellerin süzgeçlenerek farklı değerler alması önlenmektedir.

Gürültülü görüntüde gürültüyü belirlemek için gürültü sezici kullanılmaktadır. Gürültü sezici $\Delta(.)$, Denklem 4 ile verilen ikili mantık ifadesidir (Çivicioğlu ve Alçı, 2004).

$$\Delta(NI(x,y)_i) = \begin{cases} 1, & \text{eğer } NI(x,y)_i \varepsilon \{0,255\} \\ 0, & \text{diğer durum} \end{cases} \quad (4)$$

NI, gürültülü görüntü olmak üzere $NI(x,y)_i$, gürültülü görüntü üzerindeki (x,y) noktasındaki i pikselini göstermektedir. Piksel, gürültü değilse $\Delta(.)=0$ değerini almakta ve piksel u kümesine ait olmaktadır (u kümesindeki piksellerin değerleri korunmaktadır). Piksel, 0 veya 255 değerine sahipse $\Delta(.)=1$ değerini almakta ve piksel c kümesine ait olmaktadır.

Karşılaştırılan süzgeçleme yöntemleri için kullanılan objektif kriter, ortalama karesel hata (OKH) olup Denklem 5 ile verilmektedir (Cui ve Gan, 2014).

$$OKH = \frac{1}{IJ}\sum_{i=1}^{I}\sum_{j=1}^{J}(y[i,j]) - \hat{y}[i,j])^2 \quad (5)$$

I ve J, görüntüdeki satır ve sütun sayılarıdır. i=1,2,…,I; j=1,2,…,J olmak üzere y[i,j] ve $\hat{y}$[i,j], sırasıyla asıl görüntü matrisi ve süzgeçleme sonucu oluşan görüntü matrisindeki piksel değerleridir.

Bu çalışmada, Lena görüntüsü %3 (düşük yoğunluk), %10, %15 (orta yoğunluk), %20, %30 (yüksek yoğunluk), ..., %90 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsüyle bozulmuştur. Düşük, orta ve yüksek yoğunluk için kullanılan değerler literatürde yer almaktadır (Kwan 2003). OS, ÇOS ve önerilen süzgeç, gürültülü Lena görüntülerine uygulanmaktadır. Süzgeçlemede en küçük kare biçimli maske boyutu (3x3) kullanılmaktadır.

Şekil 1'de; Lena test görüntüsü, %3 tuz ve biber gürültülü Lena görüntüsü ayrıca OS, ÇOS ve önerilen süzgece ilişkin süzgeçleme sonuçları yer almaktadır.



a) Lena görüntüsü



b) %3 tuz ve biber gürültülü Lena görüntüsü



c) OS sonucu



d) ÇOS sonucu



e) Önerilen süzgeç sonucu

Şekil 1. Orijinal, gürültülü ve süzgeç uygulanmış görüntüler.

Şekil 2'de; %15 tuz ve biber gürültülü Lena görüntüsü ile OS, ÇOS ve önerilen süzgece ilişkin süzgeçleme sonuçları görülmektedir.



a) Lena görüntüsü



b) %15 tuz ve biber gürültülü Lena görüntüsü



c) OS sonucu



d) ÇOS sonucu



e) Önerilen süzgeç sonucu

Şekil 2. Orijinal, gürültülü ve süzgeç uygulanmış görüntüler.

Şekil 3'te; %30 tuz ve biber gürültülü Lena görüntüsü ile OS, ÇOS ve önerilen süzgece ilişkin süzgeçleme sonuçları görülmektedir.



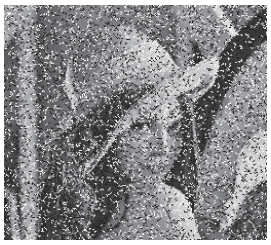
a) Lena görüntüsü



b) %30 tuz ve biber gürültülü Lena görüntüsü



c) OS sonucu



d) ÇOS sonucu



e) Önerilen süzgeç sonucu

Şekil 3. Orijinal, gürültülü ve süzgeç uygulanmış görüntüler.

%3 düşük, %15 orta ve %30 yüksek yoğunlukta tuz ve biber gürültüsü içeren Lena görüntülerine uygulanan; önerilen ve karşılaştırma süzgeçlerinin sonuçları, görsel olarak Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3 yardımıyla değerlendirilmektedir. Önerilen süzgeç uygulandığında görüntü, diğer süzgeçlerin sonuçlarından daha belirgin olarak görülebilmektedir. En çok gürültü giderimi, önerilen süzgeçle sağlanmaktadır. Şekil 3' te %30' u bozuk piksel olan bir görüntü matrisinden elde edilen önerilen süzgeç sonucu, bu yöntem için iyimser olunması gerektiğini düşündürmektedir. Lena görüntüsüne ilişkin diğer gürültü yoğunlukları için yapılan deneyler, benzer olumlu durumu göstermektedir.
%3, %10, %15, %20, %30, ..., %90 yoğunluğunda tuz ve biber gürültülü Lena görüntülerine uygulanan literatürdeki süzgeçler (OS, ÇOS) ve öne sürülen süzgeç için nicel karşılaştırma yapılmaktadır. Bu karşılaştırmaya ilişkin OKH değerleri Çizelge 1' de gösterilmektedir.

Çizelge 1. Tuz ve biber gürültülü Lena görüntülerine uygulanmakta olan süzgeçlere ilişkin OKH değerleri.

GÜRÜLTÜ YOĞUNLUĞU	OKH		
	OS	ÇOS	ÖNERİLEN
%3 (düşük)	73.84	90.23	5.29
%10	92.29	737.89	21.66
%15 (orta)	125.54	1358.19	33.59
%20	169.51	2221.03	59.09
%30 (yüksek)	397.41	4012.33	93.83
%40	951.21	6279.67	133.19
%50	2061.78	8346.65	201.29
%60	3996.92	10561.95	368.67
%70	6653.86	12651.38	934.46
%80	9755.02	14543.89	2595.31
%90	14087.75	16630.55	6877.93

Çizelge 1, belirli oranlarda tuz ve biber gürültüsü eklenmiş Lena görüntülerine uygulanan süzgeçlerin performansıyla ilgili bilgi vermektedir. Önerilen süzgece ilişkin hata değerlerinin diğer iki süzgecinkinden küçük olması, Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3' ten elde edilen sonucu desteklemektedir. Bu tablo, temelinde OS olan bu yaklaşımın başarılı olabileceğini göstermektedir. Çünkü OS, tuz ve biber gürültüsünün giderilmesinde ana unsur niteliğindedir. OS' in eksiklikleri göz önünde tutularak kurulan algoritmaları içeren süzgeç yaklaşımları, araştırmacıların bu konuda ilerlemesini sağlamaktadır.

2. SONUÇLAR

ÇOS, görüntüdeki her piksele uygulanmaktadır. Önerilen süzgeç ise gürültü seziciyle belirlenen gürültü piksellerine uygulanmaktadır. Böylece; sağlam pikseller, süzgeçlenmeden çıkışa aktarılarak gerçek değerlerinin korunması sağlanmaktadır. Bu durum, işlem yükü ve hız açısından büyük önem taşımaktadır.
Aynı zamanda, önerilen süzgeçte gürültülü merkez pikselin süzgeçlenmiş değeri bulunurken; 3x3 komşulukta yer alan gürültü pikselleri, süzgeç algoritmasına dahil edilmemektedir. Böylece; süzgeçleme sonucunun, uç değerler kullanılarak istenmeyen değerde elde edilmesine engel olunmaktadır. Komşulukta yer alan sağlam piksellerin yardımıyla hesaplanan süzgeç çıkışı, daha az hatalı olarak bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

Beşdok, E., Alçı, M. ve Çivicioğlu, P., 2003. Using fast backpropagation algorithms for impulsive noise reduction from highly distorted images. *IEEE International Midwest Symposium on Circuits and Systems,* Mısır, syf: 940-944.

Brailean, J. C., Kleihorst, R. P., Efstratiadis, S., Katsaggelos, A. K. ve Lagendijk, R. L., 1995. Noise reduction filters for dynamic image sequences: a review. *Proceedings of the IEEE*, 83: 1272-1292.

Cui, Z. ve Gan, Z., 2014. Simple and Effective Image Quality Assessment Based on Edge Enhanced Mean Square Error. *Sixth International Conference on Wireless Communications and Signal Processing*, Taiwan, syf: 1-5.

Çivicioğlu, P. ve Alçı, M., 2004. Impulsive noise suppression from highly distorted images with triangular interpolants. *Science Direct, International Journal of Electronics Communications*, 58: 311-318.

Çivicioğlu, P. ve Alçı, M., 2009. Removal of random-valued impulsive noise from corrupted image. *IEEE Transactions on Consumer Electronics,* 5: 2097-2104.

Forero, M. G. ve Delgado, L. J., 2003. Fuzzy filters for noise removal. Nachtegael, M. ve Kerre, E. (Ed.), *Fuzzy Filters for Image Processing*, Physica Verlag, Heidelberg. syf: 3-24.

Gonzalez, R. C. ve Woods, R. E., 2002. *Digital Image Processing*. 2. basım, Prentice Hall, New Jersey. 792 sayfa.

Hamza, A. B., Escamilla, P. L. ve Aroza, J. M., 1999. Removing noise and preserving details with relaxed median filters. *Journal of Mathematical Imaging and Vision*, 11: 161-177.

Hu, Y. ve Ji, H., 2009. Research on image median filtering algorithm and its FPGA implementation. *WRI Global Congress on Intelligent Systems*, China, syf: 226-230.

Kayıkçıoğlu, T. ve Dizdaroğlu, B., 2004. An improved motion-compensated restoration method for damaged color motion picture films. *Signal Processing: Image Communication*, 19: 353-368.

Kundu, A. ve Zhou, J., 1992. Combination median filter. *IEEE Transactions on Image Processing*, 1: 422-429.

Kwan, H. K., 2003. Fuzzy filters for noise reduction in images. Nachtegael, M., Weken, D., Ville, D. ve Kerre, E. (Ed.), *Fuzzy Filters for Image Processing*, Physica Verlag, Heidelberg. syf: 25-53.

Kuang, P. ve Sun, L., 2010. An improved two-dimensional multi-level median filtering algorithm, *The 2010 International Conference on Apperceiving Computing and Intelligence Analysis*, Çin, syf: 359-363.

Nieminen, A., Heinonen, P. ve Neuvo, Y., 1987. A new class of detail-preserving filters for image processing. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,* 9:74-90.

Wichman, R. ve Neuvo, Y., 1991. Multilevel median filters for image processing. *IEEE International Symposium on Circuits and Systems*, Singapore, syf: 412-417.

Yang, X. ve Toh, P.S., 1995. Adaptive fuzzy multilevel median filter. *IEEE Transactions on Image Processing*, 4: 680-682.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6079

GSM VE GPS TABANLI ARAÇ TAKİP VE YÖNLENDİRME SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Özkan KAYA[1], Okan FISTIKOĞLU[2]

[1]Müh., Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, 35390, İzmir, ozkank@arfpi.net
[2]Doç. Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, 35390, İzmir, okan.fistikoglu@deu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada modüler bir araç takip sistemi geliştirilmiş ve sistem Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile entegre edilmiştir. Araç takip sistemine eklenen bir kamera ile araç içinin GSM şebekesi üzerinden izlenmesi ve CBS tabanlı hazırlanan vektörel haritalar ile aracın uzaktan yönlendirilmesi mümkün kılınmıştır. İnternet tarayıcıları üzerinden kullanılabilen sistem, tarayıcı üzerinde çalışmayan harita sunucuları ile entegre edilmiş ve sistemin CBS yazılımları üzerinde çalışması sağlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: araç içi kamera, araç takip sistemi, CBS, GSM

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF A GSM AND GPS BASED VEHICLE TRACKING-ROUTING SYSTEM

In this study, a modular vehicle tracking system was developed and the system was integrated with Geographic Information Systems (GIS). By a camera added to the vehicle tracking system, it is possible to monitor the vehicle via the GSM network and remotely route the vehicle by means of vector maps prepared with GIS. The system that can be used via internet browsers is integrated with map servers in order to individually on an independent GIS software.

Keywords: indoor vehicle camera, vehicle tracking system, GIS, GSM

1. GİRİŞ

GPRS (General Packet Radio Service) ve GPS (Global Positing System) sistemlerindeki hızlı gelişmeler, bu sistemler ile gerçekleştirilen uygulamaların hızla artmasını sağlamıştır. Sistemlerin modüler yetenekler içermesi yeni çalışma alanlarının doğmasına ve başka disiplinlerin bir arada çalışmasına olanak vermiştir.

Araç takip sistemlerinin (ATS) genel kullanımları araç konum bilgilerinin kaydedilmesi ve harita üzerinde takip edilmesidir (Verma ve Bhatia, 2013). Bazı çalışmalarda araç kitleri daha da geliştirilerek aracın hızı, türü ve rotasyonları dikkate alınarak yakıt tüketimi ve çalışması da kontrol altına alınmaya çalışılmıştır (Jovicic vd., 2011). Günümüzde gerçekleştirilen pek çok çalışmada ATS filo yönetim sistemlerinde tercih edilir olmuşlardır (Thong vd., 2007). Birçok alanda geliştirilen ATS, araç ve insan güvenliği çalışmalarında da kullanılmaktadır (Maurya vd., 2012).

Bu çalışma ile hareket hâlinde veya durağan olan aracın içerisinden fotoğraf çekebilmek ve koordinat bilgileri ile beraber veri tabanında saklamak, internet sayfası üzerinden çizilen poligonlar ile aracın yönlendirilmesini sağlamak, yüksek güvenlik gerektiren haritalar üzerinde anlık araç takibinin yapılabilmesi için bir harita sunucusunun ATS sistemiyle ilişkilendirilmesi, yayımlanması ve koordinat hesaplamalarının gerçekleştirilerek araca ait gerçek hız bilgilerinin GPS hızlarıyla karşılaştırılması, amaçlanmıştır.

2. YÖNTEM

Çalışma 2011 model Toyota Corolla marka araç üzerinde gerçekleştirilmiştir. İlk olarak aracın bagajında taşınabilir açık devre ile testlere başlanmış ve testlerin başarılı olmasıyla devre kartları hazırlanarak araca monte edilmiştir. Test alanı için Türkiye'nin çeşitli il, ilçe ve sokaklarında dolanarak denemeler yapılmıştır. Testler yaklaşık iki (2) yıl kadar sürmüştür. Test sırasında verilerin nasıl toplandığını elektronik devreden görebilmek için ek bir (Şekil 1) elektronik devre kartı tasarlanmıştır. CBS olarak verileri doğrulmak ve harita sunucusunu test edebilmek için ArcMap yazılımı kullanılmıştır.



Şekil 1. ATS için kullanılan açık devre örneği ve test devresi.

2.1 Kullanılan Elektronik Cihazlar, Yazılımlar ve Veriler

ATS'den elde edilen veriler Telit firmasının ürettiği HE910T-3G ("HE910T-3G", 2018) araç modülü ve VC706 seri iletişim özelliğine sahip kameranın ("LinkSprite Technologies", 2010) ürettiği verilerdir ve HTTP ve TCP olarak MySQL veri tabanında toplanmaktadır (Şekil 2). Bu veriler aracın konum bilgileri ve kameradan elde edilen heksadesimal görüntü bilgileridir. Kamera ve araç kitinin birbiriyle haberleşmesi için ATMEGA328P mikro denetleyicisi tercih edilmiştir.

Elektronik elemanların programlanmasında;

1. Araç kiti için Python 2.7 ("Telit Easy script", 2017)
2. ATMEGA328P denetleyicinin programlanmasında C++ dili kullanılmıştır.

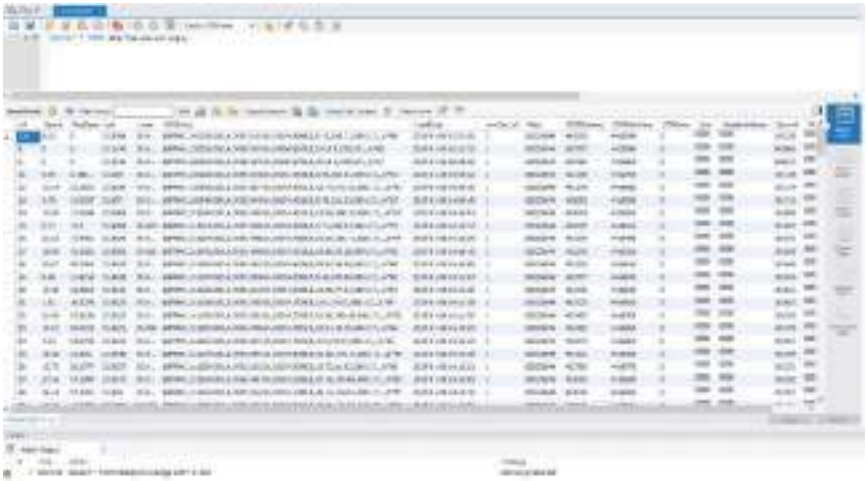
İnternet sayfasının tasarlanmasında ve programlanmasında

1. Visual Studio 2015 arayüzü
2. Asp.NET MVC 5 ve C# dili
3. Google Maps ve JavaScript
4. MySQL veri tabanı tercih edilmiştir.

Harita sunucu için MapServer tercih edilmiştir (**Şekil 3**).







Şekil 2. ATYS (Araç Takip ve Yönlendirme Sistemi) kullanılan GSM/GPS modülünün resmi (üstte solda), sisteme entegre edilen VC0706 kamera üstte sağda, ortadaki resim ATS kiti ve alttaki resim MySQL veri tabanında tutulan GPS bilgileri.



Şekil 3. ATYS kullanılan harita sunucusu.

3. DEĞERLENDİRME

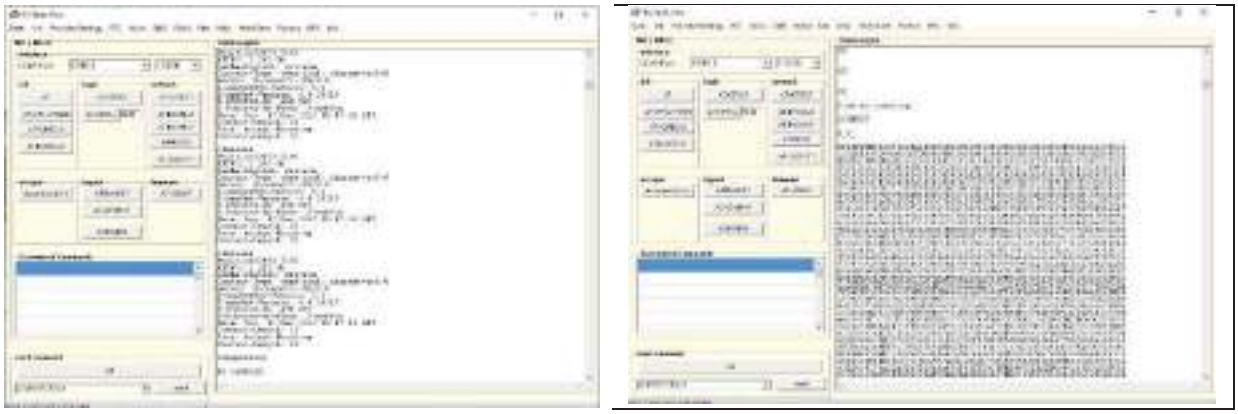
Araç takip ve yönlendirme sisteminin (ATS) üç aşamada değerlendirmek gerekir. Bunlardan ilki araç konumlarının doğruluğudur. İkinci olarak araç içi çekilen görüntüler, harita sunucusunun verimliliği ve güvenirliğidir. Üçüncüsü ise internet sayfasının ATS için verimli ve kullanılabilir olmasıdır.

3.1 Araç Konumunun Değerlendirilmesi

ATS kiti araç koordinatlarını hareket durumunda 5 sn ile 7 sn aralıklarında, durma sırasında 20 sn aralıklar ile veri tabanına http üzerinden RMC-NMEA formatı olarak kaydetmektedir. Elde edilen koordinatlar düzlemsel koordinatlara çevrilerek hız hesaplamalarında kullanılmaktadır. İki nokta arasındaki koordinat hataları hız hesaplamaları ile kolaylıkla bulunabilir. Örnek vermek gerekirse kapalı otoparklarda GPS verilerinde hatalar artmaktadır. Bu durumda sistem son nokta kontrolü ile Google Geocoding API ("Google Maps Platform", 2018) zekâ kontrolünden geçirilerek, gerekirse GPS kapatılır ve ATS kiti başlangıç ayarlarına döndürülür. GPRS sinyalinin zayıf olduğu durumlarda GPS bilgileri ATS kitinin hafızasına yazılarak bilgi kaybı en aza indirilir. Araç hızının saatte 3 km'nin altına düşmesi durumunda GPS bilgi kirliliğini azaltmak için veri tabanına eklenmesi 30 sn aralıklar ile olur.

3.2 Araç İçinin Fotoğraflanması ve Harita Sunucusu

Araç içinin fotoğraflanması VC706 RS232 modülü yardımıyla TCP üzerinden ATS ile FTP olarak internet sunucusuna aktarılır (Şekil 4). Aktarım sırasında ATS kiti yeni bir kanal açarak GPS bilgilerinin kaybolmasını engeller. Fotoğraf gönderme işlemi tamamlandıktan sonra GPS bilgileri veri tabanına gönderme işlemine ATS kiti devam eder.



Şekil 4. ATS kiti tarafından resim komutunun alınması ve FTP olarak sunucuya gönderilmesi test ortamında gösterilmiştir.

Günümüzde harita sunucuları ile çevrimiçi paylaşılmasında sakınca olan haritaları, araç konum bilgileri ile birlikte görüntülemek için kullanılabilmektedir. ArcMap, MapInfo, QGIS vb. yazılımlar yardımıyla WMS olarak MapServer ile yayına verilen araç konum bilgileri Şekil 5'te görüldüğü gibi görüntülenebilmektedir. Bu yöntemde hızlı ve verimli bir sonuç alınmak istenirse sadece son araç konumu yayımlanabilir.

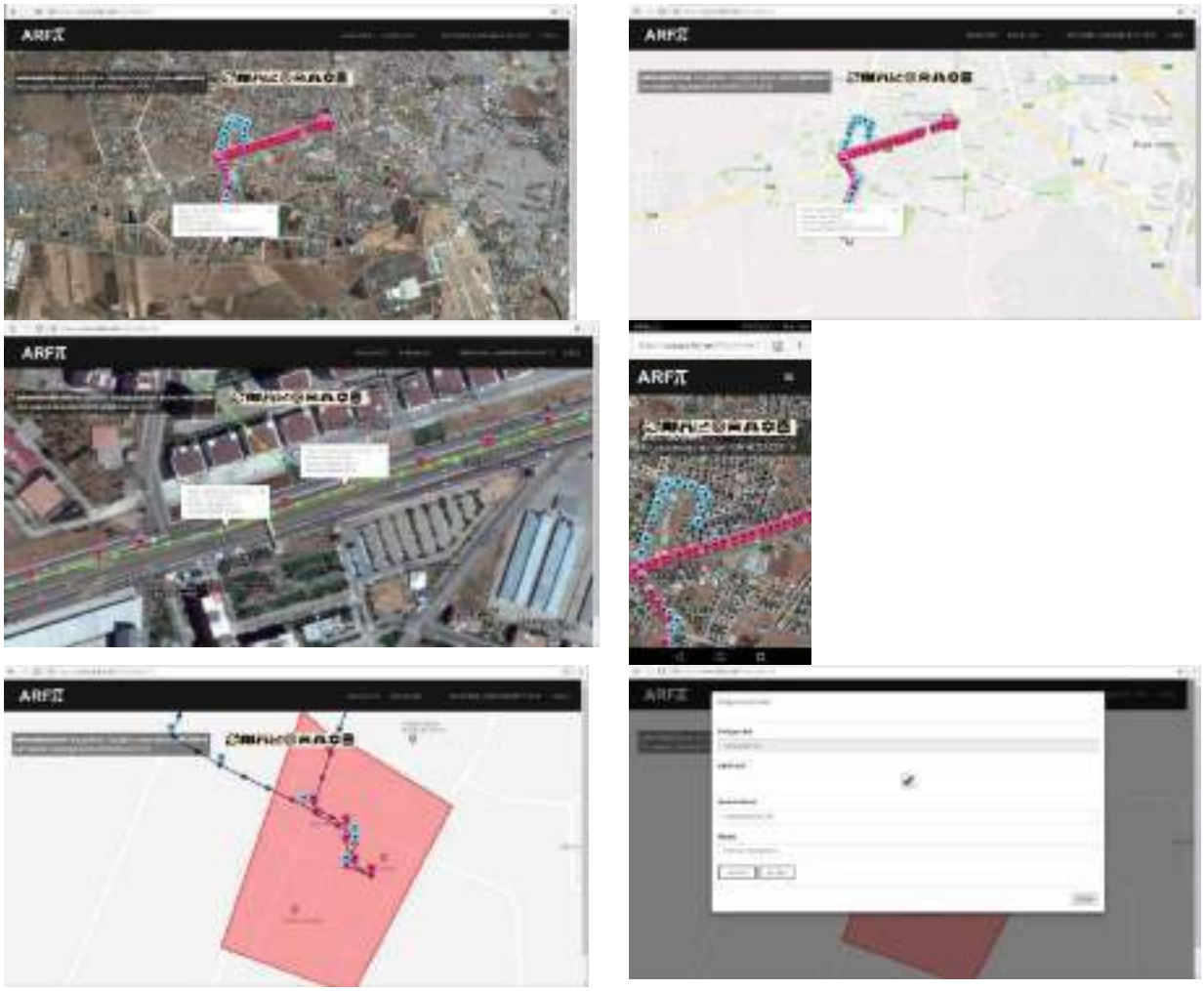




Şekil 5. ArcMap CBS yazılımına WMS olarak eklenen araç konumlarının farklı özel altlıklar üzerinde gösterimi (Konum: Diyarbakır ve çevresi Tarih: 22.07.2018).

3.3 İnternet Sayfasının Değerlendirilmesi

İnternet sayfası Asp.Net MVC 5.0 ile akıllı cihazlarda da uyumlu çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Temel olarak internet sayfasında araçların konumları, rotaları ve hız bilgileri görüntülenmektedir. İnternet sayfası üzerinden çizilen poligonlar ile araçların yönlendirilmesi de yapılabilmektedir (Şekil 6). Her poligon ile e-posta ilişkisi kurulabilmekte ve gerekli mesajlar e-posta olarak iletilmektedir (Şekil 6). Sayfa üzerinden çekilen araç içi resimler internet sayfası üzerinden heksadesimal formattan bitlere çevrilerek görüntülenmektedir (Şekil 7).



Şekil 6. İnternet sayfası üzerinde araç konum bilgilerinin gösterilmesi ve çizilen poligon üzerinden atılacak e-posta formatındaki mesaj ekranda gösterilmektedir.





Şekil 7. Heksadesimal formattaki resim internet sayfası üzerinden fotoğrafa çevrilerek görüntülenmektedir.

4. SONUÇ

Bu posterde, GSM ve GPS tabanlı araç takip ve yönlendirme sisteminin geliştirilmesi ile ilgili detaylar sunulmaktadır. Bu amaçla, bir araç takip sistemine kamera entegre edilerek araç içi fotoğraf çekilmesi sağlanmıştır. CBS'de kullanılmak üzere araç konum bilgilerinin bir harita sunucusu üzerinden WMS olarak yayımlanması başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. İnternet sayfası üzerinden çizilen poligonlar yardımıyla aracın e-postalar ile yönlendirilmesi ve kontrol altında tutulması mümkün hâle getirilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim dalı Yüksek Lisans tez çalışmaları kapsamında gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın gerçekleşmesinde iki yıl boyunca değerli bilgilerini bizlerle paylaşan, kullandığı her kelimenin hayatıma kattığı önemini asla unutmayacağım saygıdeğer danışman hocam; Doç. Dr. Okan FISTIKOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

Google Maps Platform, 2018. Geocoding API rehberi. https://developers.google.com/maps/documentation/geocoding/start, [Erişim tarihi: 22.07.2018].

HE910T-3G, 2018. HE910T-3G HSPA + Terminal. http://www.lte.com.tr/uploads/pdf/389.pdf, [Erişim tarihi: 22.07.2018].

Jovicic N., Boskovic G., Vujic G., Jovicic G., Despotovic, M., Milovanovic D. & Gordic D., 2011. Route Optimization To Increase Energy Efficiency And Reduce Fuel Consumption Of Communal Vehicles. *Thermal Science*, 2014, 67-78.

LinkSprite Technologies, 2010. LinkSprite JPEG color camera serial UART interface. https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Imaging/1274419957.pdf, [Erişim tarihi: 22.07.2018].

Maurya K., Singh M., Jain N., 2012. Real Time Vehicle Tracking System using GSM and GPS Technology-An Anti-theft Tracking System. *International Journal of Electronics and Computer Science Engineering,* 1 (3), 1103-1107.

Telit, 2017. Easy script in Python 2.7 application note. https://www.telit.com/wp-content/uploads/2017/09/Telit_Easy_Script_Python_2.7_r6.pdf, [Erişim tarihi: 12.12.2017].

Thong T. Stephen, Han T. Chua, Rahman A. Tharek, 2007. Intelligent Fleet Management System with Concurrent GPS & GSM Real-Time Positioning Technology, *2007 7th International Conference on ITS Telecommunications (IEEE)*, 6-8 JUNE 2007, Sophia Antipolis, France

Verma, P. & Bhatia J. S., 2013. Design and development of GPS-GSM based tracking system with Google map based. *International Journal of Computer Science, Engineering and Applications (IJCSEA)*, 3 (3), 33-40.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6113

FARKLI ÇÖZÜNÜRLÜKLERDEKİ UYDU GÖRÜNTÜLERİ VE BÜYÜK ÖLÇEKLİ HARİTALARDAN YARARLANARAK EKİLİ ALANLARIN İZDÜŞÜM VE YÜZEY ALANLARI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ

Kadriye Cansu BERBER[1], Füsun BALIK ŞANLI[2], Melih BAŞARANER[2]

[1]Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Uzaktan Algılama ve CBS Programı, 34220, Esenler, İstanbul, cansu_cebecioglu@hotmail.com

[2] Doç. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, Esenler, İstanbul {fbalik, mbasaran}@yildiz.edu.tr

ÖZET

Planimetrik (izdüşüm) alan hesaplarında yüzeydeki eğim değişimleri dikkate alınmamaktadır. Bu durum planimetrik alan ve yüzey alanı hesapları arasında belirgin farkların oluşmasına neden olmaktadır. Günümüzde ekili arazi alan değerleri, genellikle planimetrik alan değerleri şeklinde elde edilmektedir. Öte yandan, bu tür araziler için yüzey alanının bilinmesi daha doğru rekolte tahmini için önemlidir. Bu nedenle, bu çalışmada planimetrik ve yüzey alanlarının karşılaştırılması ve düzenli eğim aralıkları için planimetrik alandan yüzey alanına geçiş için kullanılabilecek katsayıların bulunmasını amaçlanmaktadır. Uygulamada rastgele kare ve dikdörtgen şekilli çokgenler sayısallaştırılmış ve bu çokgenlerin yazılım aracılığıyla planimetrik ve yüzey alanı değerleri ve ortalama eğim değerleri elde edilmiştir. Bu değerler aracılığıyla her bir eğim aralığı için sabit bir katsayı değeri üretilmiştir. Elde edilen sabit katsayı değerleri sayısallaştırılan çokgenlerin planimetrik alan değerleri ile çarpılarak yüzey alan değerleri elde edilmiştir. Dolayısıyla, arazilerin ortalama eğim ve planimetrik alan bilgisi mevcut ise bu katsayı değerleri kullanılarak yüzey alanlarına oldukça yakın değerlerin daha pratik bir biçimde elde edilebileceği gösterilmiştir.

Anahtar Sözcükler: *eğim, ekili alanlar, planimetrik alan, sayısal arazi modeli (SAM), yüzey alanı*

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN PROJECTED AND SURFACE AREAS OF CULTIVATED AREAS TROUGH MULTI-RESOLUTION SATELLITE-IMAGERIES AND LARGE-SCALE MAPS

This study aims to reveal the the difference between the projected and actual surface areas of cultivated land areas. This causes very large differences between the planimetric area calculations and the three dimensional surface area calculations. Today, cultivated land area values are generally obtained as planimetric area values. On the other hand, knowing the surface area for such land is important for more accurate yield estimation. Therefore, in this study, it is aimed to compare the planimetric and surface areas and to find the coefficients that can be used for the transition from the planimetric area to the surface area for regular slope intervals In practice, randomly selected square and rectangular polygons are mostly digitized and planimetric and surface area values and average slope values are obtained through software of these polygons.Using these results, a constant coefficient value was generated for each slope value. Therefore, if the average slope and planimetric field data are available, it is shown that these coefficient values can be used to obtain values that are very close to the surface areas in a more practical way.

Keywords: *slope, cultivated land, planimetric area, digital terrain model (DTM), surface area*

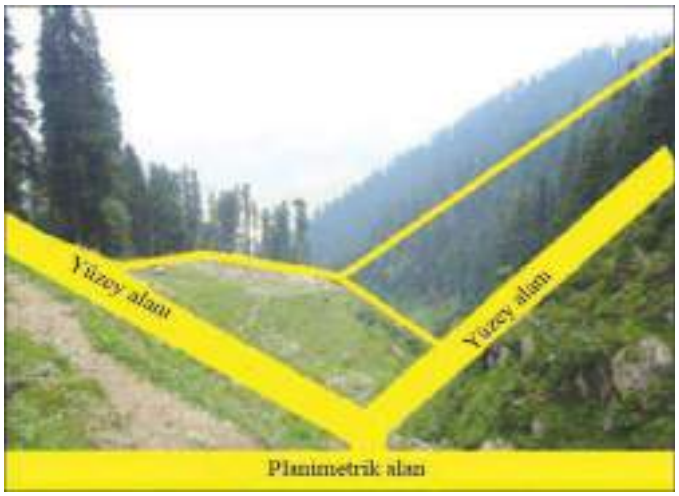
1. GİRİŞ

Ülkelerin ekonomik gelişimlerinde ve bu gelişimi yönlendirecek sağlıklı politikaların izlenmesinde tarımsal verilerin kayıt altına alınması önemli bir süreçtir. Hızla artan ülke nüfusu göz önünde bulundurulduğunda tarımsal üretim ve tüketim tahminlerinin zamanında ve sistemli bir şekilde yapılmasının gerekliliği ortadadır. Engebeli ve eğimli arazilerde yüzey alanı değerleri, planimetrik alan değerlerinden belirgin sapmalar göstermektedir. Ekili alanlara yönelik rekolte tahmini hesapları yaygın olarak planimetrik alan üzerinden yapılmaktadır. Bununla birlikte, tarımsal faaliyetler farklı eğime sahip araziler üzerinde gerçekleştirilmektedir. Bu da gerçekte ekili alanın planimetrik alana değil yüzey alanına karşılık geldiği anlamına gelmektedir. Yüzey alan değerinin hesabı, arazi eğiminin dikkate alınmasını gerektirmektedir. Pratikte, bir arazinin yükseklik ve dolayısıyla eğim bilgisini elde etmek için sayısal arazi modeli (SAM) verilerine gereksinim vardır. Bu da ek veri ve işlem anlamına geldiği için tarımsal uygulamalarda yaygın olarak yükseklik bilgisi içermeyen haritalar ve coğrafi verilere dayalı olarak hesaplanan planimetrik alan değerleri kullanılmaktadır. Bunun sonucunda, rekolte tahmin doğruluğu etkilenmektedir.

Yüzey alanı değerlerinin elde edilmesine yönelik çeşitli çalışmalar mevcuttur. Hobson (1972) gerçek yüzey alan değerlerinin tahmin edilmesi kavramını ve bu alanların hesaplanması konusundaki ilk çalışmaları ortaya koymaktadır. Beasom (1983), arazi yüzey engebesinin belirlenmesinde, yükseklik eğrili haritalar üzerinden yükseklik eğrilerinin ve dayanak noktalarının kesişimlerine dayanan bir yöntem önermektedir. Jenness (2004) gerçek yüzey alan değerlerinin, başta arazi analizleri ve yaban hayatı yaşam alanı çalışmalarında kullanılmak üzere doğru hesaplanmasını gerektiren birçok neden olduğunu ortaya koyan bir çalışma sunmaktadır. Yaban hayatı yaşam alanlarının tespit edilmesinde, arazi engebe özelliğinin dikkate alınarak gerçek yüzey alan değerlerinin hesaplanması ile söz konusu alanların arazi topoğrafyası düşünülmeden planimetrik alan hesabı ile belirlenmesi arasında önemli bir fark olduğunu ifade etmektedir. Bu amaçla çalışmasında, gerçek yüzey alan değer hesabına ulaşmada kullanılabilecek, doğrudan SAM üzerinden grid yüzey alan değerlerini hesaplayan basit bir yöntem önermektedir. Bu yöntem ile hesaplanan yüzey alan değerlerinin, Düzensiz Üçgen Ağı (TIN-Triangulated Irregular Network) kullanılarak üretilen gerçek yüzey alan değer hesaplarına göre daha az doğru olma eğilimi gösterdiğini ortaya koymaktadır. Topografik arazi engebesinin dikkate alındığı gerçek yüzey alan hesaplarında TIN ve grid kullanılarak elde edilen değerlere ilişkin karşılaştırmalı bir çalışma sunmaktadır. Fernandes vd. (2013) arazi yüzeylerinin gerçek ve planimetrik yüzey alan değerleri arasındaki farkın çalışma alanı olarak seçilen Tijuca masifinin dik eğimli gecekondu alanlarında artış gösterdiğini ele alan bir uygulama sunmaktadır. Gecekondu bölgelerinde gerçek ve planimetrik yüzey alan değerlerini hesaplamıştır. Planimetrik yüzey alan değerlerini toplamda yaklaşık 7.52 km² olarak hesaplarken bu alanların gerçek yüzey alan değerlerini 8.31 km² olarak hesaplamıştır. Dolayısıyla 0.79 km² lik ya da % 9.55'lik bir fark tespit etmiştir. Araziyi üç boyutlu (3B) değerlendirmenin ve özellikle engebeli alanlar için arazi morfolojisinin hesaba katılmasının önemi üzerinde durmuştur. Planimetrik yüzey alan değer hesapları ile gecekondu alanlarının olması gerektiğinden daha az, nüfus ve hane halkı yoğunluğunun ise daha fazla tahmin edildiğini ortaya koyan bir çalışma sunmaktadır. Rashid (2010) Hindistan'ın Cammu ve Keşmir Eyaleti'nin gerçek yüzey alan değerini ortaya koyan bir çalışma sunmaktadır. Engebeli arazilerin arazi yüzey alan değerlerinin hesaplanmasında, temel gereksinimlerden biri olan eğim haritaları, Hindistan Hükûmeti Savunma Bakanlığının harita sınırlama politikaları nedeniyle bazı eyaletler için yasaklanmıştır. Bu nedenle, çalışma alanının eğim haritalarının üretilmesi amacıyla Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) aracığıyla Interferometric Synthetic Aperture Radar (IFSAR) uydu verilerinden yararlanmıştır. 3B yüzey alan değerlerinin hesaplanmasında 90 m çözünürlüğe sahip bu verilerin yeterli olmadığı fakat eyalet tarafından kullanılmakta olan iki boyutlu (2B) planimetrik alan değerlerine göre daha gerçekçi ve daha doğru sonuçların elde edildiği bir uygulama sunmaktadır.

Yüksek çözünürlüklü uydu verilerinin kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Uydu verilerinin en önemli kullanım alanlarından biri de tarımdır. Tarım ürünleri ekiminin zaman, yer ve miktarının önceden belirlenebilmesi, ürün gelişimlerinin takibi vb. konular uydu görüntüleri aracılığıyla gerçekleştirilebilmektedir (Yalnız ve Aksoy, 2009).

Bir yerin planimetrik alanı ile yüzey alanı arasındaki fark arazi engebesi hakkında bilgi verir. Gerçekte ürünün ekili olduğu alan planimetrik alan değil eğim faktörünün de dikkate alındığı yüzey alanıdır. Yüzey alan değerlerinin hesaplanmasında eğim faktörü ve yükseklik bilgisinin de hesaba katılması ile doğru bir (ürün deseni ve kapladığı alan hesabı) yüzey alan bilgisi elde edilmiş olacaktır. Şekil 1.1'de planimetrik alan ile yüzey alanları arasındaki fark görülmektedir (Rashid, 2010).



Şekil 1.1 Planimetrik alan ve yüzey alanı (Rashid, 2010).

Uydu görüntülerinden konuma bağlı bilgi üretiminde arazinin dağlık ve engebeli bir yapıya sahip olması dikkate alınması gereken bir hususdur. Uydu görüntülerinden engebeli alanlara göre düz alanlarda konum doğruluğu

açısından daha uygun sonuçlar elde edilmektedir. Ayrıca, arazinin engebeli yapısı; ortogörüntü, harita üretimi ve SAM verisi elde etme gibi işlemlerde sorunlara neden olmaktadır (Topan vd., 2014).

Bu çalışma, ekili alanlar açısından yukarıda söz edilen problemin giderilmesine yönelik pratik bir yöntem geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda, arazinin ortalama eğim değerinin bilinmesi durumunda planimetrik alan değerinden yüzey alan değerinin elde edilmesine yönelik düzenli eğim aralıkları için katsayılar üretilmesi hedeflenmektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Yer yüzeyi düzenli bir yapıya sahip olmadığı için yükseklik noktadan noktaya değişiklik göstermektedir. Yüksekliğin her noktada ölçülmesi ise imkânsız bir durumdur. Dolayısıyla ölçüm yapılan noktaların dışında kalan yüzey değerleri modelleme yani ara değer enterpolasyonu ile belirlenir (Yanalak, 2001).

Yüzeyler, grid veya TIN olarak modellenebilmektedir. Her modelin kendine göre ayrı bir avantaj ve dezavantajı vardır. Gridler, yüzeylerin daha basit modelleridir. Grid hücrenin temsil ettiği alanın büyüklüğü, grid hücresi çözünürlüğü olarak tanımlanmaktadır SAM verilerine grid formatta rahatlıkla erişilebilmektedir. TIN'ler, yüzey ve özelliklerinin daha doğru bir şekilde gösterimini sağlamakla birlikte, çoğunlukla veri toplama işlemi çaba gerektirmektedir (Zeiler, 1999, Huisman ve de By, 2009).

TIN temelli SAM bilgisi mevcut ise, öncelikle üçgenlerin her birinin yüzey alanı değeri hesaplanır. Köşe koordinat değerleri (x, y, z) bilinen bir üçgenin yüzey alanı ($S_{\square}$), Eşitlik (1) ile hesaplanmaktadır (Li vd., 2004).

$$S_{\Delta} = \sqrt{\mathrm{P}(\mathrm{P} - D_1)(\mathrm{P} - D_2)(\mathrm{P} - D_3)} \tag{1}$$

Bu eşitlikte D bir üçgenin kenar uzunluklarını ifade etmektedir. D sırasıyla (2), (3) ve (4) Eşitlikleri ve P değeri ise Eşitlik (5) ile hesaplanmaktadır.

$$D_1 = \sqrt{(x_3 - x_2)^2 + (y_3 - y_2)^2 + (z_3 - z_2)^2} \tag{2}$$

$$D_2 = \sqrt{(x_3 - x_1)^2 + (y_3 - y_1)^2 + (z_3 - z_1)^2} \tag{3}$$

$$D_3 = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2} \tag{4}$$

$$P = \frac{1}{2}(D_1 + D_2 + D_3) \tag{5}$$

Bölgenin yüzey alan değeri (S), üçgen yüzey alanlarından Eşitlik (6) ile elde edilmektedir. n ise yüzeyi kaplayan üçgen sayısını ifade etmektedir.

$$S = \sum_{i=1}^{n} S_{\Delta,i} \tag{6}$$

Hem vektör hem de grid hâlindeki CBS sistemleri genel olarak haritadaki detayların planimetrik alan değerlerini vermektedir. Grid tabanlı alan hesaplarında, tek bir grid hücresinin planimetrik alan değeri ile grid hücre adedi çarpılarak toplam alan değeri hesaplanmaktadır. Bununla birlikte, ilgili SAM mevcutsa, her bir grid hücresinin eğimi hesaplanmakta ve bu bilgiler planimetrik alan değerlerinden yüzey alan değerlerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Eşitlik (7) ile her bir grid hücresinin ve Eşitlik (8) ile yüzey alan değerleri hesaplanabilmektedir (Rashid, 2010).

$$S_g = \frac{A_g}{Cos\ \alpha} \tag{7}$$

$$S = \sum_{i=1}^{n} S_{\mathrm{g}} \tag{8}$$

Burada S_g bir grid hücresinin yüzey alanını, A_g bir grid hücresinin planimetrik alanını, α grid hücresinin eğim açısını, n bölge içindeki grid hücresi sayısının ve S bölgenin yüzey alanını ifade etmektedir.

Çalışmada sırasıyla şu adımlar izlenmektedir: (1) Çalışmada SAM verisi üzerinden çoğunlukla rastgele şekilli kare ve dikdörtgen şekilli çokgenler sayısallaştırılmaktadır. (2) Sayısallaştırılmış çokgenlerin yazılım aracılığıyla planimetrik ve yüzey alan değerleri ile ortalama eğim değerleri hesaplanmaktadır. (3) Çalışma konusu ekili arazi

alanları göz önünde bulundurularak ortalama eğim değeri % 1'den % 25'e kadar olan çokgenler ile çalışılmaktadır. (4) Eğim değerlerine karşılık gelen eğim aralıklarının her biri (% 1'lik artışın yüzey alan değerlerine etkisinin rahatlıkla tespit edilebilmesi göz önünde bulundurularak) % 1 oranında artış göstermektedir. Her bir eğim değerinin yarım birim aşağısı alt sınır, alt sınır değerinin 0.99 fazlası ise üst sınır kabul edilmektedir. (5) Her bir SAM verisi için ayrı ayrı sayısallaştırılan çokgenlerin % 1'den % 25'e kadar olan ortalama eğim değerlerinin her birisi için yüzey alanı (S)/planimetrik (A) değerleri elde edilmekte ve bu değerlerin toplanıp ortalaması alınarak eğime bağlı bir katsayı (k) değeri Eşitlik (9) ile üretilmektedir. (6) Eşitlik (10) ile eğim katsayısına bağlı olarak yüzey alan değerleri (Ŝ) elde edilmektedir.

$$k = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{S}{A}}{n} \tag{9}$$

$$\hat{S} = k \times A \tag{10}$$

2.1 Veriler

Çalışmada, İstanbul için 1:1 000 ölçekli topografik haritalardan elde edilmiş 5 m çözünürlüklü SAM, Barcelona için üretilen 10 m çözünürlüklü TSX DEM ile çalışılmıştır.

2.2 Yazılımlar

Çalışmada, Global Mapper ve Autocad Civil 3D 2015 programları ile çalışılmıştır. Autocad Civil 3D 2015 programı aracılığıyla SAM verileri üzerinden rastgele seçili çokgenler sayısallaştırılmış ve bu çokgenlerin TIN yardımıyla planimetrik alan ve yüzey alan değerleri ile ortalama eğim değerleri elde edilmiştir.

3. UYGULAMA

Çalışmada Global Mapper yazılımı aracılığıyla yaklaşık 10 km^2 büyüklüğünde alanlar elde edilmiştir. Bu alanlar üzerinden AutoCAD Civil 3D aracılığıyla rastgele seçili dikdörtgen ve kare biçimli çokgenler sayısallaştırılmıştır. Ancak normal koşullarda kare ve dikdörtgen şekilli çokgenler dışında söz konusu tarla şekilleri dörtgen, beşgen vb. ya da belirsiz şekilli olarak karşımıza çıkabilmektedir. AutoCAD Civil 3D aracılığıyla SAM verisi üzerinden rastgele sayısallaştırılan çokgenler ne şekilde seçilirse seçilsin planimetrik alan ve yüzey alan değerleri, değer kaybı yaşanmadan doğru bir şekilde hesaplanabilmektedir. Çalışmada çoğunlukla kare ve dikdörtgen şekilli çokgenlerin seçilme amacı sayısallaştırılan alanlarda 1000 m^2 ve katları ile çalışılarak çalışma kolaylığını sağlayabilmektir.

Çalışmada Barcelona TSX DEM verisi üzerinden % 1'den % 25'e kadar olan ortalama eğim değerleri için 1222 adet ve İstanbul 5 m çözünürlüklü SAM verisi üzerinden % 1'den % 25'e kadar olan eğim değerleri için 796 adet çeşitli büyüklükte çokgen sayısallaştırılmış ve bu çokgenlerin ortalama eğim değerleri için k değerleri üretilmiştir.

Çalışmada, Barcelona için TSX DEM verisi üzerinden elde edilen yüzey alan değerlerine örnek olarak % 8 eğim değeri için yapılan hesaplar Çizelge 3.1'de gösterilmektedir. % 8 eğim değeri için (eğim aralığı, % 7.5-% 8.49 seçilerek) 31 adet rastgele şekilli kare ve dikdörtgen şekilli çokgen alanı sayısallaştırılarak bu alanların yazılım aracılığıyla planimetrik alan ve yüzey alan değerleri elde edilmiştir. Sonrasında % 8'lik eğim k katsayısı ve buradan S değeri elde edilmiştir.

Çizelge 3.1 % 8 eğim (Eğim aralığı % 7.5-% 8.49) için k katsayısı ve yazılım aracılığıyla elde edilen yüzey alanları.

Çokgen No	A (m^2)	S (m^2) (Autocad Civil 3D)	e (ortalama eğim)	α	k	Ŝ	Ŝ-S
1	2478.08	2493.68	8.37	4.78	1.006295	2489.20	4.48
2	5000	5022.84	7.86	4.49	1.004568	5022.43	0.41
3	5000	5024.13	8.33	4.76	1.004826	5022.43	1.7
4	7500	7536.07	8.05	4.6	1.004809	7533.65	2.42
5	2478.08	2490.99	8.43	4.82	1.00521	2489.2	1.79
6	2473.88	2485.35	7.77	4.44	1.004636	2484.98	0.37

7	5000	5023.97	8.16	4.66	1.004794	5022.43	1.54
8	2489.3	2500.53	8.27	4.73	1.004511	2500.47	0.06
9	9910.08	9951.05	7.93	4.53	1.004134	9954.54	-3.49
10	5000	5021.31	7.81	4.47	1.004262	5022.43	-1.12
11	2489.3	2499.37	7.55	4.32	1.004045	2500.47	-1.1
12	2478.08	2488.43	7.67	4.39	1.004177	2489.20	-0.77
13	5000	5021.45	7.88	4.51	1.00429	5022.43	-0.98
14	5000	5021.45	7.88	4.51	1.00429	5022.43	-0.98
15	2571.24	2583.95	8.14	4.65	1.004943	2582.78	1.17
16	2544.09	2557.01	8.36	4.78	1.005078	2555.5	1.51
17	5000	5023.48	8.42	4.81	1.004696	5022.43	1.048
18	5000	5021.55	8	4.57	1.00431	5022.43	-0.88
19	2585.08	2595.84	8.01	4.58	1.004162	2596.68	-0.84
20	2514.98	2526.82	8.19	4.68	1.004708	2526.26	0.56
21	2489.3	2501.39	8.31	4.75	1.004857	2500.47	0.92
22	2638.69	2649.16	7.72	4.41	1.003968	2650.53	-1.37
23	5000	5021.64	8	4.57	1.004328	5022.43	-0.79
24	5000	5022.18	7.99	4.57	1.004436	5022.43	-0.25
25	2585.1	2595.83	8.19	4.68	1.004151	2596.70	-0.87
26	2527.47	2538.28	8.19	4.68	1.004277	2538.81	-0.53
27	2563.87	2573.45	7.72	4.41	1.003737	2575.37	-1.92
28	2573.61	2583.94	7.72	4.41	1.004014	2585.16	-1.22
29	2588.55	2598.86	7.96	4.55	1.003983	2600.16	-1.3
30	2621.25	2631.7	8.05	4.6	1.003987	2633.01	-1.31
31	2532.46	2544.1	8.34	4.77	1.004596	2543.82	0.28

Ayrıca çalışmada, AutoCAD Civil 3D ile hesaplanan yüzey alan değerlerinin, Eşitlik (8) ile hesaplanan yüzey alan değerleriyle karşılaştırmasını yapabilmek amacıyla, İstanbul'a ilişkin 5 m çözünürlüklü SAM verisi üzerinden 9 adet gridden meydana gelen bir çokgen alanı yazılım aracılığıyla sayısallaştırılmıştır. Sayısallaştırılan alanın her bir gridinin ortalama eğim değeri AutoCAD Civil 3D programı aracılığıyla elde edilmiştir. Bu değerler kullanılarak hesaplanan yüzey alan değeri ile Autocad Civil 3D ile hesaplanan yüzey alan değeri arasında 0.11 m^2 fark bulunmuştur.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma sonucunda planimetrik alan ve ortalama eğim değeri bilinen arazi alanlarının üretilen katsayı değerleri aracılığıyla yüzey alan değerleri elde edilebilecektir**.** Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2'de her bir eğim değeri için üretilen k katsayıları görülmektedir. TSX DEM verisi ve 5 m çözünürlüklü SAM verisinde her bir eğim değerine karşılık gelen k katsayıları, iki verinin çözünürlüğünün ya da yükseklik doğruluğunun farklı olması nedeniyle değişkenlik göstermektedir.

Çizelge 4.1 Barcelona TSX DEM verisine ait (% 1'den % 25'e kadar) ortalama eğim değerleri için üretilen sabit katsayı değerleri.

Eğim Değeri (%)	Eğim Aralığı	k	Sayısallaştırılan çokgen adedi
1	0.5-1.49	1.000088122	93

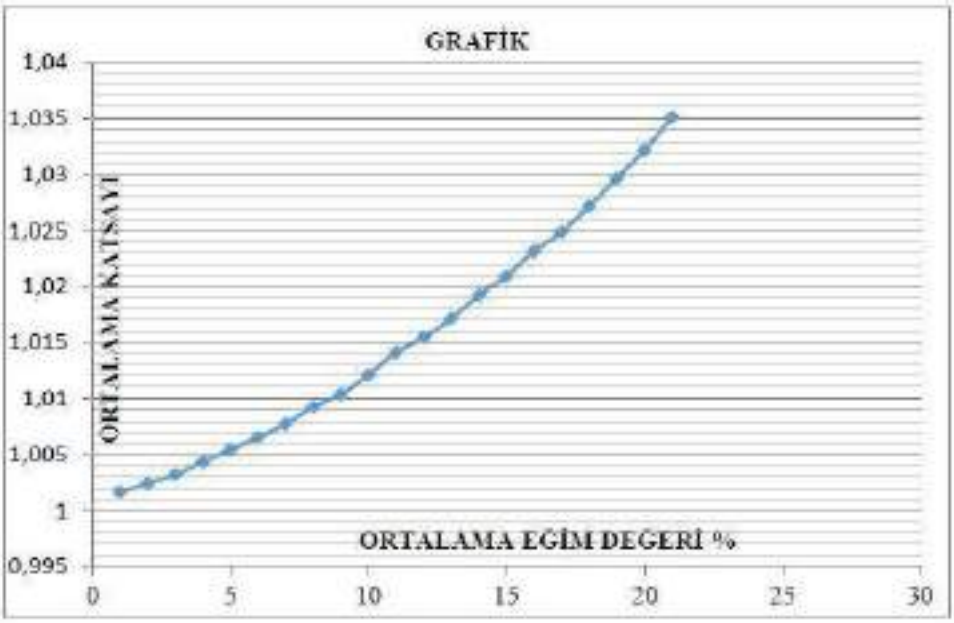
2	1.5-2.49	1.00020526	83
3	2.5-3.49	1.000545324	23
4	3.5-4.49	1.001045294	16
5	4.5-5.49	1.001671149	27
6	5.5-6.49	1.002394943	42
7	6.5-7.49	1.003154994	46
8	7.5-8.49	1.004347743	37
9	8.5-9.49	1.005418449	56
10	9.5-10.49	1.006504599	43
11	10.5-11.49	1.007679178	62
12	11.5-12.49	1.009250042	65
13	12.5-13.49	1.010350058	54
14	13.5-14.49	1.012096562	70
15	14.5-15.49	1.014069311	55
16	15.5-16.49	1.015398434	57
17	16.5-17.49	1.017093882	60
18	17.5-18.49	1.019220058	56
19	18.5-19.49	1.020925979	58
20	19.5-20.49	1.023145113	52
21	20.5-21.49	1.024866345	34
22	21.5-22.49	1.02715365	42
23	22.5-23.49	1.029650405	36
24	23.5-24.49	1.032146034	34
25	24.5-25.49	1.035096855	21
			1222

Çizelge 4.2 İstanbul 5 m çözünürlüklü SAM verisine ait (% 1'den % 25'e kadar) ortalama eğim değerleri için üretilen sabit katsayı değerleri.

Eğim Değeri (%)	Eğim Aralığı	k	Sayısallaştırılan çokgen adedi
1	0,5-1,49	1.000103426	11
2	1,5-2,49	1.000301316	38
3	2,5-3,49	1.000708058	58
4	3,5-4,49	1.001471417	52
5	4,5-5,49	1.002237167	55
6	5,5-6,49	1.002828679	40

7	6,5-7,49	1.003876629	63
8	7,5-8,49	1.004789602	58
9	8,5-9,49	1.00590964	57
10	9,5-10,49	1.007287574	55
11	10,5-11,49	1.008352137	43
12	11,5-12,49	1.009518073	43
13	12,5-13,49	1.01160862	35
14	13,5-14,49	1.014444393	32
15	14,5-15,49	1.015456005	42
16	15,5-16,49	1.015851371	46
17	16,5-17,49	1.017511257	38
18	17,5-18,49	1.021065517	39
19	18,5-19,49	1.022150781	49
20	19,5-20,49	1.024803289	38
21	20,5-21,49	1.026734714	28
22	21,5-22,49	1.029595921	24
23	22,5-23,49	1.029998714	28
24	23,5-24,49	1.033117406	31
25	24,5-25,49	1.035816443	21
			796

Barcelona TSX DEM verisine ait ortalama eğim değerleri için üretilen sabit katsayı değerleri Şekil 4.1'de görülmektedir.



Şekil 4.1 Barcelona TSX DEM verisine ait ortalama eğim değerleri için üretilen sabit katsayı değerleri.

5 m çözünürlüklü SAM verisine ait ortalama eğim değerleri için üretilen sabit katsayı değerleri Şekil 4.2'de görülmektedir.



Şekil 4.2 5m çözünürlüklü SAM verisine dayalı ortalama eğim değerleri için üretilen sabit katsayı değerleri.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, farklı çözünürlüklerdeki uydu görüntüleri ve büyük ölçekli haritalardan yararlanarak ekili alanların planimetrik ve yüzey alanları arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu veriler yardımıyla ekili alanlara karşılık olarak rastgele çokgenler oluşturulmakta ve bu çokgenlerin planimetrik alan değerleri ve ortalama eğim bilgileri elde edilmektedir. Ürün rekolte tahminlerinde planimetrik alan bilgisi arazi gerçekliğinin yansıtılması açısından yetersizdir. Yükseklik bilgisi ve eğim bilgisinin hesaba katılması ile yüzey alan değerleri dolayısıyla ürün rekolte tahminleri gerçekte olması gereken değerlere en yakın şekilde hesaplanabilmektedir.

Çalışmada kare ve dikdörtgen şekilli çokgenler sayısallaştırma ile elde edilmiş ve bu sayısallaştırılan alanların aynı yazılım aracılığıyla ortalama eğim değerleri (% 1'den % 25'e kadar), planimetrik alan ve yüzey alan değerleri elde edilmiştir. % 1'den % 25'e kadar olan % 1'lik değişimlerle her eğim değeri için yüzey alanı ve planimetrik alan oranı hesaplanmış ve ilgili eğim aralığındaki çokgenlere ait oranların ortalaması alınarak sabit katsayı değerleri (k) elde edilmiştir. Mevcut planimetrik alan değerleri k katsayılarıyla çarpılarak yüzey alan değerleri elde edilmiştir. Çalışmada k katsayıları kullanılarak üretilen yüzey alan değerleri ile yazılım kullanılarak üretilen yüzey alan değerleri arasında ortalama % 1-2 civarında fark olduğu görülmüştür. Öte yandan, katsayıların kullanılan verinin kalitesiyle bağlantılı olduğu dikkate alınmalıdır.

Gelecek çalışmalarda, farklı çözünürlüklü uydu görüntüleri üzerinden ekili alan sınırlarının sayısallaştırılması ve yine bu uydu görüntülerine uygun çözünürlükte SAM kullanılarak hem konum hem de yükseklik doğruluğunun planimetrik alan ve yüzey alanı değerlerine ne kadar etki ettiğinin ortaya çıkarılması hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

Beasom, S.L., Wiggers, E.P., Giardino, J.R., 1983. A Technique for Assessing Land Surface Ruggedness. *Journal of Wildlife Management,* 47(4): 1163-1166.

Fernandes, M.C., Santos, T.L.C., Coura, P.H.F.C., Menezes, P.M.L.M., Graça, A.J.S., 2013. Modeled Surface Observations for Analysis of Landscape Dynamics, *Journal of Geographic Information System*, (5): 409-417.

Huisman, O., de By, R. A., 2009. *Principles of Geographic Information Systems: An Introductory Textbook*. (ITC Educational Textbook Series; Vol.1), 4. edition, The International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede.

Hobson, R.D., 1972. *Surface Roughness in Topography: A Quantitative Approach*, Chorley, R.J. (Ed.), *Spatial Analysis in Geomorphology*, Methuen & Co., London, 221-245.

Jenness, J.S., 2004. Calculating Landscape Surface Area From Digital Elevation Models, *Wildlife Society Bulletin*, 32(3): 829-839.

Li, Z., Zhu, Q., Gold, C., 2005. *Digital Terrain Modeling: Principles and Methodology*. CRC Press, Florida.268.

Rashid, H., 2010. 3-D Surface-area Computation of the State of Jammu&Kashmir Using Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) Data in Geographical Information System (GIS). *Journal of Geomatics*, 4(2): 77-82.

Topan, H., Oruç, M., Özendi, M., Cam, A., 2014. Optik Uydu Görüntülerinden Konuma Bağlı Bilgi Üretimi ve Doğruluk Değerlendirmesi**,** *Yer ve Gözlem Uydu Teknolojileri Veri Kıymetlendirme Çalıştayı*, 19-20 Mart.

Yalnız, İ.Z., Aksoy, S., 2009. Uydu Görüntülerinde Düzenli Dikim Alanlarının Belirlenmesi, *Sinyal İşleme ve Uygulamaları Sempozyumu*, Kocaeli.

Yanalak, M., 2001. Yüzey Modellemede Üçgenleme Yöntemleri, *Harita Dergisi*, (126): 58-69.

Zeiler, M., 1999. *Modeling Our World: The ESRI Guide to Geodatabase Design*, Esri Pres, Redlands, California, USA.162.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6125

GÖRÜNTÜ SINIFLANDIRMA ARAYÜZÜ: PYTHON VE K-ORTALAMA YÖNTEMİ

Recai Alper EMEK[1], Emre AKKANAT[1], Fatmagül KILIÇ GÜL[2]

[1]Öğrenci, Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul 34220, recaialperemek@gmail.com, akkanatemre@yandex.com
[2] Prof. Dr, Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul 34220, fkilic@yildiz.edu.tr

ÖZET

Uydu görüntülerinin, hava fotoğraflarının sınıflandırılması, arazi kullanımının belirlenmesinde en önemli aşamalardan biridir. Bu bildiride lisans bitirme çalışması kapsamında geliştirilen bir sınıflandırma programı arayüzü açıklanmıştır. Çalışmada denetimsiz sınıflandırma yöntemlerinden olan k-ortalama algoritması kullanılmıştır. Uygulama programlama arayüzü olarak PyCharm ve Tkinter Kütüphanesi yardımıyla Python programlama dili ile bir arayüz hazırlanmıştır. K-ortalama algoritması için Scipy Kütüphanesinden yararlanılmıştır. Görüntü sınıflandırma arayüzü ile başlangıçta görüntüdeki gürültülerin azaltılması için Gauss filtresi uygulanmaktadır. Sonrasında istenen sınıf sayısı belirtilmektedir. Pikseller, istenen sınıf sayısına ve rastgele küme merkezlerine göre sınıflandırılmakta ve ardından kümelere atanmaktadır. Atanan kümeler belirlenen renk skalasına göre renklendirilmekte ve işleme giren görüntünün çözünürlük değerine göre, görüntü tekrar boyutlandırılarak sınıflandırılmış görüntü oluşturulmaktadır. Programlama becerilerini geliştirme ve görüntü sınıflandırmayı otomatik yapabilme amaçlı bu çalışmada YTÜ'yü kapsayan bir hava fotoğrafı sınıflandırılmıştır. Arayüzle otomatik olarak oluşturulan altı sınıf için referans verilerden yararlanarak hata matrisi oluşturulmuş ve ortalama doğruluk %95 olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada oluşturulan arayüz, Python dili tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımlarına da bir araç kutusu olarak eklenebilecektir.

Anahtar Sözcükler: görüntü sınıflandırma, K-ortalama, Python

ABSTRACT

IMAGE CLASSIFICATION INTERFACE: PHYTON AND K-MEANS METHOD

The classification of satellite images, aerial photographs, is one of the most important process in determining land use. In this paper, an image classification interface which was coded in the Python programming language was explained. The related undergraduate project was prepared for the purpose of improving programming skills and to understand algorithm of image classification. The k-means algorithm, which is one of the unsupervised classification methods, was used in the project. PyCharm and Tkinter library were used for the graphical using interface (GUI) and for all code writing operations. The Scipy library was used for the K-means algorithm. Firstly, selected image is filtered to Gaussian Filter and eliminited image noise. The required number of classes is specified afterwards. The pixels are classified according to the desired number of classes and random cluster centers and then assigned to the clusters. The assigned clusters are colored according to the determined color scale and the image is resampled according to the original resolution of image. An aerial photograph covering the YTU was classified with six classes for a sample . The error matrix was calculated using the reference data and the average accuracy was calculated as 95%. The interface created in this project will also be added as a toolbox to the Python language based geographic information system software.

Keywords: ımage classification, K-means, Python

1. GİRİŞ

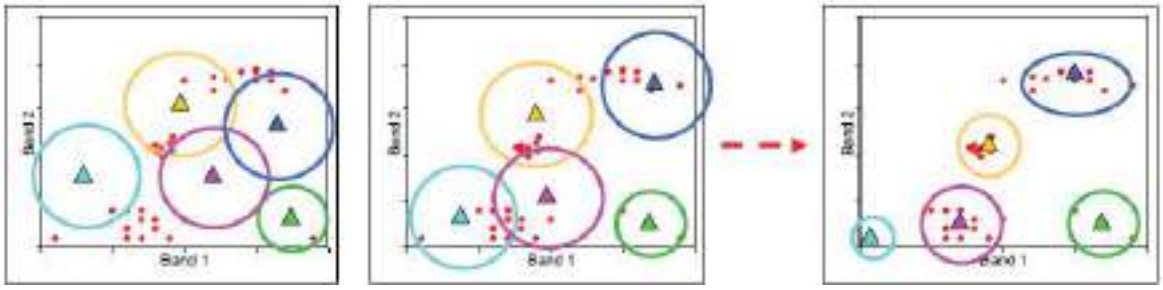
Günümüzde, arazinin kullanımı ve konum bilgisi ile ilgili doğru, gerçek ve güncel bilgilere, uydu görüntüleri veya hava fotoğrafları kullanılarak en kısa zamanda ulaşmak, pek çok projede ana hedeflerden biridir. Dolayısıyla bu verileri hızlı ve daha az emek harcayarak işlemek ve güncel sonuçlar üretmek de bir gereklilik hâline gelmiştir. Orman, tarım alanları, yerleşim vb. arazi kullanımı sınıflarında yer alan objelerin elektromanyetik spektrumun değişik bölgelerinde yansıttıkları veya yaydıkları ışınım farklılık göstermektedir. Bu farklılıklardan yararlanarak görüntülerden bu alanlar sınıflandırılabilmekte, arazi kullanımı belirlenebilmektedir. Sınıflandırma, piksellerin yansıtma değerleri dikkate alınarak gruplandırılmaları işlemidir. Amaç görüntüdeki her bir pikseli spektral özelliklerine göre farklı gruplara ayırmak ve pikseli yansıtma değerine göre yeryüzünde karşılık geldiği kümeye atamaktır (Balık Şanlı 2017).

Görüntü sınıflandırmada piksel ve obje tabanlı yöntemler, çeşitli yazılımlar aracılığı ile denetimli veya denetimsiz olarak uygulanmaktadır. Denetimli sınıflandırmada çalışma alanı hakkındaki bilgiler kullanılmasına karşın,

denetimsiz sınıflandırmada çalışma alanına ait herhangi bir bilgi kullanılmamaktadır. Piksel tabanlı denetimsiz sınıflandırmada, piksellerin değerleri Isodata, k-ortalama vb. yöntemler ile gruplara bölünmektedir.
Arazi kullanımı sınıflarının bir arayüz geliştirilerek belirlenmesini amaçlayan bu çalışmada, piksel tabanlı denetimsiz sınıflandırma yöntemlerinden biri olan k-ortalama yöntemi kullanılmıştır. Python ile kodlanan program ile örnek bir görüntü sınıflandırılmıştır.

2. YÖNTEM

Çalışmada geliştirilen arayüzde arazi kullanımı sınıflarını elde etmek için k-ortalama yöntemi kullanılmıştır. K-ortalama, k adet obje deseninin oluşacağını ve bunların piksel-bant uzayında k adet kümeleme oluşturacağı varsayıldığında, rastgele k adet küme ortalaması noktası atayarak, verileri bunlar etrafında toplama yoluyla başlatılan iteratif sınıflandırma algoritmasıdır. K adet ortalamaya göre birer piksel atandığında bu piksellerin verilerinin de yardımıyla tekrardan ortalaması hesaplanır. Bu adımlar ile tekrar tekrar yeni bir küme ortalaması hesaplanır ve bu yeni ortalamalara göre kümelemeler iteratif olarak tekrar edilir (Şekil 1). Küme ortalamalarının Öklid uzaklıklarının değişimi, önemsiz miktarda az olduğunda da iterasyon durdurulur (Tso ve Mather, 2009). K-ortalama yöntemi ile sınıflandırma için geliştirilmiş ve internetten erişilebilen birçok kütüphane bulunmaktadır. Bu çalışmada "Scipy Kütüphanesi" kullanılmıştır.



Şekil 1. K-ortalama ile kümeleme.

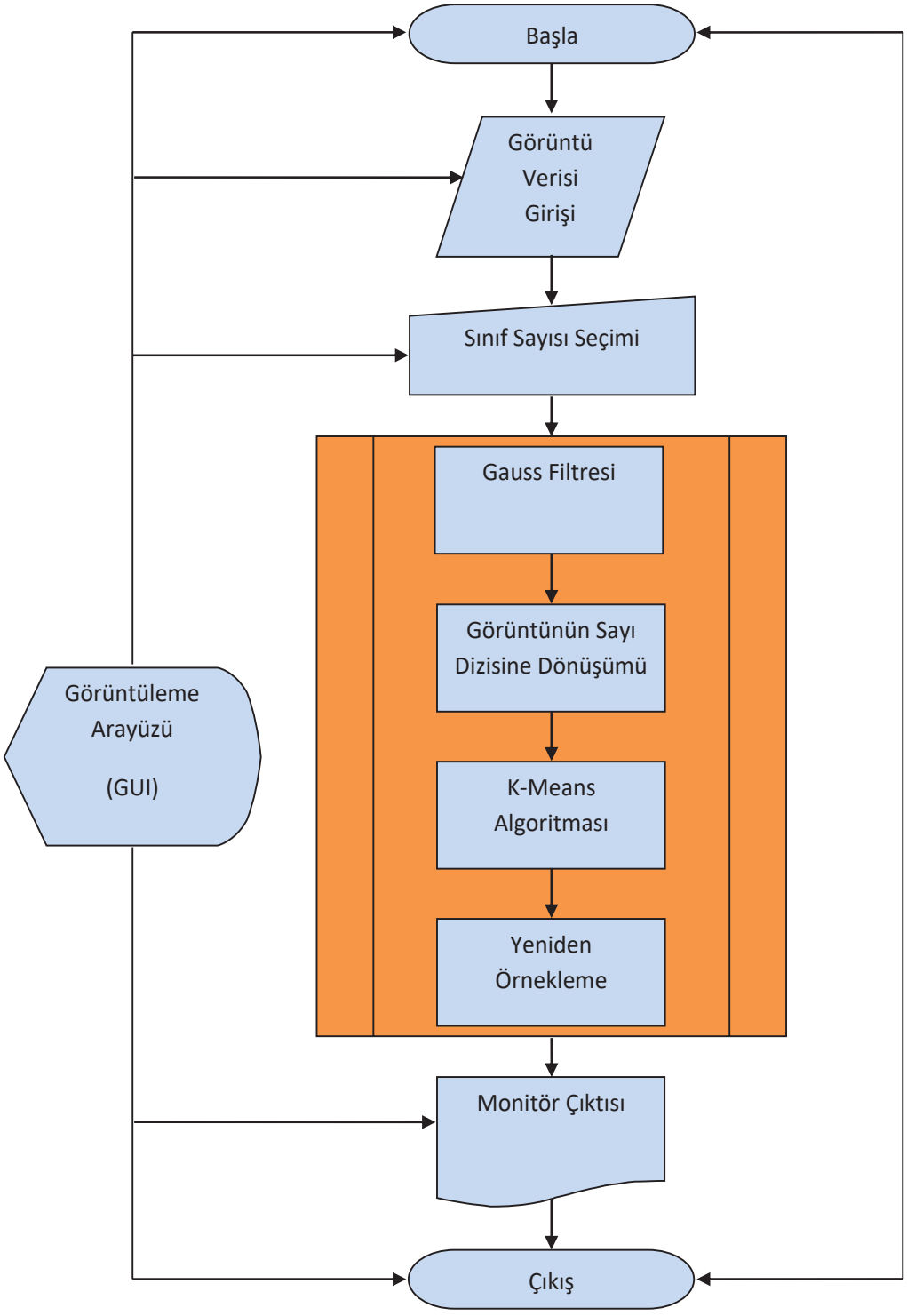
Şekil 2'de gösterilen ve çalışmada gerçekleştirilen iş akışı PyCharm ve Tkinter programlama arayüz ve kütüphaneleri kullanılarak Pyhton programlama dili ile kodlanmıştır.

Nesne tabanlı bir programlama dili olan Pyhton'un dünya çapında yaklaşık 1 milyon kullanıcısı vardır. Nesne tabanlı programlamada temel amaç, yapılacak uygulamanın parçalara bölünerek kodlanmasıdır. Program yazılırken sınıflar ve bu sınıfların altında nesneler kullanılır (Saralıoğlu 2015). Python programının yaygın olarak kullanılmasının en önemli sebeplerinden biri de hesaplamalı bilimlerdeki işlevselliğidir. Python programının bu fonksiyonelliğini modül, paket veya kütüphane olarak adlandırılan eklentiler artırmaktadır (Url-1).

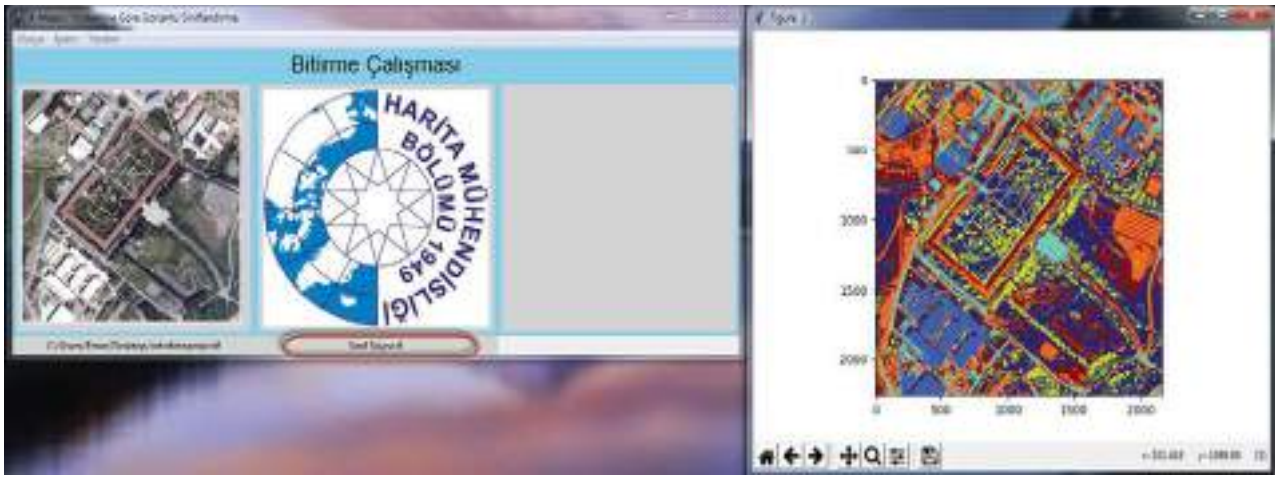
Otomatik olarak çalıştırılan ve bu çalıştırmada geliştirilen programda başlangıçta görüntü ve sınıf sayısı seçilmektedir (Şekil 3). Üç bantlı görüntü, önce Gauss filtresi ile gürültülerinden arındırılmakta sonra da sayı dizisine dönüştürülmektedir.

Görüntü işlemede veri setini yumuşatmak, gürültüyü veya bozulmaları elimine ederken önemli kalıpları belirgin hâle getirilmesini sağlamaktadır. Bu sayede yapılacak sınıflandırmanın doğruluğu artırılmakta, yanlış sınıfa atanan piksel sayısında belli oranda azalma sağlanmaktadır. Matematiksel olarak, Gauss yumuşatma operatörü Gauss fonksiyonu ile uygulanır (Url-2).

Arayüzün sonraki aşamasında k-ortalama yöntemi ile dizi, istenen sınıf sayısı kadar sınıflandırılmakta ve orijinal görüntünün çözünürlüğünde yeniden örneklendirilmektedir. Geliştirilen sınıflandırma yazılımında YTÜ kampüs görüntüsü ile uygulama yapılmıştır. Uygulamanın doğruluğu, referans veri ile karşılaştırılarak hata matrisi ile tespit edilmiştir.



Şekil 2. İş Akışı.



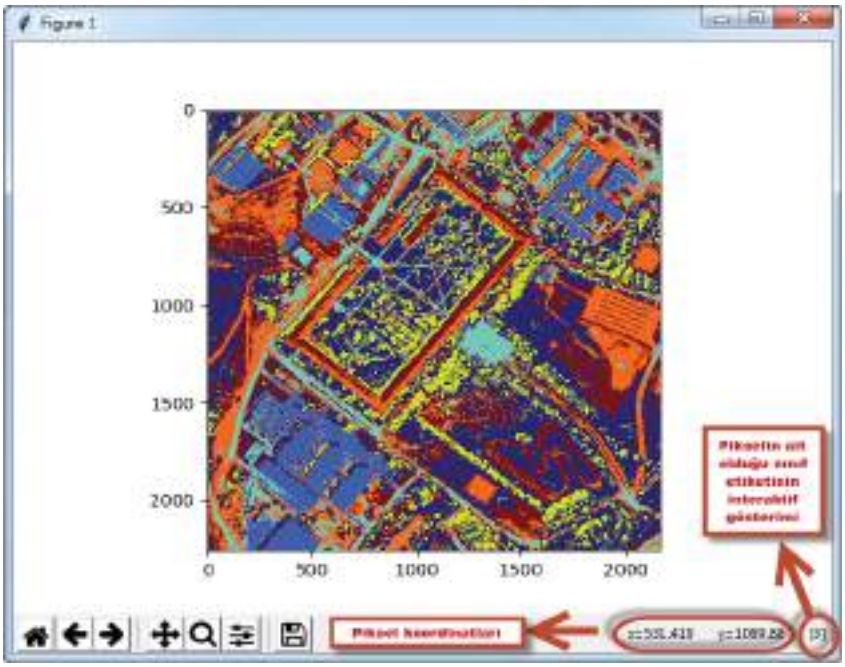
Şekil 3. Program arayüzü.

3. UYGULAMA VE ÇIKARIMLAR

Oluşturulan arayüzde, ilgili görüntü dosya yolu üzerinden seçilmekte (Şekil 3, 4) ve başlangıçta sınıf sayısı belirlenmektedir. Ardından çalıştır butonu yardımıyla sınıflandırma işlemi başlatılmaktadır. Sınıflandırılmış sonuç görüntü üzerinde (Şekil 5.), interaktif şekilde piksellerin ait olduğu sınıf bilgisine ve lokal koordinatlarına ulaşılabilmektedir. Sınıflandırılmış görüntü, dosya kaydet sekmesiyle dosya yolu seçimi yardımıyla kaydedilmektedir.



Şekil 4. Uygulamada kullanılan hava fotoğrafı (YTÜ Davutpaşa Kampüsü).



Şekil 5. Sınıflandırılmış görüntü.

Doğruluk analizinde her sınıf için yaklaşık 50 örneklem seçilmiş ve hata matrisi oluşturulmuştur. 6 sınıf için belirlenen örneklem alanlar ile referans veri ile karşılaştırıldığında ortalama doğruluk %95 olarak hesaplanmıştır. Ortalama doğruluğun yüksek çıkmasının, alanda çok farklı arazi kullanımı çeşidinin olmaması ve görüntünün yüksek çözünürlüklü olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

Harita mühendisliği lisans öğretiminde uzaktan algılama ve görüntü işleme konularının ders saatlerinin az olması, ayrıca yazılımların da tuşa basmak ile her şeyi çözmesi, öğrencilerin algoritmaları anlamasında zorluk çıkarmaktadır. Bu çalışmada algoritmalar programlanarak bu eksiklik giderilmeye çalışılmıştır. Programlama dillerini proje yaparak öğrenmek ve görüntü işlemeye veya CBS'ye uyarlamak mezunlar açısından farklılık yaratacaktır.

Çalışmada kullanılan Python programlama dili, içerdiği geniş kütüphaneler ve modülleri sayesinde görüntü işleme ile ilgili uygulamaların yapılmasında etkin olarak kullanılabilecek bir programlama dilidir. Fakat çok fazla sayıda kütüphane ve modül içermesi her modülün de birbiri ile uyumlu olarak kullanılabileceği anlamına gelmemektedir. Bu nedenle yapılacak çalışmalarda kütüphanelerden birbirleriyle uygun olanlar belirlenip o kütüphaneler kullanılmalıdır. Ayrıca her bir kütüphanenin kodlama ve algoritma sistemi farklı olduğundan yazılan programın hızı, kullanılan modül ve kütüphanelere göre farklılık göstermektedir. Bu sebeple seçilecek kütüphane iyice araştırılmalıdır. Seçilen kütüphanenin kullanıcı sayısının fazla olması, o kütüphaneye ait doküman ve kaynağın fazla olması anlamına geldiğinden geliştirici için büyük bir avantaj sağlamaktadır.

4. SONUÇLAR

Programlama becerilerini geliştirme ve görüntü sınıflandırmayı otomatik yapabilme amaçlı hazırlanan bu çalışmada görüntüler geliştirilen bir arayüz ile sınıflandırılmış ve doğruluk analizi yapılmıştır. Çalışmada Python programlama dili ve çeşitli destek yazılımlar ile k-ortalama algoritması kullanılarak denetimsiz olarak sınıflandırma yöntemi programlanmıştır. Otomatik çıkarılan altı arazi kullanımı sınıfında doğruluk oldukça yüksek çıkmıştır. Denetimli sınıflandırma yöntemlerinin sonuçlarının genel olarak denetimsiz sınıflandırmadan yüksek çıktığı düşünülürse, arayüz ile uygulanan görüntünün yüksek çözünürlüklü olmasına ve sınıf çeşitliliğinin azlığının bunun nedeni olabileceği düşünülmüştür.

Phyton programlama dilinin ve geniş kütüphane yapısının bu tarzda arayüzler geliştirmek için çok uygun olduğu ancak sürekli değişen versiyonların kütüphaneler konusunda iyi araştırma yapılması gerektirdiği tespit edilmiştir.

Harita mühendisliği lisans öğretiminde ders sayısı kısıtlı olan programlama, uzaktan algılama, görüntü işleme ve CBS derslerinin öğrenci projeleri ile güçlendirilmesinin gerekliliği bu çalışma ile gösterilmiştir.

KAYNAKLAR

Balık Şanlı F., 2017. *Uzaktan Algılama Ders Notu*, YTÜ. Syf: 211-220.

Tso, B., Mather, P.M., 2009, *Classification Methods for Remotely Sensed Data*, 2nd edn, CRC Press, Boca Raton

Saralıoğlu, E.,2015. Python Programlama Dili Kullanılarak Uzaktan Algılama Amaçlı Arayüz Tasarımı, *Yüksek Lisans Tezi*, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon. Syf: 9.

Yiğit, H., 2014. [Url-1] http://www.pythondersleri.com/2014/09/numpy-scipy.html/Numpy_and_Scipy/ [05.02.2018]

Hall, M., 2007. [Url-2] http://subsurfwiki.org/wiki/Smoothing_filter/Smoothing filter/[17.02.2018]

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6152

ORTA ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN DEĞİŞİM SAPTAMA İLE YANMIŞ ORMAN ALANLARIN HARİTALANMASI

İbrahim Taşcı[1], Zehra Yiğit Avdan[2], Uğur Avdan[3], Resul Çömert[4]

[1]Doktora Öğrencisi, Botaş-Tanap Kamulaştırma Direktörlüğü, Beştepe Mahallesi Nergis Sokak No:7 Kat:23 Via Tower Söğütözü/Çankaya/Ankara, ibrahimtasci571@gmail.com
[2]Öğretim Üyesi. Dr., Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 26555, Tepebaşı, Eskişehir, zehrayigit@gmail.com
[3]Doç. Dr., Anadolu Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı, 26555, Tepebaşı, Eskişehir, uavdan@anadolu.edu.tr
[4]Araş. Gör., Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 29100, Gümüşhane, rcomert@gumushane.edu.tr

ÖZET

Yangınlarından dolayı her yıl on binlerce hektar orman alanı yok olmaktadır. Yanmış orman alanlarının hızlı bir şekilde haritalanması hem hasar tespiti hem de alana yönelik yapılacak müdehallelerin planlanması açısından önemlidir. Günümüzde ücretsiz sunulan orta çözünürlüklü uydu görüntüleri birçok alanda olduğu gibi yanmış alanların haritalanmasında önemli avantajlar sunmaktadır. Bu çalışmada orta çözünürlüklü Sentinel 2A uydu görüntüsü bantlarından faydalanılarak üretilen farklı bant indislerinin değişim saptama ile yanmış alanların haritalanmasındaki başarısı incelenmiştir. Bu kapsamda band indisi olarak Fark Bitki İndeksi (DVI), Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI), Normalize Edilmiş Yanmış Alan İndeksi (NBR) ve Ham Normalize Edilmiş Yanmış Alan İndeksi (NBR-Raw) kullanılmıştır. Değişim saptama işlemi hem piksel tabanlı hem de nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımlarla ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçların değerlendirilmesi için çalışma alanında 2400 adet rastgele kontrol noktası üretilerek üretici doğruluğu, kullanıcı doğruluğu, genel doğruluk ve kappa değerleri hesaplanmıştır. Doğruluk analizi sonuçlarına göre en iyi sonuç %92 doğruluk oranı ile nesne tabanlı DVI indisine göre yapılan değişim saptama ile elde edilmiştir. En düşük doğruluk değeri ise %76,67 ile piksel tabanlı NBR indisine göre yapılan değişim saptama işlemi sonucunda elde edilmiştir. Ayrıca piksel tabanlı ve nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımları karşılaştırıldığında nesne tabanlı değişim saptama piksel tabanlı değişim saptamaya göre tüm indislerde daha yüksek doğruluk değerleri vermiştir.

Anahtar Sözcükler: bant indisleri, değişim saptama, nesne tabanlı sınıflandırma, piksel tabanlı sınıflandırma, yanmış orman alanı

ABSTRACT

BURNED FOREST AREA MAPPING FROM MEDIUM RESOLUTION SATELLITE IMAGE WITH CHANGE DETECTION

Due to the forest fires, thousands hectares of forest area disappear every year. Rapid mapping of burned forest areas is important both for damage assessment and planning of interventions for the area. Nowadays, free medium-resolution satellite imagery offers significant advantages in mapping burnt areas, as in many cases. In this study, the success of burned forest area mapping of different band indices produced by using medium resolution Sentinel 2A satellite image bands has been investigated with change detection analysis. In this context, Difference Vegetation Index (DVI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Burned Area Index (NBR) and Raw Normalized Burned Area Index (NBR-Raw) were used as band indices. Change detection has been achieved both pixel-based and object-based classification approaches. In order to evaluate the obtained results, 2400 random control points were produced in the study area and the producer accuracy, user accuracy, overall accuracy and kappa values were calculated. According to the results of the accuracy analysis, the best result is obtained by the object based change detection based on the DVI index with 92% accuracy. The lowest accuracy value was obtained as the result of the pixel based change detection based on the NBR index with 76.67%. Furthermore, when pixel-based and object-based classification approaches are compared, object-based change detection yields higher accuracy values over all indexes than pixel-based change detection.

Keywords: band indices, burned forest area, change detection, object based classification, pixel based classification

1. GİRİŞ

Orman yangınları ülkemizde ve dünyada birçok orman alanın yok olmasına neden olmaktadır. Yanmış orman alanlarının tespit edilmesi, mevcut durumun analiz edilmesi, hasar tespiti ve alana yapılacak müdahaleler açısından önemlidir. Yersel ölçümlerle yanmış alanların haritalanması oldukça zaman alıcıdır. Uzaktan algılama bilimindeki gelişmeler, son yıllarda birçok uydu görüntüsüne ücretsiz erişim imkânını beraberinde getirmiştir. Bu doğrultuda orta çözünürlüklü ve kısa zaman sürelerinde yayımlanan uydu görüntüleri yanmış orman alanlarının haritalanmasında önemli avantajlar sunmaktadır.

Uydu görüntülerinden bilgi çıkarmada kullanılan en yaygın yöntemlerden bir tanesi de değişim saptama analizleridir. Çok zamanlı uydu görüntüleri kullanılarak bir bölgede meydan gelen değişimler bu yöntem ile belirlenebilmektedir. Değişim saptama yöntemleri uydu görüntülerine hem piksel tabanlı hem de nesne tabanlı olarak uygulanabilmektedir. Görüntü bantlarından üretilen bant indisleri değişim saptama uygulamalarında sıklıkla tercih edilmektedir (Singh, 1989).

Orman yangınlarında genellikle bölgede bulunan orman ve bitkiler yoğun bir şekilde etkilenmektedir. Yeşil bitkiler yakın kızılötesi bölgede yüksek spektral yansıma özelliğine sahiptirler. Yoğun bitki alanı içeren alanlardan meydana gelen yangınlar sonrası, yakın kızılötesi bölgede spektral yansıma değerleri düşerken kısa dalga kızılötesi bölgede spektral yansıma değerleri yükselmektedir (Şekil 1). Bu doğrultuda, olay öncesi ve olay sonrası görüntülerden yakın kızılötesi ve kısa dalga kızılötesi bantlardan üretilen bant indislerin farklarına dayanan değişim saptama işlemi yanmış alanların haritalanmasında önemli avantajlar sunmaktadır (URL-1).



Şekil 1. Yanmış Bitkilerin Spektral Yansıması.

Bu çalışmada, ücretsiz görüntü sunan Sentinel 2A uydusundan elde edilen olay öncesi ve olay sonrası görüntüler kullanılarak Temmuz 2017 yılında Antalya 'nın Alanya ilçesinde meydana gelen orman yangını sonucu ortaya çıkan yanmış alanların haritalanması işlemi gerçekleştirilmiştir. Yanmış alanların haritalanmasında piksel tabanlı ve nesne tabanlı değişim saptama işlemi gerçekleştirilmiştir. Değişim saptama işleminde olay öncesi ve olay sonrası görüntülerden ayrı ayrı üretilen DVI, NDVI, NBR, NBR-Raw bant indislerinin farkları kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar hata matrisine göre değerlendirilerek her bir bant indisine göre elde edilen piksel tabanlı ve nesne tabanlı değişim saptama işlemindeki başarı oranı belirlenmiştir.

2. ÇALIŞMA ALANI VE VERİ SETİ

Çalışma alanı olarak Antalya ili Alanya ilçesi seçilmiştir (Şekil 2). İlçe şehir merkezine 135 km uzaklıkta Akdeniz kıyısındadır. Toplam kapsadığı alan 175.658 hektarlıktır. Kuzey tarafında Torosların devamı olan dağlık bölgenin deniz seviyesinden yüksekliği yaklaşık 1000 metreyi bulmaktadır. Güneyi 6500 metre uzunluğunda Akdeniz'e komşu olan yarımadanın kuzeyi ormanlarla çevrilidir. Alanya'nın toplam yüzölçümünün;

- % 16,45'i (28.880 ha) tarım alanı,
- % 6,26'sı (9.860 ha) olan çayır ve mera alanı,
- % 65,48'i (115.013 ha) olan fundalık ve orman alanı,
- % 0,10'u (185 ha) olan su alanı,
- % 11,70'i (20.560 ha) olan tarımsal olmayan meskûn alanlardan oluşmaktadır.



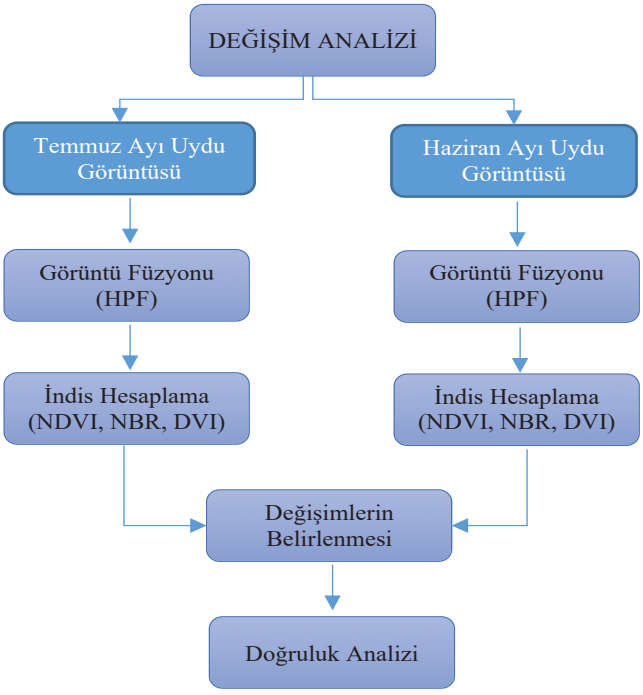
Şekil 2. Çalışma Alanı.

Akdeniz bölgesinin tipik iklimini yaşayan Alanya'da yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılık ve yağışlı geçmektedir. Sıcaklık 38.7 dereceleri bulmakta ve günlük güneşlenme süresi yaklaşık 6.6 saattir. Yağışlı gün sayısı 93 gündür (URL-2).

Bu çalışma kapsamında Antalya'nın Alanya ilçesinde 31 Haziran – 2 Temmuz 2017 tarihleri arasında meydana gelen yangın sonrası ortaya çıkan yanmış orman alanı ve çevresi çalışma sahası olarak seçilmiştir. Çalışmada veri seti olarak olay öncesi 26 Haziran 2017 ve olay sonrası 13 Temmuz 2017 tarihli Sentinel 2A Seviye 2A orta çözünürlüklü görüntüler kullanılmıştır.

3. METOT

Yanmış alanların haritalanması için olay öncesi ve olay sonrası görüntüler kullanılarak değişim saptama işlemi gerçekleştirilmiştir. Değişim saptama yöntemi hem piksel tabanlı hem de nesne tabanlı olarak veri setlerine uygulanmıştır. Çalışma kapsamında uygulanan yöntemin iş akışı Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Çalışma kapsamında uygulanan yönteme ait iş akış şeması.

Çalışma kapsamında öncelikle 20 metre çözünürlüğe sahip 6 adet (Bitki Kırmızı Kenar (B05, B06, B07 ve B8a) banta görüntü keskinleştirme işlemi uygulanmıştır. Görüntü keskinleştirme işlemi için yüksek geçirgenli filtre füzyon yöntemi (high-pass filter fusion (HPF)) tercih edilmiştir. Bant 5 ve bant 6'nın keskinleştirilmesinde bu bantlara spektral olarak yakın olan bant 4; bant 7, bant 8a, bant 11 ve bant 12'nin keskinleştirilmesinde bu bantlara spektral olarak yakın olan bant 8 pankromatik bant olarak kullanılmıştır (Zheng vd., 2017).

Değişim saptama işlemi piksel tabanlı ve nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Değişim saptama işlemi, olay öncesi ve olay sonrası görüntülerden üretilen eşitlik 1-4 'te verilen bitki indekslerinin farkları kullanılmıştır.

$$DVI = B08 - B04 \quad (1)$$

$$\text{NDVI} = \frac{B08-B04}{B08+B04} \quad (2)$$

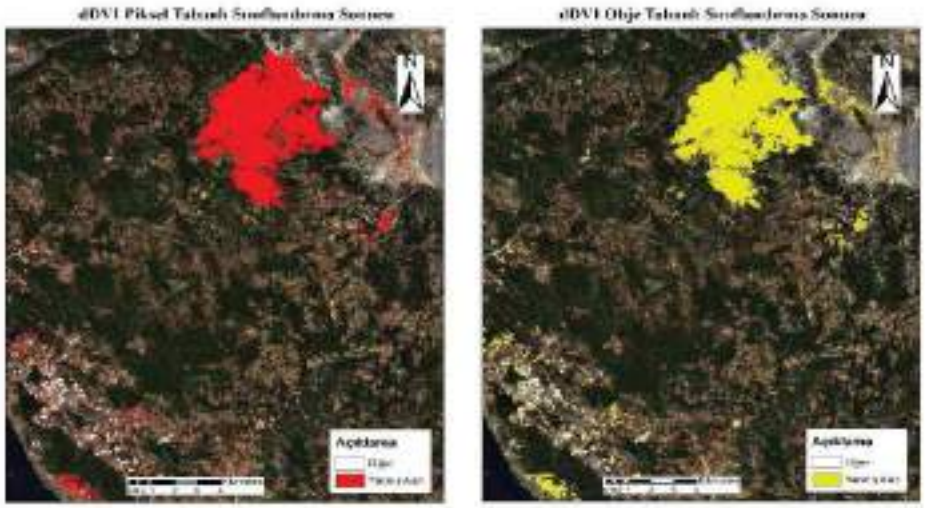
$$\text{NBR} = \frac{B08-B11}{B08+B11} \quad (3)$$

$$\text{NBR-Raw} = \frac{B08-B11}{B08+B11} \quad (4)$$

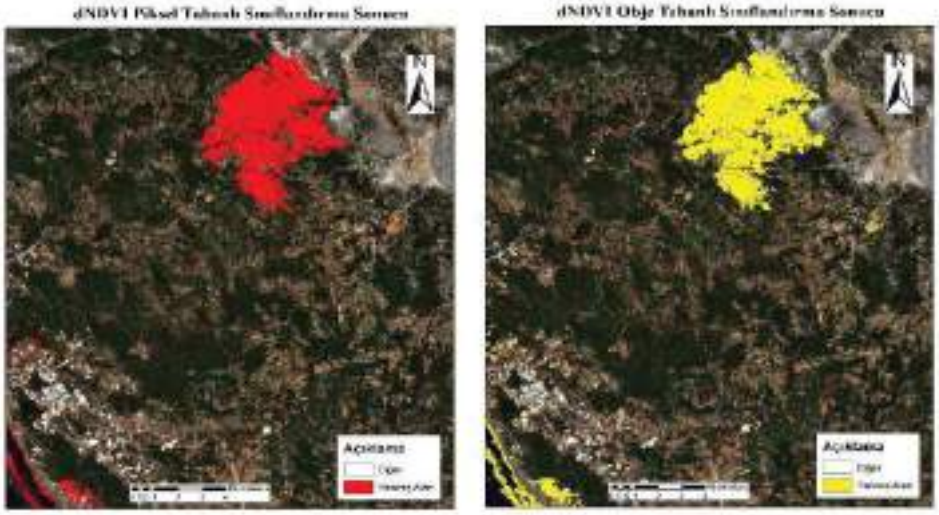
Nesne tabanlı sınıflandırma işleminde optimum görüntü nesnelerini elde etmek için gerekli olan ölçek, bütünlük ve şekil parametreleri deneme ve hata yöntemi uygulanarak tespit edilmiştir. Bu doğrultuda veri seti için uygun ölçek parametresi 50, şekil parametresi 0.1 ve bütünlük parametresi 0.5 olarak tespit edilmiştir. Tespit edilen 4 indis piksel ve nesne tabanlı sınıflandırılma yöntemlerinde ayrı ayrı kullanılmıştır. Elde edilen değer aralıklarında yangın alanı ve diğer alanları ayıran eşik değer deneme yanılma yöntemi ile Çizelge 1'deki gibi belirlenmiştir. Neticede 8 adet sonuç haritaları üretilerek gerekli karşılaştırmalar yapılmıştır (Şekil 4, 5, 6, 7).

Çizelge 1. İndis değer aralıkları ve eşik değerler.

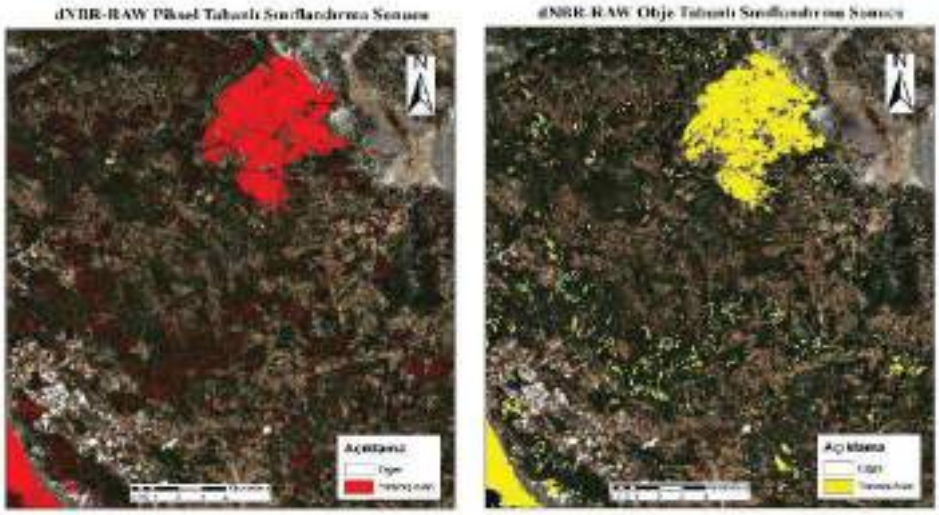
Yöntem	İndis	Minimum Değer	Maksimum Değer	Eşik Değer
Piksel Tabanlı Çalışma Sonuçları	dNDVI	-1.8150	1.9650	0.25
	dNBR	-1.97150183	1.99876010	0.22
	dNBR-RAW	-1.97204959	1.99841523	0.22
	dDVI	-6,995.00	13,788.00	320
Nesne Tabanlı Çalışma Sonuçları	dNDVI	-0.06652737	0.76498420	0.20
	dNBR	-0.14589377	0.93702793	0.20
	dNBR-RAW	-0.16450681	1.29390000	0.30
	dDVI	-1,430.45	2,461.12	320



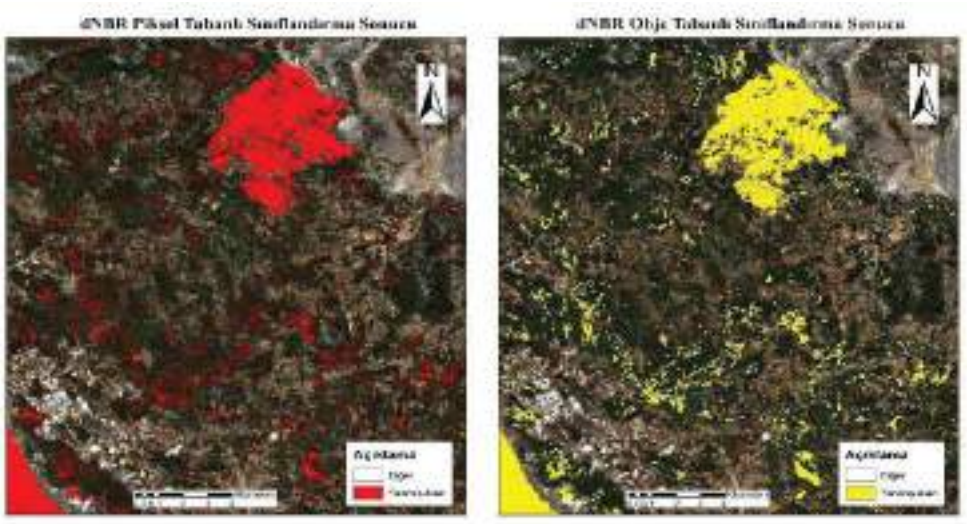
Şekil 4. dDVI Piksel ve nesne tabanlı sınıflandırma sonucu.



Şekil 5. dNDVI Piksel ve nesne tabanlı sınıflandırma sonucu.



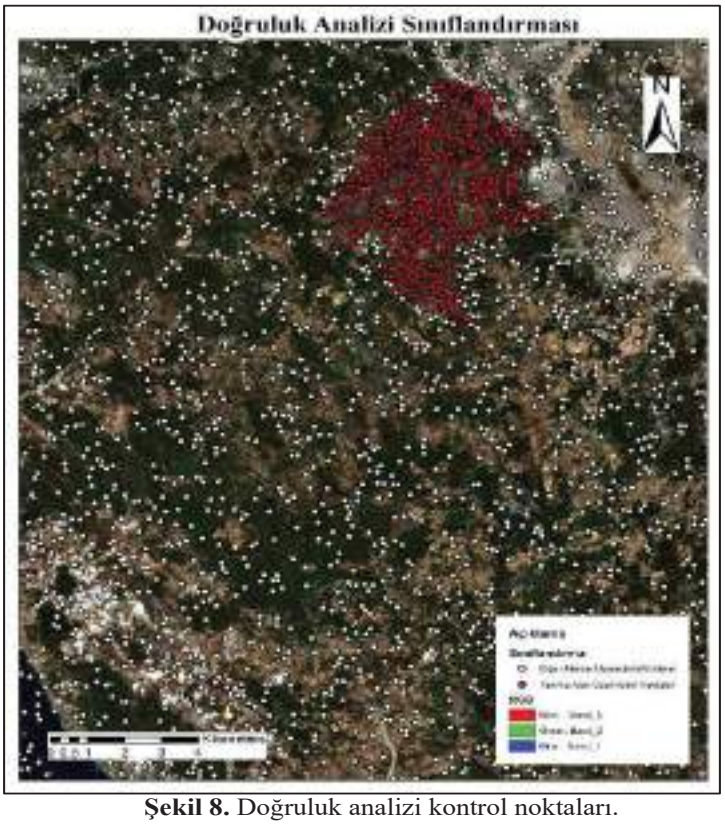
Şekil 6. dNBR-RAW Piksel ve nesne tabanlı sınıflandırma sonucu.



Şekil 7. dNBR Piksel ve nesne tabanlı sınıflandırma sonucu.

3. BULGULAR

Çalışma kapsamında elde edilen sonuçların değerlendirilmesi için alan 2400 adet kontrol noktası üretilmiştir. Bu noktalardan 450 adeti yanmış alan içine düşmektedir. Kontrol noktalarının gerçek değerleri bölgenin yüksek çözünürlüklü görüntüsünü sunan Google Earth programı aracılığı ile 28 Ağustos 2018 AirBus firmasının sunduğu görüntü üzerinden Şekil 8'deki gibi elde edilmiştir.



Şekil 8. Doğruluk analizi kontrol noktaları.

Gerçek değerleri belirlenen kontrol noktalarının her bir indise göre değişim saptama ile bulunan sonuçları otomatik olarak altlık haritalardan yazdırılarak karşılaştırma işlemi yapılmıştır. Yapılan karşılaştırma işlemine ait sonuçlar Çizelge 2'de gösterilmiştir. Çizelge 2'deki sonuçlara göre en yüksek doğruluk obje tabanlı sınıflandırma yaklaşımı ile DVI indisine göre yapılan değişim saptama işleminden elde edildiği görülmektedir. En düşük sonuç ise piksel tabanlı olarak NBR indisine göre yapılan değişim saptama işleminden elde edilmiştir.

Çizelge 2. Yapılan doğruluk analizi sonucunda elde edilen üretici doğruluğu, kullanıcı doğruluğu, genel doğruluk ve kappa değerleri.

Yöntem	İndis	Üretici Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu	Genel Doğruluk	Kappa
Piksel Tabanlı Çalışma Sonuçları	dNDVI	81.11%	94.56%	95.58%	0.847
	dNBR	76.67%	73.72%	90.50%	0.693
	dNBR-RAW	78.22%	80.73%	92.42%	0.748
	dDVI	87.33%	91.18%	96.04%	0.868
Obje Tabanlı Çalışma Sonuçları	dNDVI	88.00%	94.51%	96.79%	0.892
	dNBR	79.11%	72.65%	90.50%	0.699
	dNBR-RAW	81.78%	81.78%	93.17%	0.776
	dDVI	92.00%	93.67%	97.33%	0.912

4. SONUÇ VE TARTIŞMALAR

Çalışma kapsamında Uzaktan Algılama (UA) biliminin orman yangınlarının tespiti, analizi ve haritalanmasındaki önemine vurgu yapılmıştır. Bu sayede arazi üzerinde yapılan maliyetli, riskli ve zaman alan çalışmaların yerine gelişen teknoloji ile belirli hassasiyet ve doğrulukta sonuçların çok daha ekonomik, hızlı ve risksiz şekilde yapılabilirliği irdelenmiştir. Ülkemizde sıklıkla tercih edilen uydu görüntülerinin yanı sıra bitki ve orman izlemeleri için tasarlanmış ve 13 bantlı görüntü üretmekte olan Sentinel 2A uydusunun kullanılabilirliği irdelenmiştir.

Farklı bant ve indisler kullanılarak değişim analizi yönteminde 8 adet harita üretilmiş ve bu haritaların karşılaştırılması yapılmıştır. Fark Bitki İndeksi (DVI) ile yapılan nesne tabanlı sınıflandırma işleminde %92,00 doğruluk ile en iyi sonucu vermiştir. Yangın öncesi ve sonrasına ait görüntülerin temin edilebildiği çalışmalarda bu algoritma, bant ve indis kombinasyonun kullanılmaya elverişli olduğu görülmektedir.

Genel olarak, nesne tabanlı sınıflandırma yönteminde segmantasyon aşamasında seçilen optimum ölçek, şekil ve bütünlük parametreleri belirli boyuttan küçük yanmamış alanları içine alırken bazı yanmış küçük alanları objenin dışında bırakabilmektedir. Piksel tabanlı sınıflandırma yönteminde ise yanmış küçük alanları doğru tespit ederken, yangında tamamı yanmış büyük bir alanlar içerinde belirli küçük parçaları yanmamış olarak tespit edebilmektedir. Bu yanlış sınıflandırma örneklerini, yanmış dar orman yolları ve tamamı yanmış orman alanlarında gözlemlemek mümkündür.

Bunun yanı sıra, piksel tabanlı sınıflandırma yönteminde her bir piksel sınıflandırma işleminde tek başına değerlendirildiği için sonuç haritalarında tuz-biber etkisi fazlaca görülmektedir. Bu da çalışma doğruluğunu azaltmaktadır.

Değişim saptama yönteminde kullanılan yangın öncesi ve sonrası görüntülerde değişimi tespit edilmek istenen yangın bölgesi dışında mevsimsel değişimler, görüntünün elde edildiği saate bağlı gölge ve parlamalar, bulutluluk, denizlerdeki gel-git ve dalgalanma vs. sebeplerden dolayı istenmeyen farklılıklar tespit edilmektedir. Bu istenmeyen tespitlerin elimine edilmesi doğruluk oranını artıracaktır.

Nesne tabanlı çalışmaların veri işleme aşamasının daha kısa sürdüğü görülmüştür. Bunun en büyük nedeni piksel tabanlı sınıflandırma çalışma alanında yaklaşık 4.000.000 pikselin sınıflandırılması gerçekleştirilirken nesne tabanlı sınıflandırmada 62.500 adet görüntü nesnesinin sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir. Nesne tabanlı sınıflandırma işleminde segmentasyon işlemi sonucunda veri boyutu küçültülmekte ve buna bağlı olarak veri işleme hızı artmaktadır. Bu süre görüntü boyutunun ve çözünürlüğünün artması ile daha da önem kazanacaktır. Bu nedenle sınıflandırma işlem sürecinin daha hızlı sonuçlanması için nesne tabanlı sınıflandırma önerilebilmektedir.

Doğruluk analizi için üretilen noktalar ne kadar fazla ve farklı sınıfları içine alacak şekilde olursa o kadar sağlıklı sonuçlar elde edilmektedir. Noktaların kullanıcı müdahalesi olmaksızın rastgele üretilmesi çalışmanın gerçek doğruluğunu tespit etmek için önem arz etmektedir. Üretilen noktaların arazi çalışması ile tespiti mümkün değil ise yangının olduğu döneme ait daha yüksek çözünürlüklü görüntüler üzerinden tespit edilmesi önerilebilmektedir.

Çalışma kapsamında yanmış alanların haritalanmasında, piksel tabanlı ve nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımlarının etkinliği araştırılmıştır. Elde edilen doğruluk değerleri yaklaşık %76 ile %92 arasında değişmektedir. Piksel tabanlı ve nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımları karşılaştırıldığında, nesne tabanlı değişim

saptama sonuçlarının piksel tabanlı sonuçlara göre yaklaşık %3 ile %7 oranında daha yüksek doğrulukta elde edildikleri görülmektedir.

KAYNAKLAR

Singh, A., 1989**.** Review Article: Digital Change Detection Techniques Using Remotely-sensed Data. *International Journal of Remote Sensing*,10(6), 989-1003.

Zheng, H., Du, P., Chen, J., Xia, J., Li, E., Xu, Z., and Yokoya, N., 2017. Performance Evaluation of Downscaling Sentinel-2 Imagery for Land Use and Land Cover Classification by Spectral-Spatial Features. *Remote Sensing*, 9(12), 1274.

URL-1, https://www.fs.fed.us/eng/rsac/baer/barc.html [Erişim Tarihi: 21.07.2018]

URL-2, http://www.alanya.gov.tr/alanyanin-cografi-yapisi [Erişim Tarihi: 20.07.2018]

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6153

KENTSEL KARAR VERME YÖNTEMLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİNE BİR ÖRNEK

Hande Melis ÖZÇATAL[1], Hakan Uyguçgil[2]

[1]Şehir Plancısı, Bozüyük Belediyesi, Çarşı Mahallesi, 11400, Bozüyük, Bilecik, handeozcatal@gmail.com
[2] Eskişehir Teknik Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı, 26555, Tepebaşı, Eskişehir, uygucgil@gmail.com

ÖZET

Günümüzde kullandığımız verilerin büyük bir çoğunluğunu konumsal verilerin ya da konumla ilişkili verilerin oluşturduğu varsayılmaktadır. Karar verme yöntemlerinde ise konumsal analizlerin daha etkili olduğu kabul edilmektedir. Herhangi bir sorunun çözümü için belirlenen ölçütler kendi içlerinde birbiriyle ile karmaşık ilişkiler içermekte ve karar destek sistemi olmaksızın çözümlenmesi güçleşmektedir. Çok ölçütlü karar destek sistemleri ile Coğrafi Bilgi Sistemlerinin görselleştirme ve analiz fonksiyonlarının entegre edilmesi, uygulamaları daha etkin ve akılcı bir yapıya taşıyarak sürecin hızlanması ve karar verme eyleminin iyileştirilmesine olanak sağlamaktadır. Çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) entegre edilerek Bilecik ilinin Bozüyük ilçesinde yaklaşık 2500 hektarlık kentsel alanda, ağırlıklı çakıştırma analizi ile kentsel dönüşüm uygunluk haritası elde edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: kentsel dönüşüm, coğrafi bilgi sistemleri, analitik hiyerarşi süreci

ABSTRACT

AN EXAMPLE OF IMPROVING URBAN DECISION MAKING METHODS

It is assumed that the vast majority of the data we use today constitutes spatial data or location-related data. It is accepted that spatial analysis is more effective in decision making methods. The criteria set for the solution of any problem have complex relations within each other, accordingly become difficult to resolve without a decision support system. Integration of multi-criteria decision support systems and visualization and analysis functions of Geographic Information Systems enables applications to be more efficient and more intelligent and to accelerate the process and improve decision making. By integrating Geographic Information Systems (GIS) and Analytical Hierarchy Process (AHP) in this study, approximately 2500 hectares of urban area in the Bilecik province Bozüyük county, weighted overlay analysis were established and urban transformation conformity map were obtained.

Keywords: urban transformation, geographic information system, analytic hierarchy process

1. GİRİŞ

İnsan gereksinimlerinin çeşitlenmesine paralel olarak kentler de sürekli değişim ve dönüşüm içerisinde olmuştur. Kentlere yönelik yeniden yapılanma süreci kentsel mekânlara ilgiyi daha da artırmıştır. Ülkemizde kentsel dönüşüm 2000'li yıllardan sonra gündemde yer etmeye başlarken, 16.05.2012 tarihli ve 6306 sayılı "*Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun*" ile birebir yaşanmaya başlanmıştır. Çalışmada, kentsel dönüşüm alanının seçiminde etkin ölçütleri ve ağırlıklarının belirlenmesi amacı ile Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) kullanılmıştır. Uzman görüşleri alınarak elde edilen bu ölçütler, ağırlıkları oranında oluşturulan AHS modeli ile Bozüyük ilçesinde konumsal analizler kullanılarak kentsel dönüşüm uygunluk haritası oluşturulmuştur. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile analiz edilen bu modelin, hem sürecin hızlanmasına hem de daha kolay karar vermeye yardımcı olacağı düşünülmektedir.

2. ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ MODEL TASARIMI

Çalışmanın ilk aşamasında hiyerarşik yapının ilk basamağındaki amaç ifadesi yer almakta, bu amaç doğrultusunda her bir ölçüt ve alt ölçütleri ortaya konmaktadır. Daha sonra her karar problemi için alternatifler belirlenir ve karar probleminin çözümü gerçekleştirilir.

Modele ilişkin adımlar aşağıda açıklanmıştır.

- Karar Probleminin Tanımlanması: Çalışmanın temel problemi, çoklu ölçütlere dayalı Bozüyük ilçesinde en uygun kentsel dönüşüm alanının belirlenmesidir.
- Çalışma Grubunun Oluşturulması: Deprem riski ile ilgili olarak Bozüyük'te çalışan ve daha önce çalışmış inşaat mühendisleri, jeofizik mühendislerinden, peyzaj mimarları, şehir plancılarından, mimar çalışma grubu oluşturulmuştur.

- Ana ve Alt Ölçütlerin Belirlenmesi: 4 adet ana ölçüt ve 19 adet alt ölçüt belirlenmiştir (Şekil 1). Her ölçüt literatürden kontrol edilerek, ana ölçütlerin belirlenmesinde Türkiye ve dünyadaki kent problemleri, daha önceki deneyimler, eleştirilerde sağlanan ölçütler, benzerlikler kontrol edilerek birleştirilmiştir. Bozüyük Belediyesi çalışanlarının görüşleri alınarak da karar modeline eklenmiştir.
- Alternatiflerin Belirlenmesi: Analizlerden elde edilen sonuç katman sınıflandırma yöntemi ile En Uygun, Uygun, Mümkün, Uygun Değil ve Hiç Uygun Değil olmak üzere toplam 5 grupta sınıflandırılmıştır.
- Ölçütler ve Alternatifler Arası Kıyaslamaların Yapılması: Ölçütler arası ağırlıkların tespitinde çalışma grubu, ana ve alt ölçütler Saaty (1994) tarafından önerilen 1-9 önem skalasına göre değerlendirmiş, daha sonra ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuş ve gerekli kıyaslamalar yapılmıştır (Çizelge 1). Her bir ana ölçüt, birden fazla alt ölçüte sahip olduğu için, bu ölçütlerin ana ölçütleri etkileme oranları tespit edilmiştir. Her bir ana ölçütün de diğer ana ölçütlerle olan ilişkisi analiz edilmiştir. Alternatifler arası kıyaslamaların yapılması için çalışma grubunun ölçütün önemine ilişkin bilgi alınmış ve önemine göre karşılaştırma matrisinde "9" değeri, eşitlik durumunda ise "1" değeri sembolik olarak kullanılmış ve karşılaştırma yapılmıştır.
- Tutarlılık Analizinin Yapılması: Tüm karşılaştırma matrisleri için tutarlılık analizi yapılmış ve her birinin tutarlılık oranının 0,1'den küçük olduğu tespit edilmiştir.
- En İyi Alternatifin Seçilmesi: Tespit edilen ana ve alt ölçüt ağırlıkları sonucunda ilçelerden konuya ilişkin elde edilen veriler analiz edilerek en uygun kentsel dönüşüm alanını tespit edilmiştir.



Şekil 1. Kentsel dönüşüm alanı belirlemede kullanılacak hiyerarşi modeli (Özçatal, 2016).

Çizelge 1. Ana ölçüt karşılaştırmaları (Özçatal, 2016).

Ölçüt	Deprem Riski	Kentsel Donatı	Yapılaşma	Kent Kimliği	Aritmetik Ortalama	Ağırlık (%)
Deprem Riski	1/1,92	4/10	3/8	3/4,58	0,488	48,8
Kentsel Donatı	(1/4)/1,92	1/10	1/8	(1/4)/4,58	0,102	10,2
Yapılaşma	(1/3)/1,92	1/10	1/8	(1/3)/4,58	0,118	11,8
Kent Kimliği	(1/3)/1,92	4/10	3/8	1/58	0,292	29,2
Toplam	1	1	1	1	1	100

3. ÖLÇÜTLERİN KATMANLARA DÖNÜŞMESİ

Çalışmada, en uygun kentsel dönüşüm alanı yerinin belirlenmesi için yapılan mekânsal analiz modellemesinde 4 ana ölçüt altında 19 alt ölçüt kullanılmıştır. Bu ölçütler ve AHS ile elde edilen ölçüt ağırlıkları Çizelge 2'de verilmiştir. Tasarlanan AHS modeline göre veriler CBS yazılımları yardımıyla karar analizinde kullanılacak deprem riski, kentsel donatı, yapılaşma, kent kimliği katmanları ve alt katmanları uygun yöntemlerle raster veri olarak hazırlanarak karar analizi uygulanmaktadır.

Alan seçimi için oluşturulan model, temel veriler ve bu verilerin sonuç analizine hazır hâle getirilmesi için ara analizlerden oluşmaktadır. Bu katmanların hangi analizlerden oluştuğunu ve veri kaynağı, referans yeri Çizelge 3'te belirtilmiştir.

Çizelge 2. Ölçüt ağırlıkları (Özçatal, 2016).

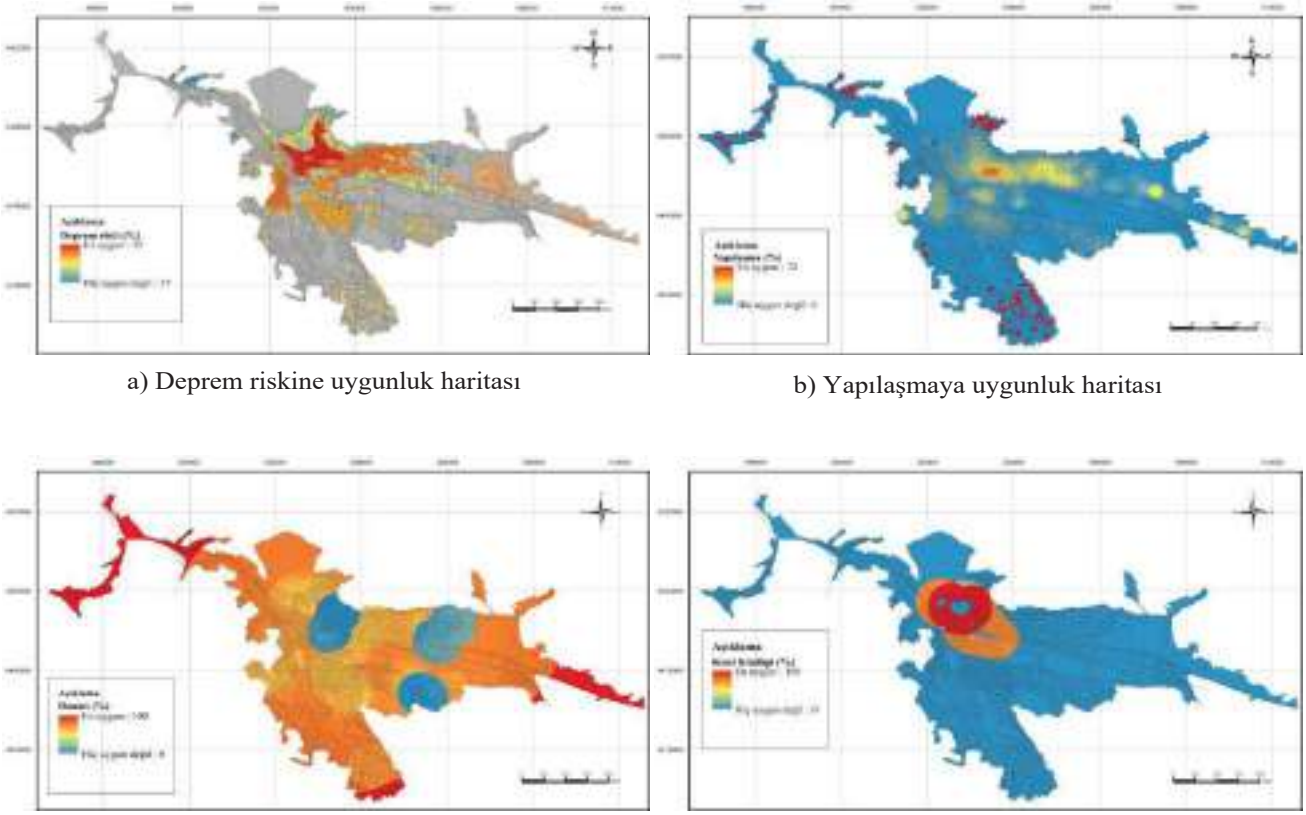
Ana Ölçüt	Ağırlık (%)	Ölçüt	Ağırlık (%)	Ölçüt	Ağırlık (%)
DEPREM RİSKİ	49	Yerleşime uygunluk	36		
		Yapı yapım yılı	50		
		Yapı nizamı	7		
		Yapı kat sayısı	7		
KENTSEL DONATI	10	Eğitim	26	ilköğretim	75
				lise	25
		Sağlık	63		
		Yeşil alan	11	çocuk parkı	60
				semt parkı	10
				mahalle parkı	20
				spor tesisleri	10
YAPILAŞMA	12	Ruhsatsız yapılaşma	71		
		Yoğunluk	29	yapı yoğunluğu	67
				nüfus yoğunluğu	33
KENT KİMLİĞİ	29	Coğrafi oluşum	25		
		Tescilli yapı	75		

Çizelge 3. Katmanların veri kaynağı ve kullanılan yöntemler.

Ana katman	Veri kaynağı	Uygulanan yöntem	Referans kaynağı
DEPREM RİSKİ	Bina verileri, Bozüyük Jeolojik-Jeoteknik etüt raporları	İstatistiksel Kümeleme, Yeniden Sınıflandırma, Komşu Poligonlar, Ağırlıklı Çakıştırma	Taştan ve Aydınoğlu (2015), Aslankara (2005), 6306 sayılı Kanun.
KENTSEL DONATI	Hâlihazır haritalar	Oklid mesafesi, Yeniden Sınıflandırma, Ağırlıklı Çakıştırma	Mekânsal Plan Yönetmeliği, Türkoğlu (2008), Tümer (1976), Yıldızcı (1991).
YAPILAŞMA	Hâlihazır haritalar	İstatistiksel Kümeleme, Kernel Yoğunluğu, Yeniden Sınıflandırma, Ağırlıklı Çakıştırma	Mengi ve Keleş (2003).
KENT KİMLİĞİ	Hâlihazır haritalar, plan paftaları	Oklid mesafesi, Yeniden Sınıflandırma, Ağırlıklı Çakıştırma	Ökmen (2003).

4. BULGULAR

Çalışmada her bir alt ölçüt Analitik Hiyerarşi Süreci ile elde edilen ölçüt ağırlıkları kullanılarak ağırlıklı çakıştırma işlemine tabi tutulmuştur. Ağırlıklı çakıştırma sonucunda alt ölçütlerden elde edilen raster katmanlar çalışmadaki dört ana katmanı oluşturmaktadır (Şekil 2).



a) Deprem riskine uygunluk haritası

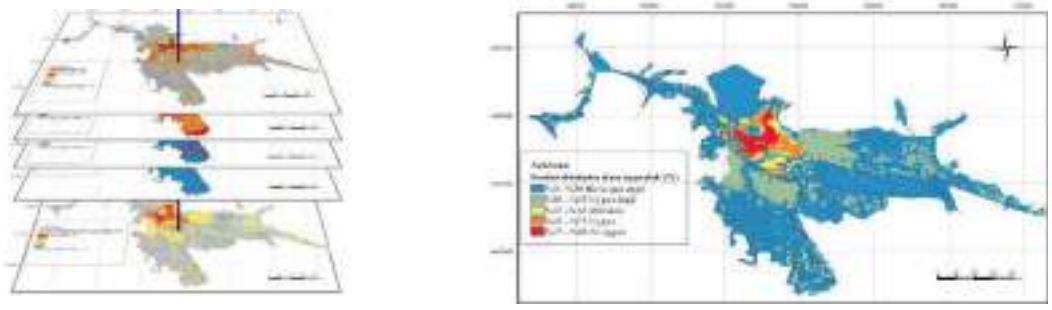
b) Yapılaşmaya uygunluk haritası

c) Kentsel donatı yeterliliği uygunluk haritası

d) Kent kimliği uygunluk haritası

Şekil 2. Çeşitli analizlerle elde edilen ana ölçüt katmanları (Özçatal, 2016).

Kentsel dönüşüm alanı belirlemek için AHS ile elde edilen Deprem riski %49, kentsel donatı % 10, yapılaşma %12, kent kimliği %29 değerlerince ağırlıklı çakıştırma analizi uygulanmıştır. Ağırlıklı çakıştırma analizinden elde edilen sonuç haritası beş alternatif bölgeye ayrılmıştır. Elde edilen değerlerin daha anlamlı olması için % 30 altında olan değerler uygun değil , %30-55 arası az uygun, %55-65 arası orta uygun, % 65-75 arası uygun, %75-83 arası en uygun olarak sınıflandırılmış ve karar vericiye sunulur hale getirilmiştir (Şekil 3).



a) Ağırlıklı çakıştırma

b) Kentsel dönüşüm alanına uygunluk

Şekil 3. Ağırlıklı çakıştırma analizi sonunda elde edilen uygunluk haritası (Özçatal, 2016).

%75-83 arası en uygun olarak öne çıkan bölge olan bölge konut ve ticaret alanları içerisinde, ilçe merkezinde yer almaktadır.



Şekil 4. En uygun alan olarak bulunan bölgeye ait görüntüler (Özçatal, 2016).

5. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında yapılan çok ölçütlü sorgulamalar sonucu verilerin güncelliğine bağlı olarak en uygun yer seçimi belirlenmesi araştırması istenildiği gibi somut verilerle haritalarla gösterilmiştir. Bu tarz çalışmaların gerçek zamanlı olarak ortaya koyduğu sonuçlar göz önüne alınarak Bozüyük Belediyesi bilgilendirilebilir ve sonuç olarak eksikliği hissedilmesi ile ölçütler değiştirilebilir. Başka bir açıdan bu çalışmada kullanılan sorgulamalardaki çoklu ölçütler bundan sonra yapılabilecek kentsel dönüşüm alanlarını belirlemeye dönük çalışmalara referans olmakla beraber bu ölçütlerin üzerine getirilebilecek farklı ölçütlere olanak sağlamaktadır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri entegrasyonu ile, nicel ve hesaplanabilir gerçeklerin olabildiğince bilimsel bir şekilde ortaya konarak karar vermeye katkıda bulunulabilmek için gerekli yöntem ve personel altyapısının yerel yönetimlerde mevcut olduğu bu tezin hazırlanması çalışmaları sırasında tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

Aslankara, Y., İnel, M. ve Toprak, S., 2005. Kent ölçeğinde senaryo depremde oluşacak bina hasarlarının tahmini, Deprem Sempozyumu, Kocaeli, syf: 1434-1442.

Mengi, A. ve Keleş, R., 2003. *İmar hukukuna giriş*. 2. basım, İmge Kitabevi, Ankara. 301 sayfa.

Öktem, M., 2003. *Kent, çevre ve globalleşme.* 1. basım, Alfa Yayıncılık, İstanbul. 221 sayfa.

Özçatal, H.M., 2016. Kentsel Dönüşüm Alanı Belirlemede CBS Tekniklerinin Kullanımı: Bozüyük Kent Merkezi Örneklemi. Yüksek lisans tezi. Anadolu Üniversitesi, Eskişehir. 96 sayfa.

Saaty, T. L., 1994. How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. *Interfaces,* 24(6): 19-43.

Taştan, B. ve Aydınoğlu, A.Ç., 2015. Çoklu Afet Risk Yönetiminde Tehlike ve Zarar Görebilirlik Belirlenmesi için Gereksinim Analizi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 31(1): 366-397.

Tümer, H., 1976. *Rekreaktif Alan ve Tesisleri Ölçütleri*. Turizm ve Tanıtma Bakanlığı Planlama Dairesi Başkanlığı, Ankara.

Türkoğlu, H.D., Bölen, F., Baran, P.K. ve Marans, R.W., 2008. İstanbul'da Yaşam Kalitesinin Ölçülmesi. *İTÜ Dergisi/a,* 7(2):103-113.

Yıldızcı, A.C., 1991. Türkiye'de İmar Planları Yapım ve Uygulanmasında Yeşil Alan Sorunları. *Peyzaj Mimarlığı Dergisi*, 91(2):26-28.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6170

NDVI ZAMAN SERİSİ GÖRÜNTÜLERİNDE DEĞİŞKENLİĞİN İZLENMESİ

Hakan YILDIZ[1], Ediz ÜNAL[2], Metin AYDOĞDU[3]

[1] Dr., Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü – Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Bölümü, Yenimahalle, Ankara, hakan.yildiz@tarim.gov.tr
[2]Dr., Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü – Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Bölümü, Yenimahalle, Ankara, ediz.unal@tarim.gov.tr
[3]Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü – Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Bölümü, Yenimahalle, Ankara, Metin.aydogdu@tarim.gov.tr

ÖZET

Yeryüzünden yansıyan veya salınan enerjinin alınıp kaydedilmesi uzaktan algılamanın temelini oluşturmaktadır. Her cisim kendine özgü yansıma özelliğine sahiptir. Uzaktan algılamanın en önemli konularından birisi de biki örtüsüdür. Farklı bitki türlerinin ayırt edilmesi, biyo-kütle, ve yaprak alan indeksinin belirlenmesinde genellikle uydu görüntülerinden elde edilen vejetasyon indekslerinden yararlanılmaktadır. Uzun yıllardır düşük mekânsal çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri ile dünyanın vejetasyon indeks görüntüleri taranmış ve arşivler oluşturulmuştur. Bu çalışmada SPOT-VEGETATION görüntülerinden elde edilen on günlük maksimum NDVI zaman serisi veri setinden yararlanılmıştır. Bu görüntüler yıl içerisinde 36 görüntü olmak üzere 1999-2010 yıllarını kapsamaktadır. Her on günlük dönem görüntülerinden standart sapma, ortalama ve değişenlik katsayısı görüntüleri hesaplanmıştır. Elde edilen değişkenlik katsayısı görüntüsü incelendiğinde, en yüksek değişkenliğin Aralık – Şubat ayları arasındaki dönemde olduğu bulunmuş ve yaz aylarında NDVI görüntülerindeki değişkenliğin azaldığı tespit edilmiştir. Nisan ve Mayıs aylarında değişkenliğin tarımsal faaliyetlerden kaynaklandığı; özellikle İç Anadolu Bölgesi'nde nadas – ekim münavebesinden kaynaklandığı görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: değişkenlik, NDVI, tarım, zaman serisi

ABSTRACT

MONITORING VARIABILITY OF TIME SERIES NDVI IMAGES

The basis of remote sensing is to record of the energy reflected or emitted from the earth. Every object has its own reflection feature. One of the most important aspects of remote sensing is monitoring of vegetation cover. Vegetation indices derived from satellite images are generally used to identify different plant species, biomass, and leaf area index. For many years, low spatial resolution images have been used for scanning of earth surface and made archives. In this study, a ten-day maximum NDVI time series data set obtained from SPOT-VEGETATION was used. These data cover the years 1999-2010 with 36 images per year. Standard deviation, mean and coefficient of variation layers were calculated from each 10 day period images. When the obtained coefficient of variability image was examined, it was found that the variance is the highest in the period between December and February. It was also determined that in the summer months the variability in the NDVI images decreases. The agricultural activities caused variability in April and May, especially in the Central Anatolia region it derived from crop-fallow alternation.

Keywords: variability, NDVI, agriculture, time series

1. GİRİŞ

Uzaktan algılama, yeryüzendeki objeler veya olaylar ile igili uzaktan bilgi elde edilmesi ile ilgilenmektedir. Yansıyan veya salınan enerjinin alınıp kaydedildilmesi uzaktan algılamanın temelini oluşturmaktadır. Her cisim kendine özgü yansıma özelliğine sahiptir. Yeryüzü objeleri içinde uzaktan algılama ile kolayca tanınıp incelenen objelerden biri bitki örtüsüdür. Uzaktan algılama teknolojisinin kullanımı ile, bitkilerin dinamik doğası göz önüne alındığında zamansal ve mekânsal olarak değerli bilgiler sağlamak mümkün olmaktadır.

En yaygın kullanılan bitki örtüsü indislerinden biri normalize edilmiş bitki indeksi (NDVI) dir. Yakın kızılötesi ve kırmızı bölgede algılama, yapmış olan bantlardan faydalanılarak hesaplanır. Oran sonucu piksel değeri yüksekse sağlıklı bitki örtüsü miktarı daha çoktur. Farklı tarihlerde elde edilen NDVI görüntüleri kullanılarak, bitki örtüsünün mevsimsel değisimleri ortaya konulabilmekte, bitki örtüsü değişimi ile iklim arasında ilişki kurulabilmektedir (Sertel, 2009).
Uydular, bitki indekslerinin hesaplanabileceği elektromanyetik spektrumun ilgili alanlarını algılayabilecek şekilde tasarlanmaktadır. Yeryüzü uzun yıllardır uydular tarafından taranmaktadır. Elde edilen verilerden yaygın olarak kullanılan NDVI arşivleri oluşturulmuştur. Genellikle veri setleri günlük yerine sekiz, on, onbeş günlük olarak hazırlanmaktadır. Mekânsal çözünürlüğü düşük olan bu görüntüler büyük alanları kaplamaktadır (ülke veya daha büyük) ve günlük olarak elde edilen bu verilerde bulut sorunu bulunmakta, bulutsuz görüntü bulunmamaktadır. Bu nedenle on günlük ve benzeri zaman aralıklarını kapsayan arşiv veriler oluşturulurken maksimum piksel değerleri kullanılmaktadır (Loveland et al.,1991; Brown et al., 1993; Evans et al., 1993;Townshend et al., 1994; Running et al.,

1995). Bu arşiv verilerin oluşturulduğu uydu görüntülerinin konumsal çözünürlüğü 250 m ile birkaç km arasında değişmekte; kıta, ülke, eyalet, bölge gibi çok büyük alanların incelenmesi, bölgesel ve çevresel olayların görüntülenmesi, 1:500.000 ve daha küçük ölçekli haritaların üretilmesi, iklim ve meteorolojik olayların gözlenmesinde kullanılmaktadır (Erdoğan ve Akdeniz, 2004). Arşiv ve güncel zaman serisi görüntüler kullanılarak bitki ürün takibi, verim tahmini, kuraklık izleme, erken uyarı gibi pek çok çalışma yapılabilmektedir. Örneğin, bitki fenoloji bilgisi olarak sezon başlangıcı ve sezon sonu parametreleri uzaktan algılama - bitki örtüsü zamansal profilleri kullanılarak çıkarılabilmektedir (Sakamoto ve ark. (2005). Başka bir çalışmada Lenney vd., (1996) zaman serisi NDVI verileri ile fenoloji ve sezona bağlı olarak farklı arazi tiplerinin ayrılabileceğini bildirmiştir.

Zaman serisi uydu verisi kullanarak bitki fenolojisi haritaları büyük alanları kapsayacak şekilde yapılmaktadır. Bu bilgiler ile tarımsal planlama, hasat zamanının belirlenmesi ve bitki yıllık / mevsimsel değişkenliği izlenebilmektedir. Bu çalışmada on yıllık NDVI veri seti ile yıl içerisinde vejetasyon değişkenliğinin zamana ve alana bağlı olarak nasıl değiştiği belirlenmeye çalışılmıştır. Tarımsal açıdan önemli bir tarih olan mayıs ayı ortası değişkenlik katsayısı haritası ve her il için 36 farklı katmanın ortalama değişkenlik katsayısı belirlenmiştir. Yıl içerisinde onar günlük dilimler halindeki bu veriler yardımıyla değişkenlik nedenleri bu çalışmada tartışılmıştır.

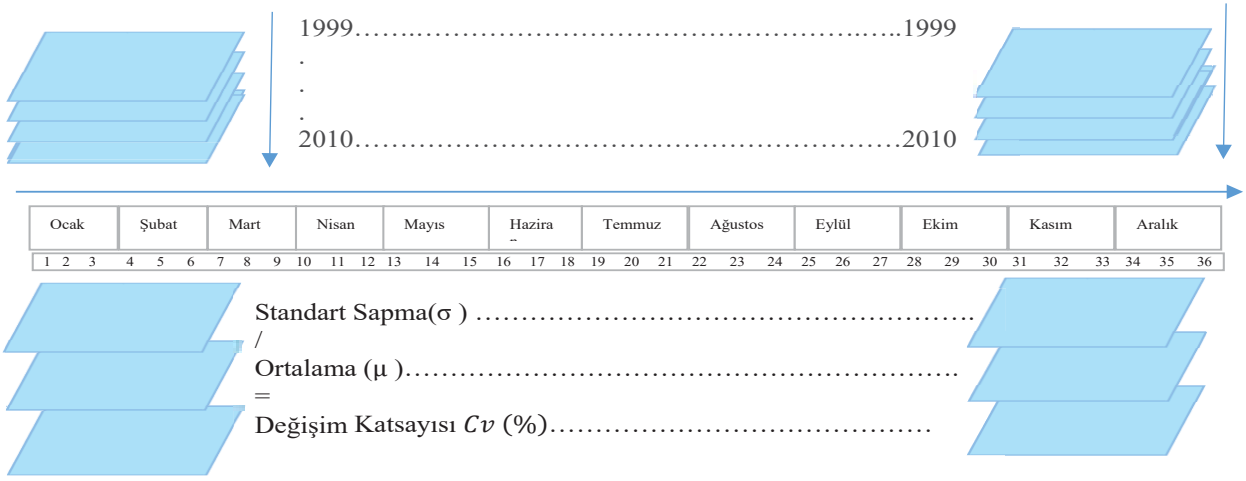
2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada SPOT-VEGETATION NDVI görüntüleri kullanılmıştır. SPOT- VEGETATION Programı, Fransa, Avrupa Komisyonu, Belçika, İtalya ve İsveç tarafından ortaklaşa geliştirilmiştir. Programın uydu bileşeni Mart 1998'de Spot 4&5 ile bütünleşik olarak piyasaya sürülmüş ve küresel olarak günde bir kez ve bir kilometre karelik mekânsal çözünürlüğünde arazi yüzeylerinin parametrelerini izlemek için özel olarak tasarlanmıştır. SPOT-VEGETATION sisteminin genel hedefleri, operasyonel bazda bitki örtüsü kaplamasının temel özelliklerinin doğru ölçümlerini sağlamaktır (Anonim, 2018). SPOT-Veg görüntüleri tarımsal ürünlerin, orman alanlarının ve meralardaki bitkilerin temel kaplama (kanopi) özelliklerinin belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. SPOT-Veg verileri 1km'lik mekânsal çözünürlüğe sahip olduklarından hem küresel hem de bölgesel çalışmalarda sıklıkla kullanılabilmektedir (Yıldız vd., 2012).

Bu çalışmada günlük NDVI görüntülerinden elde edilen on günlük maksimum NDVI verileri kullanılmıştır. NDVI katmanları yıl içerinde 36 adet on günlük verilerden oluşmaktadır. Her bir on günlük dilim için 1999-2010 arası katmanlardan ortalama ve standart sapma katmanları WinDisp 4.0 yazılımı kullanarak hesaplanmıştır. Değişim katsayısı (coefficient of variation), standart sapmanın (σ) ortalamaya (μ) oranının yüzde olarak ifadesidir ve aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$Cv\ (\%) = \frac{\sigma}{\mu} * 100 \qquad (1)$$

Bu çalışmada kullanılan WinDisp yazılımı FAO Küresel Bilgi ve Erken Uyarı Programı kapsamında geliştirilmiş ücretsiz bir yazılımdır. Yazılım, gıda güvenliği için erken uyarı amacıyla uydu görüntüleri, haritalar ve ilgili veritabanlarının analizi için geliştirilmiştir (Pfirman et al., 1999). WinDisp uydu görüntülerini IDA (Image Display and Analysis) formatı olarak kullanmaktadır. WinDisp çok sayıda uydu görüntüsü ile yetişme süresi boyunca farklı yıllar arasında eğilim grafikleri ve görüntü serilerinden yeni görüntüler elde etmeye imkân sağlamaktadır. Bu çalışmada ayrıca WinDisp yazılımınca oluşturulan IDA formatındaki uydu görüntülerini Esri grid formatına dönüştüren bir eklenti de kullanılmıştır. Elde edilen harita daha sonra ArcGIS 10.4 yazılımı ile görsel hâle getirilmiştir.

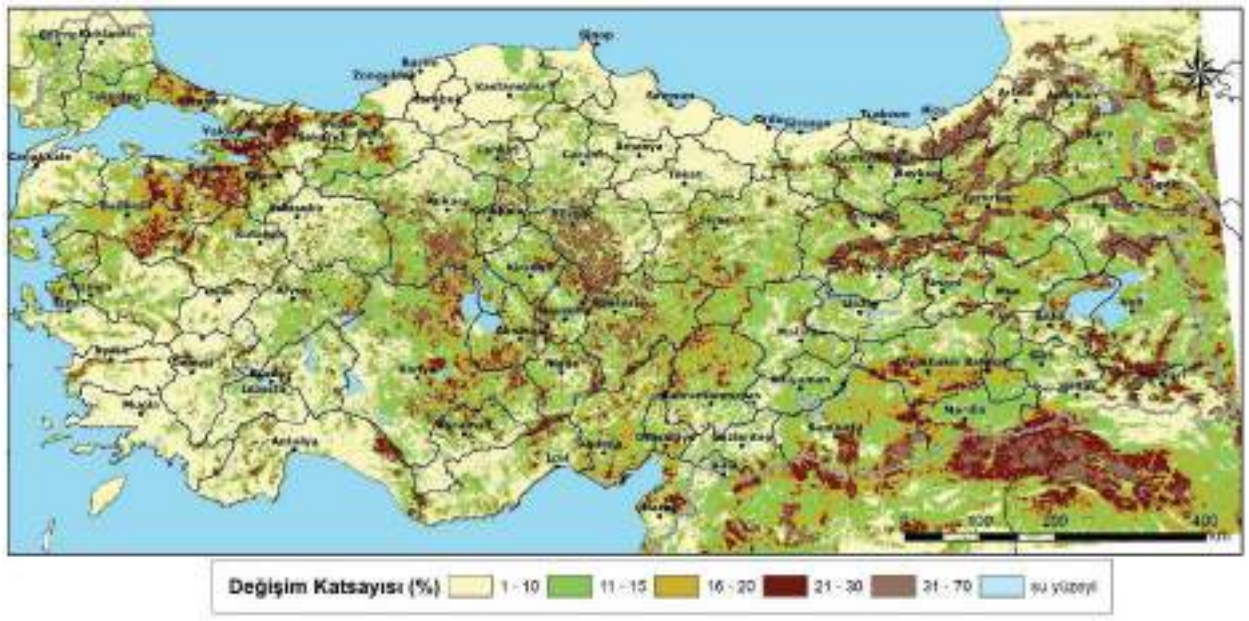


Şekil 1. Zaman serisi NDVI görüntülerinden standart sapma, ortalama ve varyasyon katsayısı katmanlarının hesaplanması.

1999 ve 2010 yıllarına ait yıl içerinde on günlük dilimler hâlinde bulunan NDVI verilerinden 36 adet değişim katsayısı katmanı hesaplanmıştır. Her il için, il sınırı içerine giren değişim katsayısı katmanı piksellerinin ortalama değeri yine WinDisp yazılımı ile elde edilmiştir. Yıl boyunca her il için 36 görüntü değişim katsayısı değeri bulunarak Şekil 3'teki grafikler oluşturulmuştur.

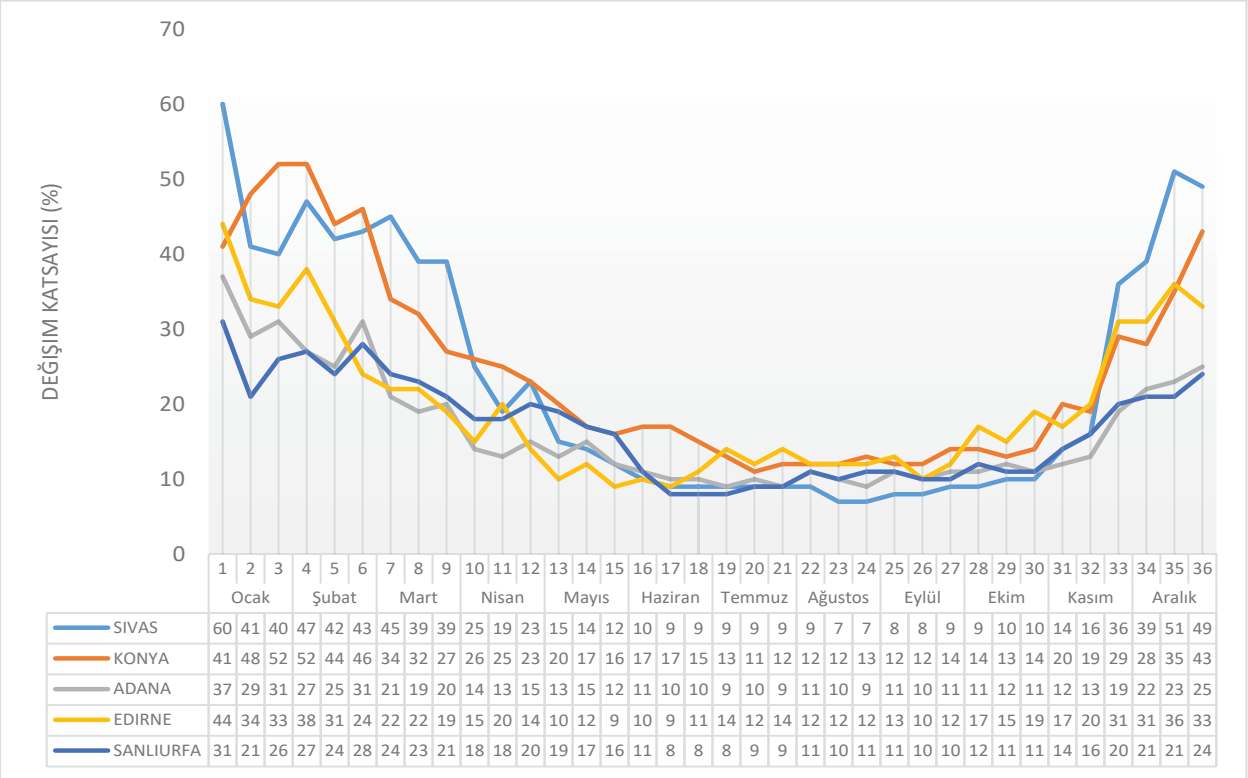
3. BULGULAR

Özellikle tarımsal açıdan önemli bir tarih olan mayıs ayı ortası değişkenlik katsayısı haritası Şekil 2'de görülmektedir. Koyu sarı ve kahveringi bölgeler değişim katsayısının yüksek olduğu, sarı ve yeşil bölgeler nispeten daha düşük olduğu yerleri göstermektedir. Mayıs ayında NDVI değerleri İç Anadolu ve Marmara Bölgesi'nde tarımsal faaliyet sonucu değişkenlik göstermektedir. Ürün çeşitliliğindeki farklılıklar veya yıllar arasında tarlada bitki olup olmaması değişim katsayısını arttırmaktadır. Özellikle İç Anadolu'da kuru tarım yapılan bölgelerde bir yıl buğday ya da arpa ertesi yıl toprağın nadasa bırakılması uydu görüntülerinden elde edilen NDVI değerlerini etkilemektedir. Yıllar arasındaki NDVI değişkenliğinin yüksek olması değişkenlik katsayısının da yüksek olmasına neden olmuştur. Mayıs ayında Karadeniz, Ege ve Akdeniz bölgelerinde özellikle ormaların yoğun olduğu bölgelerde değişim katsayısı düşük bulunmuştur. Bu bölgelerde yıllar arasında vejetasyon açısından (açık sarı ile gösterilen yerler) değişim görülmemiştir.



Şekil 2. Mayıs 10-20 arası değişim katsayısı (CV%) haritası.

Değişim katsayısı katmanlarından oluşan yıl içerindeki 36 görüntü kullanılarak sayısal il sınırı katmanına göre her ilin değişim katsayısı ortalama değeri bulunmuş ve Şekil 3'teki grafikler oluşturulmuştur. Tüm illere göre ortalama değişim katsayısı hesaplanmasına rağmen sade ve anlaşılır olması için aşağıdaki grafikte hemen hemen her bölgeyi temsil eden bir il seçilmiştir.



Şekil 3. İllere göre 1999-2010 yılları arası 10 günlük periyotlardaki değişim katsayısı (CV%).

Şekil 3'te görüldüğü gibi Aralık, Ocak ve Şubat aylarında değişim katsayısı yüksek olarak bulunmuştur. Özellikle Konya, Edirne ve Sivas gibi illerde kar örtüsünün etkisi daha iyi görülmektedir. Sivas'ta kar örtüsü etkisi Mart ayında da devam etmiştir. Bazı yıllarda kar örtüsünün olması bazı yıllarda olamaması, NDVI değerinde yıllar arsında değişkenliğin artmasına neden olmaktadır. Adana ve Şanlıurfa gibi nispeten kış aylarının daha sıcak olduğu illerde değişim katsayısı daha düşük (%31-37) bunun da tarımsal faaliyetlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Temmuz ve Ağustos aylarında değişim katsayısı en düşük seviyeye (% 7 -12) inmektedir. Yıllar arasında bu dönemde değişkenliğin olmadığını göstermektedir.

4. SONUÇLAR

Uzaktan algılamanın tarımsal amaçlı uygulamaları ve bitki örtüsü izlenmesi çalışmalarında vejetasyon indekslerinin kullanılması çok yaygın hâle gelmiştir. Bu teknoloji diğer devletlerin ürün gelişimi ve ürün verimlerinin tahmin edilmesinde önemlidir. Özellikle kritik ürünlerde rakip devletlerin rekoltesinin tahmin edilmesi her ülkenin kendi üreticisini korumasını sağlamaktadır. Bu amaçla 1980'li yıllardan itibaren düşük mekânsal çönürlüğe sahip uydu görüntülerinden elde edilen vejetasyon indeks arşivleri oluşturulmuştur. Geçmiş indeks verileri gönümüz inkdeslerle karşılaştırılarak kritik dönemlerdeki bitki örtüsü hakkında bilgi edinilebilmektedir. Bu amaçla kritik ürünün maksimum seviyede olduğu döneme ait vejetasyon indekslerinin güncel ve geçmiş yıllarla karşılaştırma haritaları önemli bilgi sağlamaktadır. Ayrıca belirlenen bir alanda indeks değerlerinin yıl içerisinde ve yıllar arasında değişimi görülebilmektedir. Bu sayede o alanda iklimsel faktörler, hastalık ve benzeri nedenlerle ürün verimde meydana gelebilecek verim azalması izlenebilmektedir.

Zaman serisi NDVI verilerinden elde edilen değişim katsayısı verileri belirli bir alanda yıllar arasında bitki örtüsü değişkenliği hakkında bilgi vermektedir. Bitki örtüsü fenolojisi çevre ve iklimsel dinamiklere karşı duyarlıdır (Crucifix et al., 2005). Özellikle tarımsal faaliyetlerin yoğun yapıldığı bölgelerde ve bitki yetişme sezonunda değişim katsayısının yüksek olması tarımsal açıdan o bölgenin iklim etkisine hassas olduğunu göstermektedir. İç Anadolu Böldesi'nde kuru tarım yapılan bölgelerde bitki verimi büyük ölçüde yağışa bağlıdır. Yağışın az olduğu yıllarda bitki vejetasyon yoğunluğu azalmakta, yağışın fazla olduğu yıllarda ise bitki biyokütlesi artmakta bu da vejatasyon indeks değerini arttırmaktadır. Yıllar arasında yağışa bağlı olarak meydana gelen biyokütle ve vejetasyon indeksindeki farklılık değişim katsayısı değerini de arttırmaktadır.

KAYNAKLAR

Anonim, 2018, HYPERLINK http://www.vgt.vito.be/userguide/book_1/1/11/e11a.htm / [Erişim tarihi: 26.04.2018].

Brown, J.F., Loveland, T.R., Merchant, J.W., Reed, B.C., Ohlen,D.O., 1993. Using multisource data in global land-cover characterization:concepts, requirements, and methods. Photogramm. Eng. Remote Sens. 59, 977–987.

Crucifix, M., Betts, R.A., Cox, P.M., 2005. Vegetation and climate variability: a GCM modelling study. Clim. Dyn. 24, 457–467.

Erdoğan M., H. Akdeniz, 2004. Uzaktan Algilama Amaçli Uydu Sistemlerindeki Son Gelişmeler. Hrt.Gn.K.lığı, Harita Dergisi Sayı: 132

Evans, D.L., Zhu, Z., Winterberger, K., 1993. Mapping forest distributions with AVHRR data. World Resour. Rev. 5, 66–71.

Lenney, M.P., Woodcock, C.E., Collins, J.B., Hamdi, H., 1996. The status of agricultural lands in Egypt: the use of multitemporal NDVI features derived from LandsatTM. Remote Sens. Environ. 56, 8–20.

Loveland, T.R., Merchant, J.W., Ohlen, D.O., Brown, J.F., 1991.Development of a land-cover characteristics database for theconterminous US. Photogramm. Eng. Remote Sens. 57 (11),1453–1463.

Pfirman E., Hogue J., See L., Hoefsloot P. 1999. Map and Image Display and Analysis Software, User's Manual. FAO Global Information and Early Warning System ES:GCP/INT/619/EC Technical Report

Running, S.W., Loveland, T.R., Pierce, L., Nemani, R.R., Hunt Jr.,E.R., 1995. A remote sensing based vegetation classificationlogic for global land cover analysis. Remote Sens. Environ. 51,39–48.

Sertel E. ve C. Örmeci, 2009. Uzaktan Alg1lama Verilerinin iklim Biliminde Kullanım Olanakları. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12.Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 11 15 Mayıs 2009, Ankara

Townshend, J.R.G., Justice, C.O., Skole, D., Malingreau, J.P., Cihlar, J., Teillet, P., Sadowski, F., Ruttenberg, S., 1994. The 1 km resolution global data set: needs of the International Geosphere Biosphere Programme. Int. J. Remote Sens. 15, 3417–3441.

Sakamoto, T. ; Yokozawa, M. ; Toritani, H. ; Shibayama M. ; Ishitsuka N.; Ohno H. (2005). A Crop Phenology Detection Method Using Time-Series Modis Data; Remote Sensing of Environment 96, pp. 366 – 374

Yıldız H., A. Mermer, E. Ünal,F. Akbaş. 2012. Türkiye Bitki Örtüsünün NDVI Verileri ile Zamansal ve Mekansal Analizi Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 2012, 21 (2): 50-56

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6184

ESGAZ VE İZMİRGAZ BÜTÜNLEŞİK ALTYAPI BİLGİ SİSTEMLERİ PROJESİ: WEB TABANLI CBS UYGULAMASI ÖRNEĞİ

Sultan Gökçen BİLGEN[1], Fulya DEMİRCİOĞLU[2], Erdem ÖZAŞIK[3], Ender SUNERLİ[4], Cemal YILDIZ[5], Gürhan TIRAŞCIOGLU[6]

[1]İzmir Doğal Gaz Dağıtım A.Ş., Altyapı Bilgi Sistemleri ve Proje Müdürü, İzmir, gokcen.bilgen@izmirgaz.com.tr
[2]Esgaz A.Ş., CBS Şefi, Eskişehir, fulya.demircioglu@esgaz.com.tr
[3]Esgaz A.Ş., CBS Sorumlusu, Eskişehir, erdem.ozasik@esgaz.com.tr
[4]İzmir Doğal Gaz Dağıtım A.Ş., CBS ve Harita Şefi, İzmir, ender.sunerli@izmirgaz.com.tr
[5] İzmir Doğal Gaz Dağıtım A.Ş., Proje Destek Elemanı, İzmir, cemal.yildiz@izmirgaz.com.tr
[6] Esgaz A.Ş., CBS Operatörü, Eskişehir, gurhan.tirascioglu@esgaz.com.tr

ÖZET

Günümüzde gelişen teknoloji imkânlarıyla birlikte birçok alanda kullanımı yaygınlaşan coğrafi bilgi sistemleri, sunduğu harita tabanlı çözümler ile bilgi sistemi kavramına yeni bir bakış açısı getirerek, mekânsal analiz ve sorgulama yetenekleri sayesinde veritabanı düzeyinde depolanan konumsal bilginin raporlanmasına, çıktıların harita üzerinde desteklenmesi ile birlikte daha etkili ve anlaşılır sonuç raporların sunulmasına olanak sağlamaktadır. Coğrafi bilgi sistemleri, alt yapı yönetimine ihtiyaç duyan kurumlar tarafından da vazgeçilmez bir araç hâline gelmiştir. Kent bilgi sisteminin en önemli bileşenlerinden biri olan alt yapı bilgi sistemleri; doğal gaz, elektrik, su, telekomünikasyon gibi birçok yeraltı şebekesine ait verinin ilişkili olduğu adres verileri ile bir arada depolandığı ve coğrafi bilgi sistemleri yetenekleri sayesinde istenen çeşitlilikteki analiz ve raporlamaların yapılabildiği, planlama faaliyetlerinin yürütülebildiği bir sistemdir. Özellikle, altyapı saha faaliyetlerinde yer altı tesislerinin konum bilgilerine hızlı ve doğru bir şekilde erişim sağlamak ve alt yapı ile ilgili sorgulamalar, analizler yapabilmek için web tabanlı platformlar ve mobil araçların kullanım ihtiyacı gün geçerek artmaktadır.

ESGAZ AŞ Eskişehir'de doğal gaz dağıtımı ve işletmesinden sorumlu tek şirket olup özelleştirme sonrası 2004 yılından bu yana faaliyetlerini sürdürmektedir. İzmir Doğal Gaz AŞ ise İzmir'de doğal gazın dağıtımından sorumlu tek şirkettir. Her iki kurum da coğrafi bilgi sistemleri teknolojisinden faydalanmakta olup, tüm şebeke elemanları ile bu şebekenin ilişkilendirildiği adres ve abonelik bilgileri harita tabanlı bir sistem içerisinde depolanmaktadır.

Bu proje ile farklı lokasyonlardaki hizmet alanlarında ancak hedef faaliyet alanı aynı olan, aynı mevzuata tabi şekilde (4646 sayılı Doğal Gaz Piyasası Kanunu) faaliyetlerini sürdürmekte olan iki şirketin, mevcutta kullanmakta olduğu CBS uygulamalarının birleştirilerek standart hâle getirilmesi hedeflenmektedir. Bu proje ile birlikte, altyapı bilgi sistemlerine yönelik ayrı ayrı yönetilen benzer süreçlerin ortak amaçlar doğrultusunda aynı sistem yapısı ile yeniden tasarlanması gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: altyapı bilgi sistemi, doğal gaz şebekesi bilgi sistemi, web tabanlı CBS

ABSTRACT

ESGAZ&İZMİRGAZ INTEGRATED INFORMATION SYSTEMS PROJECT: WEB BASED GIS APPLICATION EXAMPLE

Today, developing technology for use in many areas with facility widespread geographic information systems, the concept of the information system offered by the map-based solutions, bringing a new perspective, spatial analysis and querying capabilities through the database level stored in the positional information to be reported, together with support on the map of outcomes more effective and understandable results allows reports to be presented. Geographic information systems have become an indispensable tool by institutions that need infrastructure management. One of the most important components of urban, infrastructure information systems, it is a system that can execute planning activities through geographic information systems capabilities such as storing natural gas, electricity, water, underground network or telecommunications data together, analysing of the desired variety and reporting functions. In particular, infrastructure activities in the field of underground facilities to quickly and accurately provide location information access and query-related infrastructure, in order to make analysis of web-based platforms and mobile devices through the use of day needs.

ESGAZ Company is the only company responsible for distribution and operation of natural gas network since 2004 after the natural gas distribution business privatization in Eskisehir location. İZMİRGAZ Company is the only company responsible for the distribution and operation of natural gas in İzmir. Both companies have Geographic Information System technology, where all the network elements associated with the network address and subscription information is stored in a map-based system.

By this project, it is aimed to become standard by combining GIS applications of two companies. Although the service areas are at different locations, both companies are responsible of the same regulations and the same core business. With this project, the partners purposes similar processes separately managed information systems for infrastructure redesign was carried out with the same system structure.

Keywords: infrastructure information system, naturalgas network information system, web-based GIS

1. GİRİŞ

Teknoloji dünyasında yaşanan gelişmeler ışığında coğrafi bilgi sistemleri araçları kullanılarak gerçekleştirilen web tabanlı uygulamalar, bilgiye erişimi daha hızlı ve güvenilir hâle getirmiştir. Günümüzde altyapı kurumlarının en temel ihtiyaçlarından biri hâline gelen coğrafi bilgi sistemleri, geliştirilen uygulamalar ile konuma dayalı analiz ve raporlamalar sayesinde karar verme sürecinde etkin bir rol oynamaktadır. Özellikle, saha uygulamalarında mevcut altyapı tesisinin nerelerde bulunduğu, altyapının ilişkili olduğu abonelerin konumları, bölgesel tüketim analizleri, şebeke üzerinde herhangi bir noktada yaşanması muhtemel hat hasarları durumunda hangi bölgelerin etkileneceği ve etkilenen bölgelerin hangi vanalarla kontrol edilebileceği gibi ihtiyaca yönelik çok farklı raporlamaların coğrafi bilgi sistemleri araçları ile son kullanıcıya sunulması, altyapı kurumları ve paydaşları için birçok yönden avantaj sağladığı gibi kâğıt üzerinde yapılacak uzun analiz ve raporlamalar için harcanan zaman kayıplarının önüne geçilmesini sağlayarak, sonuç çıktıları daha anlaşılır hâle getirmektedir. Günümüzde birçok altyapı kurumunun faydalandığı altyapı bilgi sistemleri, temelde aynı yapıda tasarlanmasına rağmen birçok kurumun kendi ihtiyaç ve önceliklerine göre düzenleyip geliştirdiği bir sistem hâline gelmiştir. Bu çalışmada amaç, altyapılardan biri olan ve farklı lokasyonlardaki iki doğal gaz şebekesinin altyapı bilgi sistemleri temelinde tasarlanması ve son kullanıcının erişim sağlayacağı web uygulamasının geliştirilmesi ile iki kurumun doğal gaz şebekesinin bütünleşik bir altyapı bilgi sistemleri temelinde yeniden tasarlanması ve böylelikle ortaya çıkan model ile sektördeki benzer süreçlere sahip paydaşların da bu anlamda fayda sağlayabileceği bir platformun hazırlanmasıdır.

Projenin sistem tasarımı sürecinde her iki kurumun mevcut durumu ve ihtiyaçları göz önünde bulundurularak ortak bir veri tabanı modeli benimsenmiştir. Sonuç ürün platformları; masaüstü, web ve mobil uygulamaları içermektedir. Her kullanıcıya özel olarak tanımlanan kullanıcı bilgileri ile sisteme giriş yapılarak; adres, abone ve şebeke sorgulamalarına, konumsal raporlama ve analizlere ulaşılabilmektedir. Kullanıcıların internet erişiminin olduğu her yerde, doğal gaz altyapı bilgi sistemlerine belirlenen kullanıcı bilgileri ile giriş, görüntüleme ve sorgulama yapabileceği, çevrimiçi bir platformun tasarlanarak, doğal gaz sektöründe faaliyet gösteren iki kurum için ortak bir altyapı bilgi sistemleri yapısının oluşturulması sağlanmıştır.

2. WEB TABANLI CBS UYGULAMALARI

CBS gibi coğrafi verilerin toplanması, depolanması, analizi ve sunumunun bir arada yapılmasına olanak sağlayan bir sistemi internet gibi belirli protokoller kullanarak dünya üzerindeki bilgisayarları birbirine bağlayıp bilgi dağıtımı, paylaşımı, erişimi ve transferi ile bilgisayarlar arası iletişimi sağlayan bilgisayar ağları arasındaki bir ağın birleştirilmesi sonucu ortaya çıkan bu teknoloji web tabanlı CBS olarak isimlendirilebilir. İnternet tabanlı olarak geliştirilen bu uygulama hem şirket içinde hem de internet üzerinden diğer kullanıcılara harita üzerinde sorgulama, analiz yapma ve rapor alma ihtiyaçlarını karşılamak üzere oluşturulmuştur. İnternet teknolojisi sayesinde web tarayıcısı ile dünyanın herhangi bir yerindeki harita servisine erişilebilir. Farklı platformlardaki kullanıcılar harita ve veri setlerini eş zamanlı ve bağımsız olarak kullanabilir. Bir kurumda verileri paylaşarak zenginleştirmenin daha ekonomik ve akılcı olduğu düşünüldüğünde; yüzlerce kullanıcı paylaşılan bir ortamda koordineli olarak çalışabilir, kullanıcılar nerede olduklarından bağımsız olarak sisteme etkin olarak ulaşabilir. İnternet, uygulamalarda konumsal bilgiyi kullanma şekline yeni bir boyut getirmiş ve haritacılık uygulamaları web üzerinde etkin olmaya başlamıştır.

Web CBS konumsal bilgi ve harita servislerinin, internet aracılığı ile diğer kullanıcılara aktarımını ve paylaşımını sağlamaktadır. Bu şekilde geleneksel CBS'de yaşanan, elde edilen verilerin tek bilgisayarda tutulması, güçlü donanım ve yazılıma ihtiyaç duyulması gibi sorunlar giderilmektedir. Web tabanlı CBS ile geleneksel CBS arasındaki farklılıklar; kullanıcı ara yüzlerindeki değişiklikler, erişim kolaylığı, veriyi depolama ve etkin biçimde kullanma konularında kendini göstermektedir. Kullanıcılar elde etmek istedikleri ve farklı bir platformda olan bilgilere internet aracılığıyla ulaşabilmekte, sistemdeki verilere bağlı olarak çeşitli sorgulamalar yapabilmektedirler. Çok farklı alanlarda kullanım olanağı bulan internet tabanlı CBS günümüzde ulaşım, kargo ve trafik hizmetleri, turizm danışma, harita veya coğrafi bilgi sorgulama, yer bulma gibi maksatlarla kullanılmaktadır. İlk kez 1993 yılında Xerox Palo Alto Araştırma Merkezi tarafından etkileşimli olarak internet tabanlı harita sunumu yapılmıştır. Bu uygulamanın ardından internet tabanlı CBS uygulamalarında önemli artışlar olmuştur (Arca vd., 2011).

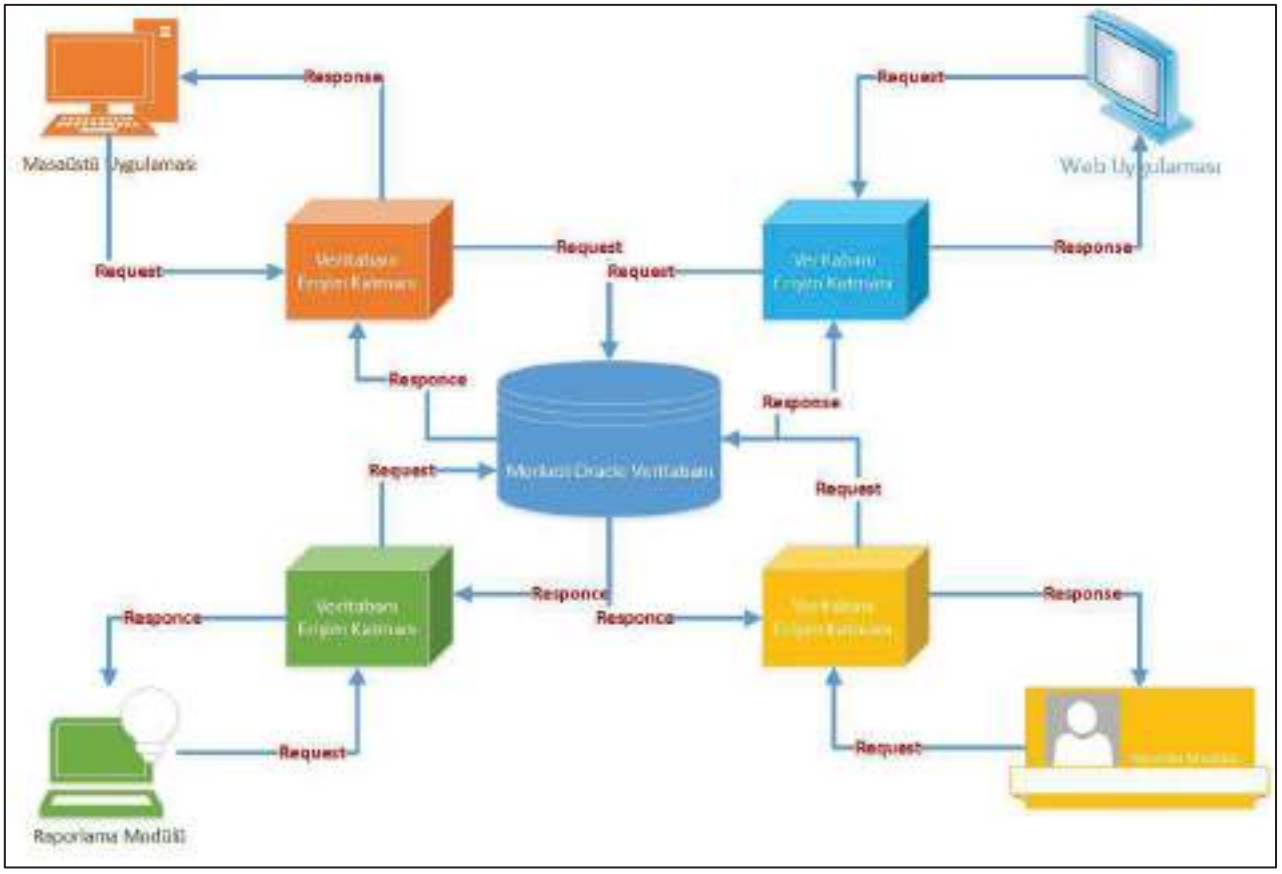
3. PROJE GELİŞTİRME SÜRECİ

3.1 Sistem Tasarımı

Sistem amaç ve hedeflerinin belirlenmesi, üretilecek haritaların ve uygulama araçlarının tespit edilmesi yanı sıra yazılım ve donanım teknik altyapısının oluşturulması aşamalarını kapsamaktadır. Esgaz ve İzmirgaz CBS birimleri bir araya gelerek ortak hedef ve ihtiyaçlar belirlenmiştir. İki şirketin CBS uygulamaları karşılaştırılarak mevcut

yapıdan yeni uygulamalara aktarılacak ve mevcut uygulamalarda olmayan fakat her iki tarafın da ihtiyacı olan maddeler belirlenmiştir. Belirlenen ihtiyaçlar doğrultusunda yazılımcı firma Başarsoft yetkilileri ile bir araya gelinerek use-case'ler çıkarılmıştır. Ortak ihtiyaçların belirlenmesi sonrası uygulamaların çalışabilmesi için sistem ve yazılım gereksinimleri belirlenmiş ve geliştirmeler gerçekleştirilmiştir. Masaüstü uygulaması 64 bit MapInfo üzerinde çalışacak şekilde, katmanlı mimaride geliştirilmiştir. Yapılan işlemlerin ve uygulama hatalarının loglanması için ayrı bir loglama servisi kullanılmıştır. Masaüstü uygulamasının arayüzü için DevExpress komponentlerinden yararlanılmıştır.

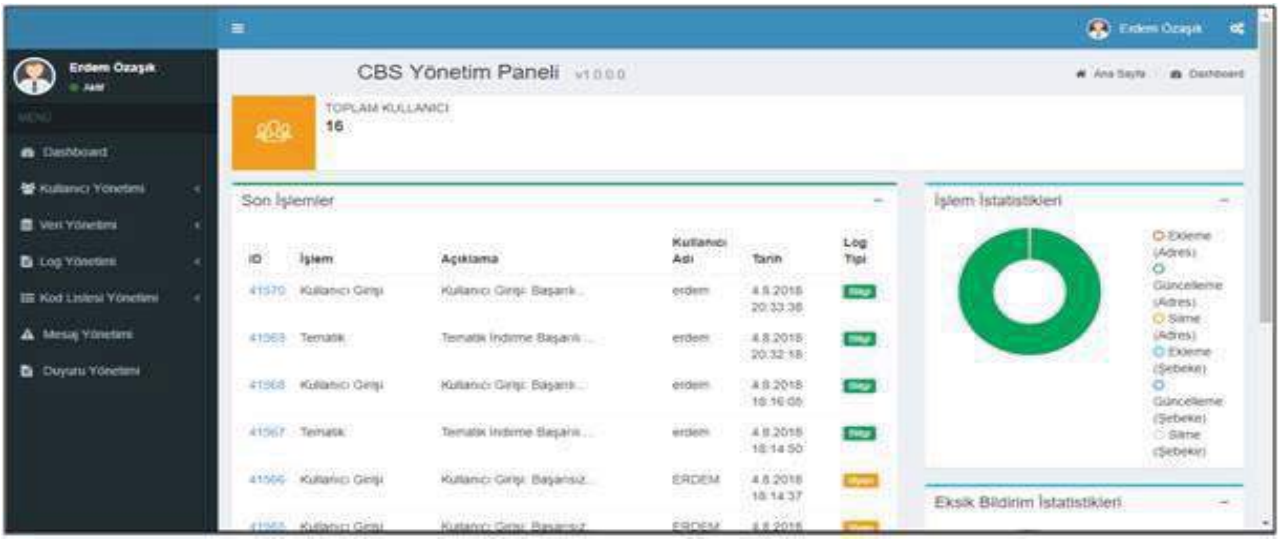
Web uygulaması 64 bit olarak geliştirilmiştir. Arayüzde mobil cihazlar da düşünülerek responsive tasarım deseni uygulanmıştır. Web uygulamasında harita kütüphanesi olarak Openlayers, GeoserverveMapXtreme kullanılmıştır. Raporlama modülü masaüstü ve web uygulamasından üretilen raporların hızlı ve tek bir yerden alınabilmesi için sistem diğer uygulamalardan bağımsız olarak geliştirilmiştir. Arayüz olarak yine mobil cihazlar da düşünülerek responsive tasarım deseni uygulanmıştır. Sistem, katmanlı mimaride geliştirilmiştir. Yönetim modülü; web, masaüstü ve raporlama modülünde yer alan işlevlerin ve verilerin düzenlenebilmesi için ayrı bir yapı oluşturulmuştur.



Şekil 1. Sistem Mimarisi

3.2 Kullanıcı Tip ve Yetkilerin Belirlenmesi

Proje bütününde Esgaz ve İzmirgaz için ayrı kullanıcı grupları hazırlanmıştır. Bunun yanı sıra kullanıcılar; veri üretiminden sorumlu kullanıcılar ve kurum içi çalışanlar olmak üzere de sınıflandırılmış ve yetkilendirilmiştir. Yönetim modülü içerisinde kullanıcı yönetimi paneli oluşturulmuştur. Kullanıcı yönetimi ile kullanıcı grupları oluşturma, mevcut kullanıcının grubunu değiştirebilme, yeni kullanıcı ekleme, tanımlı kullanıcının uygulamalara erişimini engelleyebilme veya açabilme, kullanıcı yetkilerini değiştirebilme ve görüntüleyebileceği ekranı belirleme özellikleri eklenmiştir. Her araç, menü ve bu araç ve menüler ile açılan bilgi ekranlarında bulunan butonlar kullanıcının ihtiyacına göre yetkilendirilecek şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 2. Sistem Yönetim Paneli

3.2 Veri Tabanı Tasarımı ve Mevcut Verilerin Düzenlenmesi

Bütünleşik bir proje olması sebebi ile mevcutta kullanılan veri tabanları yeniden tasarlanmış ve ortak hâle getirilmiştir. Bu aşamada, yeni veri biçimlerinin ne şekilde olacağı belirlendiği gibi mevcut veriler de yeni tasarlanan yapıya göre düzenlenmiştir. Veri Tabanının sağlıklı çalışabilmesi için minimum server gereksinimleri belirlenmiş ve server yeterli duruma getirilmiştir. Esgaz ve İzmirgaz tabloları tekrar gözden geçirilerek tablolarda aynı işlevde fakat farklı isimlerdeki kolonlar ve farklı ihtiyaçlardan dolayı bulunan kolonlar yeniden isimlendirilerek ortaklaştırılmıştır. Mevcutta bulunmayan fakat ihtiyaç olan yeni tablolar ve kolonlar oluşturulmuştur. Mevcut tablolar yeni oluşturulan veri modeline göre düzenlenmiştir.

4. PROJENİN FONKSİYONLARI

Proje kapsamında son kullanıcıların masaüstü, web uygulaması ve mobil araçlar ile sisteme bağlanarak coğrafi bilgi sistemleri araçları ile iş süreçleri kapsamında istenilen sorgulama, raporlama ve analizleri yapabilmesi hedeflenmiştir. Bu hedef ve belirlenen ihtiyaçlar doğrultusunda web uygulaması tasarımı gerçekleştirilmiştir. Uygulama, sistem yöneticisi tarafından her kullanıcı için özel olarak belirlenen kullanıcı bilgileri ile giriş yapılacak şekilde tasarlanmıştır. Bununla birlikte, iş süreçleri farklı olan sistem kullanıcıları belirli gruplara ayrılmıştır. Bu şekilde, her kullanıcı grubuna ait özel tanımlamaların yapılabilmesi sağlanmıştır. Örneğin, yatırım faaliyetleri takibinde bulunan kullanıcı grubundaki bir kullanıcı doğal gaz şebekesine ait hat metrajları ve malzeme adetlerini detayları ile sorgulayabilmekte ve rapor oluşturabilmekteyken, müşteri hizmetleri kullanıcı grubundaki bir kullanıcı bahsedilen raporları görüntüleyememekte ancak iş süreçlerinde daha çok ihtiyaç duyacağı doğal gaz abonelerini ve tüketim bilgilerini bölgelere göre raporlayabilmektedir.

Sahada veri toplayan bir ölçüm personeli, ihtiyacı olan koordinatsal veriye hem mobil hem de web uygulamasından kolayca ulaşabilir. Fakat yatırım faaliyetleri hakkında herhangi bir sorgu yapamaz veya rapor elde edemez. İşletme bakım takibinde ise mevcut doğal gaz şebekesinde yapılan değişiklikler izlenebilmektedir. Yıkımdan, hasardan dolayı kutu sökümleri ve bu değişikliklere ait taleplerin oluşturulması ve sonuçlandırılması sağlanmaktadır. Yine işletme bakım takibinden iş süreci farklı olan kullanıcı bu bilgileri görüntüleyebilir fakat içeriklerinde herhangi bir değişiklik yapamaz. Uygulama, iş süreçleri farklı olan kullanıcıların, sistem yöneticisine sürekli bir şekilde güncel veriyi sağlamasıyla canlı tutulmaktadır. Veri tabanındaki bilgilerin güncel olması sayesinde de sisteme ulaşabilen her kullanıcı ihtiyacı olan veriyi doğru bir şekilde kullanabilmektedir. Masaüstü, web ve mobil uygulamasından elde edilebilecek başlıca rapor ve sorgulamalar:

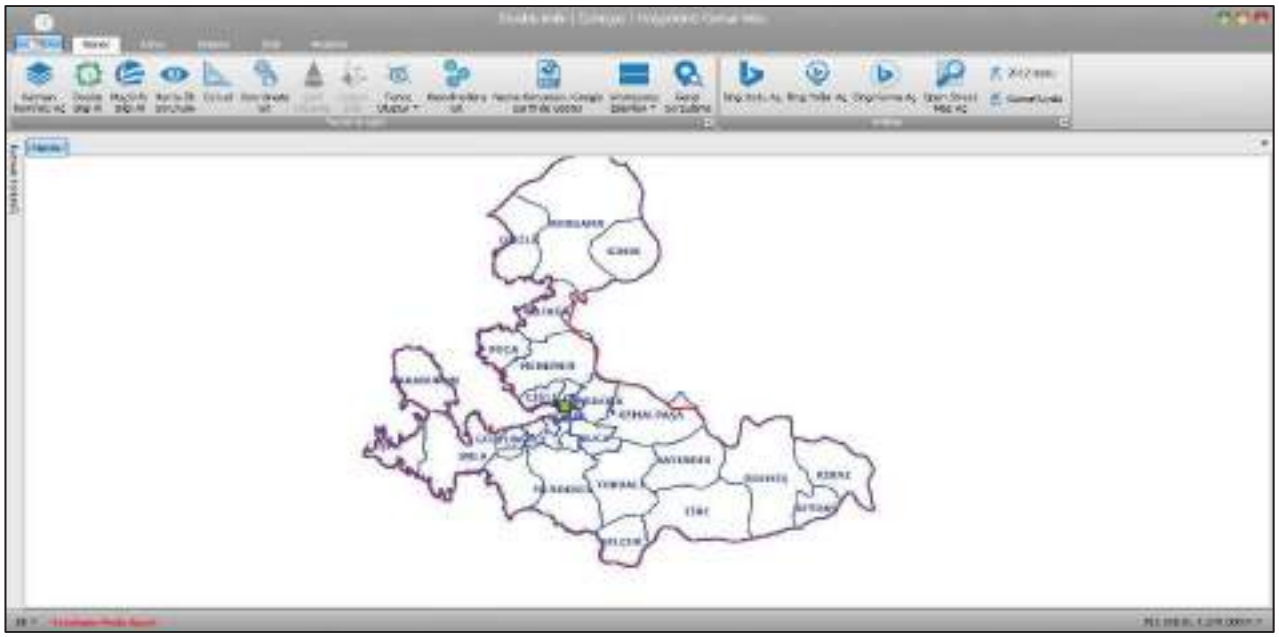
- Talep kayıt bilgileri (Servis Hattı Bağlantı Talepleri, yıkım, bilgilendirmeleri deplase, döküm)
- Kullanılan malzeme çap, adet ve metraj bilgileri ve bu malzemelere ait imalat bilgileri
- Abone bilgileri (Potansiyel abone ve gerçekleşen abone, gaz kullanıcı sayıları vb.)
- Akıllı haritalar (Gaz kullanan ve kullanmayan adreslerin tematik haritası)
- İmalat planlaması yapılan adreslerin detay bilgileri ve harita üzerindeki dağılımı
- Herhangi bir arıza sırasında gazı arzı kesilecek adreslerin bilgisi



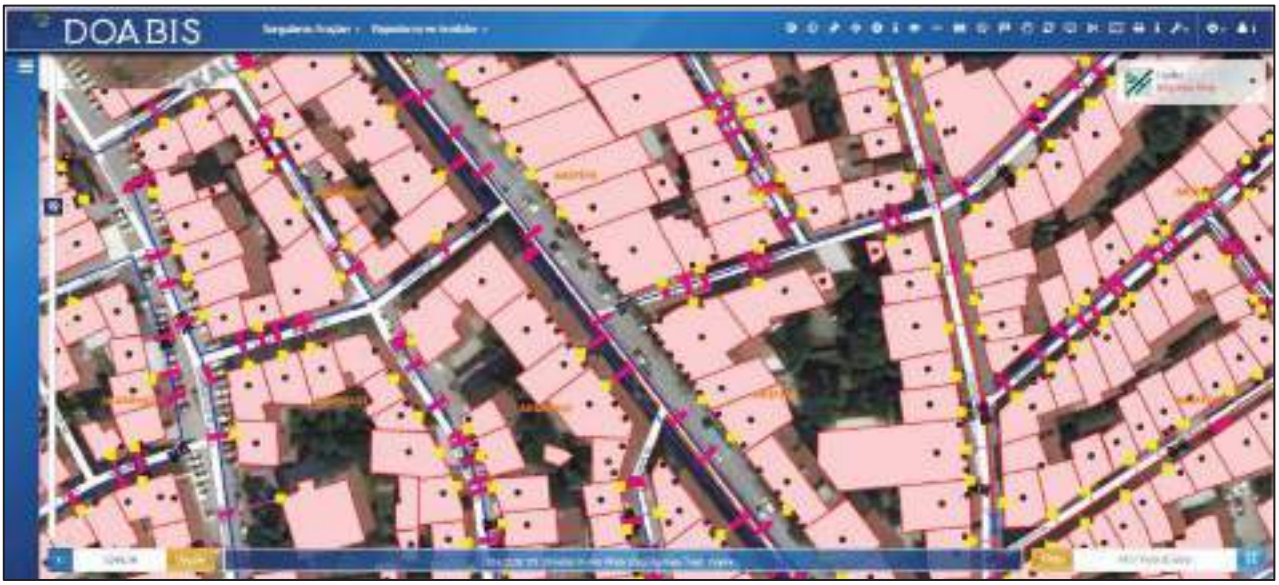
Şekil 3. Raporlama Modülü Ekran Görüntüsü

5. SONUÇ

Altyapı hizmetlerinden sorumlu şirketler için daha hızlı ve daha doğru bilgi edinilmesi ve bu bilgi ile analiz edilebilirliği açısından CBS oldukça etkin ve önemli bir araç hâline gelmiştir. Günümüz itibarıyla, mevzuatın da getirdiği zorunluluk açısından doğal gaz dağıtım şirketleri CBS tabanlı altyapı bilgi sistemlerini kullanmaktadır. Her bir şirketin kendi yapısına ve işleyişine bağlı olarak kurulmuş olan bu sistemler, bir üst ölçekte bütünleşik olarak tasarlanmıştır. Mevcutta işlemekte olan bu sistemlerin nasıl bütünleşik bir hâle getirilebileceğinin ortaya konduğu bu projede, sistemde yapılacak herhangi bir değişiklik, doğrudan ana yapıya uyarlanmaktadır. Bütünleşik sistemler ile, ortak çalışma alanları yaratılmakta, sistemin daha fonksiyonel hâle gelmesi sağlanmakta, maliyet açısından tasarruf elde edilmektedir. Geliştirilen uygulamaların da standardizasyonu ile tekrardan kaçınılmaktadır.



Şekil 4. Masaüstü Uygulaması Ekran Görüntüsü



Şekil 5. Web Uygulaması Ekran Görüntüsü

Çalışmada, mevcut durumda CBS tabanlı doğal gaz şebeke bilgi sistemine sahip ESGAZ AŞ ve İzmir Doğal Gaz AŞ 'deki coğrafi bilgi sistemleri iş süreçleri incelenmiş, benzerlikler ve farklılıklar ortaya konulmuş ve teknolojinin sunduğu imkânlar doğrultusunda belirlenen yeni ihtiyaçlar ile birlikte sistem tasarımı yapılmıştır. Sistem tasarımı sürecinde en kritik noktalardan birisi farklı işleyen süreçlerin yeniden gözden geçirilerek en iyi hâliyle yeniden tasarlanması aşaması olmuştur. Bu noktada amaç, kurumların alışkanlıklarını ya da süreçlerini değiştirmek değil, kurumların iş süreçlerini coğrafi bilgi sistemleri teknolojisi çerçevesinde yeniden değerlendirerek hem yönetici düzeyindeki kullanıcıların hem de iç ve dış kullanıcıların sistemden maksimum fayda sağlayabileceği bir altyapı bilgi sistemleri platformunun hazırlanması olmuştur. Bu amaçla, sistem kullanıcılarının talepleri de değerlendirilerek sistemde bulunması gereken raporlamalar ve analizler ortaya konulmuştur.

Çalışma sonucunda, farklı lokasyonlarda bulunan ancak hedef faaliyet alanı aynı olan ESGAZ AŞ ve İzmir Doğal Gaz AŞ'nin mevcutta kullanmakta oldukları CBS uygulamalarının birleştirilerek, standart bir veri tabanı tasarımı ve uygulama modeli içeren bütünleşik bir altyapı bilgi sistemleri uygulamasına geçişi ve yenilenen teknoloji imkânları ile birlikte son kullanıcının CBS araçları ile daha verimli analiz ve raporlamalar yapabileceği bir sistem tasarımı gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

Tecim V., 2008. Coğrafi Bilgi Sistemleri Harita Tabanlı Bilgi Yönetimi,Renk Form Ofset Matbaacılık.,91

Bilgen S.G., 2009. İzmir Doğal gaz Bilgi Paylaşım ve Yönetim Sistemi (NGISS). *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, İzmir.*
http://www.hkmo.org.tr/etkinlikler/cbs/etkinlik_bildirileri_detay.php?etkinlikkod=17&bilkod=413

Bilgen S.G., Tecim V., 2006. *CBS Tabanlı* Doğal gaz Altyapı Bilgi ve Yönetim Sistemi Projesi: İzmir-Karşıyaka Örneği. *Fatih Üniversitesi 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, 550-562, İstanbul.*

4646 Sayılı Doğal Gaz Piyasası Kanunu

Arca vd., 2011. Tarihi Kentlere Yönelik Web CBS Uygulaması: Safranbolu Örneği. *TMMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi,* Antalya.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6190

DALAMAN ÇAYI DRENAJ HAVZASININ MORFOMETRİK İNDİSLER KULLANARAK HİDROLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Aytekin ERTEN[1], Alper GÜRBÜZ[2]

[1]Yük.Lis. Öğr., Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 51240, Niğde, aytekinerten@gmail.com
[2]Dr. Öğr. Üyesi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 51240, Niğde, agurbuz@ohu.edu.tr

ÖZET

Güneybatı Anadolu'da yer alan Dalaman Çayı havzası Muğla, Denizli ve Burdur il sınırları içerisinde yaklaşık 4880 km²lik bir alana sahiptir. Nehir ~185 km uzunluğu ile güneybatı Türkiye'nin en uzun akarsuyudur. Nehrin drenaj havzasına ait hidrolojik özelliklerinin ortaya konulmasının amaçlandığı bu çalışmada coğrafi bilgi sistemleri kapsamında elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen hidromorfometrik analizler, nehrin beslenme havzasının özellikle litolojik özellikleri ile drenaj ağı gelişimine dönük nitelikleri arasındaki ilişkilerin ortaya konulmasını sağlamıştır. Bu çerçevede yapılan morfometrik analizler, Dalaman Çayı drenaj havzasının çizgisel, alansal ve rölyef özelliklerini kapsamaktadır. Ölçüm sonuçları Dalaman Çayı havzasının olgunluk safhasına yakın olduğunu ve erozyon faaliyetlerinin etkisinin yüksekliğini yansıtmaktadır. Bu sonucu denetleyen unsurların başında ise, nehrin beslenme havzasında geniş alanlar kaplayan Neojen ve Kuvaterner yaşlı geçirimli birimlerin bulunması, bitki örtüsü yoğunluğu ve havza rölyefinin yüksek oluşunun neden olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler: coğrafi bilgi sistemleri, drenaj havzası, Güneybatı Anadolu, hidromorfometri

ABSTRACT

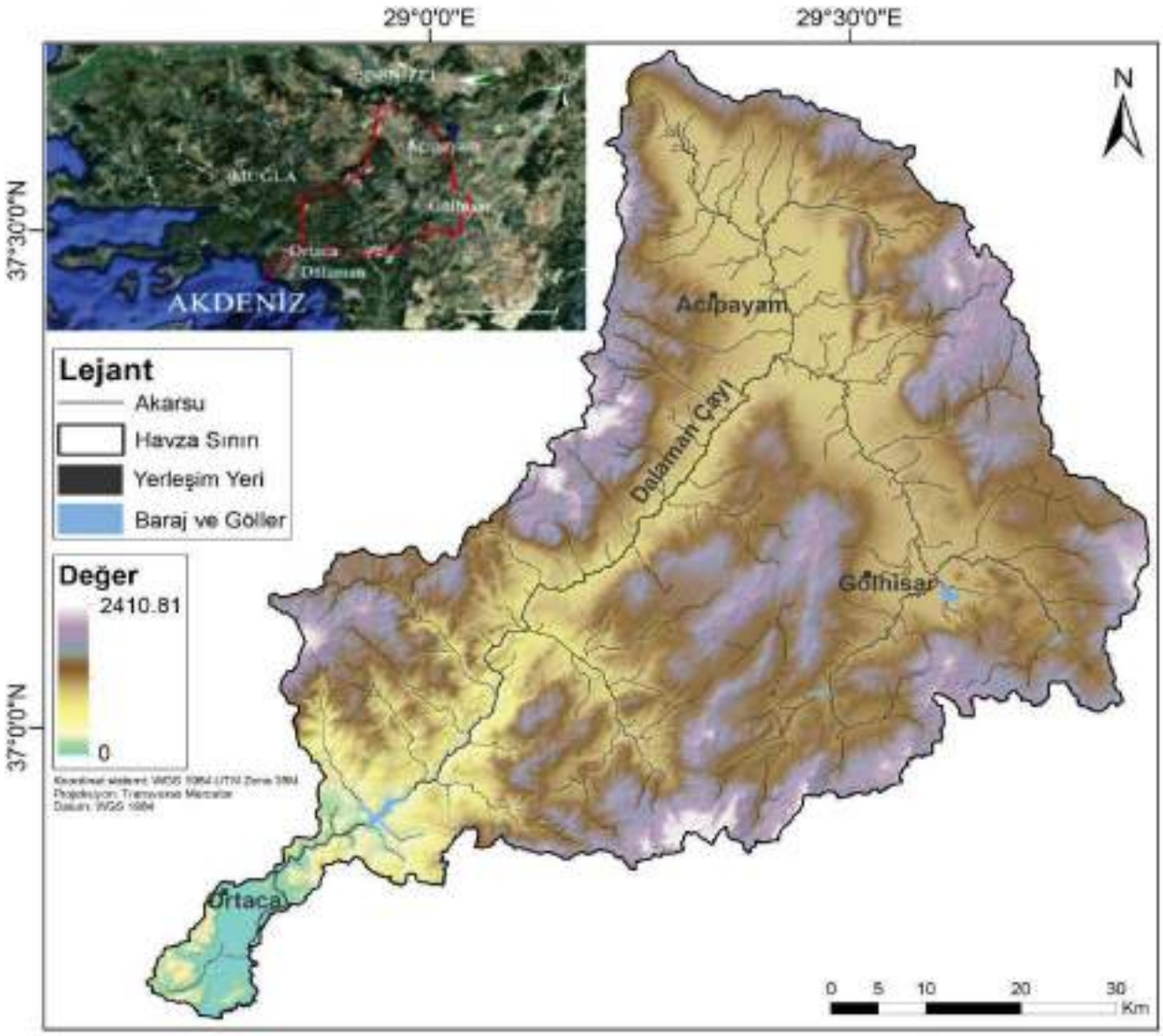
IDENTIFICATION OF HYDROLOGICAL FEATURES OF THE DALAMAN STREAM DRAINAGE BASIN USING MORPHOMETRIC INDICES

The Dalaman Stream drainage basin has an area of approximately 4880 km² located in southwest Anatolia, within the borders of Muğla, Denizli and Burdur provinces. With its ~185 km long, this stream is the longest in southwestern Turkey. In this study we aimed to reveal the hydrological properties of the stream drainage basin, thus, the data obtained through geographical information systems are evaluated. The hydromorphometric analyses carried out within the scope of the study deduced the relations between the characteristics of the river basin, especially the lithological characteristics and the characteristics of the drainage network. The morphometric analyses made in this frame consist of the linear, areal and relief features of the Dalaman Stream drainage. Analyses results of the Dalaman River basin represented values close to the maturity stage and reflect the high level of the effect of erosion activities. These are probably related to the presence of Neogene and Quaternary permeable units covering large areas, heavy vegetation and high basin relief in the river drainage basin.

Keywords: geographic ınformation systems, drainage basin, Southwest Anatolia, hydromorphometry

1. GİRİŞ

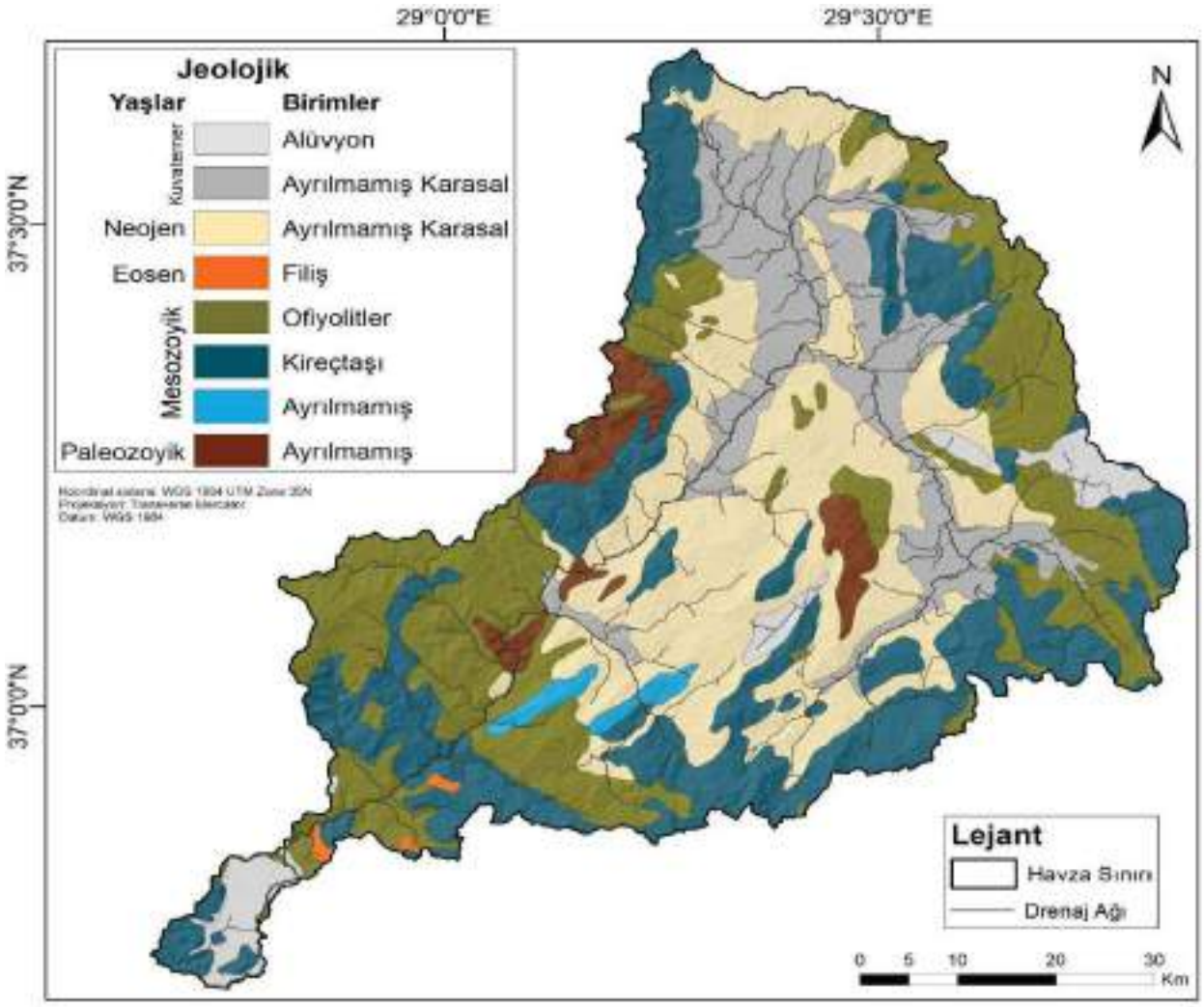
Yaklaşık 185 km uzunluğu ile Güneybatı Anadolu'nun en uzun akarsuyu olan Dalaman Çayı, 4880 km²lik beslenme havzası ile Muğla, Denizli ve Burdur il sınırları içinde yer almaktadır (Şekil 1). Bölgenin en önemli akarsularından birini temsil eden nehrin beslenme havzasının hidrolojik ve hidromorfometrik özelliklerine dönük veriler ise oldukça sınırlıdır. Geniş bir tarım alanına sahip olan bölge aynı zamanda turizm açısından önemli bölgelere de yakındır. Ayrıca akarsu üzerinde dört adet hidroelektirik santrali barajı yer almaktadır. Bu çalışmada Dalaman Çayı drenaj havzasının morfometrik özelliklerinin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu sebeple nehrin beslenme havzasının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile hazırlanmış drenaj özellikleri en çok tercih edilen hidromorfometrik indislere göre hesaplanarak havzanın hidrolojik özelliklerinin tanımlanması ve bu özellikleri denetleyen unsurların değerlendirilmesi yapılmıştır.



Şekil 1. Dalaman Çayı drenaj havzasının yer bulduru haritası ve fizyografisi.

2. ÇALIŞMA ALANININ JEOLOJİSİ

Çalışma alanının yer aldığı bölgenin jeolojisi allokton ve otokton birimlerden oluşmaktadır. Bölgedeki otokton birimler Beydağları Otoktonu tarafından temsil edilirken allokton birimler ise Likya Napları olarak bilinmektedir (örn., Şenel, 2007). Bölgede tektonik örtü hâlinde bulunan allokton birimler kendi içinde ise Tavas Napı, Bodrum Napı, Gülbahar Napı ve Marmaris Ofiyolit Napı olarak dört gruba ayrılır (Şenel, 2007). Likya Napları ile Beydağları Otoktonu arasında Üst Lütesiyen-Alt Burdigaliyen yaşlı Yeşilbarak Napı yer almaktadır. Marmaris Ofiyolit Napı, Gülbahar Napı, Bodrum Napı, Tavas Napı üzerine Eosen sonlarında bindirmişlerdir. Bütün naplar Alt Miyosen sonunda Yeşilbarak Napı'nı da altlarına alarak güneye sürüklemiş ve Alt Langiyen'de Beydağları Otoktonu üzerine yerleşmişlerdir (örn., Şenel, 1997). İnceleme alanında litolojik olarak Paleozoyik – Mesozoyik yaşlı kireçtaşları ile Kretase yaşlı melanj, peridotit ve serpantinler yer almaktadır (örn., Pamir, 1974). Kuvaterner döneminde gelişen Dalaman ovası ise Dalaman Çayı'nın taşıdığı malzemeyle dolarak oluşan alüvyal bir düzlüğü temsil etmektedir (Şekil, 2).



Şekil 2. Dalaman Çayı beslenme havzasında yer alan jeolojik birimlerin dağılımları (Pamir, 1974 ve MTA, 2002'den değiştirilerek).

3. YÖNTEM

USGS veri tabanından elde edilen 30 m çözünürlüklü SRTM verileri Dalaman Çayı'nın drenaj ağı ve beslenme havzası sınırlarının belirlenmesinde kullanılmıştır. Bu aşamada kullanılan Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), ArcGIS 10.5 programında ArcHydro modülü ile işlenmiştir. Dalaman Çayı drenaj havzasının hidromorfometrik özellikleri çizgisel, alansal ve rölyef özellikleri olmak üzere üç başlık altında değerlendirilmiştir. Yapılan analizler ve bulguların yorumlanması aşamalarında başlıca Horton (1932, 1945), Strahler (1952, 1964), Schumm (1956), Melton (1957) ve Scheidegger (1987)'nin yaklaşımları izlenmiştir.

4. BULGULAR

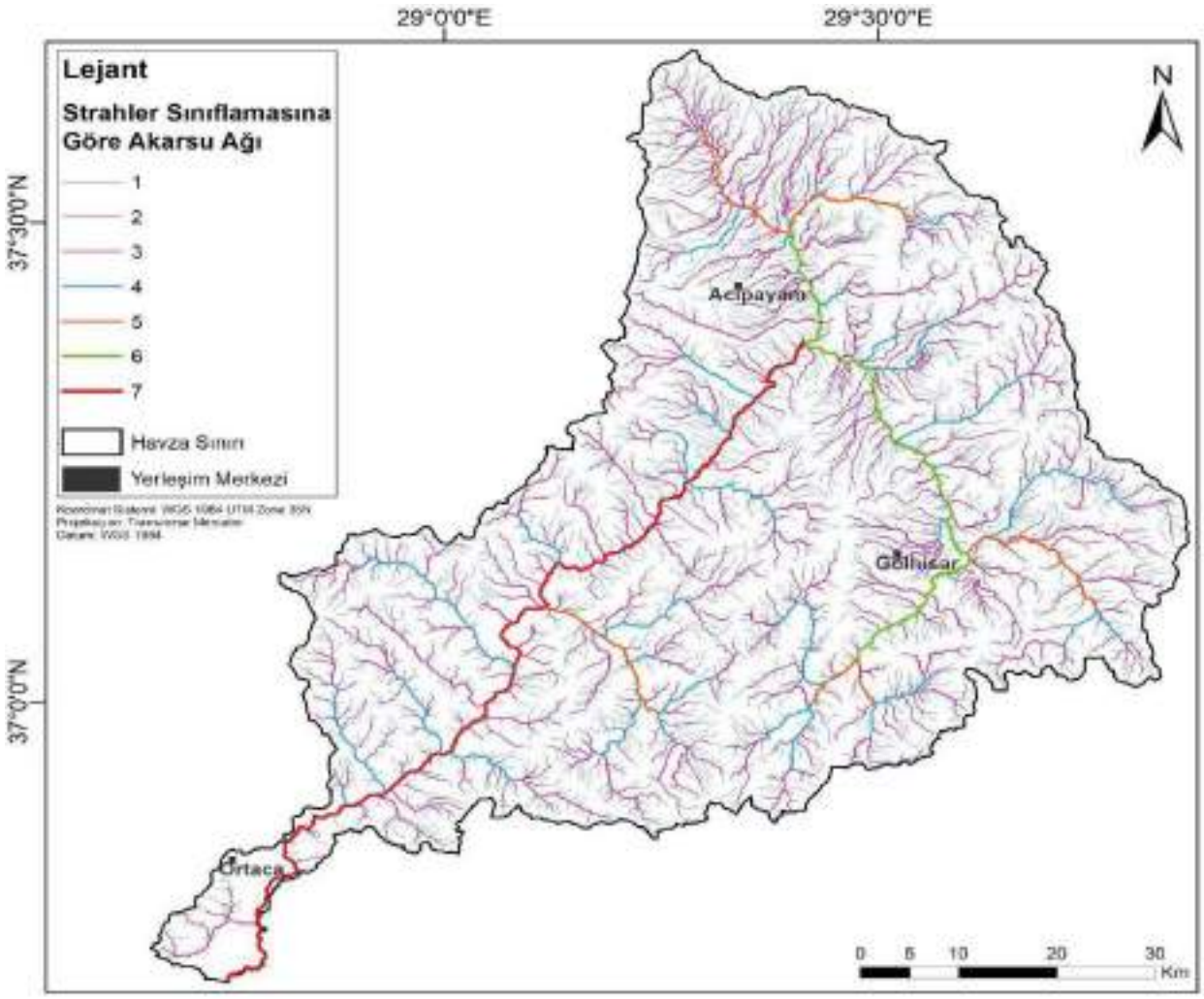
Dalaman Çayı beslenme havzasının Strahler (1964) sınıflamasına göre oluşturulan akarsu ağı üzerinden (Şekil 3) hesaplanmış çatallanma oranı (Rb) değeri yaklaşık 4 olmasına karşın, 4. çatallanma oran değeri 6.66 olarak hesaplandığı ortalama çatallanma oranı (Rbm) homojen bir jeolojik yapıyı işaret etmektedir. Drenaj havzasının düşük akarsu sıklığı (Fs), drenaj yoğunluğu (Dd), havza uzunluk oranı (Re) ve form faktör oranı (Rf) hesaplamaları da yine ortalama değerler vermektedir. Havza yüksek bir rölyef değeri (Bh) ve engebe değerine (Rn) sahipken oransal olarak düşük rölyef oranı (Rh) sunmaktadır. İnceleme alanına ait çizgisel, alansal ve rölyef özelliklerine ait hidromorfometrik indislerin sonucu Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Dalaman Çayı beslenme havzasına uygulanan hidromorfometrik indisler ve ölçüm sonuçları.

Havza Çizgisellik Özellikleri			
Morfometrik Parametre	**Formül**	**Sonuç**	
Akarsu dizini	Hiyerarşik Düzen	1'den 7'ye	Strahler (1964)
1. Dereceden akarsu (Suf)	Suf=N1	3529	Strahler (1952)
Akarsu sayısı (Nu)	Nu=N1+N2+…Nn	4523	Horton (1945)
Akarsu uzunluğu (Lu)	Lu=L1+L2+…Ln	6268.149	Horton (1945)
Çatallanma oranı Rb)	Rb=Nu/Nu+1	2 - 6.666	Horton (1932)
Ortalama çatallanma oranı (Rbm)	Rbm=(Rb1+Rb2+…Rbn)/n	4.09359649	Strahler (1964)
Ana akarsu uzunluğu	CBS	121.755	
Akarsu uzunluğu oranı (Lur)	Lur=Lu/Lu+1	1.95085852	Horton (1945)
Ortalama akarsu oranı (Lum)	Lum=Lu/Nu	1.38583882	Horton (1945)
Havza Geometrik ve Doku Özellikleri			
Havza uzunluğu	CBS	120	
Havza alanı	CBS	4880.37	
Havza çevre uzunluğu	CBS	477.585	
İzafi (nispi) çevre uzunluğu (Pr)	Pr=A/P	10.2188511	Schumm (1956)
Form faktör oranı (Ff)	Ff=A/Lb²	0.33891458	Horton (1945)
Havza uzunluk oranı (Re)	Re=2/Lb*√(A/π)	0.6569014	Schumm (1956)
Tekstür oranı (Rt)	Rt=N1/P	7.38926055	Schumm (1956)
Dairesellik oranı (Rc)	Rc=12.57*(A/P²)	0.26895936	Strahler (1964)
Dairesellik miktarı (rasyonu) (Rcn)	Rcn=A/P	10.2188511	Strahler (1953)
Dairesellik tekstürü (Dt)	Dt=Nu/P	9.47056545	Horton (1945)
Drenaj yoğunluğu (Dd)	Dd=Lu/A	1.28435938	Horton (1945)
Yüzeysel akış uzunluğu (Lo)	Lo=(1/Dd)*0.5	0.38929914	Horton (1945)
Akarsu sıklığı (Fs)	Fs=Nu/A	0.92677399	Horton (1932)
Kanal bakımı ©	C=1/Dd	0.77859828	Schumm (1956)
Havza Rölyef Özellikleri			
Havza ağız yüksekliği	CBS	2	
Maksimum havza yüksekliği (mutlak rölyef)	CBS	2411	
Toplam havza rölyefi (H)	H=Z-z	2409	Strahler (1952)
Rölyef oranı (Rhl)	Rhl=H/Lb	0.020075	Schumm (1956)
Nispi (bağıl) rölyef (Rhp)	Rhp=H*100/P	0.50441283	Melton (1957)
Engebelik değeri (Rn)	Rn=H*Lb	3.09402175	Melton (1957)
Hipsometrik integral (Hi)	Hi=(Zort-z)/(Z-z)	0.48484849	Scheidegger (1987)

5. SONUÇLAR

Elde edilen bulgular Dalaman Çayı drenaj havzasının hidromorfometrik indisler dikkate alındığında, olgunluk safhasına yakın olduğunu göstermektedir. Çizgisel ve alansal özellikler nehir havzasının kısmen homojen ve geçirimli jeolojik birimlerden oluştuğunu yansıtmaktadır. Beslenme havzası içerisinde erozyon faaliyetlerinin etkinliği ve yoğun bitki örtüsü drenaj ağının gelişimini denetleyen diğer faktörleri temsil etmektedir. Bu unsurların dışında bölgenin jeolojik birimlerinin geçirmiş oldukları yoğun tektonik fazların ürünü olarak birçok kırık ve çatlak sistemine sahip olması da jeolojik birimler üzerinde drenaj sisteminin gelişimini belirleyen önemli bir diğer unsurdur.



Şekil 3. Strahler yöntemine göre Dalaman Çayı drenaj ağı sınıflaması.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenen 117Y017 no'lu proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Horton, R.E., 1932. Drainage basin characteristics. American Geophysical Union of Transactions,13, 350-361.

Horton, R.E., 1945. Erosional development of streams and their drainage basins, Geolo. Soc. of Am. Bull., 56 (3), 275 - 370.

Melton, M.A., 1957. An analysis of the relations among elements of climate, Surface properties and geomorphology, Project NR 389042, Tech. Rep. 11, Columbia University.

MTA, 2002. 1/500000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları. MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.

Pamir, H.N. 1974. 1/500.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Denizli. Ankara: MTA Enst. Yay.

Scheidegger, A.E., 1987. The fundamental principles of landscape evaulation, Catena Supplement, 10, 199-210.

Schumm, S.A., 1956. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. Geological Society of American Bulletin, 67, 5, 597-646.

Strahler, A.N., 1952. Dynamic basis of geomorphology. Bull Geol Soc Am 63:923–938.

Strahler, A.N., 1964. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks, Handbook of Applied Hydrology, Ed. Ven Te Chow, 04, 9 - 76.

Şenel, M. 1997. 1/250.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Fethiye paftası. No: 2, MTA, Ankara.

Şenel, M. 2007. Likya naplarının özellikleri ve evrimi. Menderes Masifi Kolokyumu, Genişletilmiş Bildiri Özleri Kitabı, İzmir, s. 51-55.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6193

UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ ENTEGRASYONUYLA İKLİMSEL DEĞİŞİMLERİN BEYŞEHİR GÖLÜ'NE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ, ORTA-BATI ANADOLU

Esra GÜRBÜZ[1], Nizamettin KAZANCI[2], Klaus ARPE[3,4], Suzanne A. G. LEROY [5,6], Zeynep ERGUN[7], Koray KOÇ[8], Özgür YEDEK[9], Tahsin Onur YÜCEL[9], Alper GÜRBÜZ[10]

[1]Dr. Öğr. Üyesi, Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 68100, Aksaray, egurbuz@aksaray.edu.tr
[2]Prof. Dr., Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06520, Gölbaşı, Ankara, nkazanci@ankara.edu.tr
[3]Dr., Institute for the Environment, Brunel University, Uxbridge UB8 3PH (West London), UK
[4]Dr. Max-Planck-Institute für Meteorologie, 20146 Hamburg, Germany
[5]Prof.Dr., Institute for the Environment, Brunel University, Uxbridge UB8 3PH (West London), UK
[6]Prof.Dr., Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement (CEREGE), Europôle Méditerranéen de l'Arbois Avenue Louis Philibert - BP 80, 13545 Aix En Provence, France, leroy@cerege.fr
[7]Araş. Gör., Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06520, Gölbaşı, Ankara, zergun@ankara.edu.tr
[8] Araş. Gör., Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 07100, Antalya, Turkey, koraykoc@akdeniz.edu.tr
[9]Yüksek Lisans Öğr., Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, 06520, Gölbaşı, Ankara
[10]Dr. Öğr. Üyesi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 51240, Niğde, agurbuz@ohu.edu.tr

ÖZET

Türkiye'nin üçüncü büyük gölü olan Beyşehir Gölü, sahip olduğu tatlı su hacmi ve geniş yüzey alanı nedeniyle göllerdeki doğal ve insan kaynaklı değişikliklerin etkilerini gözlemlemek için önemli bir alandır. Beyşehir Gölü, yarı kurak karasal iklimden nemli ve sıcak Akdeniz iklimine geçişi temsil eden karstlaşmanın yoğun olduğu bir bölgede konumlanmaktadır. KB-GD uzanımlı göl çöküntüsü, doğuda Sultan Dağları ve Erenler-Alaca Dağı, batıda ise Anamas ve Dedegöl Dağları ile çevrilidir. Drenaj havzası açısından bu havza, komşu havzaları temsil eden Eğirdir Gölü ve Akşehir Gölü beslenme havzalarından Sultan ve Anamas dağlarının oluşturduğu su ayrım hattı ile ayrılır. Beyşehir Gölü'nün Suğla Gölü ve Konya Havzası ile bağlantısı ise Beyşehir Çayı/Kanalı-Çarşamba Çayı aracılığıyla sağlanmaktadır. Ülkemizin en büyük tatlı su gölü olan Beyşehir Gölü, 4200 km^{2}lik bir drenaj alanından yağış, yer altı suyu ve kar suları ile beslenmektedir. Beyşehir Kanalı üzerinde 1914 yılından beri çalışmakta olan regülatör göl seviyesini 1120-1125,5 m'ler arasında denetlemektedir. Çevresinde konumlanan yerleşim yerlerinde hızla artan insan nüfusu da doğrudan göl ile etkileşim içerisindedir. Bu özellikleriyle gölün, iklim değişimi karşısında davranışlarının ve bu davranışların kıyı kesimleri üzerindeki etkilerinin anlaşılması oldukça önemlidir. Yürütülen çalışma kapsamında, Beyşehir Gölü beslenme alanının son 40 yıllık meteorolojik ve iklimsel verileri Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile analiz edilmiş, elde edilen veriler uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak tespit edilen göl kıyısı değişimleri ile karşılaştırılmıştır. İnceleme sonuçları Beyşehir Gölü drenaj havzasının iklimsel özellikleri ile gölün alansal özellikleri arasında beklenenin aksine doğrusal bir ilişkiyi yansıtmamaktadır. Bu kapsamda eldeki bulgular, bölgenin sahip olduğu yoğun karstlaşmanın ve giderek artan insan etkisinin Beyşehir Gölü'nün alansal özellikleri üzerinde daha önemli olabileceği sonucuna işaret etmektedir.

Anahtar Sözcükler: göl seviyesi değişimi, iklim değişimi, kıyı değişimi, Landsat

ABSTRACT

INVESTIGATING THE EFFECTS OF CLIMATIC CHANGES ON LAKE BEYŞEHİR BY THE INTEGRATION OF REMOTE SENSING AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS, CENTRAL-WEST TURKEY

Turkey's third largest lake, Lake Beyşehir, is an important area to observe the effects of climate change and the volume occupied by the large surface area due to in the lake. Lake Beyşehir is located in a region that represents transition from semi-arid continental climate to moist and warm Mediterranean climate. NW-SE-oriented lake depression is surrounded by the Sultan Mountains and Erenler-Alaca Dağı in the east and the Anamas and Dedegöl Mountains in the west. In terms of the drainage basin, this basin is separated from the drainage basins of Eğirdir Lake and Akşehir Lake, which represent neighboring basins, by the water separation line determined by the Sultan and Anamas mountains. The connection of Lake Beyşehir with Suğla Lake and Konya Basin is provided by Beyşehir Çayı / Kanalı-Çarşamba Creek. Beyşehir Lake, the biggest freshwater lake in our country, is fed with rainfall, ground water and snow waters from a drainage area of 4200 km^2. The regulator working on the Beyşehir Channel since 1914 controls the lake level between 1120-1125.5 m. The rapidly growing human population in the surrounding settlements directly interacts with the lake. It is very important to understand their response to climate change and their effects on the coastal regions with these characteristics. In this study, meteorological and climatic data of the last 40 years in Lake Beysehir drainage basin were analyzed by Geographic Information Systems (GIS) and the obtained data were compared with the lake coastal changes where remote sensing data were determined. The fact that the drainage basin of Beysehir represents one of the most important regions of our country in terms of karstification and therefore the water budget is directly affected by this, causes the climatic effect on the lake basin to be limited. The results of the study do not reflect a linear relation between the climatic characteristics of the drainage basin of Beysehir Lake and the spatial characteristics of the lake. In this context, the findings suggest that the intense karstification and the increasing human impact in the region may be more important on the spatial characteristics of Lake Beyşehir.

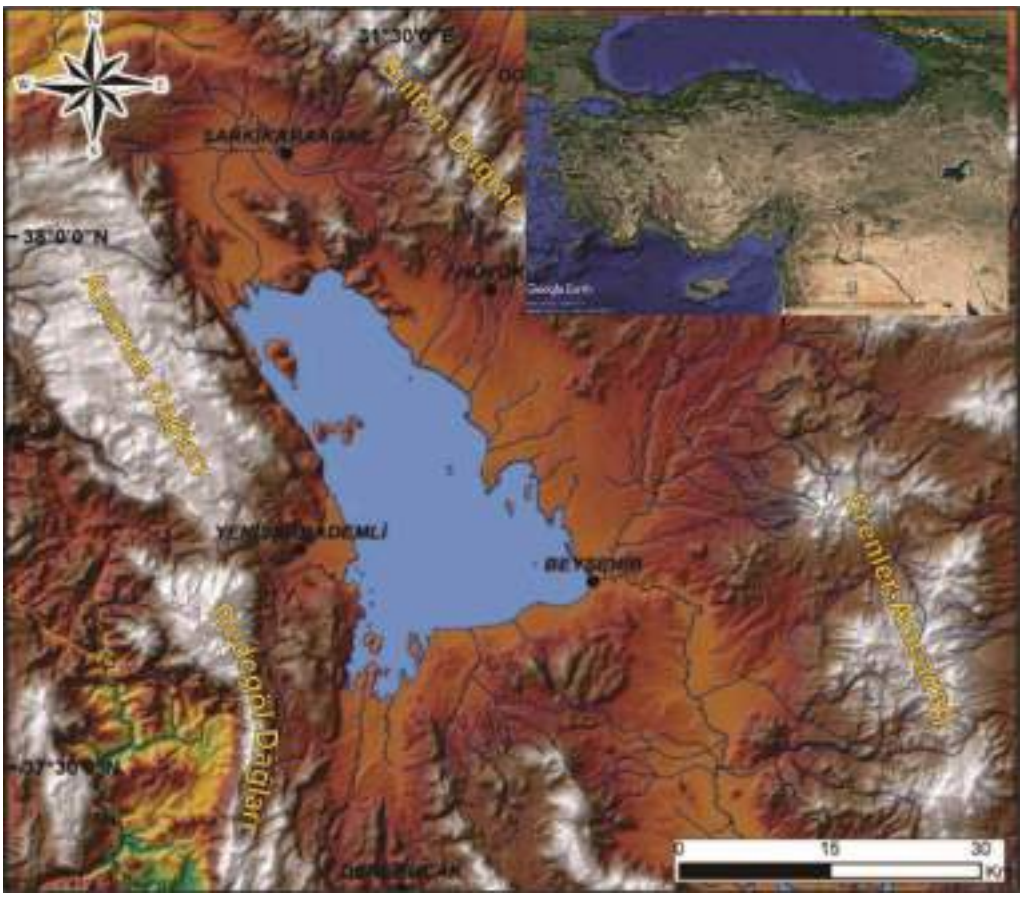
Keywords: climatic change, coastal change, lake level change, Landsat.

1. GİRİŞ

Beyşehir Gölü günümüzde sahip olduğu yüz ölçümüyle yalnızca ülkemizin değil, bulunduğumuz coğrafyanın da en büyük tatlı su gölüdür. Bu özelliğine rağmen göl, bazı çevresel değişiklikler özelliklerle ilgili yayımlanmış bazı çalışmalar dışında yeterince incelenmemiştir (örn., Nas vd., 2009, 2010). Bununla birlikte, dünyanın birçok bölgesindeki benzeri nitelikteki büyük göller, su kaynağı olma özelliklerinin yanı sıra iklim değişikliğinin göstergeleri olarak da büyük ilgi görmektedir (örn. Birket ve Mason, 1995). Bölgesel ölçekte, Beyşehir Gölü havzası, güneyde sıcak ve nemli Akdeniz iklimi ile kuzey ve doğuda yarı kurak karasal iklim bölgeleri olmak üzere Türkiye'nin iki ana iklim alanı arasında yer almaktadır. Bu durum iklim değişikliklerinin göl üzerindeki etkilerini tahmin etmeyi zorlaştırmaktadır. Bölge ayrıca ülkemizdeki önemli karstik alanlardan bir tanesidir. Tüm bunlar iklim değişikliklerinin göl üzerindeki etkilerini takip etmeyi ve dolayısıyla gölün sürdürülebilirliğine yönelik yaklaşımların ortaya konmasını zorlaştırmaktadır. Bu çalışmada, Beyşehir Gölü'nün son 40 yıllık dönemine ait meteorolojik ve iklimsel verilerinin, uzaktan algılama verileri ile incelenerek iklim değişikliklerinin, göl kıyıları üzerindeki ilişkisinin ortaya konulması hedeflenmiştir.

1.1 Coğrafik Çatı

Beyşehir Gölü, bir soda gölü niteliğindeki Van Gölü ve bir tuz gölü niteliğindeki Tuz Gölü'nden sonra Türkiye'nin üçüncü büyük gölüdür. Bununla birlikte, yukarıda da değinildiği gibi, ülkemizin ve bölgemizin de en büyük tatlı su gölüdür. Göl, deniz seviyesinden 1120 m yükseklikte, yaklaşık 9 m derinliğe sahip KB-GD uzanımlı tektonik kökenli bir çöküntü olarak batı Toros Dağları üzerinde yer almaktadır (örn. Koçyiğit, 1984, 2003; Nazik, 1992) (Şekil 1). Beyşehir Gölü, 2000 metrenin üzerine ulaşan yükseltilerle sınırlandırılmıştır (Kazancı, 1993). Göl, 4200 km^{2}lik bir drenaj alanına sahiptir ve komşu drenaj havzaları olan Eğirdir Gölü ve Akşehir Gölü havzalarından Anamas Dağları ile Sultan Dağları ve Erenler Dağı ile ayrılırken güneyde Suğla Gölü'ne Beyşehir Çayı kanalı ile bağlanır.



Şekil 1. Beyşehir Gölü'nün fizyografik görünümü.

Beyşehir Gölü, 26 derenin yüzey akışları ve 45 kaynak ile beslenmektedir. Uzun derelerin çoğu gölün doğusunda, Neojen çökelleri üzerinde yer alırken, daha kısa olan dereler genel olarak gölün batısındaki ve güneyindeki kesimlerde konumlanmıştır. Beslenme havzasında yer alan jeolojik birimlerin en önemlilerini karbonatlı kayaçlar, ofiyolitik ve volkanik-volkanoklastik kayaçlar temsil etmektedir (örn. Özgül, 1976). Öte yandan Beyşehir Gölü havzasının en önemli özelliklerinden biri bölgede yer alan yoğun karbonatlı kayaçlardan kaynaklanan karstik karakteridir. Beyşehir Gölü'nün su bütçesinde çok sayıda karstik yapı (örn. mağaralar, dolinler vs.) önemli rol oynamaktadır (örn. Nazik, 1992).

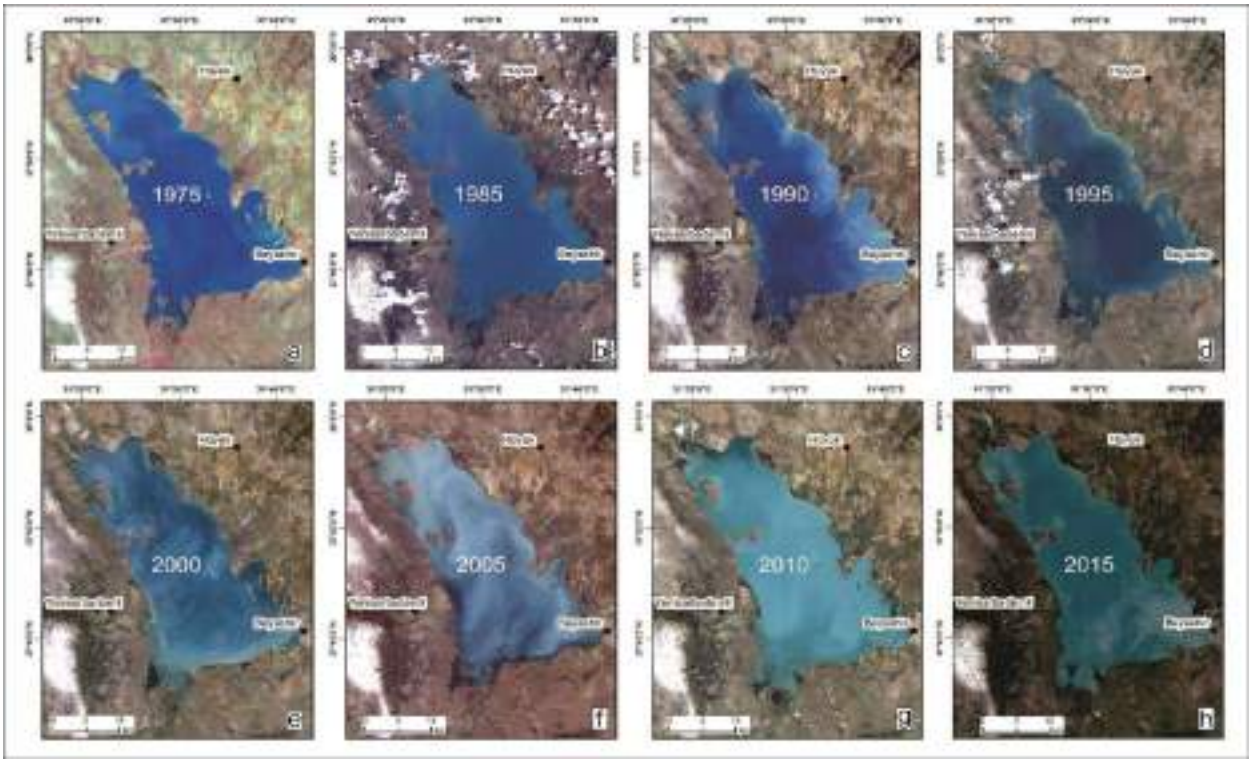
Beyşehir Gölü, bölgenin doğal güzelliklerinin de etkisiyle bölgede insan nüfusunun hızla artmasına rağmen iki millî parkın sınırları (Beyşehir ve Kızıldağ Millî Parkları) içerisinde kaldığı için antropojenik etkilere karşı göreli olarak korunmaktadır (örn. Nas vd., 2009, 2010). Gölün bölgenin ikliminden ne düzeyde etkilendiği ise tam olarak bilinmemektedir. Bu nedenle, bu en büyük tatlı su gölümüzün iklim değişikliklerine verdiği tepkinin ve olası diğer etken süreçlerin neler olabileceğinin tespiti oldukça önemlidir.

2. MATERYAL VE METOD

Yürütülen çalışma kapsamında Beyşehir Gölü'nde meydana gelen kıyı değişimlerinin belirlenebilmesi amacıyla 1975-2015 yılları arasındaki farklı Landsat sensörlerine ait görüntüler kullanılmıştır (Çizelge 1, Şekil 2).

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan görüntülerin tarihi ve kimlikleri.

Tarih	Sensör	Ürün Kimliği	Satır/Sutün
28.05.1975	Landsat 2	LM02_L1TP_191034_19750528_20180425_01_T2	191/34
16.05.1985	Landsat 5	LT05_L1TP_178034_19850516_20171212_01_T1	178/34
30.05.1990	Landsat 5	LT05_L1TP_178034_19900530_20180209_01_T1	178/34
28.05.1995	Landsat 5	LT05_L1TP_178034_19950528_20180209_01_T1	178/34
09.05.2000	Landsat 5	LT05_L1TP_178034_20000509_20171210_01_T1	178/34
21.04.2005	Landsat 5	LT05_L1TP_178034_20050421_20180126_01_T1	178/34
05.05.2010	Landsat 5	LT05_L1TP_178034_20100505_20161015_01_T1	178/34
19.05.2015	Landsat 8	LC08_L1TP_178034_20150519_20170409_01_T1	178/34



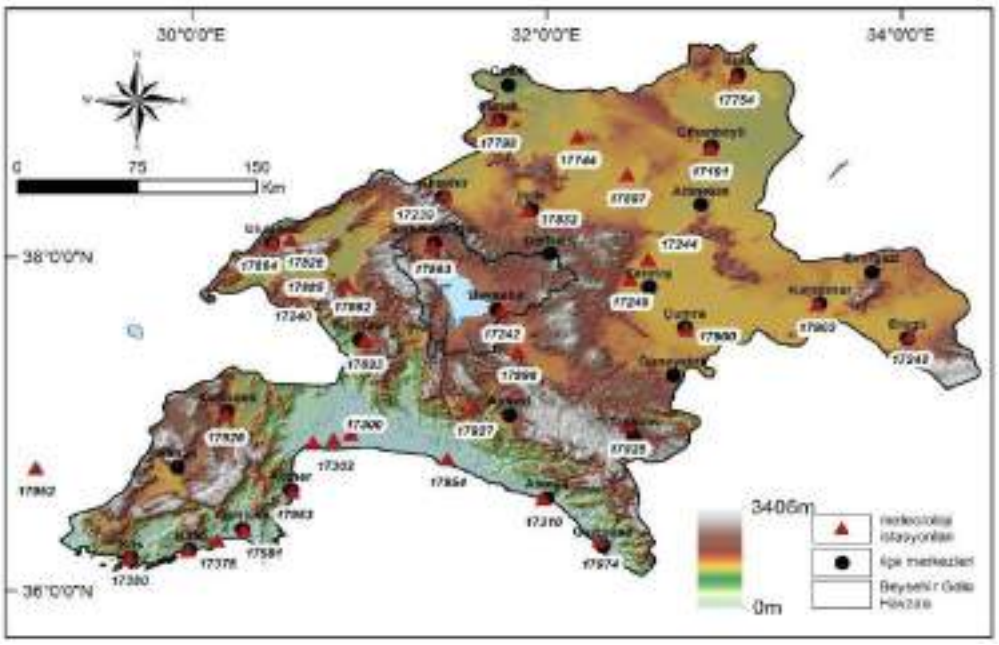
Şekil 2. Beyşehir Gölü'nün farklı yıllara ait Landsat görüntüleri.

Landsat uydusuna ait görüntüler, uydu programı faaliyete geçtiği günden itibaren özellikle çevresel değişimlerin izlenmesine yönelik yapılan çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Ücretsiz olarak temin edilen görüntüler bir çok farklı çalışmada, yapılan çalışmanın amacına uygun olarak çeşitli indeksler ve/veya görüntü işleme prosesleri uygulanarak kullanılmaktadır. İklimsel değişimlerin Beyşehir Gölü üzerindeki etkisinin anlaşılması amacıyla yürütülen bu çalışmada da su alanları ile kara alanlarını ayırmak ve farklı yıllardaki göl alanlarını belirlemek amacıyla Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi/ NDWI (Normalized Difference Water Index) kullanılmıştır (örn., McFeeters, 1996).

$$NDWI = \frac{\text{Green}-\text{NIR}}{\text{Green}+\text{NIR}} \quad (1)$$

Burada yeşil dalga boyları kullanılarak suyun reflektansı maksimuma çıkarılırken, yakın kızılötesinin sudaki düşük yansıması minimize edilir. Bunun sonucunda su kütlesi, zenginleştirildiği için pozitif değerler alırken toprak ve bitki örtüsü ise '0' ya da negatif değerler alır (McFeeters, 1996).

Çalışma kapsamında ele alınan dönemlerde bölgede meydana gelen iklimsel değişimlerin anlaşılabilmesi için göl havzası sınırlarının içinde kaldığı illerde (Konya, Antalya, Isparta) bulunan meteoroloji istasyonları belirlenmiş ve bu istasyonlara ait ortalama sıcaklık, toplam aylık yağış ve buharlaşma verileri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir (Şekil 3).

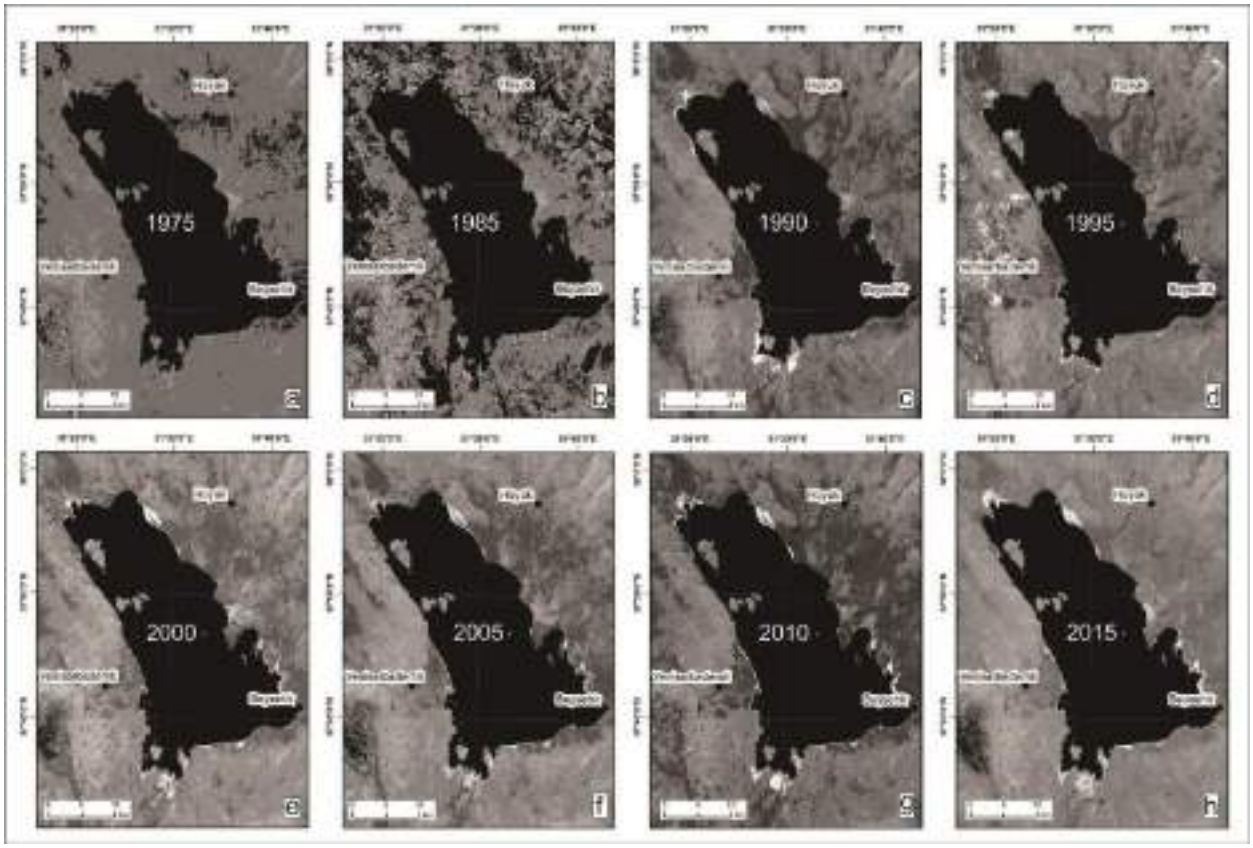


Şekil 3. Beyşehir Gölü beslenme havzasını çevreleyen Konya, Antalya, Isparta illerinde bulunan meteoroloji istasyonları.

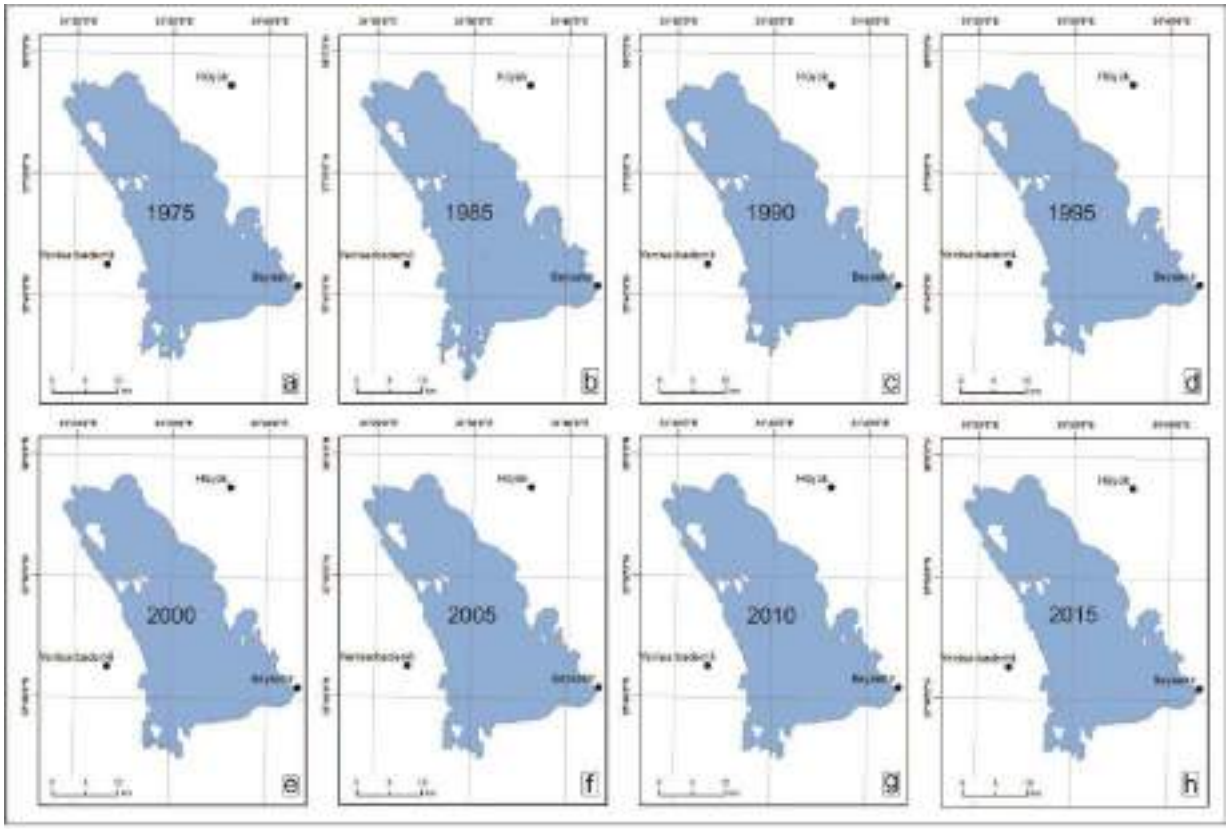
3. BULGULAR

Son yıllarda CBS desteğiyle iklimsel ve meteorolojik bilgilerin interpolasyonu üzerine yapılan araştırmalar, interpolasyonun iklim ve meteoroloji içinde geniş bir gelişme potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir (örn. Hinton, 1996, Örmeci ve Ekercin, 2007). Bu çalışmada CBS tabanında incelenen Beyşehir Gölü drenaj havzasına ait meteorolojik veriler, iklimin göl kıyılarının zamansal olarak değişimleri üzerindeki etkisinin anlaşılması amacıyla kullanılmıştır.

Yapılan çalışma kapsamında, farklı yıllara ait Landsat görüntülerine NDWI uygulanmış ve elde edilen görüntüler üzerindeki su olan ve olmayan alanlar birbirinden ayrılmıştır (Şekil 4). Görüntülerde su olarak belirlenen alanlar içerisinde, göl sınırını oluşturan bölgeler üzerinden göl alanları hesaplanmıştır (Şekil 5).

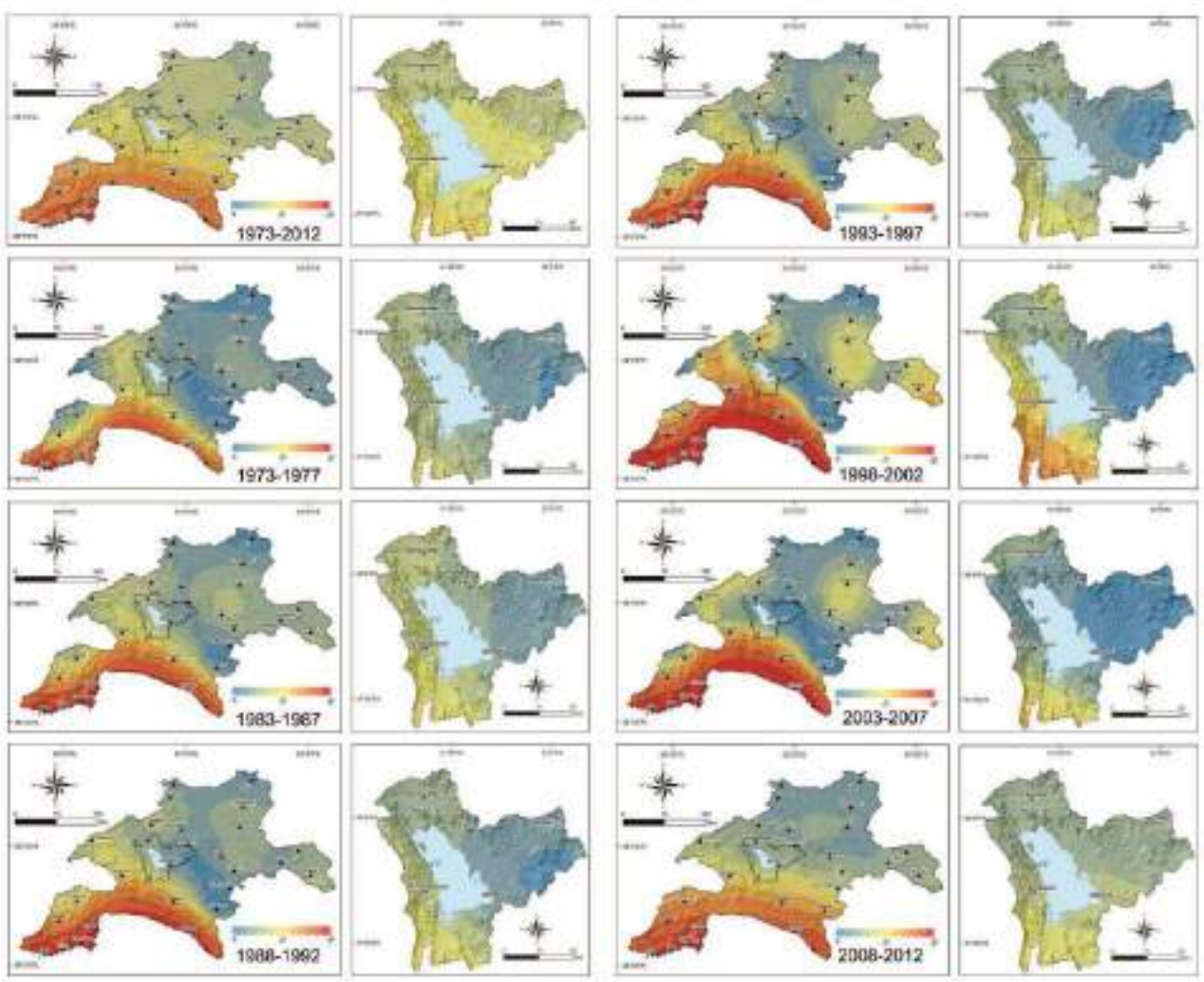


Şekil 4. Beyşehir Gölü'nün farklı yıllara ait Landsat görüntüleri üzerinden hazırlanmış NDWI haritaları (siyah renkli kısımlar su varlığını göstermektedir).

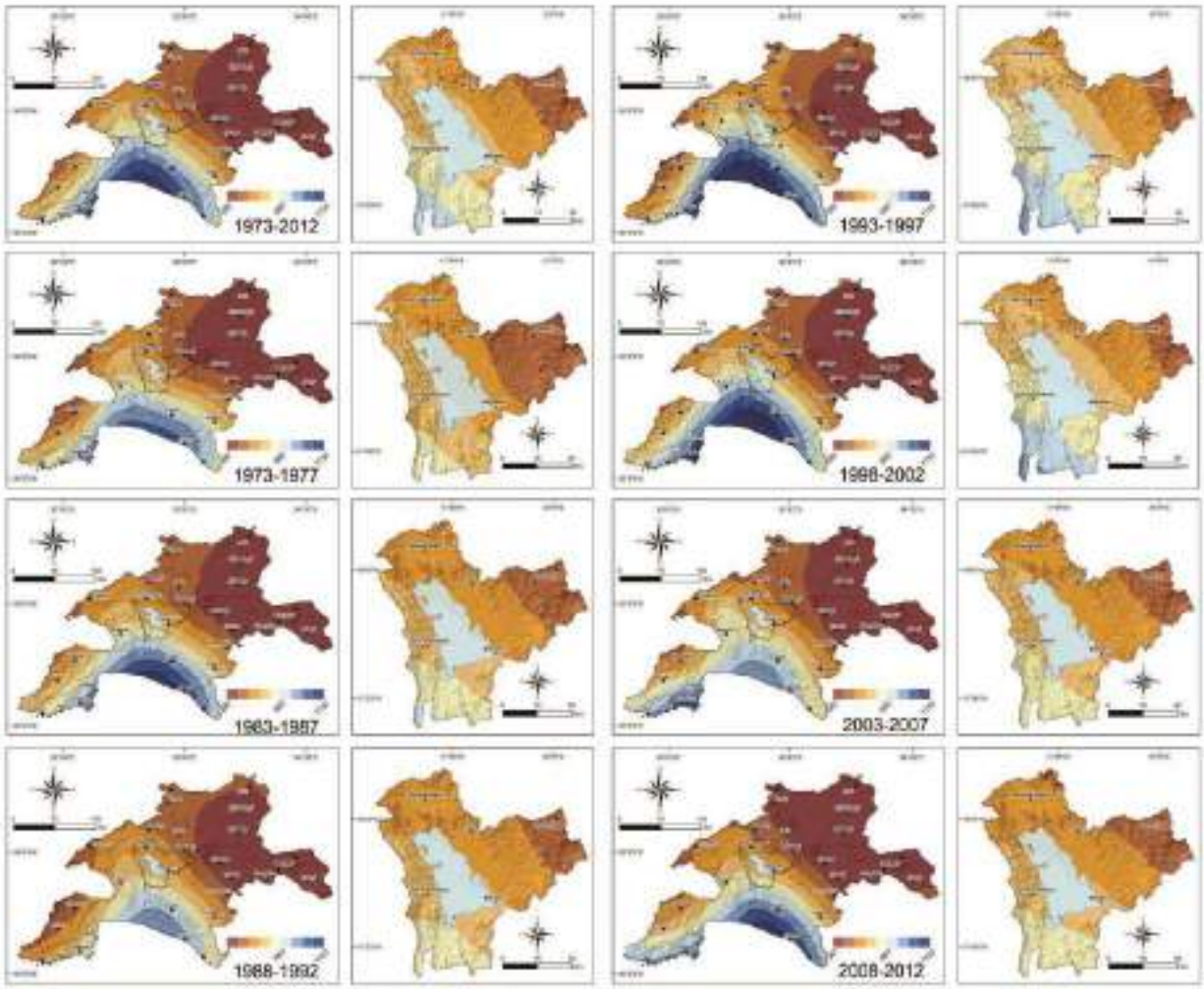


Şekil 5. NDWI uygulaması sonucunda çizilen göl alanları.

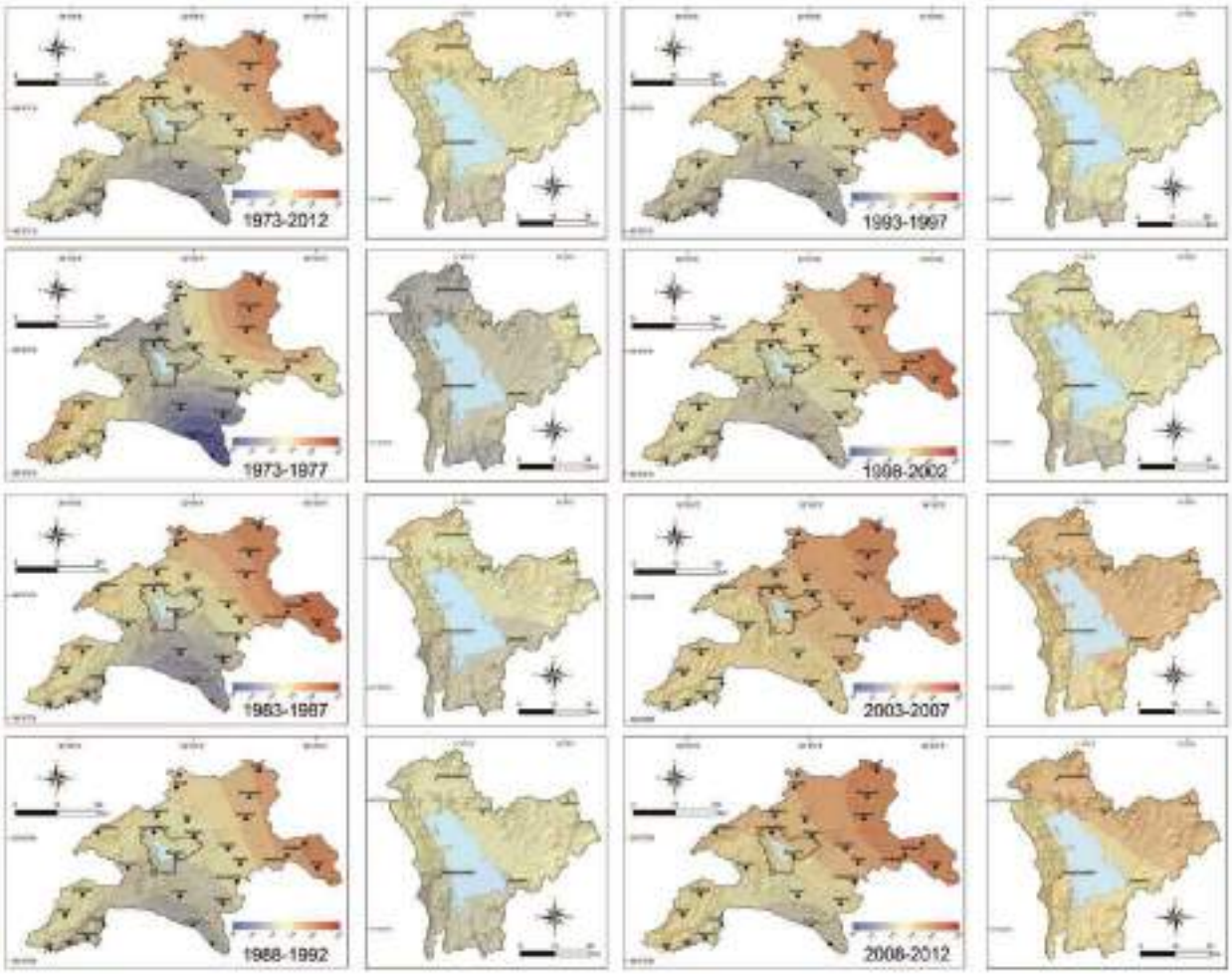
Bölgeye ait meteorolojik veriler, uzun dönemli olarak (1973-2012) ve uydu görüntülerinin yılları dikkate alınarak 5 yıllık kısa dönemler hâlinde (örn. 1975 yılındaki göl alanı değerlendirmesi için 1973-1977 yılları arasına ait veriler) gruplanmış ve her veri seti için Kriging yöntemi kullanılarak bölgenin ortalama sıcaklık, toplam yağış ortalaması ve buharlaşma haritaları hazırlanmıştır (Şekil 6-8).



Şekil 6. Beyşehir Gölü havzası sınırlarının içinde kaldığı illerde (Konya, Antalya, Isparta) bulunan meteoroloji istasyonları kullanılarak hazırlanan uzun dönem (1973-2012) ve kısa dönem (açıklamalar için metne bakınız) ortalama sıcaklık haritaları.



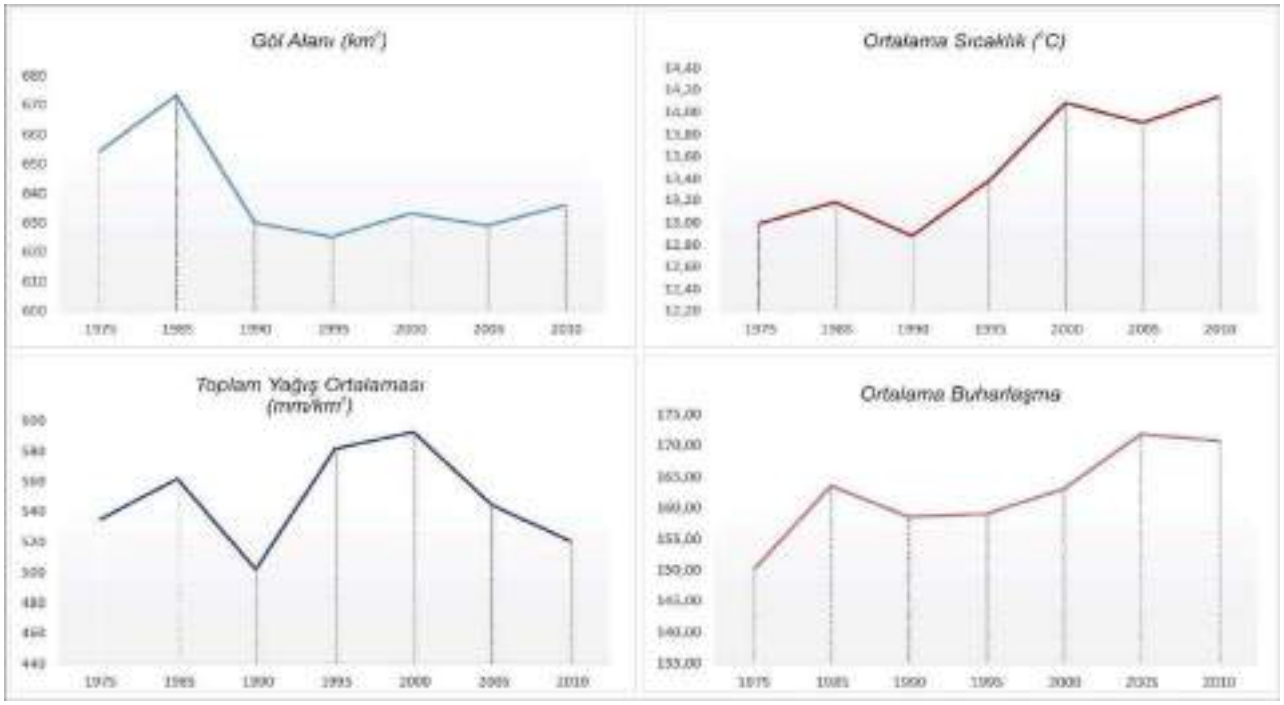
Şekil 7. Beyşehir Gölü havzası sınırlarının içinde kaldığı illerde (Konya, Antalya, Isparta) bulunan meteoroloji istasyonları kullanılarak hazırlanan uzun dönem (1973-2012) ve kısa dönem (açıklamalar için metne bakınız) toplam yağış ortalamaları haritaları.



Şekil 8. Beyşehir Gölü havzası sınırlarının içinde kaldığı illerde (Konya, Antalya, Isparta) bulunan meteoroloji istasyonları kullanılarak hazırlanan uzun dönem (1973-2012) ve kısa dönem (açıklamalar için metne bakınız) buharlaşma haritaları.

4. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında alınan uzun dönem ortalama sıcaklık, toplam yağış ve buharlaşma verileri kullanılarak hazırlanan haritalar bölgenin genel iklim özelliklerini yansıtırken, 5'er yıllık periyotlar hâlinde hazırlanan haritalar ise göl alanı ölçümü yapılan dönemlerdeki değişimlerini yansıtmaktadır. Farklı yıllara ait Landsat görüntüleri üzerinden hesaplanan göl alanları kendi içerisinde dalgalanan bir periyod izlese de özellikle 1985 yılından günümüze göl alanında genel bir daralma eğilimi göstermektedir (Şekil 9). Bu eğilim son 40 yıllık dönemde özellikle 1990'dan itibaren yağış verileriyle uyum göstermese de buharlaşma verileriyle kısmen uyumludur. Bu durum gölün alan değişimlerinde iklimsel etkilerin yanı sıra bölgedeki karstlaşmayla ilişkili hidrolojik süreçlerin ve giderek artan insan etkisinin önemini de yansıtır niteliktedir.



Şekil 9. 1975-2021 yılları arası **a)** Beyşehir Gölü alan değişim grafiği, Beyşehir Gölü havzasının sınırları içinde kaldığı illerin (Konya, Antalya, Isparta) **b)** ortalama sıcaklık grafiği, **c)** Toplam yağış ortalaması grafiği, **d)** Ortalama buharlaşma grafiği.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projelerini Destekleme Koordinasyonluğu (AÜBAP) tarafından desteklenen 12B4343002 numaralı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın gerçekleştirildiği süreçte birinci yazar (E.G.) TÜBİTAK-BİDEB2211-A tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Birket, C. M. ve Mason, I. M., 1995. A new global lakes database for a remote sensing program studying climatically sensitive large lakes. *Journal of Great Lakes Research*, 21, 307-318.

Hinton, J. C., 1996. GIS and remote sensing integration for environmental applications. International Journal of Geographical Information Systems, 10, 877-890.

Kazancı, N., 1993. Eğirdir Gölü çanağının oluşum zamanına ilişkin bir gözlem. *Jeoloji Mühendisliği*, 42, 50-51.

Koçyiğit, A., 1984. Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha içi yeni tektonik gelişim. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 27, 1-15.

Koçyiğit, A., 2003, Orta Anadolu'nun genel neotektonik özellikleri ve depremselliği. *TPJD Bülteni Özel Sayı*, 5, p. 1–26.

McFeeters, S.K.,1996. The use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. International Journal of Remote Sensing, 1996. 17(7): p. 1425-1432.

Nas, B., Berktay, A., Aygun, A., Karabörk, H. ve Ekercin, S., 2009. Seasonal and spatial variability of metals concentrations in Lake Beyşehir, Turkey. Environmental Technology, 30 (4), 345-353.

Nas, B., Ekercin, S., Karabörk, H., Berktay, A. ve Mulla, D., 2010. An application of Landsat-5 TM image data for water quality mapping in Lake Beyşehir, Turkey. Water, Air & Soil Pollution, 212 (1-4), 183-197.

Nazik, L., 1992. Beyşehir Gölü güneybatısı ile Kembos polyesi arasının karst jeomorfolojisi. *Doktora Tezi*, İstanbul Üniversitesi.

Örmeci, C. ve Ekercin, S., 2007. An assessment of water reserve change in the Salt Lake, Turkey, through multitemporal Landsat imagery and real-time ground surveys. Hydrological Processes, 21, 1424-1435.

Özgül, N., 1976. Torosların bazı temel jeolojik özellikleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 19, 65-78.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6210

SARIOT GÖLÜ (POLYESİ HAVZASININ JEOMORFOMETRİK ANALİZİ

Muhammet Emin ÇAYIR[1] ve Muhterem KÜÇÜKÖNDER[2]

[1]Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Kahramanmaraş, muhammedemin450@gmail.com
[2]Dr.Öğr.Üyesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Kahramanmaraş, muhteremkucukonder@ksu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada Konya Bozkır ilçesinin 15 km güneybatısında yer alan 68,35 km² alana sahip Sarıot Gölü ve yakın çevresi için gerçekleştirilen jeolojik, jeofizik ve hidrolojik fizibilite çalışmalarda yer almayan jeomorfometrik analizler uygulanarak planlanan çalışmanın farklı bir teknikle incelenmesi amaçlanmıştır. Sarıot Gölü havzasının jeomorfometrik analizleri, topografik parametreleri, hidrolojik özellikleri, havza analizleri ve jeomorfometrik indisler dört grup altında incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar jeolojik, jeofizik ve hidrolojik fizibilite raporları ile karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Analizlerin gerçekleştirileceği Sayısal Yükselti Modeli topografya haritalarından TIN yöntemi ile üretilmiştir. Ortalama 15 derece civarında eğime ve 1700 ile 2480 m arasında değişen yükselti değerlerine, güneybatı üst çığır engebeli ve kuzeydoğu alt çığır nispeten düz bir topografyaya sahiptir. Havzada düşük çatallanma oranı (3,35) karstik su kaynaklarının yüzey akışına önemli bir katkısı olduğunu göstermektedir. Hipsometrik integral değerine göre (0,32) olgunluk evresinde olan havzanın gelişimde karstik yapısının yanı sıra tektonik etkinliğin de önemli olduğu tespit edilmiştir. Planlama sürecine katkı sağlayabilecek TRI, TPI, TWI, HLI ve SAR indisleri daimi su tutulumunda karstlaşma-aşınım sürecinin daha aktif gözlenebileceği alanları tespit etmekte kullanılmıştır. Uygulanan CBS tabanlı jeomorfometrik analizlerin baraj yapım sürecinde planlamaya saha çalışmalarına ek olarak katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler: *Sarıot Gölü (Polyesi), jeomorfometrik analiz, coğrafi bilgi sistemleri*

ABSTRACT

GEOMORPHOMETRIC ANALYSIS OF SARIOT LAKE (POLJE) BASIN

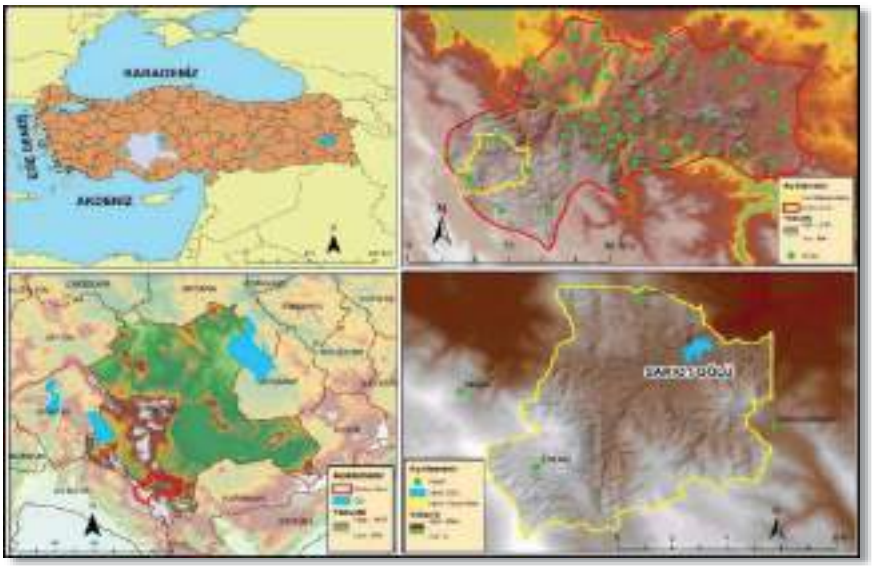
In this study, geomorphometric analyses which are not included in the geological, geophysical and hydrological feasibility studies carried out for the Sarıot Lake basin. Basin has 68,35 km² area and located 15 km southwest of the Konya Bozkır district. The geomorphometric analysis of the Sarıot Lake Basin have been investigated under four groups: topographic parameters, hydrological properties, basin analyses and geomorphometric indices. The results obtained are interpreted in comparison with geological, geophysical and hydrological feasibility reports. The Digital Elevation Model that the analyses will be performed was produced by the TIN method from topography maps. Basin has an average of 15 degrees of inclination and elevation values ranging from 1700 to 2480 m, with a relatively rough topography of the southwestern part and a relatively flat topography of the northeastern part. The low bifurcation rate at the basin (3,35) indicates that karstic water sources are a significant contributor to surface runoff. According to maturity the hipsometric integral value (0,32) it is determined that the tectonic activity besides the karstic structure in the development of the basin is important. The TRI, TPI, TWI, HLI and SAR indices that may contribute to the planning process have been used to determine areas where the karstification-erosion process can be observed more actively in the case of permanent water uptake. It is believed that applied GIS based geomorphometric analyses could contribute to planning in dam construction process in addition to field studies.

Keywords: Sarıot Lake (Polje), geomorphometric analysis, geographic information system.

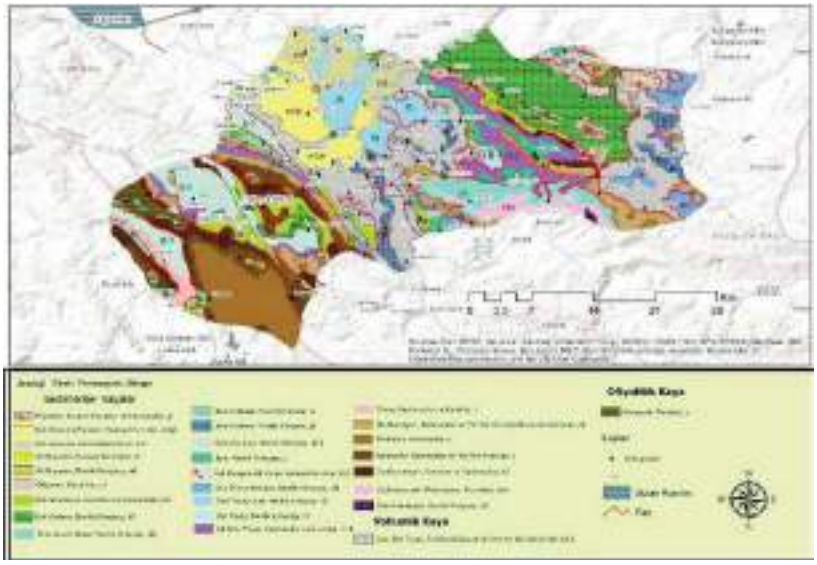
1. GİRİŞ

Sarıot Gölü Havzası, Konya iline yaklaşık 125 km uzaklıkta yer alan Bozkır ilçesinin 27 km güneybatısındadır. Böğrüdelik Tepe (2067 m) ile Akdağ (2419 m) arasındaki vadi içerisinde ve Çat Yaylası'na ise 1 km mesafede yer almaktadır (**Şekil 1**). Konya-Bozkır Sarıot Gölü Geliştirilmesi Planlama Projesi kapsamında Bozkır ilçesine tarımsal sulama sağlanmasına yönelik Sarıot Gölü Barajı yapım çalışmaları DSİ tarafından yürütülmektedir. Bu çalışmada Sarıot Gölü ve yakın çevresi için gerçekleştirilen jeolojik, jeofizik ve hidrolojik fizibilite çalışmalarında yer almayan jeomorfometrik analizler uygulanarak planlanan çalışmanın farklı bir teknikle incelenmesi amaçlanmıştır. Mesozoyik yaşlı kristalize kireçtaşları üzerinde gelişen karstik Sarıot Gölü'nün (Polyesinin), Aygır Mevkii'nden doğan Çarşamba Çayı'na düdenler ile bağlantısı vardır (**Şekil 2**). Kış aylarında su tutan göl, yaz aylarında kurumaktadır. Gölalanı en fazla yaklaşık 100 hektar ve su tuttuğu dönemlerde derinliği 1-2 m arasındadır (Doğan, 2003, Akköz ve Bayram, 2012, DSİ, 2016). Sarıot havzasının Bozkır ilçesi meteoroloji gözlem istasyonları 2016 yılı ortalama sıcaklık dağılımına göre 10,5 ºC ile oldukça düşük sıcaklığa sahiptir. Bozkır yağış

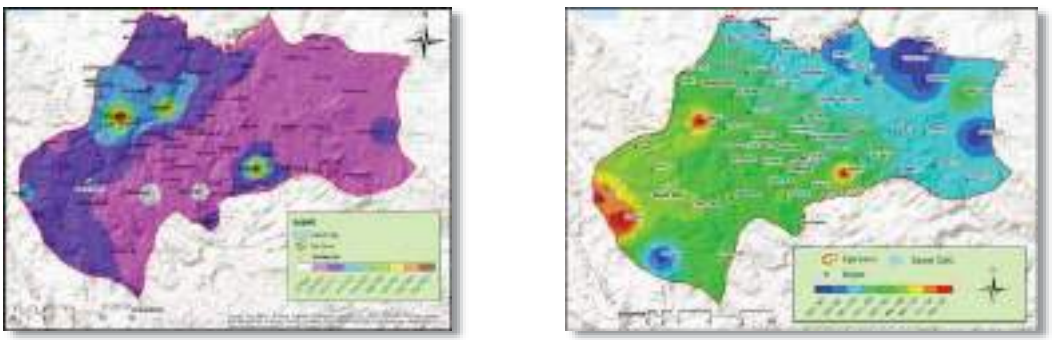
dağılımı incelendiğinde Sarıot Gölü beslenim alanına 2016 yılında 660 mm üzerinde yağış düştüğü görülmektedir (**Şekil 3**).



Şekil 1. Sarıot Gölü havzası lokasyon haritası.



Şekil 2. Bozkır ilçesi 1/500000 ölçekli jeoloji haritası.



Şekil 3. a) Bozkır ilçesi 2016 yılı ortalama sıcaklık dağılımı b) Bozkır ilçesi 2016 yılı yağış dağılımı.

1.1 Materyal

Araştırma sahası olan Sarıot Gölü (Polyesi) havzasının jeomorfolojik ve morfometrik analizlerinin ortaya konması için HGK (Harita Genel Komutanlığı)'den alınan 2 adet (Konya N28-d3 ve Konya N28-d4 numaralı) 1/25000'lik paftalar veri kaynağı olarak sağlanmıştır. Bu çalışmada veri üretim, işleme ve haritalama işlemi ArcGIS 10.2 programı kullanılarak yapılmıştır.

1.2 Yöntem

Çalışma alanı için topografya paftaları ArcGIS ortamında Merge (Birleştirme) işlemi yapılarak tek hâle getirilmiş TIN (Triangulated Irregular Network-Düzensiz Üçgenler Ağı) oluşturulmuştur. TIN modeli sonrasında, DEM (Dijital Elevation Model-Dijital Yükseklik Modeli) işlemi yapılmıştır. DEM üzerinde akarsu havzasının jeomorfometrik indis hesaplamaları ve hidroloji analizleri gerçekleştirilmiştir. Sarıot Gölü ve yakın çevresinin jeomorfolojik özelliklerini belirlemek amacıyla topoğrafik parametreler, hidrolojik özellikler, havza analizleri ve jeomorfometrik indisler olmak üzere **Çizelge 1**'de belirtilen jeomorfometrik analizler dört grup altında gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 1. Gerçekleştirilen jeomorfometrik analizler.

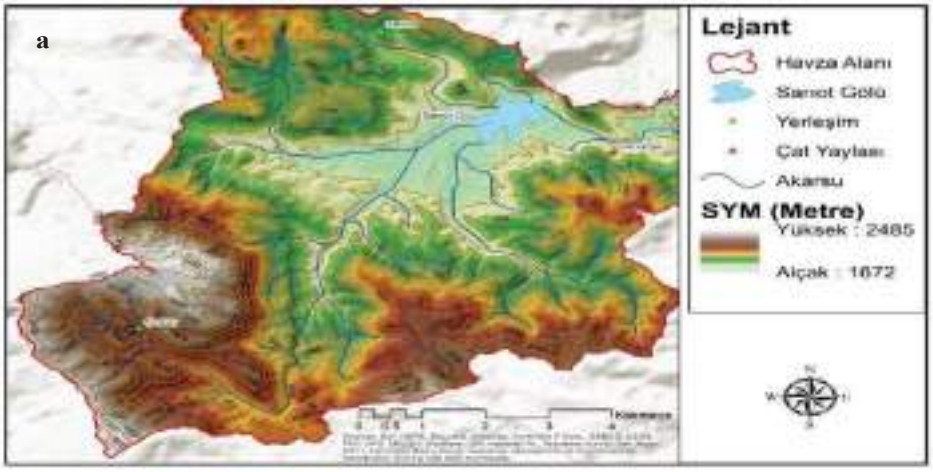
Topografik Parametreler	Hidrolojik Özellikler	Havza Analizleri	Jeomorfometrik İndisler
Yükselti sınıflaması	Akım Doğrultusu	Hipsometrik İntegral	Topografik Pürüzlülük İndeksi(TRI)
Eğim	Akım Yönü	Havza Şekil Oranı	Topografik Pozisyon Indeksi (TPI)
Bakı	Akım Toplanma	Drenaj Sıklığı	Topografik Nemlilik Indeksi (TWI)
	Akarsu/Kuru Dere	Drenaj Yoğunluğu	Isı Yükleme Indisi (HLI)
	Strahler Akarsu Dizini		Yüzey/Alan Oranı (SAR)

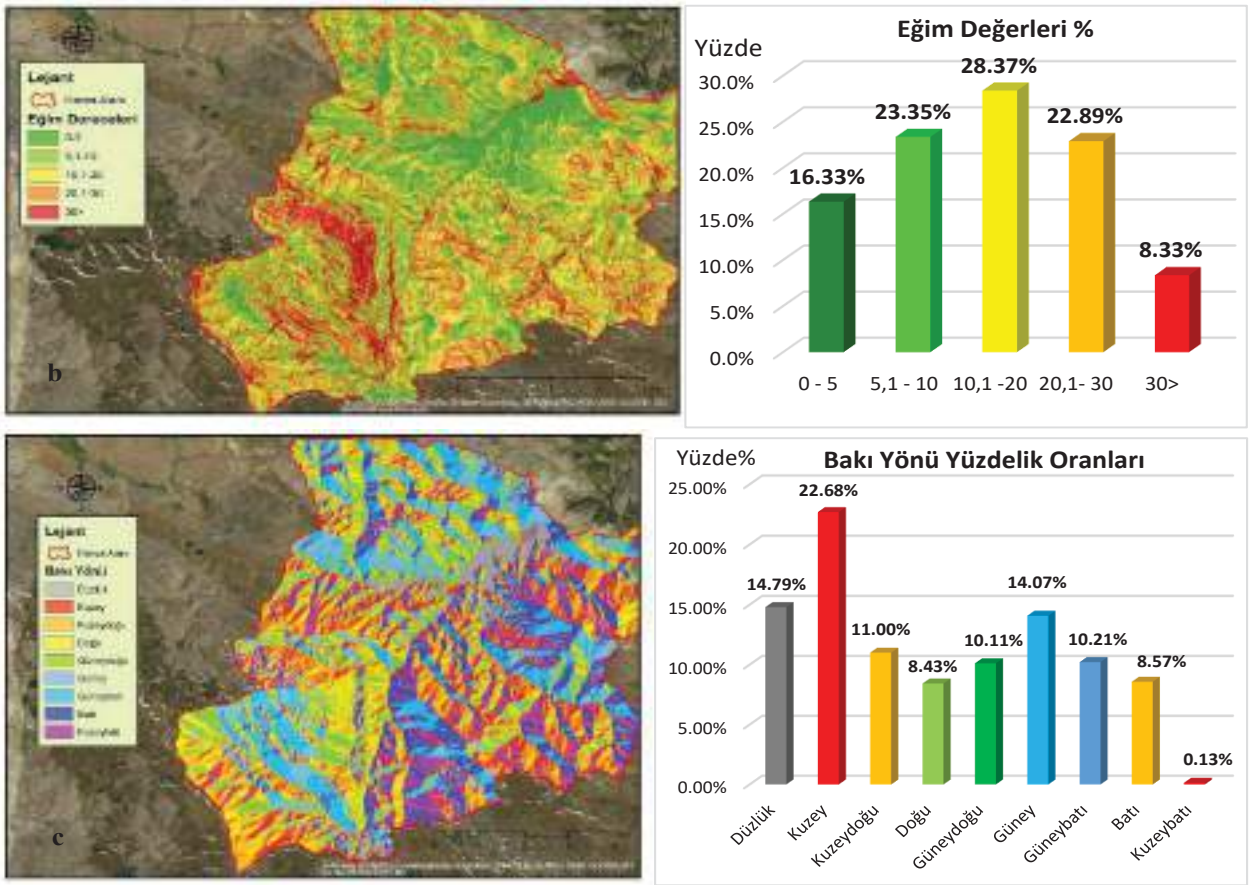
2. BULGULAR

Sarıot Gölü ve yakın çevresinin topoğrafik parametreler olarak ele alınan morfolojik özellikler içerisinde eğim, bakı ve yükselti sınıfları özellikleri incelenmiştir. Hidrolojik özellikler bölümünde yüzey akışının oluşturduğu akarsu beslenim özellikleri değerlendirilmiştir. Havza analizleri ve jeomorfometrik indisler içeriğinde yüzey akım ve akarsulara eşlik eden litolojik ve tektonik özellikler sonucu ortaya çıkan yapıların kurulması planlanan baraj üzerinde etkileri incelenmiştir.

2.1 Topoğrafik Parametreler

Havzanın morfolojik karakterini belirten tanımlayıcı yükselti basamakları, eğim ve bakı hesaplamaları SYM ile elde edilen havza sınırları içerisinde gerçekleştirilmiştir (**Şekil 4a**). Ortalama 10-20^0 arasında eğim sunan havzanın güneybatısı 30^0 üzerinde eğime ve 2000 m'nin üzerinde yüksekliğe sahip engebeli bir yapı sunmaktadır (**Şekil 4b**). Havza içerisinde yamaçlar kuzey ve güney genel yönelim yönü sergilemektedir. Havza gelişim hattı bölgenin jeolojik özelliklerine paralel olarak güneybatı-kuzeydoğu doğrultusundadır (**Şekil 4c**).

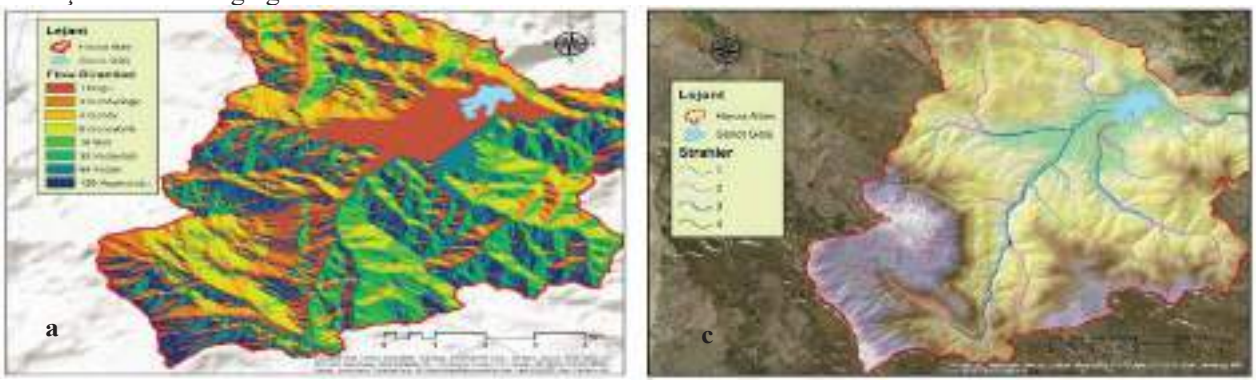




Şekil 4. Sarıot Gölü havzası hesaplanan topografik parametreler; a) yükselti basamakları b) eğim ve eğim sınıfları havza içerisinde oransal dağılımı c) bakı ve bakı sınıfları havza içerisinde oransal dağılımı.

2.2. Hidrolojik Özellikler

Havzanın drenaj özelliklerine ve jeolojik özelliklerine bağlı olarak gelişen sürekli ve mevsimlik akarsularını belirlemek üzere hidrolojik analizler yapılmıştır. Yüzey akım yönü göl alanında doğu iken çevresinde kuzey-kuzeydoğu yönlerinde baskın yüzey akışı gelişmektedir (**Şekil 5a ve b**). Akarsu düzeni hiyerarşisi oranı ve miktarı hesaplamalarında kullanılan Strahler yöntemine göre akarsuda birinci kollar ilk diziyi, bunların birleşmesiyle oluşan kol ikinci diziyi meydana getirir. Benzer uygulama diğer kollara da aynı şekilde uygulanır (Topuz, 2014). Strahler akarsu dizinine göre 32 adet birinci koldan katılan akarsu, 11 adet ikinci koldan katılan akarsu, 3 adet üçüncü koldan katılan akarsu ve 1 adet dördüncü koldan katılan akarsu (Kum Deresi) gelişimi hesaplanmıştır (**Şekil 5c**). Havza çatallanma oranı 3,35 ile ortalama değerin (3,5) altında kalmaktadır. Bu durumun akarsuların büyük bir kısmı mevsimlik akış sergilemesi aynı zamanda Paleozoik ve Mesozoyik birimler içerisinde çıkan su kaynakları ile ilişkilendirilebilinir. Özetle yüzey drenaj sisteminin yanı sıra yer altı su beslenimin havza için oldukça önemli olduğu görülmektedir.

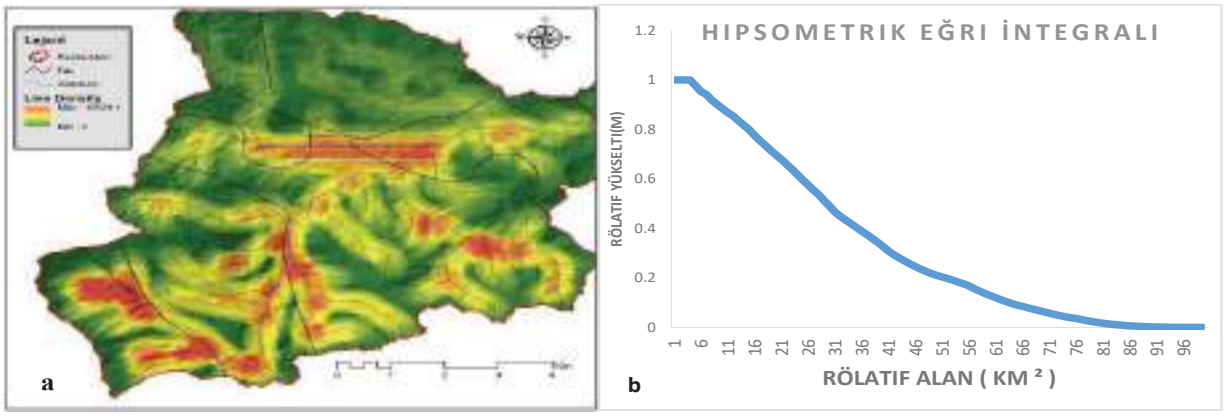




Şekil 5. a) Yüzey akım yönü b) Akım yönü alansal dağılım grafiği c) Strahler akarsu dizini.

2.3. Havza Analizleri

Drenaj sıklığı ve yoğunluğu ortalama değerlere yakın olan havza içerisinde akarsu gelişimi en fazla havzanın güneybatısında yer alan engebeli Paleozoyik birimler içerisinde gözlenmektedir (**Şekil 6a, Çizelge 2**). Akarsu gelişimi ve yoğunluğunun bölgenin litolojisi kadar tektonik karakteri ile uyum gösterdiği belirlenmiştir. Havza gelişim aşamasının bir göstergesi olan hipsometrik integral değeri 0,32 olgunluk evresini yaşadığını, **Şekil 6b** hipsometrik eğri grafiği ise havza üst çığırında aşınım süreçlerinin etkinliğini devam ettirdiğini belirtmektedir.



Şekil 6. a) Akarsu yoğunluğu b) Hipsometrik Eğri**.**

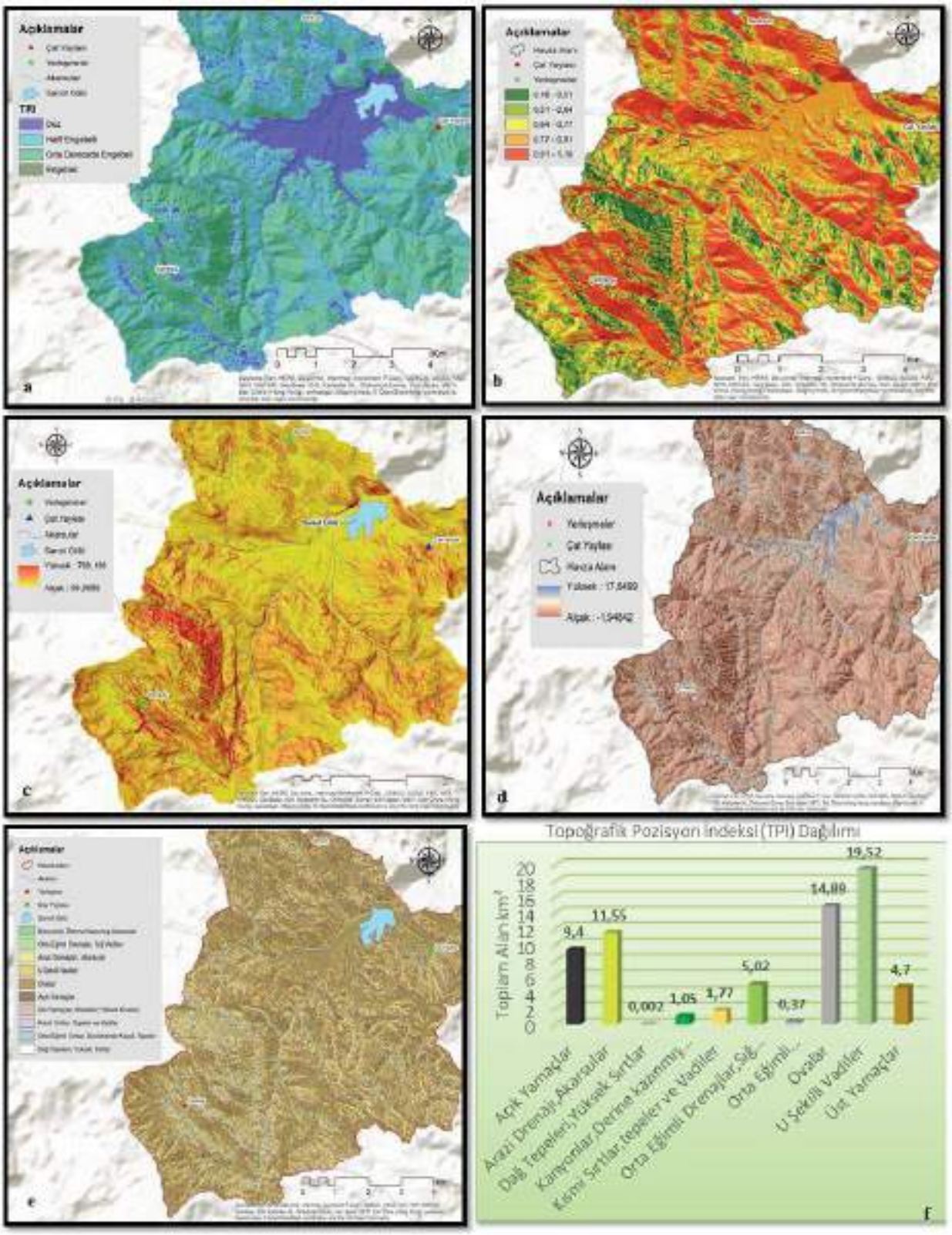
Çizelge 2. Havza analizleri sonuçları.

İndis Adı	Formül	Diğer
Drenaj Yoğunluğu	$Drenaj\ Yoğunluğu = \frac{Toplam\ Kanal\ Uzunluğu}{Toplam\ Havza\ Alanı}$	**0,46 (km/km²)**
Drenaj Sıklığı	$Drenaj\ Sıklığı = \frac{Toplam\ Dere\ Sayısı}{Toplam\ Havza\ Alanı}$	**0,14 (km²)**
Havza Şekil Oranı	$Havza\ Şekil\ Oranı = \frac{Talveg\ uzunluğunun\ Karesi}{Havza\ Toplam\ Alanı}$	**0,89**

2.4. Jeomorfometrik İndisler

TRI sonuçlarına göre havza engebeliliği güneybatı kesimlerde fazla iken Sarıot Gölü ve besleyen akarsu sisteminin geliştiği vadilerde düşüktür (**Şekil 7a**). Kuzeydoğu kesimde yüzlek veren kristalize kireç taşları içerisinde karstik yapıların geliştiği alanlarda da düşük TRI değerleri elde edilmiştir. Bölgenin konumundan dolayı güney bileşenli yamaçlarda enlem değeri dikkate alınarak hesaplanan Isı Yükleme Indisi yüksek değerler göstermektedir (**Şekil 7b**). Özellikle baraj yapımı sırasında daimî suya maruz kalacak yamaçlarda karstik aşınım sürecinin hızlanabileceği dikkate alınmalıdır. Yüzey-Alan Oranı göl yakın çevresinde düşük iken Topografik Nemlilik değeri bu alanda en yüksek değere ulaşmaktadır (**Şekil 7 c ve d**). Bu durum su tutulması sırasında buharlaşma değerlerinin düşük olması ile avantaj olarak değerlendirilebilinir. TPI ve dağılım incelendiğinde havzada U şekilli vadilerin ve akarsu drenaj sistemlerinin en baskın morfolojik üniteler olduğu hesaplanmıştır (**Şekil 7e ve f**). Aşınım

evresi olarak olgun değerlendirmesi yapılan havza için morfolojik üniteler aşınımın devam ettiğini ve baraj ömrü için siltasyon probleminin öngörülebileceği düşünülmektedir.



Şekil 7. a) TRI b) HLI c) SAR d) TWI e) TPI ve f) TPI oransal dağılımı.

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Sarıot Gölü (polyesi) havzasının jeomorfometrik indisler kullanılarak morfolojik özellikleri incelenmiştir. Havza genel morfolojik özellikleri barajın su tutma kapasitesi ve beslenim alan özellikleri açısından avantajlı bir konuma sahip olduğunu göstermektedir. Baraj yapılması planlanan çalışma alanında fizibilite çalışmalarında planlama sürecine jeomorfometrik tekniklerin eklenmesinin önemli bir veri kaynağı teşkil edeceği düşünülmektedir. Yüzey akış sitemi içerisinde kuzey, kuzeydoğu ve doğu yamaçlarda düşen yağışın göl beslenimi açısından önemli olduğu hesaplanmıştır. İlerleyen yıllarda özellikle bu alanlarda arazi kullanım alanı planlamalarında yapılacak çalışmalarda göl su kalitesinin korunması amacıyla göz önünde bulundurulmalıdır. Çatallanma oranı sonucunda yüzey drenaj sisteminin yanı sıra yer altı su beslenimin havza için oldukça önemli olduğu görülmektedir. 0,46 1/km olan drenaj yoğunluğunun havzanın güneybatı kısmında özellikle Paleozoyik kırıntılı birimler içerisinde gelişen akarsu sistemleri nedenleri ile yüksek olduğu diğer kireç taşı birimlerinde ise drenaj yoğunluğunun nispeten daha düşük olduğu görülmektedir. Baraj planlanan konum itibarıyle oldukça uygun olarak değerlendirilirken, baraj için havzada devam eden aşınımın sonucu olarak siltasyon ve karstlaşma sürecinin detaylı olarak ele alınması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Akköz, C., Bayram, F., 2012, Bozkır Sarıot Gölünün Hidrojeolojik Özellikleri. *Uluslararası Sempozyum: Geçmişten Günümüze Bozkır*. Konya.

DSİ, (2016), Sarıot Ön İnceleme Ve Jeoteknik Etüd Raporu. Konya.

Doğan, U., (2003). Sarıot Polje, Central Taurus (Turkey): A Border Polje Developed At The Contact Of Karstic And Non-Karstic Lithologies. *Cave And Karst Science Transaction Of The British Cave Research Association.* 30 (3), 117-124.

Tari, U., & Tüysüz, O., 2011, İzmit Körfezi ve çevresinin morfotektoniği. İTÜDERGISI/d, 7(1).

Topuz, M., 2014. Silifke-Erdemli Arasındaki Derelerin Jeomorfometrik Analizi. Kahramanmaraş

Utlu, M., Toprak, A., & Özdemir, H., 2012. Köyceğiz Gold Kuzey Havzalarının Jeomorfometrik Analizlere Bağlı Değerlendirilmesi. UJES 2012, III. Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu, Hatay.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6217

PETROL KÖKENLİ ALTERASYONLAR VE JEOTERMAL ALTERASYONLARIN UZAKTAN ALGILAMA TEKNİKLERİ İLE BELİRLENMESİ: ALAŞEHİR (MANİSA) İLK SONUÇLAR

Elif AYDIN[1]

[1]Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı, 06530, Ankara, eaydin@tp.gov.tr

ÖZET

1970'li yıllardan günümüze dek birçok petrol şirketi ve araştırmacı tarafından gerçekleştirilen uzaktan algılama çalışmaları ile hidrokarbon oluşum ve dolaşım sistemlerinin çözümlenmesine yönelik uydu görüntüleri işlenmiş, çeşitli analizler gerçekleştirilmiş ve literatüre katkılar sağlanmıştır. Gelişen teknoloji sayesinde gerek uydu özellikleri gerekse kullanılan metotlar değişmiş, uzaktan algılama çalışmalarının sonuçları jeolojik araştırmalarda daha sıklıkla kullanılır hâle gelmiştir. Bu çalışma, petrol kaynaklarının ve jeotermal potansiyelin araştırılmasında uzaktan algılama teknolojisinin Alaşehir bölgesine uygulanmasını gerçekleştirmektedir.

Çalışmanın amacı iki yönlü olup, birinci amacı Alaşehir ve civarının petrol basenleri ile ilişkili muhtemel hidrokarbon sızıntılarının yüzeyde oluşturduğu mineralojik alterasyonun belirlenmesi ve haritalanmasıdır. Bu sayede bölgedeki hidrokarbon oluşum ve dolaşım sisteminin çözümüne katkı sağlanması planlanmaktadır. Projenin ikinci amacı ise Gediz Grabeni'nin tektonik ve volkanik evrimine yaklaşım yapmak ve çalışma bölgesinin uzun yıllardan beri jeotermal enerji potansiyelinin belirlenmesi üzerine gerçekleştirilen çalışmalara, yeni nesil uzaktan algılama yöntemleri kullanarak katkıda bulunmaktır.

Landsat ve ASTER olmak üzere farklı türde optik görüntüler kullanılarak mineral indeks haritaları oluşturulmuştur. Spektroradyometre ile araziye gidilerek numuneler toplanmış ve spektral ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bu veriler ENVI ve ArcGIS programları kullanılarak analiz edilmiş ve inceleme alanının petrol-jeotermal potansiyellerine yönelik yaklaşımlar ortaya konmuştur.

Anahtar Sözcükler: optik algılama sistemleri, dijital görüntü işleme, jeoloji, CBS, jeolojik uzaktan algılama

ABSTRACT

DETECTION OF THE PETROLEUM AND GEOTHERMAL ALTERATIONS BY USING REMOTE SENSING TECHNIQUES: INITIAL RESULTS OF ALAŞEHİR (MANİSA)

Starting from 1970s and still going on today, many petroleum companies and researchers have used many remote sensing methods to examine the evaluation and distribution of petroleum system. According to this purpose, different techniques on satellite imagery processing and analyses have taken part in the literature. Technological improvements have control on the type of data being used and that leads on changing the methods. Today geological remote sensing applications are more commonly used. This study is aimed to examine the petroleum and geothermal potential of the Alasehir- Manisa region by using remote sensing techniques.

The study has two different main purposes. One is to identify and map the mineralogical alterations on surface which is caused by the hydrocarbon system. It is believed to provide more information about the petroleum system of the region. And second main purpose is to identify the geothermal potential of the area by using new remote sensing techniques and adding new approaches to the tectonic evolution of the area.

Different types of optical imagery are used: Landsat and ASTER. Mineral index maps are generated. And also spectral measurements are taken from the field and samples of these measurements are collected.

Keywords: optical remote sensing, digital image processing, geology, GIS, geological remote sensing

1. GİRİŞ

Günümüzde uzaktan algılama ve uygulamaları, yer bilimlerinde kullanılan birçok yöntem arasında önemli bir araştırma aracı hâline gelmiştir. Uzaktan algılama, bir diğer teknoloji olan coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ile birlikte doğal kaynakların araştırılması, optimum işletimi ve çevre ile ilgili dengelerin sağlanması gibi bilimsel çalışmalara çok hızlı ve ekonomik veri üreten, analiz imkânı sağlayan ve karar vermeyi kolaylaştıran bir teknoloji olarak hizmet sunmaktadır.

Bu çalışma ile petrol kaynaklarının ve jeotermal potansiyelin araştırılmasında uzaktan algılama teknolojisi kullanılarak Manisa Alaşehir bölgesinin incelenmesi hedeflenmiştir. Alterasyon mineralojisinin uzaktan algılama yöntemleri ile ortaya konulması ve bölge hakkında bilgi sağlanması planlanmıştır.

Alterasyon mineralojisinin belirlenmesi ve haritalanması, maden yataklarının ve petrol sahalarının aranmasında önem arz etmektedir. Çok bantlı uydu görüntülerinin dijital görüntü işleme teknikleri ile analizleri potansiyel mineral oluşumları ile ilişkili olabilecek altere olmuş kayaçların çok kısa bir sürede ve geleneksel metotlardan çok daha ucuza haritalanmasını sağlayacak yeni bir araç sağlamaktadır.

2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma bölgesi, İzmir ilinin yaklaşık 140 km doğusunda, DB uzanımlı Alaşehir Grabeni içerisinde yer almakta olan Alaşehir ilçesi ve civarını kapsamaktadır. Batı Anadolu K-G gerilme rejimine ilişkin gelişen D-B uzanımlı birçok graben arasında Alaşehir (Gediz) Grabeni, Ege graben sisteminde önemli bir yapısal unsur olarak birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir (Şengör ve Yılmaz, 1981;Yazman, 1990; İztan ve Yazman, 1990; Emre, 1996; Seyitoğlu ve Scott, 1996; Seyitoğlu vd., 2000; Sarıkaya, 2001; Kavak, 2005; Purvis ve Robertson, 2005; Çiftçi, 2007; Demircioğlu, 2009; Çiftçi ve Bozkurt, 2009-2010; Catlos vd., 2011; Hakyemez vd., 2013; Ersoy vd., 2014; Şahin, 2014; Türk, 2014; Sert, 2015; Poyraz vd., 2015; Seyitoğlu ve Işık, 2015).

Doğu bölümü KB-GD gidişli yay şeklinde, batı bölümü ise D-B gidişli olan Alaşehir Grabeni'nin uzunluğu 140 km, genişliği ise ortalama 15 km bulunmaktadır. Ege Bölgesi'ndeki diğer grabenler arasında en iyi gelişmiş olarak nitelendirilen Alaşehir Grabeni, en kalın sediman dolgusuna sahip olması bakımından büyük önem arz etmektedir (Çiftçi, 2007).

Bölge genellikle normal fay sistemleri tarafından meydana gelmiş horst ve graben morfolojisi sergilemektedir. Alaşehir Grabeninin güney kenarının kuzey kenarına oranla daha etkin ve baskın olduğu Çiftçi (2007)'nin çalışmasında toplam atım ve aktivite sürelerinin göz önüne alınması ile vurgulanmaktadır. İçerisinde Neojen yaşlı karasal sedimanları barındıran gerilmeli bir havza olarak nitelendirilen Alaşehir Grabeni, D-B uzanımlı aktif fay sistemlerince kontrol edilmektedir.

İnceleme alanının temelinde Batı Anadolu'da geniş bir alanda yüzeylenmiş, Anadolu'nun en önemli ve en büyük masiflerinden olan Menderes masifine ait metamorfik kayaçlar toplulukları bulunmaktadır. Metamorfik kayaç toplulukları ve bunları örten genç tortul kayaçlar Menderes masifini oluşturmaktadır. Bu masife ait sınırlar kabaca güneyde Muğla, kuzeyde Kütahya, batıda İzmir ve doğuda Denizli olarak uzanmaktadır (Akkök, 1981).

3. VERİ VE YÖNTEM

3.1. Yöntem

Petrol ve doğal gaz rezervuarları makro ve mikro olmak üzere iki tip hidrokarbon sızıntısı gösterebilmektedirler. Sızıntıların varlığı hidrokarbon sistemine kaynak gösterebilmekte olup arama faaliyetlerinde önem arz etmektedir. Literatürde hidrokarbonla ilişkili yüzey alterasyonları birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır (Fu vd., 2007; Donovan, 1974; Schumacher 1996; Saunders vd, 1999). Çalışmalarda sızıntıların toprak ve sedimanlar üzerinde anomalilere yol açtıkları ortaya konmaktadır. Botanik anomaliler, mineralojik alterasyonlar ve elektrik ile manyetik özelliklerdeki değişimler bunlara işaret etmektedir (Shi vd, 2010).

Araştırmalar; Bozlaşma, kil mineralizasyonu, uranyum mineralizasyonu, ikincil karbonat oluşumları, ikincil sülfit oluşumları, manyetik mineral özelliklerindeki değişim ile elektrokimyasal ve biyojeokimyasal değişimlerin, yüzey kayaları ve topraklarda; hidrokarbon sızıntılarına ilişkin oluşum gösteren kimyasal farklılaşmalar olduğunu ortaya koymaktadır (Schumacher, 1996; Saunders vd, 1999; Fu vd., 2007). Bu değişimlerden: Bozlaşma, ferrus demirlerde zenginleşme, kil minerallerindeki ve karbonatlardaki alterasyonlar ve botanik anomaliler uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak spektral özelliklerindeki değişimlerinden tespit edilebilmektedirler (Sabins, 1999; Almeida vd., 2002, Fu vd., 2007).

Yer-gözlem uydularındaki Landsat TM/ETM ve ASTER gibi algılayıcı düzenekler belirli bir spektrum için elektromanyetik ışınımı ölçerek, sayısal olarak ifade edilmesine olanak sağlarlar. Kayaç ve minerallerin spektral özelliklerinin laboratuvar çalışmaları; elektromanyetik spektrumun 0.4 ve 2.5 mikrometre aralığında gözlenen soğurma özelliklerinin altere olmuş kayaçlardaki yaygın minerallerin belirlenmesi ya da tanımlanmasında kullanılabileceğini göstermiştir (Hunt vd.,1971) Alterasyon kimi zaman jeologların sahada çıplak gözle tespit edebilecekleri kadar belirgin nitelikte olmayabilir. Bu durumlarda, çok bantlı uydu görüntüsü verileri ana kaya, toprak ve bitki gibi yüzey malzemelerinin spektral özelliklerine bağlı olarak çok bariz olmayan bu değişkenlerin tespitine yardımcı olabilmektedir (Petrovic vd., 2008; Van der Meer vd., 2012).

Çalışmanın kapsamı, Alaşehir ve civarında elde edilen veriler ile kaynak bilgi birikimi sağlamak olup, üniversite-kamu iş birliği ile uzaktan algılama teknolojisinin farklı yer-gözlem uydu görüntü ve verilerini (Landsat TM/ETM, ASTER) kullanarak çeşitli jeolojik araştırmalar gerçekleştirmektir.

Çalışmanın amacına uygun olarak temin edilen uydu görüntüsü verileri bilgisayar ortamında geliştirilip, sayısal görüntü işleme teknikleri ile işlenerek hidrokarbon ve jeotermal ile ilişkili olabilecek mineralojik alterasyon ve anomali alanları belirlenmiştir. Gerçekleştirilen analiz sonuçlarından belirlenen mineralojik alterasyon alanları yer-gerçeği çalışmaları ile yerinde kontrol edilip yerinde ve laboratuvarda yapılan spektral ölçümler ve jeokimyasal analizler ile desteklenmesi planlanmıştır.

Ortaya konan sonuçlar ile petrol basenlerindeki hidrokarbon sızıntılarının ve jeotermal ile ilişkili alterasyonun ve litolojilerin belirlenmesi, haritalanması ve bölge jeolojisine katkı sağlanması beklenmektedir.

3.2. Veri

Japon Uluslararası Ticaret ve Endüstri Bakanlığı tarafından 1999 yılı Aralık ayında TERRA platformu üzerinde yörüngeye gönderilen ASTER algılayıcısı, yer bilimcilerin daha detaylı jeolojik veriler elde edebilmeleri adına tasarlanmıştır. TERRA uydusunun aynı noktayı tekrar görüntüleme periyodu (zamansal çözünürlüğü) 16 günde bir olup yerden yüksekliği 705 km'dir (ERSDAC, 2005). Petrol sisteminin araştırılması ve jeotermal potansiyelin ortaya konulması için ASTER görüntüleri üzerinde önceki çalışmalarda kullanılan yöntemler örnek alınarak (Koyuncu, 1990; Dağ vd., 2012a, Dağ vd., 2012b, Koruyucu ve Sümer, 2015) çeşitli analizler gerçekleştirilmiştir. Bu işlemler: Verinin hazırlanması ve ön işlemlerinin tamamlanmasının akabinde bant oranlama ve spektral indekslerin kullanılması ile türlü mineralojik indeks haritalarının oluşturulması, anomali alanlarının belirlenmesi, termal analizler ile yüzey sıcaklık verilerinin haritalanması ve radyans değerlerinin ortaya konmasına olanak sağlamaktadır.

Çizelge 1. Kullanılan uydu görüntülerine ilişkin özellikler (Kavak, 2005).

Uydu	**Sensör**	**Çözünürlük**			
		Spektral	**Mekânsal**	**Radyometrik**	**Şerit (swath) genişliği**
ASTER/ TERRA	ASTER	VNIR:3 Bant SWIR:6 Bant TIR: 5 Bant	15 m 30 m 90 m	8 bit 8 bit 12 bit	60 km
Landsat 7	ETM +	PAN: 1 bant VNIR: 2 bant TIR: 1 bant	15 m 30 m 60 m	8 bit 8 bit 8 bit	185 km

Çalışmada **Çizelge 1**'de sensör ve çözünürlük özellikleri yer alan ASTER ve Landsat görüntüleri kullanılmış olup bitki örtüsü etkisini minimize etmek üzere Ağustos ayında çekilmiş arşiv görüntüleri tercih edilmiştir. **Şekil 1**'de çalışma alanını kapsayan uydu görüntüleri yer almaktadır.



Şekil 1. Çalışma Alanını Kapsayan Uydu Görüntüleri.

4. UZAKTAN ALGILAMA ANALİZLERİ

4.1. Bant Oranlama

Bant Oranlama Tekniği, bir çoklu-bant görüntü işleme metodu olarak nitelendirilmektedir. Bir banda ait olan piksellerin DN değerleri ile farklı bant piksellerinin DN değerlerinin birbirine oranlanması ile gerçekleştirilmektedir. Yeryüzünde bulunan malzemelerin farklı spektral yansımalar göstermeleri prensibinden yola çıkan bu teknik sayesinde tek bir banttan elde edilemeyecek bilgilerin edinilmesi sağlanır, ayrıca çevresel etkilerin de azaltılmasına olanak sağlanır. Ön işlemler aşamasında atmosferik düzeltme vb. gibi düzeltmeler gerçekleştirildikten sonra, yüzey malzemesinin spektral özelliklerine ve diğer malzemelere oranla sergilediği dağılım oranına göre hangi bantların kullanılacağına karar verilmektedir. Özellikle, oranlamanın pay kısmında malzemenin yüksek yansıma gösterdiği bant yer alırken paydada ise soğrulma özelliği taşıdığı bant kullanılmaktadır (Koruyucu ve Sümer, 2015).

4.2. Spektral İndeksler

Yamaguchi ve Naito (2003)'nun çalışması, literatürde ASTER görüntüsü üzerinde ilk spektral indeks kullanarak litolojik ayırtlama gerçekleştiren çalışma olarak geçmektedir. Çalışmada SWIR bantlar kullanılmış ve ek olarak AVIRIS verisinden yararlanılmıştır. Aynı yıl Yamaguchi ve Takeda (2003) tarafından sadece ASTER verisi kullanılarak ve dönüşüm katsayıları hesaplanarak: Alunit, kaolen ve kalsit mineralleri için indeksler oluşturulmuştur. Bu çalışmaların ışığında literatürde ASTER verilerinden faydalanılarak jeolojik incelemelere ışık tutan birçok spektral indeks çalışması ortaya konmuştur. Koruyucu ve Sümer (2015)'in çalışmasında da bahsedildiği gibi spektral indeks yönteminin en büyük avantajı görüntüye bağlı bir işlem olmaksızın, kullanılan dönüşüm katsayıları ile yeryüzünde bulunan malzemelerin spektral özelliklerinden faydalanarak, ayırt edilmelerine olanak sağlamak ve jeolojik yorumlamayı kolaylaştırmaktır.

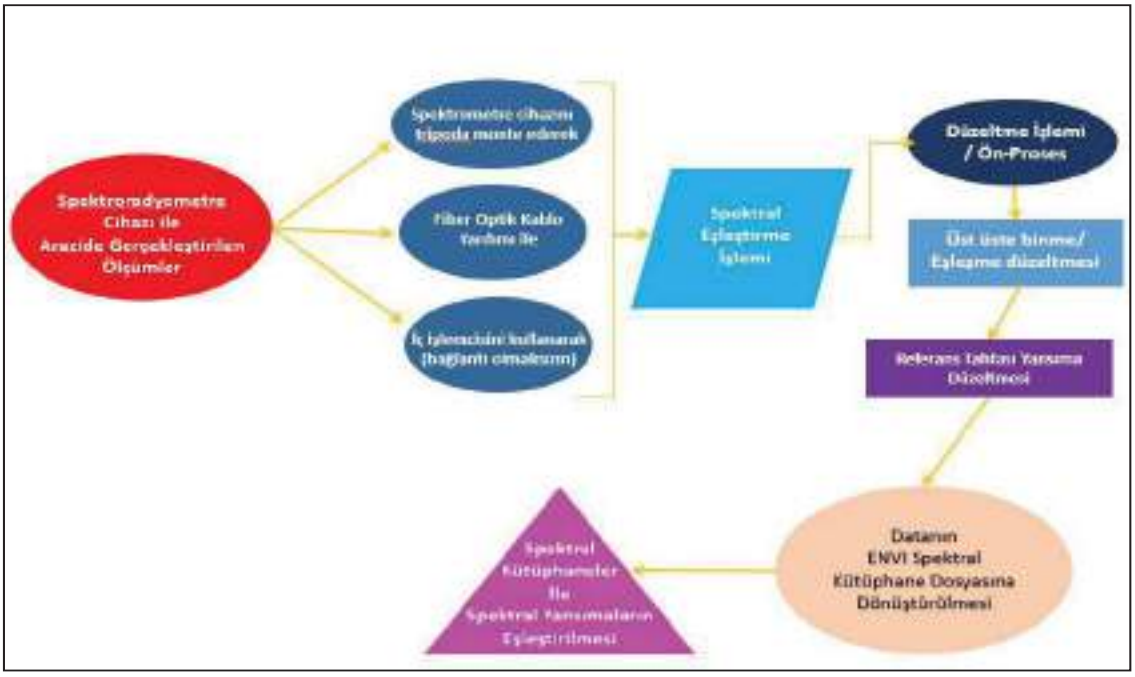
4.3. Termal Analizler

ASTER, elektromanyetik spektrumun termal kızılötesi (TIR) kısmında görüntüleme yapan ilk ve tek çok bantlı uydu algılayıcı sistem olması bakımından büyük önem arz etmektedir. Jeolojik çalışmalar için spektral, mekânsal ve radyometrik çözünürlük özellikleri elverişli koşullar barındırmaktadır (Ninomiya ve Fu, 2010). SWIR bantların kullanılarak elde edilen spektral indekslere benzer şekilde, TIR alandaki yüzeyden yayılan ışınım değerleri kullanılarak termal analizler gerçekleştirilir. Bu ışınım değerleri, emisivite ile yüzey sıcaklığının bir fonksiyonu olmakla birlikte yüzey bileşimi ile bağlantılı olan emisivite sayesinde litolojik haritalamada kullanılmaktadırlar (Nair

ve Mathew, 2012). Termal band analizleri, yüzey sıcaklık hesaplamalarında kullanılmakla birlikte sıklıkla kuvars, kalsit ve karbonat indekslerinin oluşturulmasında da kullanılmaktadır.

4.4. Spektrometre Analizleri

Spectra Vista Corporation (SVC) firmasının ürünü olan HR-1024 marka Spektrometre ile saha çalışmasında spektral ölçümler alınmıştır. Spektral ölçümden sonra numune alımı gerçekleştirilmiş olup, 124 tane numune üzerinde laboratuvar koşullarında spektral ölçümler gerçekleştirilmiştir. Böylelikle hem uydu görüntüleri üzerindeki veriler denetlenmiş hem de sahadaki ölçümler laboratuvar ortamındakiler ile karşılaştırılarak güvenirlikleri ispat edilmiştir.



Şekil 2. Spektral Analizlere İlişkin Metodoloji.

Arazide ölçülen yansıma eğrileri bilgisayar ortamında sig (.sig, signature) uzantılı dosya olarak kaydedilmektedir. Dosyada yer alan ilk kısımda, ölçüm ayarları hakkında bilgiler yer almaktadır. Dosya adı, konumu, cihazın adı, ölçüm ayarları ve gps bilgileri bu kısımda yer alır. İkinci kısım ise veri kısmı olarak adlandırılır. Bu kısımda ise her bir dalga boyunda referans tahtası için ışık miktarı (radyans), numune için ışık miktarı (radyans) ve yansıma (reflektans) ölçümleri bulunur.

Ölçümler sonucu elde edilen sig dosyası için öncelikli olarak düzeltme işlemi uygulanması gerekmektedir. İki aşamalı olan düzeltme işleminde önce üst üste binme/ eşleşme düzeltmesi gerçekleştirilir. En son olarak referans tahtası yansıma düzeltmesi yapıldıktan sonra veri ENVI Spektral Kütüphane dosyasına dönüştürülerek tercih edilecek spektral kütüphane ile eşleştirilmeye hazır hâle getirilmektedir.

4.5. Jeokimyasal Analizler

Saha çalışmaları sırasında altere ve altere olmayan alanlardan alınan arazi numuneleri üzerinde jeokimyasal ve sedimantolojik analizler gerçekleştirilmektedir. Uydu görüntülerinden belirlenen anomalilerin ve mineralojik alterasyonların hidrokarbon/jeotermal ile ilişkili olup olmadığını anlamak ve yapılan çalışmanın doğruluğunu belirlemek amacıyla toplanan 124 numune üzerinde TP Araştırma Laboratuvarında XRD ve Petrografik analizleri gerçekleştirilmiştir.

5. SONUÇLAR

Bant oranlama metodu ile ASTER görüntüleri üzerinde mineral analizleri: Demiroksit, Alunit, Kaolinit, Muskovit, Kalsit ve Dolomit için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Sınır değerleri bulunmuş ve haritalanmıştır. TIR bantlarından elde edilen görüntüye uygulanan termal analizler sonucunda ise radyans, yüzey sıcaklığı, kuvars indeksi, karbonat indeksi ve mafik indeks değerleri bulunmuş ve görüntü üzerindeki dağılımları haritalanmıştır.

Landsat görüntüsü üzerinde kil karbonat, demirli mineraller ve demiroksit analizleri gerçekleştirilerek dağılımları haritalanmıştır. Hidrokarbon Alterasyonu ile beklenen kaolen, illit, simektit gibi kil minerallerindeki artışlar ve indirgen ortam koşullarında Ferrik demiroksitlerin, Ferrus demiroksit formlarında çökelmesi koşullarını araştırmak üzere, Landsat görüntülerinden elde edilen sonuçlar ile ASTER görüntülerinden edinilen sonuçlar birlikte değerlendirilerek kritik alanlar haritalanmıştır.

Mineralojik analizler ve bulgular, çalışma alanı üzerinde geçmiş yıllarda açılmış olan kuyu bilgileri ve sismik verilerle birlikte değerlendirilmiş olup, bölgenin petrol ve jeotermal potansiyeline katkı sağlayabilmek üzere belirlenen kritik alanlar üzerinde detaylı incelemeler gerçekleştirmek üzere yeni saha planları oluşturulmuştur. Çalışmanın ilk sonuçları niteliğini taşıyan optik görüntü analizleri, spektral analizler ve numunelerin jeokimyasal analizlerine ilişkin ön sonuçlar ve bulgular veri güvenliği sebepleri ile poster sunumunda gösterilecektir.

NOT

Çalışma İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Doktora çalışmasının bir bölümünü oluşturmaktadır. Doktora çalışmasında bu çalışmada kullanılan yöntemler dışında SAR görüntüleri kullanılarak yüzey deformasyonları incelemeleri ve GPS ölçümleri yer almaktadır. Alan üzerinde yeni nesil uzaktan algılama teknikleri kullanılarak jeolojiye katkı sağlanması planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

Almeida, R., Miranda, F. P., Yamakawa, T., Bueno, G. V., Moreira, F. R., Camargo, E. G., Bentz, C. M., 2002, Data integration for a geologic model of hydrocarbon microseepage areas in the Tona Plateau region, North Tucano Basin, Brazil, *Canadian Journal of Remote Sensing*, 28(1), 96-107.

Akkök, R., 1981, Menderes Masifinin Gnayslarında ve Şistlerinde Metamorfizma Koşulları, Alaşehir – Manisa, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, C. 24, Şubat 1981, 11-20

Catlos, E. J., Baker, C. B., Sorensen, S. S., Jacob, L. Ve Çemen, İ., 2011, Linking microcracks and mineral zoning of detachment-exhumed granites to their tectonomagmatic history: Evidence from the Salihli and Turgutlu plutons in western Turkey (Menderes Massif), *Journal of Structural Geology*, 33, 951 – 969.

Çiftçi N. B., 2007, Geological Evolution of the Gediz Graben, SW Turkey: Temporal and Spatial Variation of the Graben, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Doktora Tezi, Ankara, Türkiye.

Çiftçi, N. B. ve Bozkurt, E., 2009, Evolution of the Miocene sedimentary fill of the Gediz Graben, SW Turkey, *Sedimentary Geology*, 216, 49-79.

Çiftçi, N. B. ve Bozkurt, E., 2010, Structural evolution of the Gediz Graben, SW Turkey: temporal and spatial variation of the graben basin, *Basin Research*, 22, 846-873.

Dağ, R. Ç., Tokatlı, K., Toprak, V. ve Koyuncu, H., 2012a, Uzaktan Algılama Yöntemleri Kullanılarak Güneydoğu Anadolu Bölgesinin Muhtemel Hidrokarbon Alterasyonunun Belirlenmesi, TPAO Rapor No: 5388, Ankara, Türkiye.

Dağ, R. Ç., Tokatlı, K., Koyuncu, H. ve Toprak, V., 2012b, Uzaktan Algılama Yöntemleri Kullanılarak Doğu Anadolu Bölgesi Volkanik Kayaçlarının yırtlanması Proje Raporu, TPAO, Rapor No: 5398, Ankara, Türkiye.

Donovan, T. J., 1974, Petroleum microseepage at Cement, Oklahoma – evidence and mechanism, AAPG Bull. ,58, 429-446.

ERSDAC – Earth Remote Sensing Data Analysis Center, 2005, ASTER User's Guide, Part 1: General, 4.0 Versiyon, s. 100.

Fu, B.H., Zheng, G. D., Ninomiya, Y., Wang, C. Y., Sun, G.Q., 2007, Mapping hydrocarbon-induced mineralogical alteration in the northern Tian Shan using ASTER multispectral data., *Terra Nova*, 19, 225-231.

Demircioğlu, D. K., 2009, Alaşehir Grabenine Ait Sismik Kesitlerin Yapısal Yorumu, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2009.

Emre, T., 1996, Gediz Grabeninin tektonik evrimi, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 39, no: 2, s. 1-18, Ağustos 1996

Ersoy, E. Y., Çemen, İ., Helvacı, C. ve Billor, Z., 2014, Tectono-stratigraphy of the Neogene basins in Western Turkey: Implications for tectonic evolution of the Aegean Extended Region, *Tectonophysics*, 635, 33-58.

Hakyemez, H. Y., Göktaş, F., Erkal, T., 2013, Gediz Grabeninin Kuvaterner Jeolojisi ve Evrimi, *Türkiye Jeoloji Bülteni,* cilt: 56, sayı: 2, Nisan 2013.

Hunt. G. R., Salisbury, J. W., and Lenhoff, C. J., 1971, Visible and near infrared spectra of minerals and rocks: III.oxides and hydroxides, *Modern Geology*, 2, 195-205.

Kavak, K. S. , 2005, Recognition of gypsum geohorizons in the Sivas Basin (Turkey) using ASTER and Landsat ETM+ images, *International Journal of Remote Sensing*, 26, 4583-4596.

Koruyucu, M. ve Sümer, E. Ö., 2015, Aster Uydu Verileri Kullanılarak Jeolojik Özelliklerin Tespiti, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı Ankara – Mart, 2015.

Koyuncu, H., 1990, Remote Sensing Study for Mineral Resource Appraisal of the San Rafael Swell, Emery County, Utah, *Yüksek Lisans Tezi*, Colorado School of Mines, Golden, CO, ABD.

Ninomiya, Y. ve Fu, B., 2010, Regional scale lithologic mapping in Western Tibet using ASTER thermal infrared multispectral data. *Internationak Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*. 38, 454-458.

Petrovic, A., 2006, Remote detection and geochemical studies for finding hydrocarbon-induced alterations in Lisbon Valley, Utah, *Yüksek Lisans Tezi*, University of Houston, Houston, Texas.

Petrovic, A., Khan, S. D., Chafetz, H.S., 2008, Remote detection and geochemical studies for finding hydrocarbon-induced alterations in Lisbon Valley, Utah., *Marine and Petroleum Geology*, 25, 696-705.

Poyraz, F., Tatar, O., Hastaoğlu, K. Ö., Tiryakioğlu, İ., Gürsoy, Ö., Koçbulut, F., Türk, T., Demirel, M., Duman, H., Ciğer, A. F., ve Gül, D. , 2015, Gediz Grabeninin Doğu Kesimindeki Güncel Tektonik Hareketlerin GPS ve PS-InSAR Yöntemleri Kullanılarak Belirlenmesi; İlk Sonuçlar, *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi,* 1(7), 17- 28.

Purvis, M. ve Robertson, A. ,2005, Sedimentation of the Neogene-Recent Alaşehir (Gediz) continental graben system used to test alternative tectonic models for western (Aegean) Turkey, *Sedimentary Geology*, *173*, 373-408.

Sarıkaya M.A. ,2001, Gediz Grabeninin Alaşehir – Salihli Arasındaki Kesiminde (Karadut Çevresi) Menderes Masifi ile Tersiyer Örtü Kayaçları Arasındaki Yapısal İlişkinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi,* Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye., [Erişim adresi: http://yunus.hacettepe.edu.tr/~sarikaya/ylisans.htm , erişim tarihi: 3 Haziran 2018].

Sert, S. ,2015, Subsurface Structural Geology of the Eastern Part of the Büyük Menderes Graben, Western Turkey: Implications for Structural Evolution of the Büyük Menderes and Alaşehir Grabens, University of Alabama, *Master Thesis*, Tuscaloosa, Alabama.

Seyitoğlu, G. ve Işık, V. ,2015, Late Cenozoic Extensional Tectonics in Western Anatolia: Exhumation of the Menderes Core Complex and Formation of Related Basins, *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, *151*, 47-106.

Seyitoğlu, G. ve Scott, B. C. ,1996, Age of the Alaşehir graben (west Turkey) and its tectonic implications, *Geological Journal, 31*, 1-11.

Sözbilir, H. ,2001, Extensional Tectonics and the Geometry of Related Macroscopic Structures: Field Evidence from the Gediz Detachment, Western Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 10, 51-67.

Şahin, S. ,2014, Gediz Grabeni Alaşehir Bölgesinin Jeotermal Potansiyelinin Jeofizik Yöntemlerle Araştırılması, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale, Türkiye.

Şengör, A.M.C. ve Yılmaz, Y. ,1981, Tethyan Evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach. *Tectonophysics, vol. 75*, 181-241.

Türk, S. ,2014, Seismic Structure and Tectonics of the Alaşehir-Gediz Graben, Western Turkey, *Yüksek Lisans Tezi,* Miami University, Oxford, Ohio.

Van der Meer, F., Hecker, C., Ruitenbeek, F., van der Werff, H., Wijkerslooth, C. ve Wecher, C., 2014, Geologic remote sensing for geothermal exploration: A review., *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 33, 255-269

Yamaguchi, Y. Ve Naito, C., 2003, Spectral indices for lithologic discrimination and mapping by using the ASTER SWIR bands, *International Journal of Remote Sensing*, 24 (22), 4311-4323.

Yamaguchi, Y. ve Takeda, I., 2003, Mineralogical mapping by ASTER in Cuprite, Nevada, USA, *Asian Journal of Geoinformatics*, 3 (3), 17-24.

Yazman, K. M., 1990, *Alaşehir'in Jeolojisi ve Petrol Olanakları*, TPAO Arama Grubu Başkanlığı , Rapor No: 2686, Ankara.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6432

GOOGLE EARTH GÖRÜNTÜLERİNİN DETAYLI TOPRAK ETÜTLERİNİN HAZIRLIK AŞAMASINDA KULLANIMLARININ ARAŞTIRILMASI, MEKÂNSAL VE ZAMANSAL DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ

Yavuz Şahin TURGUT[1],Suat ŞENOL[1]

[1]Arş. Gör. Yavuz Şahin TURGUT, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Toprak Etüt ve Haritalama, Uzaktan Algılama Anabilim Dalı, 01340,Sarıçam, Adana, ysturgut@cu.edu.tr.
[1]Prof. Dr. Suat ŞENOL, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Toprak Etüt ve Haritalama, Uzaktan Algılama Anabilim Dalı, 01340,Sarıçam, Adana, ssenol@cu.edu.tr

ÖZET

Toprak etüt ve haritalama işlemi toprakların uygun bir şekilde değerlendirilmesi amacıyla örneklenmesi, tanımlanması, uygun taksonomik sınıfa göre sınıflandırılması ve yorumların analiz edilerek haritalanması süreçlerini kapsar. Bu çalışmalar yapıldığı sırada ve sonrasında çalışmaların en önemli odak noktası, haritası yapılacak arazinin uygun jeomorfolojik oluşumları ve fizyoğrafik ünitelerini göz önünde bulundurarak toprak sınırlarının araziye çıkmadan tahmini olarak belirlenmesi ve toprak haritalaması amacıyla örnekleme yapılacak yerlerin önceden saptanmasıdır. Toprak etütlerinde toprak sınırlarının arazide kontrolü ve kesinleştirilmesi, etüt çalışmalarında en fazla zaman alan ve toprak haritasının kalitesini etkileyen önemli bir kısmı oluşturmaktadır. Bu kapsamda, doğru bir haritalama işlemi gerçekleştirilebilmesi adına arazi çalışmaları için ön bilgilerin toplanarak sentezlenmesi, toprak etütlerinin güvenilirliğinin temel omurgasını oluşturmaktadır. Ayrıca toprak etütlerinde altlık olarak kullanılacak kartografik materyalin özellik ve kalitesi arazide harcanacak süreyi ve toprak haritasının kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu amaçla, hava fotoğrafları ve çeşitli uydu verileri toprak etütlerinde kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, detaylı toprak etütlerinde kartografik materyal olarak Google Earth verilerinin detaylı toprak etütlerinin arazi gözlem süreçlerinde ve haritalama çalışmaları öncesinde, haritalama sırasında ve hatta sonrasında kullanım olanaklarını araştırmaktır. Bu nedenle, geleneksel toprak etüt ve haritalama işlemleri, teknolojinin gelişmesiyle beraber Google Earth gibi toprak etüdü açısından alternatif sistemlerin, toprak haritaları oluşturma aşamalarına entegrasyonu, toprak etütlerine kreatif çözümler sunmak adına büyük önem teşkil etmektedir. Sonuç olarak yapılacak bu çalışmanın çıkış noktası, Google Earth görüntülerinin detaylı toprak etütlerine sunduğu/sunacağı yenilikçi yaklaşımlar ve kullanım olanakları açısından nasıl bir yarar sağladığını ve sonraki çalışmalar için ne oranda yararlı olacağının araştırılmasıdır. Bu çalışmada; Google Earth verilerinden elde edilebilecek farklı tarihli uydu görüntülerinin toprak sınırlarını yorumlarken ne oranda güvenilir olduğu birçok yönüyle kapsamlı olarak incelenmiştir. Sonuç olarak, "Google Earth" aracılığıyla elde edilen verilerin toprak yüzeyini gösterecek uygun zaman ve iyi kalitede görüntülerin seçilmesiyle, arazide tespit etmek için geçici toprak sınırların çizilmesine yardımcı olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, mevcut toprak haritalarındaki zamansal ve alansal değişimlere bağlı olarak sınır değişkenliklerinin belirlenmesine yardımcı olan bir araç olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Sözcükler: toprak etüt ve haritalama, jeomorfolojik oluşum, Google Earth, kartografik materyal

ABSTRACT

RESEARCH OF UTİLİZATİON OF GOOGLE EARTH IMAGES, IN THE PREPARATİON STAGE OF DETAİLED SOİL SURVEYS AND THE DETERMİNATİON OF SPATİAL AND TEMPORAL CHANGES

The soil survey and mapping process contains a set of sampling objectives that are appropriately aimed at detecting, classifying and analyzing taxonomic classes. During it's conduct time and also later, the most essential focal points of studies are determination of the area where it will be mapped by considering convenient geomorphological formations and slope landscape and the soil borders without terrain exploration in order to detect estimated locations where it will be sampled. In the soil surveys, the control and determination of soil borders on the terrain are important pieces of terrain surveillance that require more time and soil maps of better quality. In this context, the collection and synthesis of preliminary information for land constitutes have created the basic backbone credibility of soil surveys. In addition, in the soil surveys, attributes of cartographic materials used as base greatly affects the time spent on the terrain and the quality of soil maps. For this purpose, aerial photos and satellite images are utilized during soil surveys. The objective of this study is to research the terrain surveillance process using the cartographic material from Google Earth, requiring before mapping studies, in the course of mapping and even later in detailed soil surveys. Therefore, both conventional soil surveys and developing technology in terms of soil surveys integrated to alternative systems such as Google Earth is rather significant for combined soil formation levels and is of great importance for providing creative solutions to soil surveys. The end result of this work is to investigate the benefits of Google Earth imagery in terms of innovative approaches and possibilities for detailed soil surveys and how it will benefit future work. . It is concluded that the Google Earth images with its archive data are very useful cartographic materials for detqiled soil survey studies. It gives a possibility of chosen best time and best quality images which soil surface is bare and soil boundaries are visible. Beside of that, the Google Earth images are the best tool for revising and updating of the existing soil maps.

Keywords: the soil survey and mapping, geomorphological formation, slope landscape, Google Earth, cartographic material

1. GİRİŞ

Toprak etüt haritalama, doğada var olan yığılma gruplarının sistematik bir şekilde zaman, iklim ve canlı gibi faktörlerin farklı etki ve katkı derecelerinde bulunarak yeniden organize olmaları sonucu oluşan, toprakların oluşum desenlerinin belli oranlarda küçültülerek bir altlık harita şeklinde gösterme işlemidir. Heterojen dağılıma sahip toprakların belli bir organizasyonda, taksonomik olarak sınıflandırılması amacıyla hem arazi hem de büro çalışmaları aşamasında yeniden yorumlanması, örneklenmesi ve yerinde görülüp tespit edilmesi gerekmektedir. Bu ilkeler, etüt çalışmalarının ve dolayısıyla güvenilir haritalama süreçlerinin temel yapı taşlarını oluşturmaktadır.

Yoğun araştırma ve bilgi toplamaya dayanan ve her aşaması özveri ile gerçekleştirilmesi gerekli olan etüt ve haritalama çalışmaları için araziye çıkılmadan önce güvenilir ve kapsamlı bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bilgilerin güvenilirliği etüdü yapılacak ve toprak haritaları oluşturulacak alanların doğal ve kültürel sınır çizgilerinin önceden saptanılması açısından önem teşkil etmektedir.

Bu amaç doğrultusunda, toprakların sahip olduğu doğal sınırlar ve haritalandırılması planlanan arazi desenleri hakkında ayrıntılı bilgi toplanması ve bu bilgilerin güvenilir, hızlı ve ucuz yollardan sağlanması önemlidir. Ayrıca, çok önceki yıllarda zamanın teknolojisinin sunduğu imkânlar doğrultusunda oluşturulan toprak haritalarında karşılaşılan birtakım sistematik sorunların, "Google Earth" gibi arazi gözlemleri sağlayabilen, hızlı ve inovatif programların kullanımının arttırılarak giderilmesi ve toprak haritalarının doğruluğunun arttırılması açısından büyük avantajlar sağlamaktadır.

Bu çalışma iki esas amaç üzerine kurulmuştur. Birincisi, değişik zamanda elde edilen uydu görüntülerinin incelenmesini ve üzerinde sınır çizimi ve düzeltmesi yapılabilen Google Earth programının kullanılmasıyla, henüz haritalanmamış alanların geçici toprak sınırlarını belirlemektir. Bu işlem, etüt ve haritalama çalışmalarının sonraki aşamalarında doğru bir şekilde ilerlemesini sağlamasına yardımcı olacaktır. İkincisi; eski zamanlarda hava fotoğrafları, topoğrafik haritalar ve düşük çözünürlüklü, kalitesiz uydu görüntüleri gibi yetersiz nitelikteki kartografik materyaller kullanarak yapılan çalışmaların, "Google Earth" gibi kaliteli ve ayrıntılı uydu verileri sunan programlar kullanılarak toprak sınırlarında meydana gelen değişiklikler ve sınır doğruluklarının yeniden saptanması ve yorumlanması amaçlanmaktadır.

Bu makalede; her iki amaç içinde Google Earth verilerinden elde edilebilecek farklı tarihli uydu görüntülerinin toprak sınırlarını yorumlarken ne oranda güvenilir olduğu birçok yönüyle kapsamlı olarak incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda, "Google Earth" programı kullanılarak elde edilen verilerin toprak yüzeyini gösterecek uygun zaman ve iyi kalitede görüntülerin seçilmesi şartıyla hem arazide kararlaştırılmak üzere geçici toprak sınırların çizilmesine yardımcı olduğu hem de mevcut toprak haritalarındaki zamansal ve alansal değişimlere bağlı olarak sınır değişkenliklerinin saptanmasına yardımcı olan bir araç olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

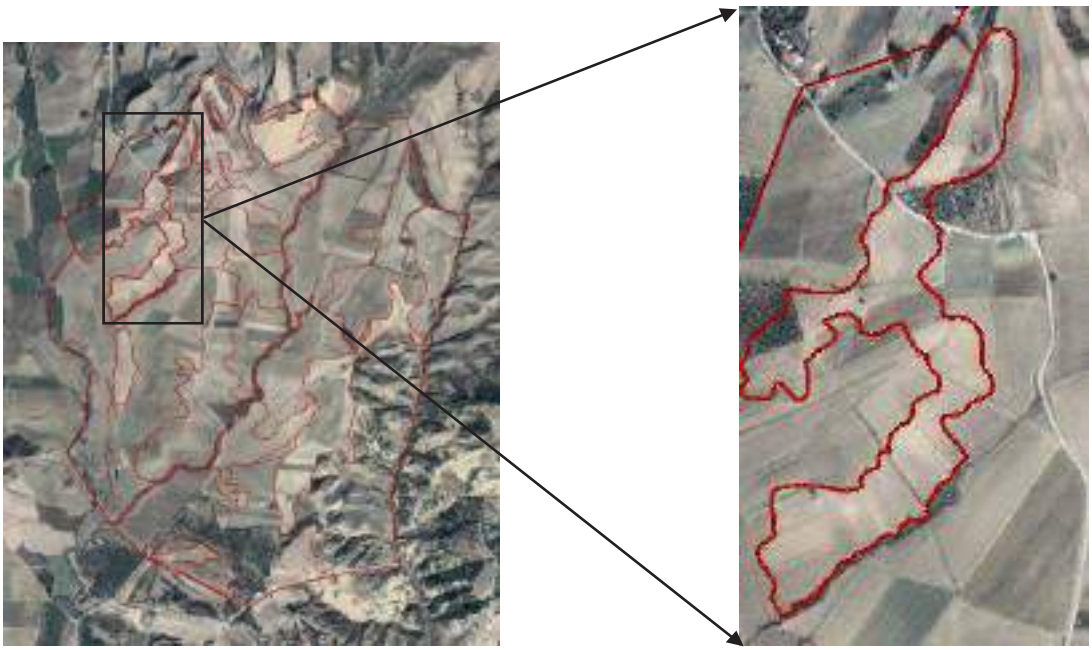
Bu çalışma sırasında, lisanslı Google Earth Pro programıyla elde edilmiş son 18 yıla ait (2018- 2000) uydu görüntüleri kullanılmıştır. Daha önce farklı arazi formasyonlarının bulunduğu toprak haritası yapılmamış ve toprak haritaları yapılmış test alanları, fizyoğrafyaya dayalı olarak seçilmiş, göz yorumlamasıyla toprak sınırları belirlenmiş ve toprak haritaları çıkarılmış alanlarından belirlenmiştir. Google Earth programı yardımıyla yeniden yorumlanıp, sınırları belirlenmiş ve daha önceki yıllarda yapılmış olan mevcut toprak haritalarıyla ve bu haritaların yapılmasında kullanılan topoğrafik haritalarla kıyaslanmıştır. Bu sayede, daha önceki yıllarda hazırlanmış mevcut toprak haritaları ile çalışma sonucu Google Earth üzerinden elde edilmiş sınırların doğruluğu kıyaslanarak test edilmiştir.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1 Henüz Haritalanmamış Alanların Haritalanma Çalışmaları Aşamasında Google Earth Verilerinin Kullanımı

Toprak etüt haritalama doğada var olan toprak desenini belli bir oranda küçülterek ve özelliklerini belirleyerek bir altlık harita üzerinde gösterme sanatıdır (Şenol, 2015). Toprak etüt haritalama işlemi, büro, arazi, laboratuvar çalışmaları gibi bir zincirin sahip olduğu farklı halkalara benzer. Bu halkalardan birinin kırılması sonraki aşamalarda yapılacak etüt ve haritalama işlemi basamaklarını olumsuz etkiler. Özellikle etüt ve haritalama çalışmalarının ilk halkasını oluşturan büro çalışmalarının birinci aşaması sırasında tahmini toprak sınırlarının dikkatli ve doğru bir şekilde çizilmesi önemlidir. Sınır çizimi sırasında yapılabilecek herhangi bir hata farklı özelliklere ve fizyoğrafik koşullara sahip toprak desenlerinin yanlış yorumlanmasına neden olacaktır. Bu yanılsama, akabinde yapılacak arazi gözlemlerinin başarı oranını olumsuz bir şekilde etkileyebilir. Toprakların arazide olduğu kadar öncesinde yapılacak işlemlerle tanınması ve güvenilir ön bilgilerin toplanması bu açıdan önemlidir.

Çalışmanın bu aşamasında, henüz haritalanmamış ancak etüt projesi oluşturulmuş Adana ilinin Avadan Mahalle'sine bağlı '37 derece 02 dakika 22 saniye Kuzey' ile 35 derece 05 dakika 41 saniye Doğu' koordinatlarına sahip 2452 dekarlık bir alana ait geçici toprak sınırları çizilmiştir (Şekil 1). Bu sınırlar Google Earth uydu verilerinin farklı zamanlarda çekilmiş görüntülerinden yararlanılarak elde edilmiştir. En uygun uydu görüntüsü 09.11.2017 tarihin de elde edilmiş olup toprak desenindeki değişimleri gösteren toprak sınırları bu görüntü üzerine çizilmiştir.



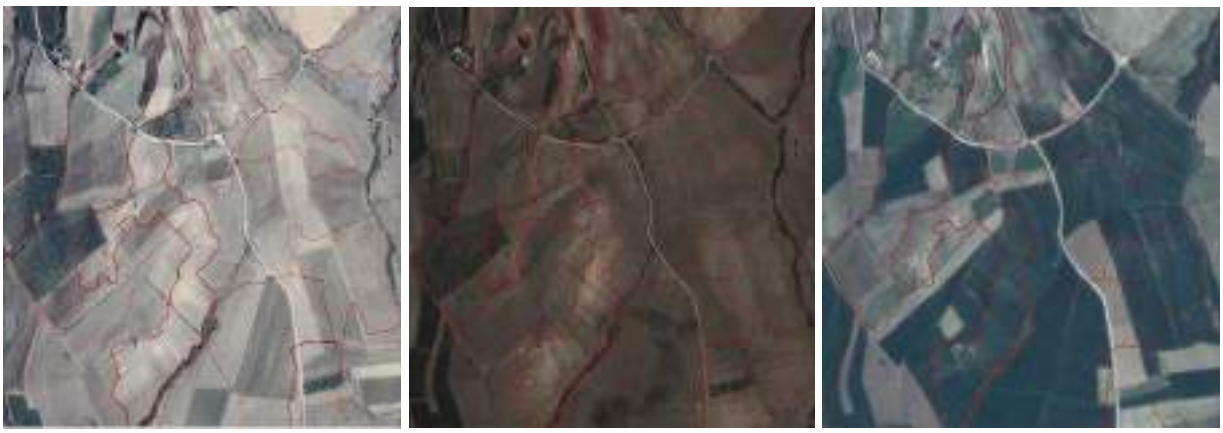
Şekil 1. "Avadan test alanı "D1" sınırına ait görüntü (Google Earth üzerinden elde edilmiştir, 2018).

Şekil 1'de Avadan test alanına ait "D1" olarak isimlendirilen geçici yorum sınırı görülmektedir. İlgili sınırın, bu çalışma için örnek olarak seçilmesindeki asıl neden yorum sınırlarının diğer sınırlara oranla daha açık ve net seçilip ayırt edilebilmesidir. Ayrıca bulunduğu fizyoğrafya koşulları ve arazi kullanımı açısından göz yorumuyla sınır çizilmesine en yatkın sınır olarak göze çarpmaktadır.

Google Earth ile elde edilen uydu görüntüsünün, hava fotoğrafları, ortofotolar veya "Landsat" gibi düşük yersel çözünürlüğe sahip uydu görüntülerine kıyasla daha kaliteli görüntüler sunması geçici toprak sınırlarının tahminini kolaylaştırmaktadır. Ayrıca hava fotoğraflarının çekimi sırasında sıkça karşılaşılan sorunlardan birisi, uçağın belli bir irtifada sürekli olarak aynı hat üzerinde seyredememesi, hava fotoğraflarında topoğrafik yapıya da bağlı olarak alansal kaymalara neden olmaktadır. Ayrıca bu tür kaymaların bu konuda uzmanlaşmış kişiler tarafından gerekli düzeltmeler yapılarak yorumlanması gerekmektedir ki bu işlem çok zaman alan ve yorucu bir süreçtir. Ayrıca hava fotoğrafları için uçurulacak uçak, uçak için gerekli yakıt, uçağı kullanacak deneyimli pilot, görüntü elde etmek için kullanılacak kontrollü ekipmanların tümü maliyeti arttıran diğer önemli etmenlerdir. Ancak Google Earth tarafından sağlanan

veriler ücretsiz, güvenilir, uzman gereksinimine ihtiyaç duyulmayan anlık elde edilebilen ve toprak sınırlarının tahmin edilmesi açısından oldukça başarılı bir programdır.

Şekil 2'de farklı tarihlerde elde edilmiş uydu görüntüleri ve bunların zamansal değişimleri aşağıda verilmiştir. Avadan 2452 dekarlık test alanından seçilen ve bakış yönüne göre kuzeybatı yönünde kalan "D1" adlı sınır görülmektedir. Şekil 2'de "D1" sınırı, (1) , (2) ve (3) numaralı görüntülerde geçici göz yorumlamasıyla çizilen doğal toprak sınırları görülmektedir.



(1) **(2)** **(3)**

Şekil 2. Farklı tarihlere ait uydu görüntülerinden elde edilmiş (Sırasıyla; 09.11.2017; 27.09.2017; 31.03.2014) "D1" geçici toprak sınırına ait görüntü (Google Earth üzerinden elde edilmiştir, 2018).

Dikkatle incelediğimizde; sınır çizme konusunda uzman olmayan bir gözle bile bakıldığında doğal toprak sınırı olarak nitelendirebileceğimiz değişimler rahatlıkla gözlenebilmektedir. Bunun iki nedeni olabilir; birincisi, Google Earth programı ile sağlanan uydu görüntüsünün kalitesi ve görüntü edinimi sırasındaki hava şartlarının uygunluğu, ikincisi ise görüntünün elde edildiği zamandaki toprak yüzeyinin ve topoğrafik yapının durumudur. Toprak yüzeyinin (1) ve (2) numaralı görüntülerde çıplak ve sınırları ayırt edilebilir, (3) numaralı görüntüde ise bitki örtüsü ile kaplı olması ve buna bağlı olarak bitki yapraklarının toprak yüzeyinden gerçekleşecek yansımaları engellemesi nedeniyle sınırların ayırt edilmesinin neredeyse imkânsız olduğu gösterilebilir.

Ayrıca dikkat edilmesi gerekli diğer bir faktörde toprak nem durumudur. Burada görülmemesine rağmen gerek Google Earth ile elde edilen görüntülerde gerekse de diğer yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinde dahi toprağın aşırı nemli olduğu koşullarda ışığın absorbsiyonu fazla olacağından toprak yüzeyinden yansımalar azalır ve dolayısıyla toprak sınırlarının sağlıklı bir şekilde çizilmesi zorlaşır. Çünkü radyasyon olarak nitelendirdiğimiz ışınım olayı hedef ile temas ettiğinde üç farklı tepki ile karşılaşır: yansıma, saçılma, absorpsiyon ve cismin içinden geçebilmesi.
Yansıma olayı, cisim ayna gibi pürüzsüz ve düz bir yüzeye sahipse, dalga boyu ilgili madde ile karşılaştığında belli açılarla gerisin geriye yansıtılır; saçılma olayında ise durum yansıma olayından biraz farklıdır.

Saçılma, cismin sahip olduğu pürüzlü yüzeyler ile gelen radyasyonun temas etmesi durumunda rastgele farklı yön ve doğrultularda harekete geçmesidir. Toprak yüzeyinden saçılma olayı en fazla tanecik boyutu dağılımı ile ilgidir. Bileşimi, kaba veya ince tanecikli yapıda olan topraklar farklı saçılma karakteristikleri gösterirler. Yani yüzeye ulaşan dalga boyunun enerjisi temas ettiği yüzeyin parçacık boyutu dağılımından daha küçükse dağınık yansıma baskın olacaktır. Örneğin, uzun dalga boyuna sahip ve enerjisi yüksek olan elektromanyetik spektrumun mikrodalga bölgesinden yansıyan radyasyon, ince tanecikli kum yüzeyi ile temas ettiğinde oldukça pürüzsüz görülebilir. Ancak enerjisi düşük ve mikro dalgalara kıyasla daha küçük dalga boyuna sahip görünür bölge içindeki enerji aynı yüzeyle temas etmesi durumunda oldukça pürüzlü görünür (NRCAN, 2018).

Absorbsiyon ise, radyasyonun ilgili yüzeyle temas etmesi durumunda dalga boyunun sahip olduğu enerjiyi emerek içerisine hapseder ve absorbe edilen enerji miktarına göre yüzeyden saçılma veya yansıma olayları engellenir. Örneğin, kuru ve nemli toprak yüzeyleri karşılaştırıldığında nemli toprak yüzeyinden emilim daha yüksek olacağından dolayısıyla absorpsiyon daha yüksek olacaktır. Buna ek olarak, toprakların sahip olduğu organik madde içerikleri, özellikle de humik asit miktarları artıkça renk koyulaşacağından yansımalar azalır absorbsiyon artar. Ayrıca bitki yapraklarının yapısında bulunan ve "klorofil" olarak adlandırılan kimyasal bir bileşik, görünür bölgedeki kırmızı ve mavi dalga boylarını absorbe ederken yeşili yansıtır.

Cismin içinden geçebilmesi (Transmission) olayı; bir enerji boyutu (dalga boyu), herhangi bir maddeden geçerken madde tarafından bu maddenin yapı ve bileşimi gibi özelliklerine bağlı olarak; anlamlı bir zayıflamaya uğratılmıyorsa geçirilir (Sarı, 2014).

3.2. Toprak Haritaları Yapılmış Test Alanlarının Google Earth Üzerinden Yeniden Sınır Kontrollerinin Yapılması

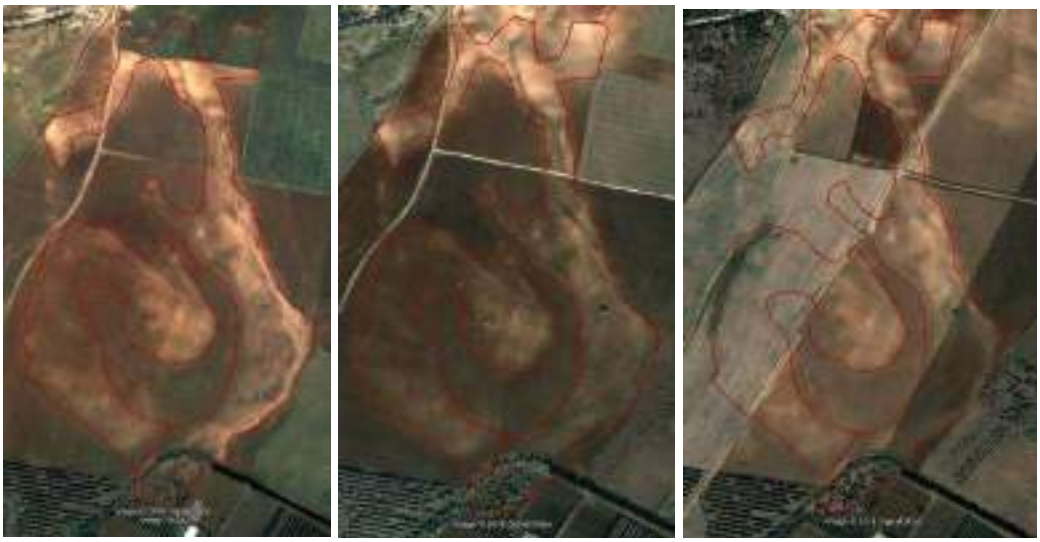
Toprak haritaları, toprağın sahip olduğu fiziksel, kimyasal, mineralojik ve morfolojik özellikleri hakkında bilgi sahibi olmak ve ayrıca söz konusu bölgenin alansal desenlerini yansıtarak çeşitli sınıflama sistemlerinde taksonomik olarak sınıflandırmak için kullanılır. Toprak haritaları, arazi kullanımından, karbon haritası oluşturmaya, kil mineralojisinin sınıflandırılmasından makro ve mikro element gübrelemesine kadar çok geniş bir alanda toprak bilimine katkı sağlamaktadır. Topraklar hakkında nitelikli bilgiye sahip olma gereksinimi yukarıda verilen bitki besleme ve toprağın diğer alanları hakkında bilgi sağlama ve daha güvenilir tahminler yapılabilmesi açısından toprakların haritalanma süreçlerine önem kazandırmıştır. Bu amaçla toprak araştırmacıları (Özellikle etüt ve haritalama uzmanları) geçmişten günümüze kadar çeşitli arazi parçalarının yorum haritalarını oluşturmuş ve arazi koşullarında elde edilen nitel ve nicel bulgularla yorum haritalarını destekleyerek toprakların haritalanmasını sağlamıştır.

Bu amaçlar doğrultusunda, 1990'lı yıllarda Çukurova Üniversitesi kampüs arazisinin detaylı toprak haritası yapılmıştır. Yapılmış olan bu toprak haritaları günümüzde dahi hâlen kullanılmaktadır çünkü toprak sınırları bir anda oluşmadığı gibi birkaç yıl içerisinde de büyük değişimler göstermez. Ancak günümüze değin arazilerin farklı amaçlar için kullanılması sonucu (örneğin tarla tarımı için kullanılan veya boş bir arazi, zaman içerisinde insanlar tarafından tesis veya yerleşim yeri kurmak için kullanımları değiştirilebilir) bazen bu sınırların ayırt edilmesini güçleşir. Dolayısıyla, eski tarihli toprak haritalarında insan veya diğer etmenler sonucu oluşan sınır farklılıklarının yeniden yorumlanıp düzeltilmesi gereklidir. Bu amaçla, Google Earth uydu verilerinden yararlanılarak son 18 yılda Çukurova Üniversitesi kampüs arazisi içerisinden seçilen belirli test alanlarında, bu değişimleri görselleştirmek amacıyla sınır kontrolleri yapılmış ve Google Earth görüntüleri üzerinden yeniden yorumlanmıştır.

Yorumlama test alanlarından seçilen ve uzman olmayan bir kişi tarafından dahi kolaylıkla ayırt edilebilen iki yorum sınırı üzerinden yapılmıştır. Çizilen birinci sınırda yıllara göre değişimin toprak sınırları üzerinde ne kadar etkili olduğu tartışılmıştır. Diğerinde ise sınırların belirlendikten sonra insan etkisiyle inşa edilen yapıların doğal sınırları nasıl etkilediği tartışılmıştır.

Belirlenen test alanları üzerine çizilen yorum sınırları Çukurova Üniversitesi kampüs alanının bakış yönüne göre güneydoğu yönünde 37 derece kuzey ve 35 derece doğu enlem ve boylam derecelerinde olup elde edilen görüntüler sırasıyla 30.03.2000; 05.10.2006; 22.10.2010; ve 12.09.2017 tarihlerinde çekilmiş görüntülere aittir. Görüntüler Google Earth üzerinde yaklaşık olarak 55 m yüksekliğe sabitlenerek elde edilmiştir ve göz hizası yaklaşık olarak 1000 metredir. Test alanının 2000 ve 2010 yılına ait iki farklı görüntüsünde tarla tarımı için kullanıldığı düşünülürken, 2017 yılına ait iki farklı görüntüde ise büyük bir kısmında bahçe tarımına evrildiği gözlenmektedir.

Göz yorumu ile Google Earth verileri üzerinden çizilen sınırların gözlemlenebilirliği yüksektir. 2010 ve 2017 yılında çekilen görüntüler üzerine çizilen sınırların, 2000 yılına ait görüntüler üzerindeki yorumlamaya kıyasla sınırlarının ayırt edilmesinin daha zor olduğu görülmektedir. Bunun temel nedeni, 2000'li yıllardan başlayarak 2017 yılına ve günümüze kadar arazi kullanımının tarla tarımından bahçe tarımına doğru kaymış olması ve yüksek yapılı bitkilerin topraktan algılayıcı platforma ulaşan yansımaları engellemiş olabilme ihtimali ile açıklanabilir. Ayrıca görüntülerin elde edildiği zaman aralıklarındaki hava koşulları da kısmen etkili olmuş olabilir.



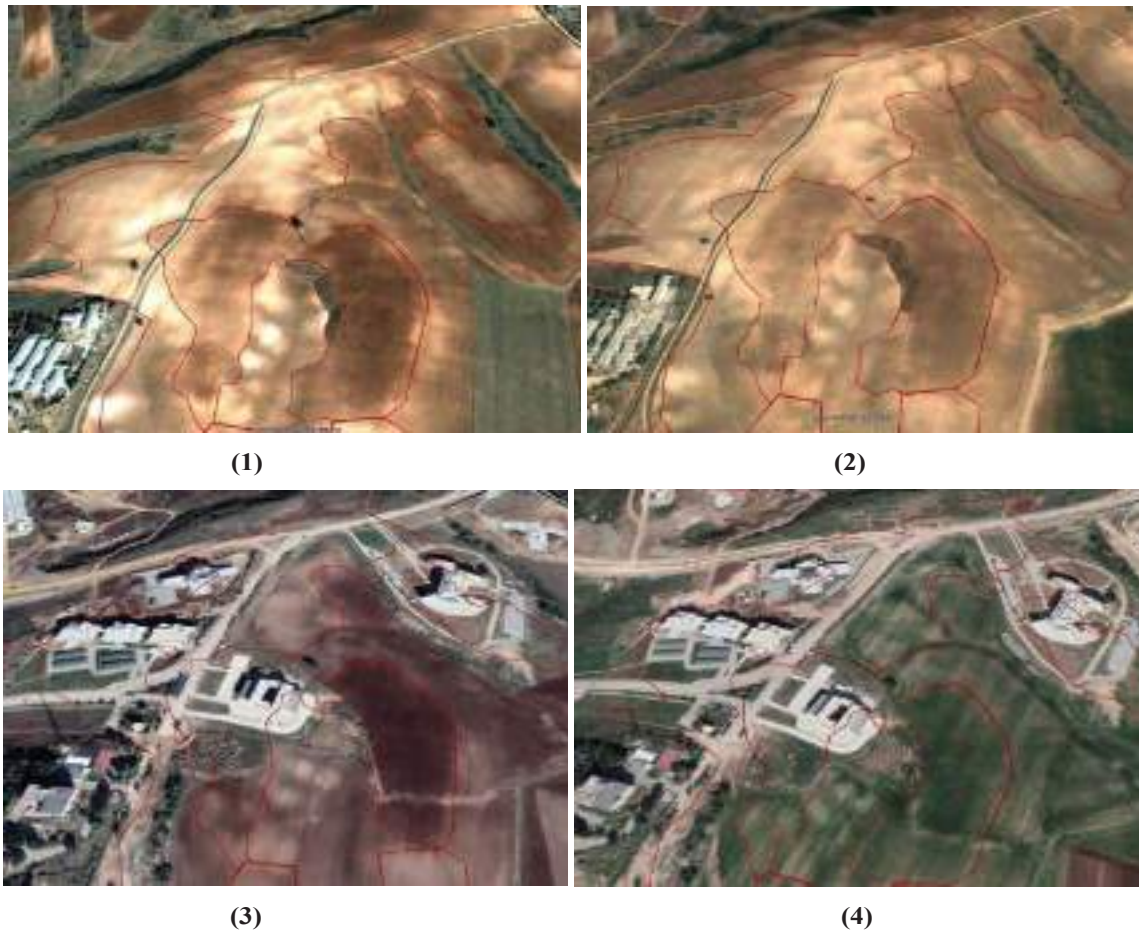
(1) **(2)** **(3)**



(4) **(5)**

Şekil 3. Çukurova Üniversitesi kampüs arazisinde seçili test alanlarının göz yorumlamasıyla Google Earth verileri üzerine çizilmiş geçici toprak sınırların zamansal değişimi (Soldan sağa doğru sırasıyla; 30.03.2000 (1); 13.11.2000 (2); 05.10.2006 (3); 22.12.2010 (4); ve 12.09.2017 (5) ait uydu görüntüleri)
(Google Earth üzerinden elde edilmiştir, 2018).

Üniversite kampüs arazisi içerisindeki test alanı üzerine çizilen başka bir yorum sınırında ise yukarıda bahsedildiği gibi zamana bağlı değişimler incelenmiştir. Ancak Şekil 3'te yorumlanan görüntülerdeki sınır değişiklikleri kısmen doğal olmasına rağmen, Şekil 4'teki değişiklikler tamamıyla kültürel (İnsan etkisiyle) olarak gerçekleşmiştir.



(1) **(2)**

(3) **(4)**

Şekil 4. Çukurova Üniversitesi kampüs arazisinde seçili test alanlarının göz yorumlamasıyla Google Earth verileri üzerine çizilmiş geçici toprak sınırları (Soldan sağa doğru sırasıyla; 13.11.2000 (1); 27.07.2002 (2); 09.12.2017 (3); 23.02.2018 (4)) (Google Earth üzerinden elde edilmiştir, 2018).

Şekil 4'te (1) ve (2) numaralı 2000'li yıllara ait görüntülerde toprak sınırları kesin olarak ayırt edilebilmektedir. Kasım 2000 ve Haziran 2002 tarihli görüntülerde toprak yüzeyinin çıplak olduğu ve dolayısıyla yansımanın, toprak sınırları çizilebilmesi açısından bir sorun teşkil etmediği görülmektedir. 1. ve 2. görüntülerdeki yansıma verilerinde toprağın yer yer koyulaştığı veya giderek açıldığı görülmektedir. Bu durum, toprak sınırlarının düzensiz dağılımları ve buna bağlı olarak üst toprak tekstüründen kaynaklanan yansıma farklılıklarını göstermektedir.

Google Earth gibi uydu görüntülerinden sağlanabilecek renk, üst toprak tekstürü, toprak nem içeriği, organik madde miktarı, Fe-Al oksitler gibi birçok toprak parametresi eş zamanlı olarak sadece görüntü yorumlamasından elde edilebilecek bulgularla tespit edilebilir. Örneğin, Şekil 4'teki (1) ve (2) numaralı görüntüler kıyaslandığında göze çarpan ilk ve en önemli değişiklik renktir. Sadece renk yorumlamasıyla dahi birtakım ayırt edici yorumlar yapılabilir. Rengin koyulaştığı bölgelerde organik madde miktarının artmış olabileceği veya arazinin nemli koşullarda bulunduğu buna bağlı olarak drenaj sorunları yaşanabileceği, alanın spatial (alansal) desenlerinde farklılaşmalar olduğu ve bununla beraber agregat stabilitesine bağlı olarak erozyon veya toprak kayması gibi sorunlar oluşturabileceği gibi birtakım varsayımlarda bulunulabilir. Ayrıca üst toprak tekstüründen gelen yansımaların belirleyici olmamakla birlikte toprağın tekstürü hakkında ön bilgi edinilebilmesine katkı sağlayabilir. Çünkü toprak taneciklerinin boyutu küçüldükçe (kaba kum-ince kum-tın-kil) taneciklerin yüzey alanı ve yüzey pürüzlülüğü artacağından reflektansları düşer. İnce tekstüre sahip topraklarda kolloidal yapı, organik madde, Fe ve Ca gibi elementlerin foliküle edici yapısı, toprak taneciklerinin birbirine bağlanmasıyla oluşacak olan agregatların kümeleşmeleri sayesinde yer yer büyük boşluklar-gözenekler oluşur ve ince tekstürlü topraklarda (killi), kaba tekstürlü (kumlu) olanlara oranla daha düşük yansıma değerleri elde edilir (Sarı 2014). Yine benzer şekilde rengin koyulaşması toprakta nem içeriğinin arttığının bir göstergesidir. Bilinen bir gerçek olarak kil oranı yüksek olan bir toprağın su tutma kapasitesi de yüksek olacaktır. Şekil 4'teki (1) ve (2) görüntüye bakıldığında renkteki farklılaşmalar tekstür farklılıklarının habercisi olabilir ve bu da yorum sınırlarının çizilmesinde bize yardımcı olabilmektedir.

Şekil 4'te (3) ve (4) numaralı 2017 ve 2018 tarihli görüntülere bakıldığında ise göze çarpan ilk değişiklik arazi kullanımındaki farklılaşmalardır. Bakış yönüne göre orta, kuzeybatı ve kuzeydoğu yönlerinde insan etkisi sonucu yapılmış yapılar dikkat çekmektedir. 1 ve 2 numaralı görsellerde tahmini toprak sınırları çizilen alanlar üzerinde, 2017 ve 2018 yıllarına gelindiğinde inşa edilen yapılar nedeniyle artık eski toprak sınırları kullanılamamaktadır. Google Earth verileri üzerinden elde edilen görüntüler alansal değişiklikleri verdiği gibi zamana bağlı değişimlerinde gözlenmesine olanak tanıyan kullanışlı bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır.

4.SONUÇLAR

Sonuç olarak Google Earth görüntüleri hem ücretsiz elde edilebilmesi hem de geçmiş yıllara ait uydu görüntülerini tek seferde sunma imkânına sahip olması ve elde edilen görüntü üzerinde detaylı çizimler yapılabilmesi nedeniyle toprak sınırlarının çizilmesinde ve yorumlanmasında önemli avantajlar sağlar. Ancak toprak sınırlarının çizilebilmesi için doğru tarihlerde çekilmiş uydu görüntülerini kullanmak büyük önem arz etmektedir. Ayrıca başarılı sınırlar çizebilmek için yorumlamanın toprak yüzeyinin bitki örtüsünden yoksun, en çıplak ve yüzeyden yansımanın en fazla olduğu toprak koşullarında yapılması başarı oranını büyük ölçüde arttıracaktır.

Buna ek olarak, etüt ve haritalama gibi toprakların fiziksel, kimyasal, minerolojik ve morfolojik özelliklerini anlamaya çalışan araştırmalar için Google Earth görüntüleri yardımıyla sınırların çizilmesi, arazinin fizyoğrafik koşulları hakkında önemli bilgiler toplanması ve toprakla ilgili detaylı çalışmalara başlamadan önce arazi hakkında optimum bilgi edinilmesi açısından büyük avantajlar sağlamaktadır. Ancak Google Earth görüntüleri topraklar hakkında ayrıntılı bilgi sağlamak için yeterli değildir. Toprağın sahip olduğu sınırlar birkaç adımda değişiklik gösterebileceği gibi birkaç kilometre içerisinde dahi değişiklik göstermeyebilir. Bu nedenle, Google Earth verileri ile kesin sınırları belirlemek neredeyse imkânsızdır. Bu sınırların arazide yerinde görülüp gözlemlenerek kesinleştirilmesi gerekmektedir. Ancak yukarıda da belirttiğimiz gibi Google Earth görüntüleri hızlı, ücretsiz, kullanılması için uzman gereksinimi gerektirmeyen kullanışlı bir araçtır ve tüm bu avantajlardan dolayı toprak etüt ve haritalama işlemlerinin hazırlık aşamasında rahatlıkla kullanılabilir.

5. KAYNAKLAR

Dinç U, Kapur S, Özbek H, Şenol S 1987. *Toprak Genesisi ve Sınıflandırması. Adana: Çukurova Üniversitesi Basımevi. Ç.Ü. Yayınları Ders Kitabı, No 7.1.3.*

Dinç U., Şenol S., Sayın M., Kapur S., Güzel N., DericiR., Yeşilsoy M.Ş., Yeğengil İ., Sarı M., Kaya Z.,Aydın M., Kettaş F., Berkman A., Çolak A.K.,Yılmaz K., Tunçgögüs B., Çavuşgil, V., ÖzbekH., Gülüt K.Y., KaramanC., Dinç O., Öztürk N.,Kara E.E., 1988. *Güneydoğu Anadolu BölgesiToprakları (GAT), I. Harran Ovası TÜBİTAK TarımOrmancılık Araştırma Grubu Güdümlü Araştırma Projesi Kesin Raporu. TOAG – 534, Adana*

Dinç, U., Senol, S., Sayın, M., Kapur, S., Yılmaz, K., Sarı, M. 1991. *TUBITAK Project number: TOAG-534, , Thephysical, chemical and biological properties and classification mapping of soils of the Harran Plain.*

Dinç U., M. Sarı, S. Şenol, Kapur, M. Sayın, V.Çavuşgil, R. Derici, M. Gök, M. Aydın, H. Ekinci, N.Ağca, N. ve E. Schlichting, 1995. Çukurova Bölgesi Toprakları. Yardımcı Ders Kitabı, No 26, 2. Baskı, Ç.Ü. Zir. Fak. Adana.

Dinç, U., Şenol S., 1997. *Toprak Etüt ve Haritalama, 1.basım ÇÜ Ziraat Fakültesi Genel Yayın, Adana syf 130,.*

Dinç U, Şenol S 1997 *Soil survey and mapping. Çukurova University, Faculty of Agriculture Publications No: 161, Adana, Turkey (in Turkish).*

Dinc, U., Senol, S., Kapur, S., Cangir, C., ve Atalay, I. 1999. *Turkiye Topraklari. C.U. Ziraat Fakultesi, Genel Yayin No: 51, Ders Kitaplari Yayin No. A-12, Adana*

Dingil, M., Şenol, S., Öztekin, E. M. 2008. Updating of the soil map of the Çukurova University campus area by using geographic information system (gıs). *International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology, Special Issue, 307-317.*

Kitiş C.Ç., Şenol S. 2013. *Eurasian Journal of Soil Science (EJSS),* , Determination and monitoring of land use changes by using quickbird satellite data and aerial photographs in a selected area of the Northern Adana in Turkey,Cilt 2,Sayı 2,Syf: 131–139.

.**Natural Resources Canada. 1997.** *Fundamentals ofRemoteSensing,.syf258,http://www.nrcan.gc.ca/node/9309*

Sarı, M. **2014**. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Ders Kitabı Yayın No: xx, 279 s.*

Şenol, S., Dinç, U. 1994. Çukurova Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Genel Yayın, Kartoğrafya, *,88 s. Determination and monitoring of land use changes by using quickbird satellite data and aerial photographs in a selected area of the Northern Adana in Turkey,*Cilt 2,Sayı 2,Syf 131–139

Şenol,S.,2015 *Toprak Etüt Haritalama El Kitabı*, syf 233 ,Adana,Turkiye
https://www.researchgate.net/profile/Suat_Senol/publication/311495358_Toprak_Eut_ve_Haritalama_Islem veMetodolojisi/links/587344fd08ae6eb871c52107/Toprak-Euet-ve-Haritalama-Islem-ve-Metodolojisi.pdf

Tekinel, O., Yeğingil, İ., Dinç, U., Kapur, S., Şenol, S. 1991. Remote sensing applications for the southeastern Anatolian Project, - *OptionsMediterraneennes. Series A: Seminaires, Syf 95-102.*

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6439

SABİT KANATLI İNSANSIZ HAVA ARAÇLARINDA (İHA) KANAT TASARIMININ UÇUŞ SÜRESİ, MANEVRA KABİLİYETİ, KALKIŞ HIZI (Vstall) ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Ersin AKŞAR[1],Serdar SELİM,[2,3]

[1]Lisans Öğrencisi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, 07100, Antalya, ersinaksar@yandex.com
[2]Dr. Öğr. Üyesi., Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, 07100, Antalya,
[3]Dr. Öğr. Üyesi., Akdeniz Üniversitesi, Uzaktan Algılama Araştırma ve Uygulama Merkezi, 07100, Antalya, serdarselim@akdeniz.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada sabit kanatlı İHA'lar için sadece kanat tasarımının farklılaştırılarak uygulama alanının amaçları doğrultusunda istenilen özelliklerin karşılanıp karşılanamayacağı ya da ne ölçüde karşılanabildiği araştırılmıştır. Çalışmada kullanılan standart kanat profili için çeşitli tasarımların uçuşa etkileri incelenmiştir. Kullanılan İHA'nın motor, donanım, yazılım gibi özellikleri yapılan tasarım için yeter ve uygun kabul edilmiştir. Kanada ait özellikler olan chord ve span uzunluğu, dihedral açısı, aileron, flap ve winglet gibi özelliklerin amaca uygun olarak seçilmesi ve değiştirilmesi ile uçuş performansı arasındaki ilişki ortaya konulmuştur.
Sonuç olarak, sabit kanatlı bir İHA'nın kanat tasarımının değiştirilmesiyle ne gibi avantajların elde edileceği araştırılmış, kanat tasarımının özellikle uçuş süresi, manevra kabiliyeti ve kalkış hızı üzerine etkisi ortaya konulmuştur.

Anahtar Sözcükler: İHA, sabit kanat, kanat tasarımı, uçuş performansı

ABSTRACT
INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF WING DESIGN ON FLIGHT TIME, MANEUVERABILITY AND VELOCITY (VSTALL) IN FIXED WING UAV

In this study, the change in flight performance was investigated for fixed wing UAV, depending on the modified wing design. Flight impacts of various designs for the standard wing profile used in the study were examined. The features of the used UAV, such as engine, hardware, and software, are considered adequate and appropriate for the design. In the study, the relationship between flight performance and selection of wing features such as chord and span length, dihedral angle, aileron, flap and winglet was demonstrated. As a result, it has been researched what advantages can be gained by changing the wing design of a fixed wing UAV. The effect of UAV wing desing to fligth performance suc as especially flight time, maneuverability and take-off speed.

Key Words: UAV, fixed wing, wing design, flight performance

1. GİRİŞ

Günümüzde teknolojinin hızla ilerlemesiyle hayatımıza yeni kavramlar ve teknolojiler girmektedir. Bunlardan bir tanesi de İHA'lardır (insansız hava araçları). Elektrik motorların ve devre kartlarının teknolojinin ilerlemesiyle daha da küçülmesi İHA Teknolojisinin doğmasına ön ayak olmuştur. İHA'lar günümüzde kargo, askerî, uzaktan algılama, ulaşım, gözlem ve sinema gibi bir çok alanda kullanılmaktadır. Bu ve buna benzer alanların İHA'ların kullanım amaçları farklı farklı olabildiği gibi benzerlik de göstermektedir. Bu amaçlar, kullanılan İHA'nın tasarım, yazılım, donanım, ağırlık, yük taşıma kapasitesi, hızı, havada kalış süresi ve manevra kabiliyeti gibi özelliklerini değiştirmekle birlikte birbirinden farklı çok sayıda İHA sınıfı ve tasarımı ortaya çıkmaktadır. İHA'ların hizmet edeceği amaca yönelik özel olarak tasarlanması İHA'ların işlevselliği ve görev ihtiyaçlarını yerine getirebilmesi açısından önemli bir duruma gelmiştir.

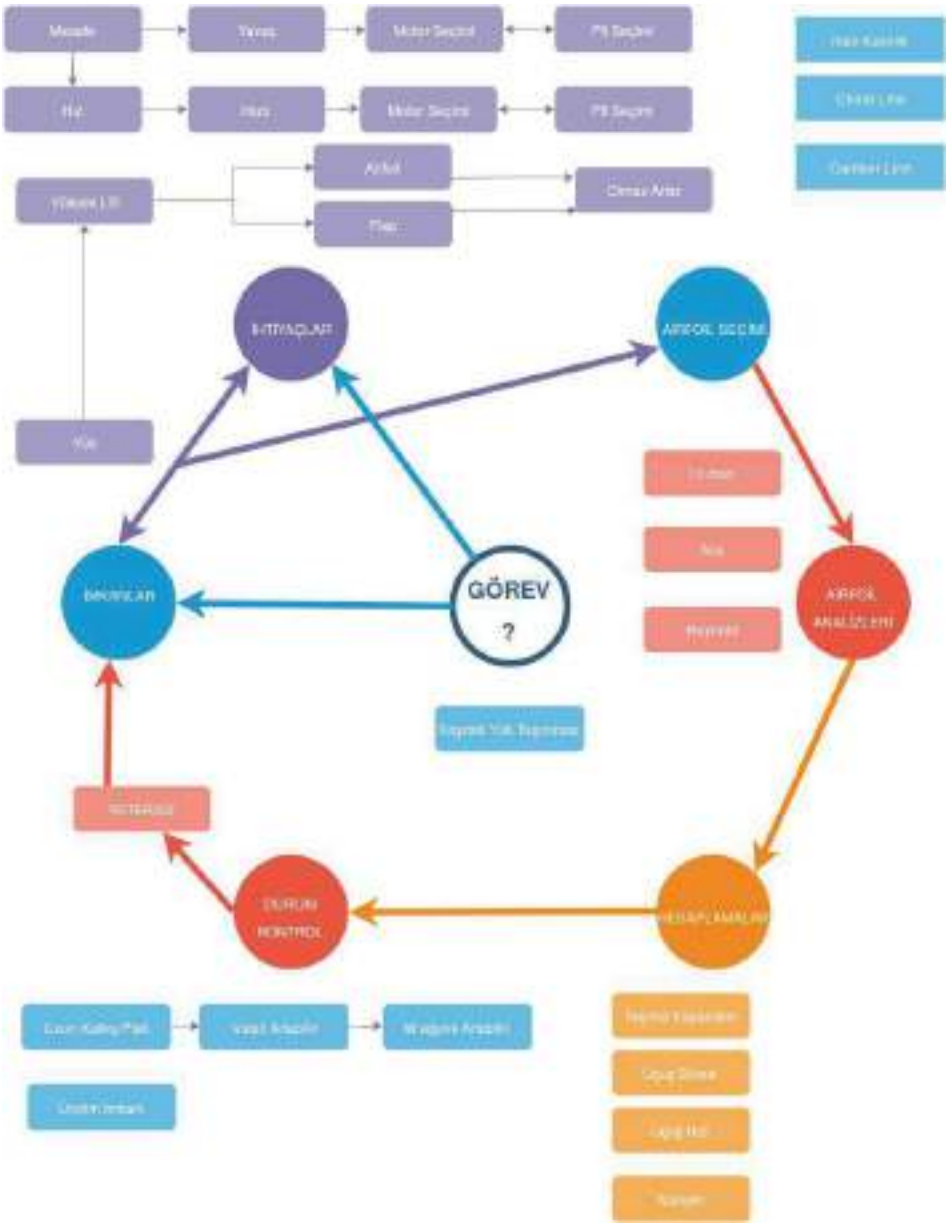
Bu çalışmada, standart bir sabit kanat İHA için kanat tasarımının, İHA'nın uçuş özellikleri üzerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda, açık kaynak kodlu yazılım desteği ile kanat tasarımı yapılmış ve uçuş özellikleri yönünden tasarımın etkinliği analizlerle ortaya konulmuştur. Sabit kanatlı İHA'ların havada kalma süresinin arttırılması, özellikle büyük alanların haritalandırılmasında kullanıcılara büyük kolaylık sağlayacağı, batarya değiştirmeden ve iniş kalkış yapılmadan görevlerin tamamlanmasında etkinlik oluşturacağı öngörülmektedir.

2. UYGULAMA

XFLR5 programı kullanılarak kanatlar tasarlanmış analizler yapılmıştır. Analizlerden elde edilen değerlerin formüllerde kullanılarak iki farklı kanat tasarımının aynı İHA'nın manevra kabiliyeti, uçuş süresi ve kalkış hızı özellikleri üzerine etkileri bulunmuştur. Uygulama sırasında kanatları değiştirilen İHA'nın motor, pervane, ağırlık, batarya, yüzey sürtünmeleri aynı kabul edilmiştir.

2.1 İHA özellik seçimi ve tasarım istekleri

İHA kanat tasarımı, İHA'nın kullanılmak istenen alan, koşullar, durum ya da yerine getirilmesi gereken bir görevin varlığında ortaya çıkar ve şekillenir. Fakat bazı zorlu ya da özel görevlerde tasarlanan İHA'nın, görevin istediği özellikleri yerine getirebilmesi her zaman en iyi yol olmamaktadır. Şayet durum bu şekildeyse planlanan bütçenin üzerine çıkılması ya da başka önemli hususlardan feragat edilmesi gerekebilir. Bu noktada İHA tasarımında izlenecek yöntem ve akış şeması devreye girmekte ve İHA tasarımının görev için özelleşmesinde büyük rol oynamaktadır (Şekil 1). Bu özelleşme sırasında İHA'nın nereden kalkış yapmasının istendiği, hangi yöntemle kalkış yapmasının istendiği, iniş pistinin olup olmayacağı, iniş pistinin ne kadar uzunlukta olacağı, iniş pisti yoksa nasıl bir araziye ineceği, hangi yöntemle iniş yapmasının istendiği, yük taşımasının ya da ne kadar yük taşımasının istendiği, yük bırakmasının istenip istenmediği, havada kalış süresinin önemli olup olmaması eğer önemliyse ne kadar süre kalmasının istendiği, ne kadar hıza çıkmasının istendiği, hangi yüksekliklerde görev yapması gerektiği gibi görevin İHA'dan istediği özelliklerin yanında istemediği özellikler de bir o kadar önemlidir. Çünkü ancak bu şekilde tamamen görev için tasarlanmış özel bir İHA tasarımı ortaya konulabilmektedir.

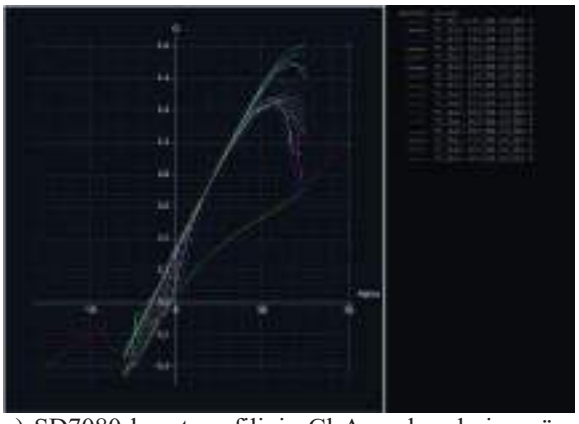


Şekil 1. Tasarım Akış Şeması.

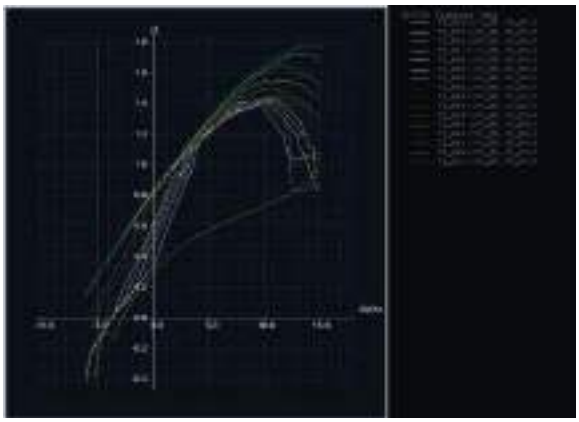
Durumu daha iyi açıklamak için kalkış pisti üzerinden örnek verilebilir. Eğer uzun bir kalkış pisti imkânlar dâhilinde ise ya da sağlanabiliyorsa İHA'nın vstall hızı pist uzunluğuna göre tolere edilerek artmasına izin verilebilir. Bu durumda da kalkış hızı formülü gereğince ağırlık arttırılabilir, yüksek hızda gidilmek isteniyorsa gidilmek istenen hızlarda daha iyi Clmax değerleri veren daha uygun bir kanat profili seçilebilir ya da kanatlar küçültülerek İHA daha ufak boyutlara getirilebilir. Tabii ki bu noktada belirlenen bütçeye uygun motor pervane ikilisinin seçimi ve eğer gerekiyorsa motorun modifiye ettirilmesi çok önemlidir. Bu örnek sadece kalkış pisti gibi bir imkânın İHA tasarımına etkisinin daha iyi anlaşılabilmesi göstermektedir ve diğer özellikler için de tasarımın ve özellikle de kanat profilinin önemini ortaya koymaktadır. Tasarım aşamasında görev analizinin iyi yapılması ve İHA'nın tüm imkânları en iyi şekilde kullanması, görevde başarıya ulaşma ihtimalini arttıracaktır.

2.2 Kanat Tasarımının Yapılması

Tasarlanan kanadın İHA'ya ne kazandırıp kaybettirdiğini görmek için bu yeni tasarlanan kanadı bir başka kanat tasarımıyla karşılaştırmamız gerekmektedir. Bu noktada önemli olan hususlardan biri, her iki kanat tasarımı için de kanat profilinin (airfoil) aynı olmasıdır. Bunun amacı airfoil'i belirlenmiş ama tasarımı devam eden kanatların chord, span, wing area, dihedral, flap (Şekil 2), winglet gibi kanat özelliklerinin değiştirilmesiyle İHA'nın uçuş süresi, manevra kabiliyeti, kalkış hızı kabiliyetlerindeki yapılan iyileştirmelerin görülmesidir. Flap kullanımı ile kanatlardan alınan lift ciddi miktarlarda artabilmektedir (Prisacariu ve Luchian, 2014**)**.



a) SD7080 kanat profilinin Cl-Aoa eksenlerine göre farklı reynold değerlerinde davranış grafiği



b) SD7080 kanat profilinin, %30 alan +7 derece flap ile Cl-Aoa eksenlerine göre farklı reynold değerlerinde davranış grafiği

Şekil 2. Kanat tasarımına flap eklenmeden önce ve flap eklendikten sonraki Cl-Aoa grafikleri.

2.3 Minumum Kalkış Hızı'nın (Vstall) Belirlenmesi

Minimum kalkış hızının hesaplanmasında İHA'nın kalkış yapacağı toplam ağırlığı (W), kanat yüzey alanı (S) ve maksimum lift katsayısı (Clmax) parametreleri büyük ölçüde etkendir (Raymer, 1992). Kalkış hızı aşağıdaki formül kullanılarak bulunmaktadır. Clmax değeri kanat profilinin alabileceği maksimum cl değerini ifade etmektedir.

$$V = \sqrt{(2\ W\ g / \rho\ S\ Clmax)}$$ (Virginia Tech, 2018)

Minimum kalkış hızı formülünde Clmax bulunmaktadır. Kalkış hızının hesaplanmasında kullanılacak olan Clmax değerinin belirlenebilmesi için bir reynold sayısına ihtiyacımız var. Reynold sayısı aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır. Burada reynold sayısının hassas olarak hesaplanabilmesi için akışkanın dinamik viskozitesi, kinematik viskozitesi, akışkanın yoğunluğu ve ortalama hızı gerekmektedir.

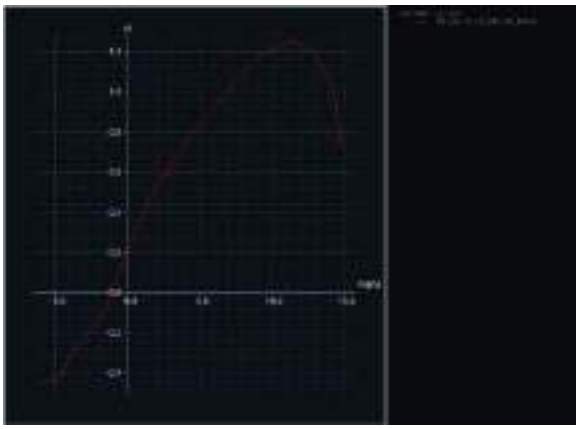
$$Re = \rho vl/m\ddot{u} = vl/\upsilon$$ (Virginia Tech, 2018)

Reynold sayısının hesaplanmasında hız girdimiz uçuş yapılacak olan yerdeki ortalama rüzgâr hızıdır ve 7 m/s olarak seçilmiştir. Bunun nedeni güvenli bir kalkış hızının belirlenmek istenmesidir. İHA'nın anlık hızının uçuş sırasında ölçülmesi ve yine uçuş sırasında İHA üzerinde bulunan basınç sıcaklık gibi diğer sensörlerden toplanan verilerin

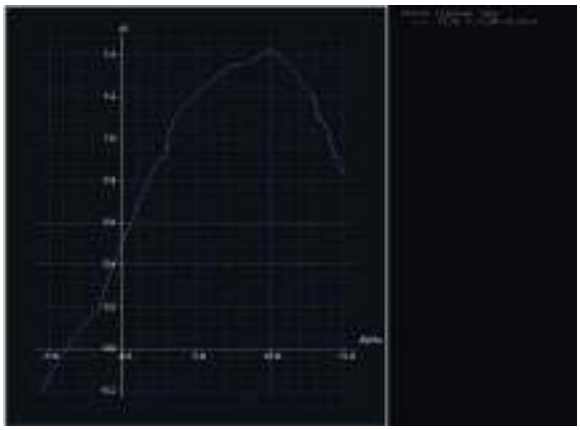
kullanılmasıyla reynold sayısı çok daha doğru hesaplanabilir. Hesaplarda kullanılan sıcaklık ve hız değerleri ortalamadır. Burada yapılan kalkış için gerekli Clmax değerlerinin seçilmesinde belirleyici rol oynayacak olan güvenli bir reynold sayısının hesaplanmasıdır. Formüller kullanılarak hesaplar yapıldığında reynold sayısı 95824.78 olarak bulunmaktadır. Bu değer yaklaşık 100 000 reynold olarak kabul edilecektir. Elde edilen bu reynold değeri incelenecek olan SD7080 ve SD7080 Flap Down airfoillerine ait Cl-Aoa eksenli 100 000 reynold değeri için çizdirilen grafikleri (Şekil 2) Clmax değerlerinin belirlenmesi maksadıyla yan yana incelenmiştir.

Kanat tasarımında flap'lerin kullanıldığı ve kullanılmadığı durumlarda alınan kaldırma kuvvetini karşılaştırabilmek için belirli bir Reynold sayısı seçilmelidir. Bunun yapılma amacı incelenmek istenen kanat profillerinin Clmax değerlerinin değişimini reynold sayısından bağımsız hâle getirmektir. Böylece güvenli bir alanda kalkış için gerekli hızı bulmada kullanılacak olan Clmax değeri belirlenebilecektir.

Şekil 1'de elde edilen grafiklerde 100 000 reynold için tekrar inceleme yapıldığında (**Şekil 3**) kanat tasarımında flap kullanılmadan önce Clmax değeri 1.242, flap kullanılarak ulaşılan Clmax değeri ise 1.420 olduğu açıkça gözükmektedir.



a) SD7080 kanat profilinin Cl-Aoa eksenlerine göre 100 000 reynold değerlerinde davranış grafiği



b) SD7080 kanat profilinin, %30 alan +7 derece flap ile Cl-Aoa eksenlerine göre 100 000 reynold değerinde davranış grafiği (SD7080 Flap Down airfoili)

Şekil 3. 100 000 reynold için Cl ve Aoa değerlerinin karşılaştırılması;

Ulaşılan bu Clmax katsayısıyla kalkış hızının hesaplanabilmesi için İHA' ya ait kanatların kuş bakışı yüzey alanı, İHA'nın toplam ağırlığı bilgileri de gerekmektedir. Bu çalışmada örnek olabilmesi için ağırlık W = 3 kg, chord 0.20 m, kanat açıklığı ise 1.8 m olarak alınmıştır. Alınan bu değerlere göre kalkış hızları hesaplandığında, Clmax = 1.242 yani SD7080 profili için 100 000 reynold da kalkış hızı Vstall: 10.37 m/s olarak ve Clmax = 1.536 yani s2027 Flap Down profili için 100 000 reynold da kalkış hızı Vstall: 9.32 m/s olarak bulunmuştur.

Sonuç olarak flap kullanımı, aynı şartlar altında İHA'nın daha düşük bir hızda kalkabilmesine olanak sağlamaktadır. Bu elde edilen sonucun İHA tasarımındaki etkisini görebilmek için tasarımı motor, pil ve pervane olarak da incelememiz gerekmektedir. Örneğin bir İHA'ya sağlanabilecek ödenek doğrultusunda alınabilecek malzemelerin kalite sınırının artması çok daha özgün tasarımların ortaya çıkmasını sağlayabilir. Bu durum İHA üzerinde kullanılacak motorun seçiminde motorun altına inmemesi gereken minimum hızın belirlenmesinde bir kriter oluşturmaktadır. Motorun altına inmemesi yani sürekli olarak sağlaması gereken hızın belirlenmesinden sonra farklı markada motorların kaç volt da kaç amper akım çekerek hangi pervanenin kullanılmasıyla kaç RPM'de ne kadar thrust yakalandığının incelenmesi motorun sağlayabileceği itki kuvvetinin İHA'yı hızlandırmak için yeterli olup olmadığının belirlenmesi için hayati öneme sahiptir. Aksi durumda İHA kalkış yapabilse bile havadayken yeterli lifti sağlayamayacağından stall'a girecektir. Aynı zamanda motorun istediği bu değerlerin ve amaçlanan havada kalma süresinin yakalanabilmesi için İHA üzerinde bulunan motor ile elektronik devrelerin beslemesini sağlayacak amaca yönelik (güvenlik, hafiflik) en iyi batarya seçilmelidir. Burada bataryanın lityum iyon ya da polimer mi olacağı, kaç S ve mah olması gerektiği hassas ve dikkatli bir şekilde hesaplanmalıdır. İHA'nın görevini yerine getirebilmesi için hayati olan bu parametrelerin belirlenmesinde ortaya çıkan sorunlar İHA'nın kaybıyla sonuçlanabilir, ciddi mal ve can kaybına neden olabilir. Bu zararların olmasını önlemek için tasarım sırasında İHA'nın içinde bulunabileceği zor durumlar düşünülüp havada ne kadar süzülebileceği ya da fail safe gibi seçenekler önceden oluşturulmalıdır.

2.4 Kanat Tasarımının Uçuş Süresine Etkisi

Kanat tasarımının uçuş süresine etkisinin belirlenebilmesi için incelenen İHA'nın motor, pervane, ağırlık, batarya, yüzey sürtünmeleri aynı kabul edilmiştir. Standart olarak alınan kanatta winglet ve flap bulunmamakta, dihedral açısı ise sıfır kabul edilmektedir. Tasarlanan kanatlarda flaplerin eklenmesi kanatlardan alınan lifti arttırmaktadır. Wingletler ise kanatlarda oluşan vortexleri azaltarak doğrudan lifti arttırmayıp oluşan sürtünme kuvvetini azaltmaktadır (Raymer, 1992). Böylece daha iyi bir aerodinamik yapı kazanıp sürtünmeye harcanan lift kazanç olarak geri dönmektedir.

Ele alınan İHA'nın kanat tasarımları hariç tüm özelliklerinin (ağırlıkları dâhil) aynı olduğunu varsayıldığında, flap kullanılan kanatlar ile daha düşük hızlarda daha yüksek lift alınabildiği 2.1 ve 2.2 kısımlarında gösterilmiştir. Bu doğrultuda sürtünme katsayılarını Cd ihmal ettiğimiz durumlar için flap kullanılan İHA'nın kalkış yapıp havada kalmasını sağlayabilecek boyutta lift üretmesi için flap kullanılmayan İHA'ya göre daha yavaş gitmesi yeterli olacaktır. Bu durum, flap kullanılan İHA'nın daha az motor gücü harcayarak uçmasını sağlayacaktır. Böylece İHA'nın batarya kullanım süresi artacaktır. Fakat bu noktada, bu koşulların sağlanması sürtünme katsayılarının (Cd) ihmal edilmesiyle mümkün olmuştur. Flap kullanılan profilin sürtünme katsayısı, havaya uyguladığı direnç nedeniyle flap kullanılmayan profilden daha yüksek olabilmektedir. Bu durum, kanat tasarımında flap kullanılarak kanat tasarımının uçuş süresine etkisinin incelenmesini zorlaştırdığından, kanatlarda flap kullanılmasının İHA'nın taşıma kapasitesine etkisinin incelenmesi ve artan taşıma kapasitesinin bir kısmının uçuş süresini uzatacak bataryalar için ayrılması daha uygun görülmüştür. Ancak uçuş süresinin istenilen düzeyde etkili bir şekilde arttırılması için sürtünmeden kaybedilen enerjiler hesaplanıp pil ömrüne etkisi göz önüne alınmalıdır.

2.5 Taşıma Kapasitesi

Taşıma, İHA ile ne kadar yük taşıyabileceğimizin sınırlarını bulmak içi hesaplanacaktır. Taşımanın hesaplanabilmesi için taşıma katsayısına, kanat alanına ve dinamik basınca ihtiyacımız vardır. Bu hesap (1) formülü ile gösterilmiştir.

$$L = q\infty * S * Cl \quad \text{(Anderson, 2016)} \qquad (1)$$

Burada dinamik basıncın $q\infty$ elde edilmesi için hava yoğunluğu ρ ve uçuş hızı gerekmektedir. Dinamik basıncı 2 formülü ile hesaplayabiliriz.

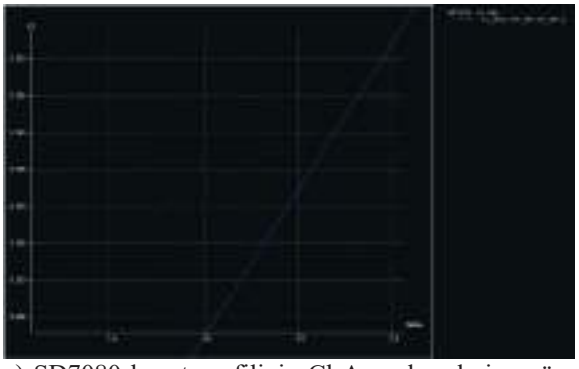
$$q\infty = 1/2 * \rho\infty * V\infty**2 \quad \text{(Anderson, 2016)} \qquad (2)$$

(1) ve (2) denklemlerini düzenlersek İHA için taşımayı 5 denklemiyle hesaplayabiliriz. Lift'in birimi Newton olarak çıkmaktadır, bu hesaplamaların sonunda sonuçların daha iyi algılanabilmesi için kg cinsine dönüştürülecektir.

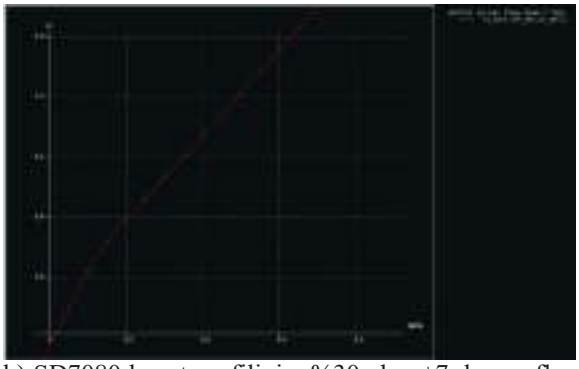
$$L = 1/2 * \rho\infty * V\infty^2 * S * Cl \quad \text{(Anderson, 2016)} \qquad (3)$$

Flap döndürüldüğünde taşımadaki artış, kamburluktaki etkin artıştan ve hücum açısındaki hayali artıştan kaynaklanmaktadır (Anderson, 2016). Yani flaplerin kullanılmasıyla artan Clmax katsayısı daha fazla yük taşınabilmesine olanak sağlamaktadır.

İHA'nın taşıma kapasitesinin tespitinde belirli bir hız yani reynold sayısı ve bu reynold sayısında kanatların İHA' ya takıldığı hücum açısına göre airfoilin verdiği Cl katsayısı kullanılacaktır. Hücum açısı 2 derece, uçuş sırasında İHA' nın hızı 22 m/s buradan da incelenecek reynold sayısı yaklaşık 300 000 reynold olarak alınmıştır (Şekil 4).



a) SD7080 kanat profilinin Cl-Aoa eksenlerine göre 300 000 reynold değerlerinde davranış grafiği



b) SD7080 kanat profilinin, %30 alan +7 derece flap ile Cl-Aoa eksenlerine göre 300 000 reynold değerinde davranış grafiği

Şekil 4. 300 000 reynold ve 2 derece Aoa için Cl değerlerinin tespiti.

Şekil 4'te görüldüğü üzere SD7080 kanat profilinin 300 000 reynold da 2 derecelik hücum açısında Cl katsayısı yaklaşık 0.536 ve SD708 Flap Down kanat profilinin Cl katsayısı ise 0.998'dir. Bu değerleri kullanarak daha öncede bahsedildiği üzere kanat profilleri hariç tüm özellikleri aynı olan iki İHA'nın 22 m/s hızda taşıyabilecekleri ağırlıkları hesaplarsak SD7080 profili için taşıma kapasitesini 5.83 kg olarak ve SD7080 Flap Down profili için taşıma kapasitesini 10.86 kg olarak bulunmuştur. Sonuçlar incelendiğinde flap kullanımının İHA' nın verilen hızlarda taşıma kapasitesini yaklaşık iki katına çıkarttığı görülmektedir. Fowler flap, slat ve yüzey üzerindeki yarıkların kullanılmasıyla (slot) alınan lift 3 kata kadar ve ya daha fazla arttırılabilmektedir (Anderson, 2016).

2.6 Kanat Tasarımına Bağlı Olarak Manevra Kabiliyetinin Araştırılması

Kanat tasarımında dihedral, winglet, flap ve aileronların yüzde chord değerleri ve yapabildikleri açılar İHA'nın manevra kabiliyetine etki etmektedir (Boeing 2016). Bunun yanında İHA'ya yerleştirilen kanatların konumu da manevra kabiliyeti için önem arz etmektedir. Kanat ağırlıklarının hafifletilip, İHA'nın ağırlık merkezine uygun şekilde gövdeye yerleştirilmesiyle de İHA'larda manevra kabiliyetinin artacağı öngörülmektedir.

3. SONUÇ

Bu çalışmada İHA'larda kanat tasarımının İHA'nın kullanım amacına yönelik tasarlanmasının, İHA'nın kalkış hızı, uçuş süresi, manevra kabiliyeti üzerine nasıl etki ettiği ve sonuçları araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, kanat tasarımının özellikle kalkış hızı, manevra kabiliyeti ve havada kalma süresine önemli oranda etki ettiğini göstermektedir. Kanat tasarımının değiştirilerek istenilen amacın şartlarını yerine getirme konusunda etkili bir İHA yapılabileceği öngörülmektedir. Bu doğrultuda eğer tasarlanmak istenen İHA'nın görevleri gereğince ağır yükler taşıması gerekiyorsa kanatlara flapler eklenebilir. Bu doğrultuda tasarlanan bir İHA'nın taşıma kapasitesini iki katına kadar çıkarabileceği hesaplanmıştır. Eğer görevin getirdiği koşullar nedeniyle İHA'nın kısa bir pistten kalkış yapması gerekiyorsa bu durumda İHA'nın kanat tasarımında vstall hızına etkiyen değişiklikler yapılabilir. Yine İHA üzerindeki sürüklenme katsayısı azaltılarak yakıt tasarrufu yapılabilir. İHA'nın tüm özelliklerinin aynı kalıp havada kalma süresinin arttırılması yönünde bir görev istendiğinde, kanat tasarımı ile bu sürenin arttırılabileceği de bu çalışma sonucunda ortaya konulmuştur.

KAYNAKLAR

Anderson, J. D., 2016**.** Introduction to FLIGHT, Uçak ve Uzay Mühendisleri İçin Uçuşa Başlangıç, (Çeviri: Adil Yükselen), Nobel Akademik Yayıncılık, ISBN: 9786053203803, 944s.

Boeing, 2016., Boeing İnsansız Hava Aracı Tasarım Eğitim veYarışması, Boeing-İTÜ-Lecture-note.pdf, 323 s.

Prisacariu, V. ve Luchian, A. 2014**.** The Aerodynamic Analysis Of High Lift Devices, International Conferance of Scientific Paper Afases 2014, Brasov

Raymer, D., P., 1992**.,** Aircraft Design: A Conceptual Approach, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc. 370 L'Enfant Promenade, S.W., Washington, D.C.

Virginia Tech. 2018**.** http://www.dept.aoe.vt.edu/~lutze/AOE3104/takeoff&landing.pdf [Erişim tarihi: 01.05.2018].

XFLR5, 2010**,** About Stability Analysis Using XFLR5, 70 s.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6623

TÜRKİYE'DEKİ BELEDİYELERİN KENT BİLGİ SİSTEMLERİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

*C. Bertan GÜLLÜDAĞ[1], Ercüment AKSOY[1]**
[1]Akdeniz Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Antalya. ercumentaksoy@akdeniz.edu.tr

ÖZET

Kent Bilgi Sistemi (KBS) kentsel yönetimler için çok önemli araçtır. Kent Bilgi Sistemi (KBS) konumsal tabanlı bilgi sistemidir. Bu şehirin çeşitli öznitelik verisi ve grafik verisini içerir. Belediye websiteleri Kent Bilgi Sisteminin (KBS) önemli bir parçasıdır. Bu günlerde, İnternet etkili ve yeni halkla ilişkiler kanalıdır.

Belediyelerin web sitelerinden, vatandaşların talepleri ve beklentileri çeşitlidir. Bu çalışma Türkiye'deki tüm belediyeleri değerlendirmiştir. Bu çalışmada turizm bilgisi, projeler bilgisi, ulaşım bilgisi ve aktiviteler bilgisi vb. incelenmişir.

Anahtar Sözcükler: belediye, coğrafi bilgi sistemleri, kent bilgi sistemleri

ABSTRACT

EVULATION OF URBAN INFORMATION SYSTEMS IN TURKEY'S MUNICIPALITIES

Urban Information System (UIS) is a very important tool for urban governments. UIS is a spatial based information system. It includes various attribute data and graphic data for city. Municipal web sites are very important part of Urban Information System. İn addtion Nowadays, Internet is a effective and new public relations communicaton channel.
Expectations and demands of citizens in web site of multicipalities have various. This study evaluation all multicipalities of Turkey . In this paper, we review the use of Knowledge of Tourism, Knowledge of Projects, Knowledge of Transportation and Knowledge of Activities etc.

Keywords: GIS, municipality, urban information systems

1. GİRİŞ

Kent Bilgi Sistemleri (KBS), kentsel faaliyetlerin yerine getirilmesinde optimum karar verebilmek için ihtiyaç duyulan planlama, altyapı, mühendislik, temel hizmetler ve yönetimsel bilgileri hızlı ve sağlıklı bir şekilde irdelemek amacıyla oluşturulan, konumsal bilgi sistemlerinden biridir (Yomralıoğlu, 2000).

Teknolojinin gelişmesi ve halkın kırsal kesimden daha çok kentlerde yaşam sürmesi ardından Kent Bilgi Sistemleri bir ihtiyaç hâline gelmiştir. Bu bilgi sisteminde bir kente ait tüm mekânsal ve mekânsal olmayan detayların işlenmesi önem kazanmıştır. Artan nüfus ada, parsel, kadastro, imar planları, numarataj gibi bilgilerin bu sisteme işlenmesini zorunlu kılmaktadır. Adres sorgulamaları yapılabilmesi, yolların, kavşakların ve alt – üst geçitlerin güncel olarak işlenmesi önemlidir. Gelişen şehir yayılımı altyapı tesislerinin konumsal bilgilerini de bir sistem üzerinde güncel gösterimini gerektirmiştir. Özellikle elektrik, doğal gaz, atık su gibi insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilecek olan tesislerin konum bilgilerinin bilinmesi gerekmektedir. Bunun yanı sıra kesinti durumlarında hızlı müdahalelerin yapılabilmesi açısından da altyapı bilgi sistemlerinin kurulması ve kent bilgi sisteminin bir parçası olması oldukça önemlidir. Altyapı sistemlerinde yapılan kazı çalışmalarında kapanan yollara alternatif güzergâhların sunulması ve bunun kentte yaşayan halk ile paylaşılması yaşamı kolaylaştıran etmenlerdendir. Tüm eğitim tesisleri (okul, yurt, üniversite kampüsü, kreş vb.), ulaşım tesisleri (otobüs, taksi, raylı sistem durakları ve güzergâhları), havaalanı, terminal bilgileri ve aktarma noktaları, parklar, bisiklet yolları, stadyumlar ve tüm spor aktivite alanları, mezarlık bilgi sistemi arsa, konut ve iş yeri alım – satım, kiralama bedelleri, kente ait istatistik veriler sistemi oluşturan diğer unsurlardandır.

1.1. Türkiye' de KBS Tarihçesi

Uzun yıllardır ülkemizde KBS altyapısı ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Yakın tarihte de uygulanması açısından birçok çalışma ve girişim yapıldığı gözlenmektedir. 2001 yılında TAKBİS Projesi, 2004 yılı Büyükşehir Belediyeler Kanunu, 2005 yılı e-dönüşüm Türkiye projesi, 2011 yılı CBS Genel Müdürlüğünün kurulması, 2012 yılında KBS standartlarının belirlenmesi ile ilgili çalıştay yapılması Kent Bilgi Sistemlerinin tarihçesini oluşturmaktadır (Avcı ve

Durduran, 2014). Oluşturulması sırasında birçok sorun ile karşılaşılmıştır. Bu sorunların başında CBS bakış açısı ve algılama, yasal ve yönetimsel sorunlar, teknik sorunlar ve mali kaynaklar gelmektedir (Bensghir ve Akay, 2006). CBS destekli bir system olan KBS Türkiye Ulusal Coğrafi BİlgI Sistemleri Projesi (TUCBS) ile uyumlu ulusal bir KBS çerçevesi oluşturmak için proje yürütülmektedir (Çabuk, 2015). Son yıllarda belediyeler KBS oluşturmak için ilgili birimleri kurarak çalışamaları arttırmışlardır.

1.2. Değerlendirme Yöntemi

Kent Bilgi Sistemine ulaşabilen kullanıcılar halk ve belediye çalışanları olarak ikiye ayrılmaktadır. Belediye personellerinin ulaşabildiği bazı bilgiler vatandaş için kısıtlanmıştır. Yapılan bu çalışma sadece halkın ulaşabileceği, herkese açık veriler doğrultusunda hazırlanmıştır.
Kent Bilgi Sistemlerinin değerlendirmesinde birçok kriter bulunmaktadır. Bu çalışmada önemli görülen ve ana detayları veren 5 soru kullanılmıştır. Değerlendirme yönteminde 5 kriterin sorularının evet, hayır ve kısmen şeklinde cevaplanması ile oluşturulmuş olup, bu yöntem Türkiye'deki tüm il ve ilçe belediyelerine uygulanmıştır. Eğer kriteri tamamen sağlıyorsa evet, tamamını sağlamıyor ancak bir kısmı varsa kısmen, konu ile ilgili hiçbir çalışma yapılmamışsa hayır cevapları kullanılmıştır. Böylece KBS konusunda tüm belediyelerin değerlendirilmesi yapılmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Belediyelere uygulanan değerlendirme soruları.

S. No	DEĞERLENDİRME SORULARI	EVET	KISMEN	HAYIR
1	Şehrin / ilçenin tanıtımı, tarihi ve turistik yerleri ile ilgili bilgi sahibi olunabiliyor mu?			
2	Yapılması planlanan ve yapımı devam eden projeler hakkında bilgilendirme mevcut mu?			
3	Belediyenin vatandaşlar için yaptığı hizmetlere online ulaşım sağlanabiliyor mu?			
4	Kültürel ve sanatsal aktivitelerin olduğu bir etkinlik takvimi ve bilgilendirme var mı?			
5	Bir Kent Bilgi Sisteminde olması gereken öğeler harita bazlı işleniyor mu?			

Belediyelere sorulan soruların cevaplarına evet 2 puan, kısmen 1 puan ve hayır 0 puan olacak şekilde puantaj sistemi yapılmıştır. Böylece istatistiksel olarak il, ilçe bazında değerlendirme yapılması açısından kolaylık sağlayacak sonuçlar üretilmiştir.

1.3. Değerlendirme Sonucu Elde Edilen Bulgular

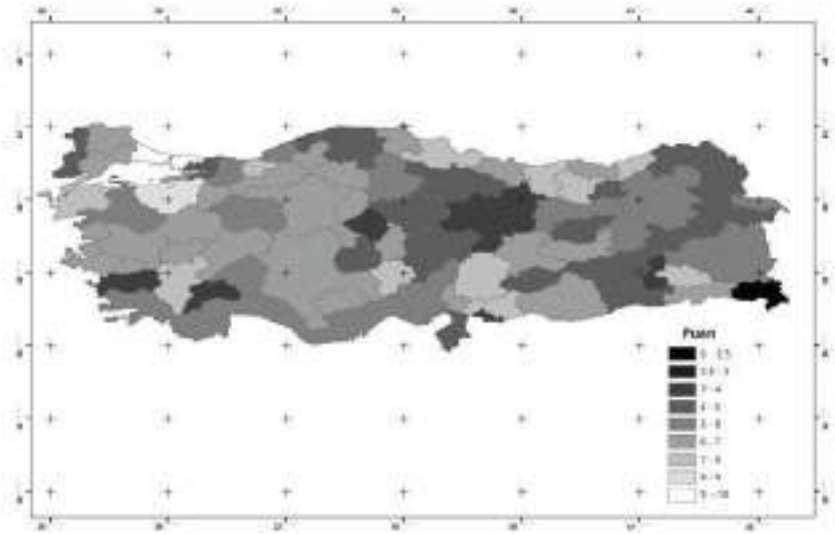
Değerlendirme için tüm il merkezleri ve ilçeler için puanlama işlemi yapılmıştır. Çizelge 2' de Antalya ili ve tüm ilçelerine ait örnek değerlendirme verilmiştir.

Çizelge 2. İl merkezi ve tüm ilçeler için örnek puanlama (Antalya ili).

İL VE İLÇELER	NÜFUS	Tanıtım,tarihi ve turistik yerler			Projeler hakkında bilgilendirme			Hizmetlere ulaşım sağlanabiliyormu			Etkinlik takvimi ve bilgilenirme			KBS harita bazlı işleniyor mu			TOPLAM
		EVET	KISMEN	HAYIR	EVET	KISMEN	HAYIR	EVET	KISMEN	HAYIR	EVET	KISMEN	HAYIR	EVET	KISMEN	HAYIR	SKOR
ANTALYA	2328,555	2			2			2			2			2			10
KEPEZ	508,123	2			2			2			2			2			10
MURATPAŞA	486,408	2			2			2			2			2			10
ALANYA	294,558	2			2			2			2			2			10
MANAVGAT	224,664		1		2			2					0			0	5
KONYAALTI	164,332	2			2			2					0	2			8
SERİK	120,790		1		2			2					0			0	5
AKSU	69,629	2				1		2					0			0	5
KUMLUCA	67,605	2				1			1				0			0	4
KAŞ	56,720	2					0		1			1				0	4
DÖŞEMEALTI	58,451	2			2			2				1				0	7
KORKUTELİ	53,347		1			1			1				0			0	3
GAZİPAŞA	49,207	2					0		1		2					0	5
FİNİKE	47,498	2					0		1			1				0	4
KEMER	41,925		1				0		1			1				0	3
ELMALI	36,628	2			2				1				0			0	5
DEMRE	25,959	2				1		2					0			0	5
AKSEKİ	10,729	2				1				0			0			0	3
GÜNDOĞMUŞ	7,309	2				1			1				0			0	4
İBRADİ	2,678			0			0			0			0			0	0

Çizelge 3' de tüm il merkezleri için değerlendirme sonuçları yer almaktadır. Beş soru ve toplam 10 puan üzerinden yapılan değerlendirmeye göre Adıyaman, Afyon, Amasya, Ankara, Antalya, Balıkesir, Bolu, Bursa, Çankırı, Çorum, Denizli, Elazığ, Erzurum, İstanbul, İzmir, Kayseri, Konya, Kütahya, Malatya, Manisa, Niğde, Ordu, Rize, Samsun, Sivas, Trabzon, Şanlıurfa, Uşak, Aksaray, Bayburt, Karaman, Osmaniye, Düzce illeri bu sorulardan tam puan (10 puan) almıştır. En düşük olan iller ise; Iğdır (3 puan), Artvin ve Mardin (4 puan) şeklinde sıralanmıştır.
İl merkezlerinin skorları incelendiğinde çoğunlukla Kent Bilgi Sistemleri ile ilgili soru puanının düşük olduğu gözlenmiştir. Bu sonuç harita bazlı Kent Bilgi Sistemleri uygulamalarının kısmen yaygınlaşmış olmasının sonucunu doğrulamaktadır. Ağrı, Burdur, Mersin belediyeleri dışında tüm belediyeler şehrin tanıtımı, tarihi ve turistik tesisler

hakkında bilgi vermiştir. Mardin belediyesi dışındaki hemen hemen tüm belediyelerde yapılan ve yapılması planlanan projeler hakkında bilgilendirme yapıldığı gözlenmiştir. Artvin, Bingöl, Bitlis, Mersin, Kars, Kocaeli, Tokat, Bartın, Ardahan, Iğdır dışında kalan tüm illerde bulunan etkinlik takvimi ve etkinlikler hakkında bilgilendirme yapıldığı gözlenmiştir. Mardin ve Iğdır dışında tüm iller belediyelere ait e-hizmet verdiği gözlenmiştir. Tüm il merkezleri ve ilçe belediyelerinin puan ortalaması Şekil 1' de gösterilmektedir.



Şekil 1. Tüm ilçe belediye ortalamasının harita gösterimi.

2. SONUÇLAR

- ✓ Çalışma için Türkiye' deki tüm il ve ilçe belediyelerin KBS açısından değerlendirilmesi yapılmıştır.
- ✓ İl merkezleri ve tüm ilçe ortalamaları ayrı ayrı değerlendirilmiştir. İl merkezleri ile tüm ilçe ortalamaları arasında farklılıklar olduğu gözlenmiştir.
- ✓ Coğrafi bölgeler bazında inceleme yapıldığında nüfus yoğunluğu en fazla olan Marmara Bölgesi'nde en çok puan, en az Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde en düşük puan ortalaması gözlenmiştir. Bu da KBS' de nüfus yoğunluğunun etkin bir faktör olduğunun göstergesidir.
- ✓ Türkiye Kent Bilgi Sistemleri açısından yeterli değildir ancak hızla gelişmekte olduğu veriler ile doğrulanmıştır.
- ✓ Çalışmanın istatistiksel yaklaşımlar ve haritalar ile geliştirilmesi planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

Avcı, C. ve Durduran, S.S., 2014. *Geçmişten Günümüze Kent Bilgi Sistemi Çalışmaları ve Mevcut Durum*. 5. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2014), İstanbul.

Bensgir, K.T. ve Akay, A., 2006. Bir Kamu Politika Aracı Olarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS): Türkiye'de Belediyelerin CBS Uygulamalarının Değerlendirilmesi. *Çağdaş Yerel Yönetimler*, C:15 s.31-46.

Çabuk, N. S., 2015. CBS'nin Yerel Yönetimlerde Kullanımı ve Kent Bilgi Sistemleri. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi* C:7, N:3, 2015 s. 69-87.

http://www.tbb.gov.tr/belediyelerimiz/belediyeler [Erişim tarihi: Kasım- Aralık 2017]

Yomralıoğlu, T., 2000, *Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar*, 5.Baskı (2009), s.480, ISBN 975-97369-0-X, Akademi Kitapevi, İstanbul.

Yomralıoğlu, T., 2006, *Türkiye'de Belediyelerin KBS/CBS Uygulamalarına Genel Bakış*, YvKB'06 – Yapı ve Kentte Bilişim Kongresi, 8-9 Haziran, s. 173-180, Ankara.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6668

SENTINEL-1 PolSAR ve SENTINEL-2 OPTİK UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN FÜZYON ile SINIFLANDIRILMASI

Emine AÇIKSARI[1], Özgün AKÇAY[2], E. Özgür AVŞAR[3]

[1]Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı, 17100, Çanakkale, emine.aciksari@gmail.com
[2]Doç. Dr., Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 17100, Çanakkale, akcay@comu.edu.tr
[3]Dr. Öğr. Üyesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 17100, Çanakkale, ozguravsar@comu.edu.tr

ÖZET

Uzaktan algılamada birçok uydu sensörü farklı zamansal, mekânsal ve spektral çözünürlüklerde görüntü elde etmektedir. Elektro-optik algılayıcıların algılama yapamadığı durumlar için günün her saatinde ve her türlü hava koşulunda çalışabilen Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) sistemleri geliştirilmiştir. Optik veriler elektro optik sensörler yardımıyla spektral yoğunluk açısından, hedeflerin yansıtıcı özellikleri hakkında çeşitli bilgi sağlarken SAR sensör verileri, polarizasyon durumu ile nesnelerin geometrik yapısı, yüzey pürüzlülüğü ve dielektrik özellikleri hakkında detaylı bilgiler içerir. SAR sistemleri her türlü hava koşulunda, aktif olarak, gece ve gündüz yüzeyin geometrik ve elektriksel özelliklerini veren görüntüler sağlamaktadır. Optik uzaktan algılama verileri ise atmosferik koşullar hariç genel olarak haritalama doğruluğunu artırmaya yardımcıdır. Son on yılda, faz bilgisini muhafaza ederken birden fazla kutuplaşma durumunu ölçebilen Polarimetrik SAR (PolSAR) sensörleri geliştirilmiştir. Farklı dalga boylarında elde edilen uydu görüntülerinin, veri füzyonu yaklaşımıyla önemli bilgi çıkarımı sağladıkları çalışmalarla ortaya koyulmuştur. Optik ve SAR veri setlerinin entegrasyonuna dayalı olan görüntü füzyonu, farklı arazi yüzeyi özelliklerinin yorumlanması, geliştirilmesi ve analizi için verimli bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada Çanakkale İlini kapsayan Sentinel-1A GRD mod VV+VH ikili PolSAR uydu görüntüleri ile Sentinel-2A optik uydu görüntüleri ve buna bağlı Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) verileri kullanılarak çeşitli kombinasyonlar oluşturulmuştur. Bu kombinasyonlar için ayrı ayrı nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi ile arazi örtüsü sınıflandırması gerçekleştirilmiştir. Farklı dalga boylarında ve farklı bantlardaki uydu görüntülerinin entegrasyonu ile veri füzyon yaklaşımının arazi sınıflandırması doğruluğunu hangi boyutta etkilediği ortaya koyulmuştur. Çalışma sonucunda optik, PolSAR ve NDVI veri füzyonunun sınıflandırmada % 87,9 genel doğruluk ve kappa değeri 0.84 elde edilmiştir. Sadece optik görüntü sınıflandırması ile de % 86,1 sınıflandırma doğruluğu sağlandı ve kappa değeri 0.80 olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Sözcükler: ikili polarimetrik, SAR, optik, füzyon, sınıflandırma

ABSTRACT

CLASSIFICATION OF SENTINEL-1 PolSAR AND SENTINEL-2 OPTICAL SATELLITE IMAGES BY FUSION

In remote sensing, many satellite sensors acquire images in different temporal, spatial and spectral resolutions. Synthetic Aperture Radar (SAR) systems have been developed that can operate at all hours of the day and in all weather conditions for situations where electro-optic sensors cannot detect. Synthetic Aperture Radar (SAR) sensor data provides detailed information about the polarization state and the geometric structure of the objects, surface roughness and dielectric properties, while optical data provides various information about the reflective properties of the targets in terms of spectral density with the help of electro-optical sensors.SAR systems provide images that provide geometric and electrical properties of the surface, day and night, actively in all weather conditions. Optical remote sensing data, on the other hand, generally helps to improve the accuracy of mapping except atmospheric conditions. In the last decade, Polarimetric SAR (PolSAR) sensors have been developed that can detect multiple polarization states while maintaining phase information. It has been shown that satellite images obtained at different wave lengths provide important information extraction with data fusion approach. Image fusion based on integration of optical and SAR datasets is being used efficiently for the interpretation, development and analysis of different terrain features. In this study, Sentinel-1A GRD mod VV + VH dual PolSAR satellite images covering Çanakkale city and Sentinel-2A optical satellite images and related Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) data were used to create various combinations. For these combinations, classification of land cover was performed by object-based classification method separately. The integration of satellite imagery in different wave lengths and in different bands has revealed the extent to which the fusion approach can affect the accuracy of land classification. As a result of the study, the optical, PolSAR and NDVI data fusion classifications yielded a general accuracy of 87.9% and a kappa value of 0.84. With optical image classification only, 86.1% classification accuracy was achieved while kappa value was calculated as 0.80.

Keywords: dual polarimetric, SAR, optical, fusion, classification

1. GİRİŞ

Optik sensörler, güneşten yayılan enerjiyi Dünya'nın yüzeyinden yansıtmak için kullanan pasif sensörlerdir (Campbell, 2006). Bu nedenle optik görüntü verisi gece veya zor hava koşullarında sağlanamamaktadır. Optik (multispektral) veriler, genellikle farklı mekânsal ve spektral çözünürlüğe sahip arazi örtüsü haritalaması için kullanılmaktadır. SAR sensörleri ise optik sistemlerden farklı olarak her türlü hava koşulunda, aktif olarak, gece ve gündüz yüzeyin geometrik ve elektriksel özelliklerini veren görüntüler sağlamaktadır. Bu sensörleri mikrodalgaları dikey ve yatay kutuplaşma ile hedefe gönderip hedeften geri saçılan dalgaların faz, polarizasyon ve yoğunluğunu ölçmektedir. Polarimetrik SAR çok kutuplu dört farklı banttan HH, VV, VH, HV oluşmaktadır ve bu kutuplaşma işleminin gerçekleşmesiyle sistemde gelen ile geri saçılan dalga arasındaki bilgi, yansıtıcı arazi objesi hakkında karakteristik bilgi vermektedir (Sakshaug 2013). SAR sensörü; eğim, pürüzlülük, nem ve dielektrik sabiti yüzeyin özelliklerine bağlı olan farklı hedeflerin geri saçılmış enerjisini kullanır. Bu etkenler SAR görüntülerinin kentsel alan, bitki örtüsü ve topoğrafya gibi çeşitli nesneler arasında ayrım yapmak için kullanılmasını sağlamaktadır (Gharechelou, 2015).

Çalışmalarda tek sensörlü görüntü verilerine güvenmek, işlevsel projeler için bazı risklere ve tutarsız bilgi eldesine neden olabilmektedir. (McNairn vd. 2009). Bu sınırlamaları aşmak için veri füzyon yani veri birleştirme yaklaşımı ele alınmıştır. Veri füzyonu elektromanyetik spektrumun farklı bantlarının ve farklı sensörlerin kullanılmasına izin vermektedir (Haack ve Bechdol 2000). SAR ve optik uzaktan algılama verilerinin de birlikle kullanımı ile tamamlayıcı bilgi çıkarımı sağlanabilmektedir. Genel olarak arazi örtüsü haritalama doğruluğunu artırmak için de her iki veri türünün füzyonundan yararlanılabilmektedir (Herold ve Haack, 2002; Bagan, Kinoshita ve Yamagata, 2012).

Cian vd. 2016'da birden fazla sel felaketinden etkilenen Kuzey Doğu İtalya'da optik ve PolSAR uydu verilerini kullanarak veri füzyonu gerçekleştirerek, afet risk denetimini ve çevresel değişimi incelemişlerdir. Veri füzyonu ile gerçekleştirilen sınıflandırmaların optik görüntü sınıflandırmalarına göre daha fazla doğrulukta olduğunu ve haritaları daha sık güncellemeye olanak tanıdığını ortaya koymuşlardır.

Sentinel 1 ve Sentinel 2 uydu verilerinin ortak kullanımı ve analizi için uydu verilerinin bir araya getirilmesiyle elde edilen bilginin getirdiği avantajları vurgulayan Popescu ve ark. 2016'da özellik seviyesi tabanlı veri füzyonu ile veri kümelerinin daha iyi bir şekilde karakterize edilmesini ve de çıkarılmış bilgilerin ortaklaşa kullanılarak arazi haritalaması çalışmalarında etkin bir şekilde kullanılmasını sağlamışlardır.

Bazı durumlarda, sadece uydu görüntüsü kullanılarak yeryüzü objeleri ayırt edilememekte ve hatalı sınıflandırma sonuçları oluşmaktadır. Görüntü verileri üzerindeki objelerin ayırt edilebilirliğini artırarak görüntü verileri ile birlikte yer yüzey karakteristikleri de sınıflandırma doğruluğunu artıran yardımcı veriler olarak kullanılmaktadır (Edenius vd., 2003; Wright ve Gallant, 2007). Bunlar arasında en sık kullanılanı, özellikle uydu görüntüsü üzerindeki bitki örtüsünün diğer arazi örtüsü tiplerinden ayırt edilmesine olanak sağlayan normalleştirilmiş fark bitki örtüsü indeksidir (NDVI).

$$NDVI = \frac{(\mathrm{NIR}-\mathrm{RED})}{(NIR+RED)} = \frac{(\mathrm{B8}-\mathrm{B4})}{(\mathrm{B8}+\mathrm{B4})} \quad (1)$$

Arazi örtüsü ve arazi kullanımı haritalama doğruluğunu artırmak için radar ve optik uzaktan algılama verilerinin füzyonunu sağlayan Clerici vd. 2017'de, dört farklı bitki örtüsü endekslerini de kullanarak destek vektör makinesi (SVM) kontrollü sınıflandırma algoritması ile %87 gibi sınıflandırma doğruluğu elde etmişlerdir. Sentinel-1A ve Sentinel-2A uydu verileri ve bitki örtüsü indekslerinin füzyonu ile arazi örtüsü ve arazi kullanımı haritasını tatmin edici doğrulukta elde etmişlerdir.

Bu çalışmada optik ve PolSAR uydu görüntüleri ve yüzey bitki örtüsüne ait NDVI'ın birlikte kullanılarak doğru ve yüksek bilgi çıkarımının sağlanması ve arazi kullanımı ve arazi örtüsünün sınıflandırılması amaçlanmıştır. Bu amaçlar doğrultusunda Sentinel-1A ikili PolSAR ve Sentinel-2A optik uzaktan algılama verilerinin Çanakkale ilini kapsayan ortak alanları seçilerek, PolSAR+optik+NDVI, optik+NDVI veri füzyonu ile sadece optik görüntü bantları kullanılarak nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi ile arazi örtüsü sınıflandırması gerçekleştirilmiştir**.**

1.1 Çalışma Alanı ve Kullanılan Uydu Verilerinin Temin Edilmesi

Çalışma alanı olarak kentsel, kırsal gibi ve birçok farklı arazi karakterlerine sahip Çanakkale ili seçilmiştir. Çanakkale ilinin kıyı kesimlerindeki yoğun yerleşim dağılımı, %55 oranında yeşil alan ve yoğun tarım alanları şehrin temel özelliklerini oluşturmaktadır(Şekil 1).Çalışmada kullanılan Sentinel uyduları için veri dağıtımı, ürünlerinin birçoğu için eksiksiz ve açık bir erişim politikasının temel avantajı tarafından desteklenmektedir (Belward ve Skøien, 2015). Sentinel-1A ve Sentinel-2A görüntülerini birleştirebilmek ve uydu verilerindeki homojen geçişi sağlayabilmek için Mayıs 2018 tarihli görüntüler seçilmiştir. İkili polarimetrik Sentinel-1A ve optik

Sentinel-2A uydu verilerinin uyumu ile arazi kullanımının değerlendirilmesi açısından Çanakkale ilinin merkezini ve çevresini kapsayan Sentinel-1A (Ground Range Detected) GRD mod PolSAR ve Sentinel-2A optik uydu görüntüleri ESA'nın Copernicus Açık Erişim Merkezinden temin edilmiştir. GRD veri tipi, sistematik olarak dağıtılmış çoklu görünüm yoğunluğuna ve zemin aralığına yansıtılmış olduğu için tercih edilmiştir. Sentinel-1A ve Sentinel 2 uydu özellikleri Çizelge 1'de belirtilmiştir.



a) Sentinel-2 RGB görüntüsü çalışma alanı **b)** Google Earth görüntüsü çalışma alanı



c) Çanakkale şehir merkezinin genel görünümü

Şekil 1. Çalışma alanı.

Çizelge 1. Sentinel-1A SAR uydu ve Sentinel-2A optik uydu özellikleri.

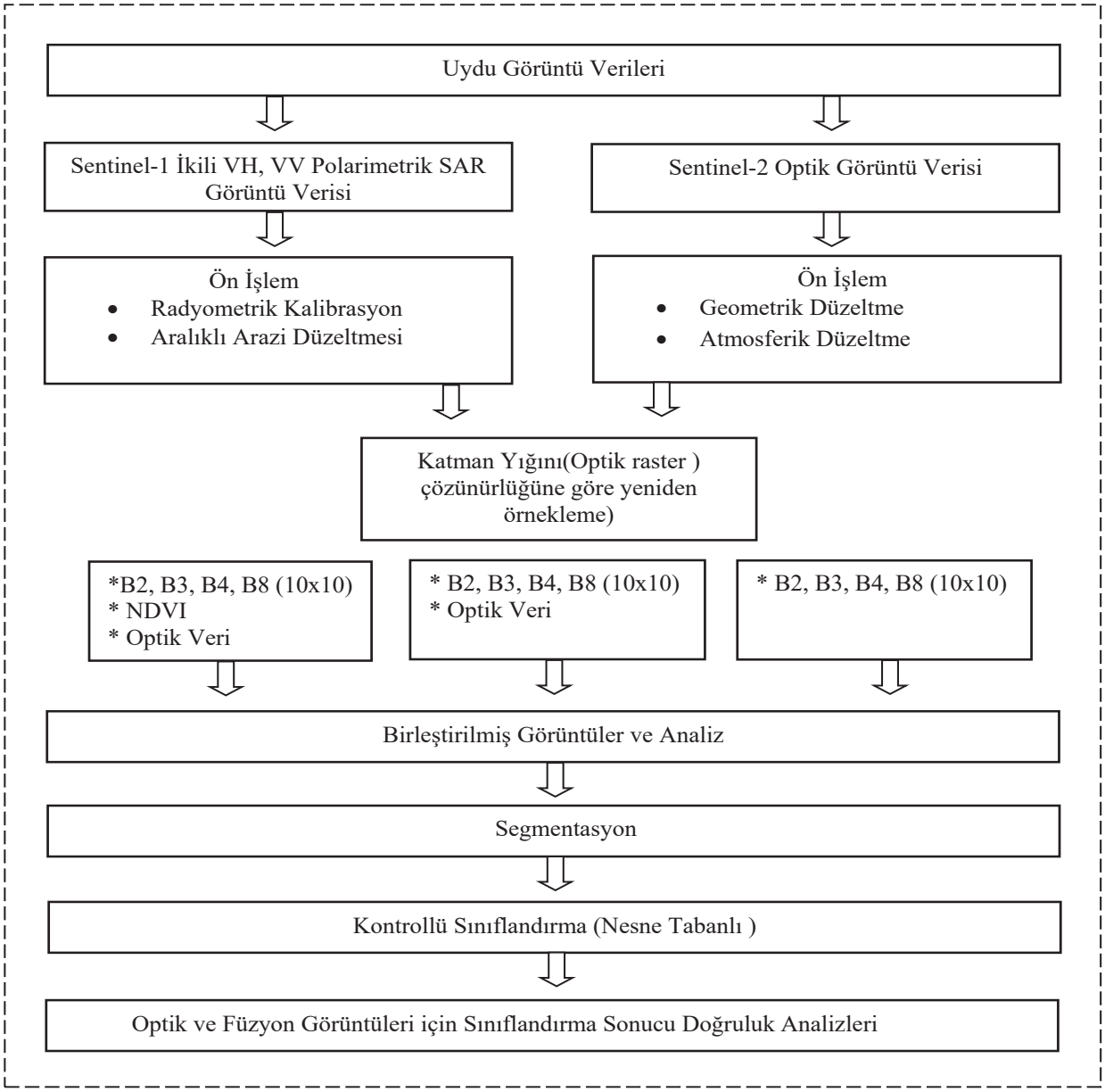
Özellikler	SENTINEL-1A (C Band)
Tarih	2014
Yükseklik	693 km
Sensör Modu	IW
Polarizasyon	VV+VH, HH+HV (ikili)
Dalga Boyu	5.5466 cm
Azimut	20 m
Uçuş Modu	Yükselen
Şerit Genişliği	250 km

Özellikler	SENTINEL-2A (Optik)
Tarih	2015
Yükseklik	786 km
Sensör Modu	MSI
Şerit Genişliği	290 km
Dalga Boyu	B2, B3, B4 ve B8 - 10 m
Radyometrik Çözünürlük	12 bit
Bantlar ve dalga boyları	B2 - Mavi - 0.490 µm
	B3 - Yeşil - 0.560 µm
	B4 - Kırmızı - 0.665 µm
	B8 - NIR – 0.842 µm

2. UYGULAMA

Çalışmada izlenilen uygulama adımları, iş akış diyagramı şeklinde Çizelge 2'de gösterilmektedir.

Çizelge 2. Çalışma metodu iş akış diyagramı.



2.1 Görüntü Ön İşleme

Sentinel-1A GRD mod PolSAR uydu verileri ve optik uydu verilerine bazı ön işlem adımları uygulanarak düzeltilmiştir ve veri füzyonuna hazırlanmıştır. Sentinel için geliştirilen SNAP (Sentinel Application Platform) program kullanılmıştır. PolSAR görüntülerinde araziye bağlı bozulmalar radyometrik kalibrasyon ile ortadan kaldırılmaktadır (Small vd. 1997). VV, VH mod PolSAR görüntüsüne radyometrik kalibrasyon ve aralıklı arazi düzeltmeleri uygulanmıştır. Optik uydu görüntüsü için de atmosferik düzeltmeler uygulanarak yüzey bitki örtüsüne ait NDVI hesaplanmıştır. Son olarak PolSAR uydu görüntüsü arazi düzeltmesi ile WGS84 UTM projeksiyonunda optik uydu görüntüsü ile aynı koordinat sistemine dönüştürülmüştür. Ayrıca optik görüntülerdeki atmosferik etkiler giderilmiş ve geometrik düzeltmeler ile uydu verileri füzyon için hazırlanmıştır.

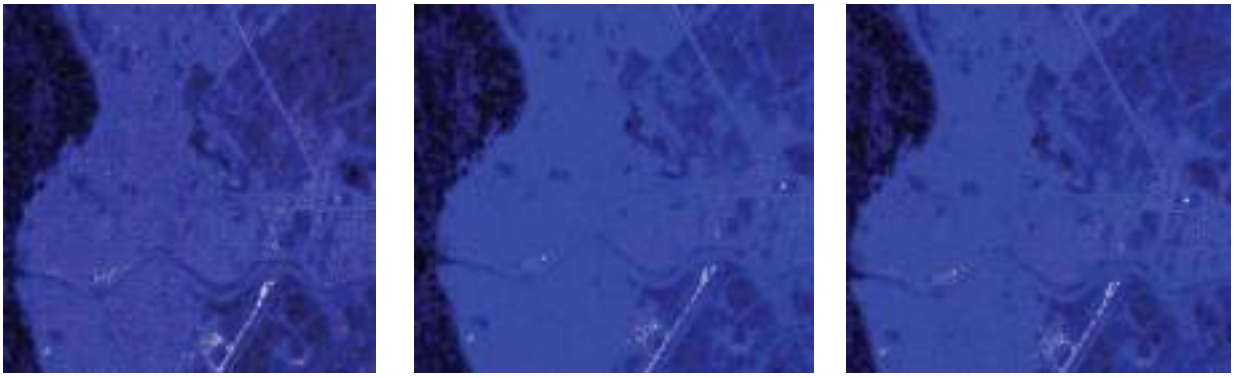
2.2 Optik ve SAR Görüntülerinin Birleştirilmesi

Veri füzyonu yöntemi için katman yığınları oluşturulmuştur. Yığınlar oluşturulurken optik raster çözünürlüğüne bağlı yeniden örnekleme gerçekleştirilmiştir. Birinci yığında optik görüntüye ait B2,B3,B4 ve B8 bantları, PolSAR görüntülerine ait VH ve VV bantları ile NDVI çıktıları kullanılmıştır. İkinci yığında sadece optik veri bantları ile NDVI verileri ile katman yığını elde edilmiştir. Son yığın içinse sadece optik görüntü bantları kullanılmak üzere toplamda üç farklı veri kombinasyonu elde edilmiştir.

2.3 Nesne Tabanlı Sınıflandırma

2.3.1 Segmentasyon

Görüntü verilerinin ön işlem adımlarının ardından eCognition yazılımında PolSAR optik görüntü bantları ve NDVI görüntüleri açılmış, koordinat sistemleri aynı duruma getirilen bu veriler ile üst üste çakıştırılmış katman grupları oluşturulmuştur. Her bir veri kombinasyonu için, nesne tabanlı sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Nesne tabanlı sınıflandırmalarda ilk ve en önemli adımlardan biri olan (Gamanya, De Maeyer ve De Dapper 2007) segmentasyon bölütleme işlemi, veri kombinasyonlarından anlamlı görüntü nesneleri oluşturmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Segmentasyon parametrelerinin seçimi, gerçek arazi objesine uygun nesne boyutunun belirlenmesi açısından büyük öneme sahiptir. Segmentasyon kalitesinin analizi yüksek doğruluklu sınıflandırma için ön koşuldur. (Kim vd., 2009; Marpu vd., 2010). Segmentasyonda seçilen parametreler sonuç doğruluk üzerinde etkili olduğundan çalışılan bölge ile uyumlu parametrelerin ve değerlerinin belirlenmesi önemlidir (Drăguţ vd., 2010). Ölçek, şekil ve kompaktlık indeksi gibi segmentasyon parametreleri bu aşamada belirlenmiştir. Segmentasyonda ölçek parametresi nesne boyutunu belirleyen en önemli parametredir (Kim vd., 2011; Myint vd., 2011). Sınıflandırma için ölçek faktörü görüntülerin çok yüksek çözünürlüklü olmaması nedeni ile 10 seçildi. Şekil faktörü için 0,1 değeri, kompaktlık indeksi için de 0,5seçilerek nesnelerin daha yoğun şekilde elde edilmesi amaçlanmıştır. Veri kombinasyonu segmentasyonları tamamlanmıştır (Şekil 2).



a) Optik+PolSAR+NDVI **b)** Optik+NDVI **c)**Optik (B2+B3+B4+B8)

Şekil 2. Çalışma bölgesi veri kombinasyonlarına ait katman yığınları segmentasyon görüntüleri.

2.3.2 Eğitimli Sınıflandırma

eCognition yazılımında her katman için oluşturulan segmentler üzerinden sınıf hiyerarşine göre alınan örneklere dayanan en yakın komşuluk (nearest neighbour) sınıflandırma algoritması ile sınıflandırma gerçekleştirilmiştir.Bu yöntem temelinde kontrollü sınıflandırma algoritmasına benzemektedir; piksel tabanlı sınıflandırmada alınan örnekleme alanları gibi, nesne tabanlı sınıflandırmada da her sınıf için örnek segmentler seçilmiştir. Sınıflandırmada birim olarak pikseller yerine segmentlerin kullanılması en yakın komşuluk algoritmasında işlemlerin daha hızlı biçimde ilerlemesini sağlamaktadır (Jensen, 2005). Bu işlem, nesne tabanlı yöntemde daha hızlı ve daha doğru bir şekilde yapılmaktadır. Böylece her sınıf içilen seçilen örneklerin ortalama değerleri kullanılarak eCognition yazılımı en yakın komşuluk yöntemiyle tüm görüntü üzerinde ortak özelliklere sahip segmentleri bularak sınıflandırma işlemi tamamlanmıştır. Her kombinasyon yığın görüntüsü için yapı, su, yeşil alan, çıplak toprak ve yol şeklinde beş farklı arazi örtüsü sınıfı belirlenmiştir. Her sınıf için belirli eğitim alanları seçilmiş ve eğitimli sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3).



a) Çalışma alanı optik uydu görüntüsü



b) Optik+PolSAR+NDVI



c) Optik+NDVI



d) Optik (B2+B3+B4+B8)

Şekil 3. Veri kombinasyonlarına ait katman yığınları eğitimli sınıflandırma sonuç görüntüleri.



eCognition yazılımı sınıflandırma sonuçlarına bağlı olarak kullanıcıları için istatistiksel bilgiler üretmektedir. İstatistiksel bilgilerin bulunduğu tablo önemlidir çünkü farklı doğruluk değerlerine ek olarak hata matrisini de göstermektedir. Bu çalışmada sınıflandırma sonucu her veri kombinasyonu için hata matrisi hesaplanmıştır(Çizelge3,4,5).

Çizelge 3. Optik + PolSAR + NDVI füzyon sınıflandırma sonucu hata matrisi.

HATA MATRİSİ	Yapı	Su	Yeşil Alan	Çıplak Toprak	Yol	**TOPLAM**
Yapı	52	0	0	3	3	**58**
Su	0	13	0	0	0	**13**
Yeşil Alan	0	0	48	0	0	**48**
Çıplak Toprak	3	0	0	15	1	**19**
Yol	7	0	0	4	40	**51**
Sınıflandırılmamış	1	0	1	0	0	**2**
TOPLAM	**63**	**13**	**49**	**22**	**44**	

Çizelge 4. Optik + PolSAR füzyon sınıflandırma sonucu hata matrisi.

HATA MATRİSİ	Yapı	Su	Yeşil Alan	Çıplak Toprak	Yol	**TOPLAM**
Yapı	92	0	0	5	10	**107**
Su	0	11	0	0	0	**11**
Yeşil Alan	0	0	49	0	0	**49**
Çıplak Toprak	7	0	0	15	0	**22**
Yol	14	0	0	0	88	**102**
Sınıflandırılmamış	0	0	0	0	0	**0**
TOPLAM	**113**	**11**	**49**	**20**	**98**	

Çizelge 5. Optik sınıflandırma sonucu hata matrisi.

HATA MATRİSİ	Yapı	Su	Yeşil Alan	Çıplak Toprak	Yol	**TOPLAM**
Yapı	106	0	0	2	14	**122**
Su	0	15	0	0	0	**15**
Yeşil Alan	0	0	68	0	0	**68**
Çıplak Toprak	14	0	0	30	0	**44**
Yol	26	0	0	1	136	**163**
Sınıflandırılmamış	0	0	0	0	0	**0**
TOPLAM	**146**	**15**	**68**	**33**	**150**	

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada optik ve SAR sensör verilerinin ve yüzey vejetasyon indekslerinin füzyon kombinasyonları ile sınıflandırma sonuçları sunulmaktadır. Sentinel-1A PolSAR ve Sentinel-2A optik uydu görüntü verileri ile optik uydu verilerinden elde edilen, yüzey bitki örtüsü indeksi gibi yardımcı verilerin birlikte kullanımı ile sınıflandırma sonucunun daha yüksek doğruluk verdiği tespit edilmiştir. Bitki örtüsü indeks değerlerinin de optik veriler ile kullanılarak sınıflandırmaya belirli oranda katkı sağladığı gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda sonuç çıktıları değerlendirildiğinde, SAR uydu görüntülerinin belirli miktarlarda sınıflandırma doğruluğunu arttırıcı yönde etki sağladığı görülmüştür(Çizelge 6). Çalışmanın devamı niteliğinde çok zamanlı, ileriye dönük ikili ve dörtlü polarimetrik uydu görüntüleri ile farklı spektral bandlardaki optik uydu verilerinin ve yüzeye ait çeşitli indeks özelliklerinin farklı füzyon teknikleri uygulanarak, sınıflandırılması amaçlanmaktadır. Bu sayede füzyon tekniklerinin sınıflandırma doğruluğunu ne boyutta ve hangi şekilde etkileyecekleri ortaya koyulacaktır.

Çizelge 6. Sınıflandırma sonucu doğruluk analizi.

Veri Setleri					
Optik+PolSAR+NDVI		**Optik +NDVI**		**Optik (B2+B3+B4+B8)**	
Genel Doğruluk	Kappa	Genel Doğruluk	Kappa	Genel Doğruluk	Kappa
0.88	0.84	0.87	0.82	0.86	0.80

KAYNAKLAR

Bagan H., Kinoshita T., Yamagata Y. 2012**,** Combination of AVNIR-2, PALSAR, and polarimetric parameters for land cover classification. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 50(4), 1318-1328.

Belward A. S., & Skøien J. O. 2015, Who launched what, when and why; trends in global land-cover observation capacity from civilian earth observation satellites. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing,* 103, 115–128.

Cian F., Delgado J. M., Marconcini M., Rivolta G., & Giupponi C. 2016, May**,** Sentinel-1 and 2 data fusion for land management and disaster risk assessment. *ESA Living Planet Symposium.*

Clerici N., Valbuena Calderón C. A., & Posada J. M. 2017, Fusion of Sentinel-1A and Sentinel-2A data for land cover mapping: a case study in the lower Magdalena region, Colombia. *Journal of Maps*, 13(2), 718-726.

Drăguţ L., Tiede D. & Levick S., 2010, ESP: a tool to estimate scale parameters for multiresolution image segmentation of remotely sensed data, *International Journal of Geographical Information Science,* 24: 859-871.

Edenius L., Vencatasawmy C.P., Sandstrom P., & Dahlberg U., 2003, Combining satellite imagery and ancillary data to map snowbed vegetation important to reindeer Rangifer tarandus. *Arctic Antarctic and Alpine Research,* 35(2), 150-157.

Gamanya R., De Maeyer P., & De Dapper M. 2007, An automated satellite image classification design using object-oriented segmentation algorithms: A move towards standardization. *Expert Systems with Applications*, *32*(2), 616-624.

GHARECHELOU S. 2015, *Soil moisture retrieval using synthetic aperture radar (SAR) data* (Doctoral dissertation).

Haack B., & Bechdol M. 2000,Integrating multisensor data and RADAR texture measures for land cover mapping. *Computers and Geosciences*, 26(4), 411–421.

Herold N. D., & Haack B. N. 2002,Fusion of radar and optical data for land cover mapping. *Geocarto International*, 17(2), 21-30.

Kim M., Madden M., & Warner T. A. 2009, Forest type mapping using object-specific texture measures from multispectral Ikonos imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 75(7), 819-829.

Kim M., Warner T. A., Madden M., & Atkinson D. S. 2011, Multi-scale GEOBIA with very high spatial resolution digital aerial imagery: scale, texture and image objects. *International Journal of Remote Sensing*, 32(10), 2825-2850.

Malenovský Z., Rott H., Cihlar J., Schaepman M. E., García-Santos G., Fernandes R., & Berger M. 2012, Sentinels for science: Potential of Sentinel-1,-2, and-3 missions for scientific observations of ocean, cryosphere, and land. *Remote Sensing of Environment*, 120, 91-101.

Marpu P. R., Neubert M., Herold H., & Niemeyer I. 2010, Enhanced evaluation of image segmentation results. *Journal of spatial science*, 55(1), 55-68.

McNairn H., Champagne C., Shang J., Holmstrom D., & Reichert G. 2009, Integration of optical and Synthetic Aperture Radar (SAR) imagery for delivering operational annual crop inventories. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing,* 64(5), 434–449.

POPESCU A., FAUR D., VADUVA C., & DATCU M. 2016, May**,** Enhanced Classification of Land Cover through Joint Analysis of Sentinel-1 and Sentinel-2 Data. In *ESA Living Planet Symposium*.Prague, Czech Republic, 9-13.

Sakshaug S. E. H. 2013, Evaluation of Polarimetric SAR Decomposition methods fortropical forest analysis, *Master's thesis*, University of Tromsø.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6670

ÇOK ZAMANLI UYDU VERİLERİYLE ARAZİ ÖRTÜSÜ DEĞİŞİMİ ANALİZİ: DİKİLİ İLÇESİ - ÇUKURALAN ALTIN MADENİ

Anali AZABDAFTARI [1], Filiz SUNAR [2]

[1] İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, İletişim Sistemleri Anabilim Dalı Maslak Kampüsü, 34469 İstanbul, azabdaftari@itu.edu.tr
[2] Prof. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Geomatik Mühendisliği Bölümü Maslak Kampüsü, 34469 İstanbul, fsunar@itu.edu.tr

ÖZET

Yeryüzünün doğal arazi örtüsü insan faaliyetlerine ve farklı kullanım yöntemlerine bağlı olarak uzun yıllar içerinde büyük değişiklere maruz kalmaktadır. Arazi örtüsü değişikliği arazi kullanımının bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır. Arazi kullanımının en önemli örneklerinden birisi de madenciliktir. Madencilik, yerkabuğunun farklı derinliklerinden ekonomik değer taşıyan mineral ve elementlerin çıkartılmasıdır. Günümüzde yapılan yer altı ve yer üstü madencilik faaliyetleri, maden alanları ile çevresinin ekolojik dengesini büyük ölçüde etkilemektedir; örneğin, toprak profilinin önemli ölçüde değişmesi neticesinde su akışının değişmesi, toprak erozyonu ve bitki örtüsünün bozulması gibi negatif birçok çevresel etkiler gözlenmekte, hatta maden işletmelerinden çıkarılan zehirli maden atıkları kontrol edilmediği takdirde kalıcı zararlar da oluşmaktadır. Uzay teknolojileri içinde yer alan uzaktan algılama ve etkin görüntü işleme yöntemleri ile günümüzde arazi kullanımındaki değişim hızlı, doğruluklu ve ekonomik bir şekilde saptanabilmektedir. Çevresel etkinin belirlenmesine yönelik olarak bu tür veriler, madencilik faaliyetlerinin (altyapı, maden ocağı, sedimantasyon vb.) fiziksel etkisinin belirlenmesinin yanı sıra, özellikle diğer ilgili veri kaynakları ile birlikte kullanıldığında, göç ve yerleşim dinamikleri ve etkilerinin belirlenmesinde de hızlı ve ekonomik çözümler sağlarlar. Bu çalışmanın amacı, İzmir ilinin kuzeyinde, Ayvalık ve Dikili ilçeleri arasında yer alan *Çukuralan bölgesinde yürütülen altın madenciliği faaliyetlerinin neticesinde oluşan arazi örtüsü değişimini ve çevresel etkileri analiz etmektir. Bu amaca yönelik olarak 2009-2017 yılları arasındaki değişim süreci, çok-zamanlı uydu görüntüleri analiz edilerek değerlendirilmiştir. Landsat 5 TM (2009), Landsat 8 OLI (2017) ve Sentinel 2A (2017) verilerinin kullanıldığı çalışmada, ilk olarak ön işleme adımı uygulanmış ve. daha sonra, 2 farkli sınıflandırma yöntemi (Maksimum Olabilirlik ve Destek Vektör Makinesi) uygulanarak üretilen zamansal tematik haritalar ile değişim analizi yapılmıştır. Son bölümde kullanılan iki farklı uydu verisinin tematik haritalamadaki etkinliği ile çevresel etkileri değerlendirilmiştir.*

Anahtar Sözcükler: madencilik, uzaktan algılama, değişim saptama, Landsat ve Sentinel verisi

ABSTRACT

LAND COVER CHANGE DETECTION WITH MULTI TEMPORAL SATELLITE DATA: DİKİLİ DISTRICT - ÇUKURALAN GOLD MINE

The earth is exposed to a great variety of natural disasters over many years depending on human activities and different methods of use. Land cover change emerges as a consequence of land use. One of the most important examples of land use is mining. Mining is the extraction of minerals and elements of economic value from different depths of the earth's crust. Today's underground and aboveground mining activities greatly influence the ecological balance of mining areas and their surroundings; For example, significant changes in the soil profile result in many negative environmental effects such as water flow change, soil erosion, and plant cover change, and even permanent damage is caused if toxic mineral wastes are not controlled from mining operations. With remote sensing and effective image processing methods in space technology, the change in land use today can be detected quickly, accurately and economically. In order to determine the environmental impact, such data provide fast and economical solutions for the determination of the physical effects of mining activities (infrastructure, mining, sedimentation etc.), as well as for determining migration and settlement dynamics and impacts, especially when used in conjunction with other relevant data sources. The aim of this study is to analyze the change of land cover and the environmental effects of the gold mining activities carried out in the Çukuralan district located between the districts of Ayvalık and Dikili in the north of İzmir Province. For this purpose, the change detection process between 2009 and 2017 years has been evaluated by analyzing multi-temporal satellite images. In this study by using Landsat 5 TM (2009), Landsat 8 OLI (2017) and Sentinel 2A (2017) data, the preprocessing step was applied to all dataset. Then, two different classification methods (Maximum Likelihood and Support Vector Machine) was employed and the changes were analyzed with the produced temporal thematic maps. Finally, the effectiveness of the two satellite data used in the thematic mapping and the environmental impacts were evaluated.

Keywords: mining, remote sensing, change detection, Landsat and Sentinel data

1. GİRİŞ

Doğal çevrenin önemli bir bölümünü teşkil eden yeryüzü, insanlar tarafından değişik şekillerde değerlendirilmekte ve buna bağlı olarak ekonomik faaliyetler çeşitlilik kazanmaktadır (Özçağlar, 1994). Yeryüzünün doğal arazi örtüsü, insan faaliyetlerine ve farklı kullanım yöntemlerine bağlı olarak uzun yıllar içerinde büyük değişikliklere maruz kalmaktadır. Arazi örtüsü değişimi, ekosistemlerin yapısında ve işlevinde çarpıcı değişikliklere neden olduğundan, arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişiminin belirlenmesi, doğru ve etkin bir planlama için karar vericilere yardımcı olmaktadır (Meyer ve Turner, 1994). Arazi kullanımına dair en önemli örneklerinden birisi de madenciliktir. Madencilik, çevrenin kalitesini olumsuz etki edebilecek insan faaliyetlerinden biri olarak tanımlanmaktadır. Madencilik faaliyetlerinin büyük ekonomik faydalarına rağmen, temiz hava ve su, verimli toprak ve dünyanın zengin biyotik çeşitliliği gibi temel yaşam destek sistemleri üzerinde negatif etkileri vardır. Örneğin; maden ocakları, toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerini değiştirerek, bitki örtüsünde ve toprak yüzeyinde kaçınılmaz ve genellikle kalıcı tarım arazisi kaybına yol açarlar (Woldai, 2001).

Türkiye gerek yeraltı gerekse yerüstü kaynakları bakımından oldukça zengin bir ülkedir. Yeraltı kaynakları söz konusu olduğunda, öncelikle madenler akla gelmektedir (Bilgihanesi, 2015). Türkiye, dünyada maden yatakları bakımından şanslı ülkeler arasında olup, dünyada çıkarılan 50'den fazla maden çeşidinin 29'u Türkiye'de bulunmaktadır. Diğer bir ifade ile Türkiye bu sektörde dünyada ilk on ülke arasında yer almaktadır (Kara, 2018).

Türkiye'de yüzey madenciliği, bitki örtüsündeki değişikliklere, arazi dönüşümlerine ve orman ekosisteminde bozulmalara yol açmaktadır. Yeryüzündeki mevcut arazi kullanımının tespiti, hızlı arazi örtüsü değişimlerinin izlenmesi ve bu değişimlerin kayıt ve analiz edilmesi insanoğlunun ilk çağlardan beri ilgilendiği bir konudur. Arazi örtüsü değişiminin tespit edilebilmesi için düzenli aralıklarla kayıt edilen zamansal veriye ihtiyaç duyulmaktadır (Bayar ve Karabacak, 2017). Bu amaca yönelik farklı kaynaklardan bilgi toplamak için çeşitli teknikler geliştirilmiştir (Musaoğlu vd., 2005). Bu bağlamda günümüzde değişiklikleri izlemek ve saptamak için farklı tarihlerde alınmış uydu görüntüleri ve uzaktan algılama teknikleri maden arama çalışmalarında özellikle maliyet açısından önemli katkılar sağlamaktadır.

Arazi örtüsü değişiminin belirlenmesinde uzaktan algılama verileri ve yöntemlerinin kullanıldığı pek çok akademik çalışma bulunmaktadır. Örneğin, Balıkesir Bigadic ve Eskişehir Kırka bölgelerinde uzaktan algılama teknikleri ile açık maden ocaklarında bor minerallerinin tespiti ve arazi kullanımındaki değişim ortaya koyulmuştur (Uysal vd., 2017). 2010 yılına ait Landsat 5 TM uydu görüntüsünde bor mineralleri referans alınarak, nesne tabanlı referans spektra yöntemi olan Spektral Açı Haritalayıcı (SAM) yöntemi ve Bant oranlama kullanılarak, zengin bor minerallerine sahip bölgeler tespit edilmiştir. Belirlenen bölgelerin, çalışma alanı içerisinde hâlihazırda açık maden sahası olarak kullanılan alanlar ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Bu çalışma kapsamında, çok-zamanlı uydu görüntüleri ile madencilik faaliyetleri nedeniyle oluşan arazi örtüsü değişimi analizi yapılmış ve kullanılan iki farklı uydu verisinin tematik haritalamadaki etkinliği ile çevresel etkiler değerlendirilmiştir.

2. ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN VERİLER

Dikili, Ege Bölgesindeki bir sahil kasabası olup, İzmir'in bir ilçesidir. Dikili'nin merkezi, İzmir'in yaklaşık 120 km kuzeyindedir. Bir Dikili köyü olan Çukuralan, dağlık bölgenin batı yamaçlarında yer almaktadır (Şekil 1). Çukuralan, 39.1858° Kuzey enlemleri ve 26.9402° Doğu boylamları arasında bulunur ve yaklaşık 541 km^2'lik bir alanı ve deniz seviyesinden 1-200 metre arasında değişen yükseklikler sahiptir. Bölge, kışları yağmurlu, yazları sıcak ve kuru olan tipik bir Akdeniz iklimine sahiptir. Ortalama yağış miktarı, çoğu kış aylarında olmak üzere 686 mm'dir. Dünyanın en iyi çam fıstığı bu bölgede üretildiğinden çam fıstığı ile ünlüdür ancak, altın madenciliği faaliyetleri bu bölgeleri tehdit etmektedir.

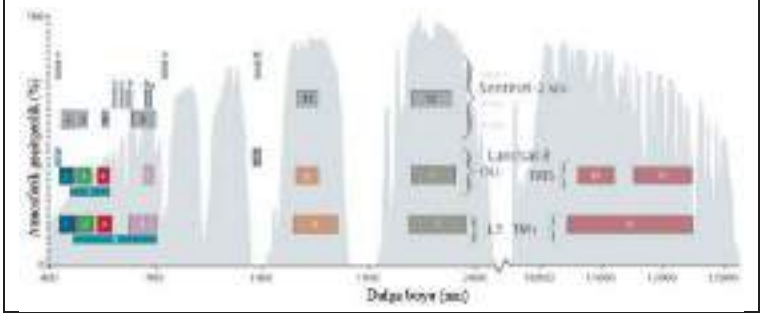


Şekil 1. Çalışma alanının haritası ve uydu görüntüsü.

Bu çalışmada 30m mekânsal çözünürlüklü Landsat 5 TM, Landsat 8 OLI ile 10m mekânsal çözünürlüklü Sentinel 2A uydu görüntüleri kullanılmıştır (Çizelge 1). Uydu görüntülerinde mevsimsel değişikliklerden kaynaklanabilecek farklılıkları azaltmak için görüntüler mümkün olduğunca birbirine yakın tarihlerde ve bulutsuz olarak seçilmiştir.

Çizelge 1. Kullanılan uydu verilerinin özellikleri ve tarihleri.

Uydu	Görüntü alım tarihi
Landsat 5	27-08-2009
Landsat 8	30-06-2017
Sentinel 2A	11-08-2017



3. YÖNTEM

3.1. Ön İşleme

Uydu görüntülerinden harita üretilebilmesi için bazı görüntü işleme adımlarının gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada ilk olarak, uydu görüntülerine ön işleme tekniklerinden biri olan geometrik dönüşüm uygulanmıştır. Geometrik düzeltme işleminde 2009 Landsat, 2017 Landsat ve 2017 Sentinel görüntüleri UTM koordinat sistemine sırasıyla ±0.37m, ±0.40m ve ±0.34m rms hatası ile en yakın komşuluk örnekleme algoritması kullanılarak referanslandırılmıştır. En yakın komşuluk yönteminde geometrik olarak düzeltilmiş görüntünün piksel değerleri, orijinal görüntüdeki en yakın pikselin parlaklık değerinin atanmasıyla elde edilir. Daha sonra bölgenin sınırları belirlenerek çalışma alanı orijinal görüntüden kesilmiştir.

3.2. Sınıflandırma

Uzaktan algılamada sınıflandırma, cisimlerin farklı spektral yansıtma değerlerine bağlı olarak görüntüdeki her görüntü elemanını (piksel) ait olduğu özellik grubuna ayırarak tematik harita üretme işlemidir. Ayırt etme problemi her görüntü

elemanının algılama yapılan spektral bantlara göre farklılık gösteren dijital değerler kümesinden yararlanılarak yapılmaktadır (Iban ve Aksu, 2014).

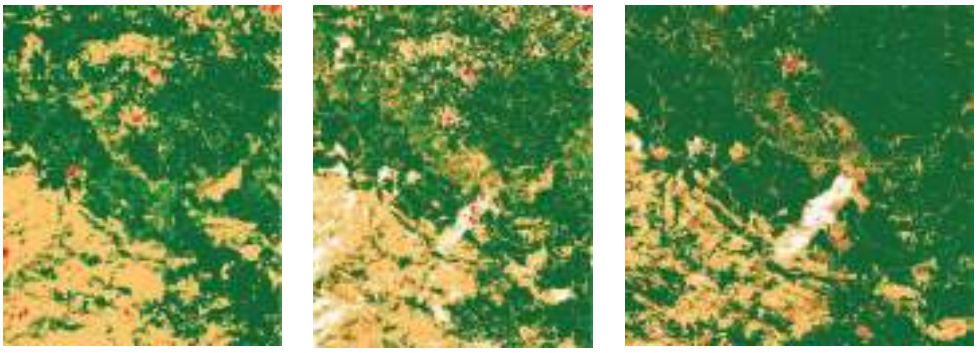
Sınıflandırma işleminde genel olarak kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma olarak bilinen iki yaklaşım vardır. Kontrollü sınıflandırma yöntemleri arasında doğruluğu ve güvenilirliği açısından en çok tercih edilen yöntem Maksimum Olabilirlik metodudur. Maksimum Olabilirlik karar kuralında, verilerin normal dağılımlı olduğu varsayılarak bir pikselin belirli bir sınıfa ait olma olasılığı ortalama vektör ve kovaryans matrisi ile tanımlanır (Ayhan ve Kansu, 2017). Destek Vektör Makineleri (DVM) istatistiksel öğrenme teorisine dayalı diğer kontrollü bir sınıflandırma algoritmasıdır. DVM'nin çalışma prensibi iki sınıfı birbirinden ayırabilen en uygun karar fonksiyonun tahmin edilmesi, başka bir ifadeyle iki sınıfı birbirinden en uygun şekilde ayırabilen hiper-düzlemin tanımlanması esasına dayanmaktadır (Vapnik, 1995; Vapnik, 2000). Birçok alanda başarıyla kullanılan DVM'lerin uzaktan algılama alanında da son yıllarda kullanımı oldukça artmıştır.

Bu çalışmada arazi kullanımı/arazi örtüsü sınıflandırması Maksimum Olabilirlik yöntemi ve Destek Vektör Makineleri sınıflandırma yöntemleri kullanılarak yapılmıştır (Şekil 2 ve Şekil 3). Bu amaçla, görüntüdeki cisimleri/nesneleri en iyi temsil eden homojen örnekleme alanları (kontrol bölgeleri) belirlenerek kontorollü sınıflandırma yöntemi uygulanmış ve altı temel arazi örtüsü sınıfı (Orman 1, Orman 2, Toprak 1, Toprak 2, Maden inşaat alanı ve Yerleşim alanı) seçilmiştir.



LANDSAT 2009 LANDSAT 2017 SENTINEL 2017

Şekil 2. Maksimum Olabilirlik yöntemi ile elde edilen sınıflandırılmış görüntüler.



LANDSAT 2009 LANDSAT 2017 SENTINEL 2017

Şekil 3. Destek Vektör Makineleri yöntemi ile elde edilen sınıflandırılmış görüntüler.

	Toprak 1		Orman 1		Maden inşaat alanı
	Toprak 2		Orman 2		Yerleşim alanı

Sınıflandırma adımından sonra uygulanması gerekli olan doğruluk değerlendirmesi, sınıflandırılmış görüntüyü, doğru veya temel gerçek veriler olarak kabul edilen başka bir veri kaynağı ile karşılaştırma işlemi olarak bilinir. Bu çalışma da elde edilen sonuç görüntülerinin doğruluk analizi, hata matrisi ile yardımcı veriler (Google Earth platformundan elde edilen görüntüler ve referans haritalar) kullanılarak yapılmıştır (Çizelge 2).

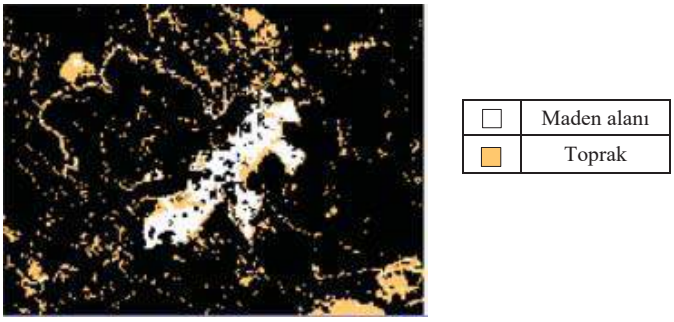
Çizelge 2. Sınıflandırma sonrası doğruluk analizi.

Uydu	Tarih	Maksimum Olabilirlik yöntemi		Destek Vektör Makineleri yöntemi	
		Genel doğruluk (%)	Kappa katsayısı	Genel doğruluk (%)	Kappa katsayısı
Landsat 5 TM	27-08-2009	98.95	0.98	97.47	0.96
Landsat 8 OLI	30-06-2017	98.80	0.98	94.00	0.92
Sentinel 2A	11-08-2017	98.93	0.98	98.39	0.97

Çizelge 2'den görülebileceği gibi, doğruluk oranları tüm tarihler için% 90'ın üzerindedir ve Maksimum Olabilirlik yöntemi ile yapılan sınıflandırmanın nispeten daha iyi sonuç verdiği görülmektedir.

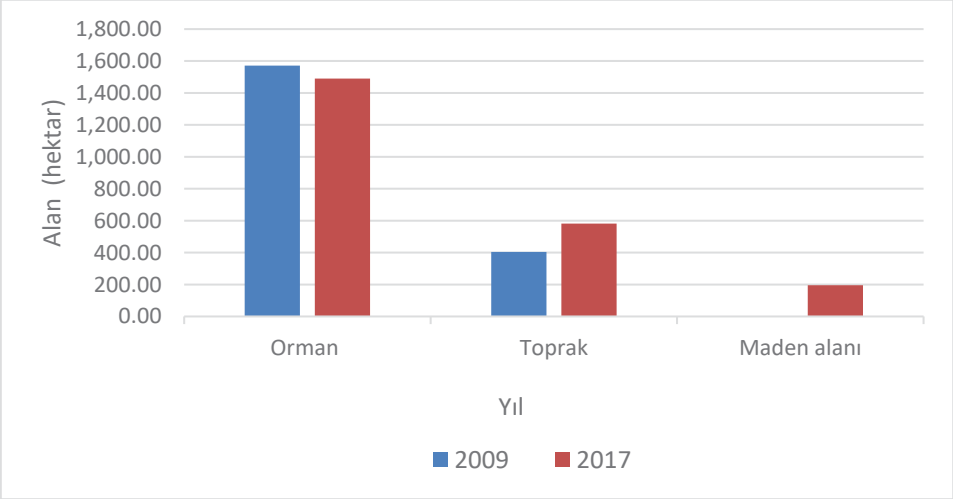
3.3. Değişim Analizi

Madencilik faaliyetleri sonucunda arazi örtüsü/arazi kullanımında meydana gelen zamansal ve mekânsal değişmlerinin irdelenmesi için değişim analizi gerçekleştirilir. Değişim analizi yapılırken, aynı bölgede yer alan cisimlerin farklı görünmesine neden olabilecek tüm faktörlerin, örneğin farklı algılayıcılar, görüntülerin mekânsal çözünürlüğündeki farklılıklar vb., göz önüne alınması gerekir. Bu çalışmada kullanılan Sentinel ve Landsat görüntüleri arasındaki yukarıda belirtilen farklılıklar nedeniyle değişim analizi iyi sonuç vermediğinden, arazi örtüsündeki değişim analizi 2009 ve 2017 Landsat görüntüleri ile yapılmıştır. Şekil 4'te "Orman 1" sınıfında 8 yıllık zaman sürecinde oluşan değişim gösterilmektedir.



Şekil 4. 2009- 2017 arasında orman alanlarındaki değişim.

Şekil 4'ten görülebileceği üzere 2009 - 2017 yılları arasında orman alanının bir kısmı maden alanı olarak değişmiştir ve kantitatif olarak değişim miktarı 3 ana sınıf ("Orman1", "Toprak" ve "Maden alanı") için zamansal olarak Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. 2009 - 2017 yılları arasında 3 ana sınıf (Orman, Toprak ve Maden alanı) için zamansal değişim.

Şekil 5 de görüldüğü gibi 2009-2017 periyodunda bölgede artan maden faaliyetlerinin etkisi ile 2009 yılında Orman sınıfının alansal miktarı 1571.85 hektar iken 2017 de 1490.31 hektar olmuştur. Toprak sınıfının ise 2009 yılında 404.10 hektar dan 581.31 hektara ulaştığı görülmektedir. Bölgede 2010 yılında başlayan maden çalışmaları nedeniyle oluşan maden alanı 195.93 hektar olarak saptanmıştır.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada 2009 - 2017 yılları arasında, İzmir ilinin Dikili ilçesinde yer alan Çukuralan bölgesinde yürütülen altın madenciliği faaliyetlerinin neticesinde oluşan arazi örtüsü değişimi ve çevresel etkileri analiz edilmiştir. Zamansal çevre değişimlerinin izlenmesinde uzaktan algılama teknolojilerinin büyük avantajlar ortaya koyduğu bir gerçektir. Görüntü analizinde Landsat 5 TM, Landsat 8 OLI ve Sentinel 2A uydularından alınan görüntüler kullanılmıştır. Maden inşaat alanını kapsayan çok zamanlı uydu veri setleri, Maksimum Olabilirlik ve Destek Vektör Makineleri yöntemleri kullanılarak sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma sonrası yapılan doğruluk analizinde tüm tarihler için sınıflandırma doğruluğu % 90'ın üzerinde hesaplanmıştır.

2009 ve 2017 yıllarına ait uydu görüntüleri baz alınarak yapılan değişim saptama analizlerinde Çukuralan bölgesinde 2009 yılında 1571.85 hektar olan orman alanı 2017 yılında %5'lık bir azalma ile 1490.31 hektar olarak bulunmuştur. Toprak sınıfı ise %43' lik bir artış ile 404.10 hektardan 581.31 hektara ulaşmıştır. Diğer bir ifade ile bölgede madencilik faaliyetlerinden kaynaklanan arazi örtüsü değişiminden etkilenen ana sınıflar, orman ve toprak sınıfları olmuştur ve yaklaşık 258.75 hektar ormansızlaşma görülmektedir.

Bu çalışmada 8 yıllık zaman sürecinde madencilik çalışmaları nedeniyle yeşil alanların olumsuz etkilendiği belirlenmiştir. Sonuç olarak madencilik ekonomik bir faaliyet olmasına karşılık, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını geliştirmek ve olumsuz çevresel etkileri kontrol etmek için gerekli denetimlerin yapılarak önlemlerin alınmasına ihtiyaç olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

Ayhan, E., Kansu, O., 2017. Uzaktan Algılamada Sınıflandırma Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (TUFUAB). Teknik Sempozyum,* Anakara, Türkiye, s.137.

Bayar, R., Karabacak, K., 2017. Ankara İli Arazi Örtüsü Değişimi (2000-2012). *Coğrafi Bilimler Dergisi,* 15 (1), 59- 76.

Bilgihanesi, 2015. https://www.bilgihanesi.com/turkiyede-madenler-ozellikleri-ve-baslica-maden-cesitleri-p4323/ [Erişim tarihi: 08.08.2018].

Iban, M., Aksu, O., 2014. Uzaktan Algılama İle Büyükşehir Belediye Alanlarında Arazi Sınıflarının Belirlenmesi. *4. Arazi Yönetimi Çalıştayı,* 12-13 Mayıs.

Kara, F., 2018. https://malzemebilimi.net/maden-nedir-madenlerin-ozellikleri-nelerdir-turkiyede-madencilik.html, [Erişim tarihi: 08.08.2018].

Karabulut, M., Küçükönder, M., Gürbüz, M., Sandal, E. K., 2006. Kahramanmaraş Şehri ve Çevresinin Zamansal Değişiminin Uzaktan Algılama ve CBS kullanılarak İncelenmesi. *4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri*. 13-16 Eylül 2006, Fatih Üniversitesi, İstanbul.

Meyer, W. B., Turner, B. L., 1994. Changes In Land Use and Land Cover: A Global Perspective. *Cambridge: Cambridge University Press.*

Musaoğlu, N., Göksel, Ç., Kaya, Ş., Saroğlu, E., Bektaş, F., 2005. Istanbul Anadolu Yakası 2B Alanlarının Uydu Görüntüleri ile Analizi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı,* 28 Mart - 1 Nisan 2005, Ankara.

Özçağlar, A., 1994. Çarşamba Ovası ve Yakın Çevresinde Araziden Yararlanma. *Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi,* 3, 93-128.

Vapnik, V.N., 1995. The Nature of Statistical Learning Theory, *Springer-Verlag, New York.*

Vapnik, V.N., 2000. The Nature of Statistical Learning Theory, *2. Baskı, Springer-Verlag, New York.*

Woldai, T., 2001. Application of Remotely Sensed Data and GIS in Assessing the Impact of Mining Activities on the Environment. *17" International Mining Congress and Exhibition of Turkey*- IMCET2001, ISBN 975-39S-417-4.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6672

UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN ZAMANSAL DEĞİŞİM ANALİZİ İÇİN MATLAB TABANLI BİR ARA YÜZ TASARIMI

Gözde AYDIN[1], E. Özgür AVŞAR [2], Özgün AKÇAY [3]

[1]Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı, 17100, Çanakkale, gozdeaydin@stu.comu.edu.tr
[2]Dr. Öğr. Üyesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 17100, Çanakkale, ozguravsar@comu.edu.tr
[3]Doç. Dr., Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 17100, Çanakkale, akcay@comu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada amaç, aynı alana ait ve iki farklı zamanda elde edilmiş uydu görüntüleri, ortofoto, tematik haritalar ve/veya dijital görüntüler için geliştirilen bir Matlab ara yüzü ile değişim haritalarının belirlenmesi, her bir sınıf için değişim haritalarının oluşturulması ve geliştirilen ara yüzün doğruluğunun uzaktan algılama alanında sıklıkla kullanılan ticari bir yazılım ile karşılaştırılmasıdır. Kullanılan uydu görüntüleri ile geliştirilen ara yüzün sınıf sayısından ve mekânsal çözünürlükten bağımsız olduğunu doğrulamak için üç farklı mekânsal çözünürlüğe ve spektral yansıma kümesine sahip uydu görüntüleri kullanılmıştır. Çalışma alanlarının seçiminde farklı arazi kullanım/arazi örtüsü (AK/AÖ) bölgelerinin seçilmesine dikkat edilmiştir. Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri Landsat TM, Sentinel-2A ve Spot-6 görüntülerdir. Uzaktan algılama ticari yazılımı ile uydu görüntülerinin ön işlemesinden sonra kontrolsüz sınıflandırma yöntemi ile bölgedeki değişimi yansıtacak arazi kullanım/arazi örtüsü sınıfları oluşturulmuştur. Elde edilen sınıflandırılmış görüntüler kullanılarak sırası ile her bir uydu için 1984-1990, 2015-2018 ve 2014-2017 yıllarına ait değişim haritaları ve matrisleri oluşturulmuştur. Böylece sınıflandırma sonrası karşılaştırma tekniği kullanılarak arazi kullanımı/arazi örtüsündeki değişimler dönemler hâlinde izlenmiştir. Geliştirilen ara yüzde ise sınıflandırma sonrası üretilen görüntüler girdi olarak kullanılmış ve her bir sınıf için ilgili sınıftan diğer sınıflara dönüşen alanların değişim haritaları ayrı ayrı oluşturulmuştur. Ara yüz ile elde edilen değişim matrisleri ticari yazılım sonucunda elde edilen değişim matrisleri ile doğrulanmıştır. Çalışmada önerilen ara yüzün Matlab tabanlı olmasından dolayı sadece sınıflandırma sonuçları için değil herhangi bir veriden üretilmiş tematik haritalar ve/veya dijital görüntüler için de kullanılabileceği değerlendirilmektedir.

Anahtar Sözcükler: değişim analizi, matlab, sınıflandırma, uzaktan algılama

ABSTRACT

A MATLAB-BASED INTERFACED DESIGN FOR SATELLITE IMAGES' PERIODICAL CHANGE DETECTION

The aim of the work is to identify change detection maps with the developed Matlab interface for satellite images, orthophotos, thematic maps and digital images which is belong to the same spatial domain but different acquiring times. Moreover, the proposed Matlab algorithm produces maps indicating change directions for each class. Obtained results are compared to outcomes from a commercial software used in the remote sensing field for the validation. Three different type satellite images having various spatial resolutions and spectral reflections were used to verify the developed interface. Areas which cover different land use / land cover (LU/ LC) types were selected deliberately. The satellite images which were used in this study were Landsat TM, Sentinel-2A and Spot-6. After pre-processing of satellite images is applied with remote sensing commercial software, classification categories which reflected land use and land cover types were created. By using the obtained classified images, change maps and matrices of 1984-1990, 2015-2018 and 2014-2017 respectively for each satellite were produced. Thus, using comparison technique after classification implemented, the changes occurred in land use / land cover were monitored periodically. In the developed interface, post-classification images were used as inputs, then the change maps which show class transformation for each class were created separately. The change matrices obtained by the interface were compared to the change matrices produced from the commercial software. The proposed Matlab-based interface in the study can be used not only for classification validation, but also for any generated thematic maps and / or digital images.

Keywords: change detection, classification, matlab, remote sensing

1. GİRİŞ

Ülkemizde arazi kullanımı çok hızlı bir şekilde değişmektedir. Özellikle orman ve meraların tahribi bunun çok açık bir örneğidir. Ayrıca verimli tarım alanlarının amaç dışı, kontrolsüz ve plansız bir şekilde kullanımları, arazilerin geri dönüşümsüz bir şekilde yok olmalarına neden olmaktadır. Bu şekilde Türkiye'de kaybedilen arazi varlığı 573.239 hektara ulaşmış durumdadır (Cangir ve ark., 1998, Dengiz ve ark., 2006). Arazi kullanımı/arazi örtüsündeki zamansal değişimler, ekonomik, sosyal, politik ve ekolojik şartların bir fonksiyonudur ve bu değişimin yönü ve miktarı hakkında somut veriler gelecekteki nüfus artışını ve buna bağlı olarak kentsel yayılmanın yönünü ve gereksinimleri belirlemek açısından önemlidir (Öztürk ve ark., 2010). Bu nedenle arazi kullanımında/arazi örtüsünde meydana gelecek zamansal değişimler izlenmeli ve gerekli önleme/iyileştirme çalışmaları yapılmalıdır. İzleme sonucu elde edilen arazi kullanımı/arazi örtüsü özelliklerinin nitelik ve niceliğindeki değişimlere ait veriler, sürdürülebilir alan kullanım hedeflerine ulaşılmasında değerlendirilen önemli araçlardan birisidir (Doygun ve Berberoğlu, 2001). Uydu görüntüleri kullanılarak yapılan değişim izleme çalışmalarıyla; klasik yöntemlere göre daha başarılı bir şekilde istenilen sonuçları kısa sürede elde etmek mümkündür (Tunay ve Ateşoğlu, 2004). Değişim analizlerinde kullanılan yaklaşımlardan ilki, aynı bölgeye ait farklı zamanlarda algılanmış görüntülerin, görsel yorumlama amacıyla basitçe birleştirilmesi ve birleştirilmiş görüntülerde oluşan renk farklılıkları ile zamansal değişimin yorumlanmasıdır (Musaoğlu, 1999, Lillesand ve ark., 2004, Güney ve ark., 2015, Sarı ve ark., 2016). Diğer yandan literatürde "Seasonal Change Detection" ve "Multitemporal Change Detection" olarak adlandırılan iki tür değişim belirleme yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemler yardımıyla aynı yıla ait farklı mevsimlerde algılanan görüntüler ile mevsimsel değişimin belirlenmesi (Seasonal Change Detection) ve farklı yıllarda algılanan görüntüler ile zamansal değişimin belirlenmesi (Multitemporal Change Detection) işlemleri gerçekleştirilmektedir (Ekercin, 2008). Bu çalışma kapsamında farklı tarihli uydu görüntüleri kullanılarak arazi kullanımı/arazi örtüsü zamansal değişiminin üretilen Matlab ara yüzü ile belirlenip diğer ticari yazılımların değişim analizleri ile doğruluğunun karşılaştırılması amaçlanmıştır. Ara yüzün; sınıf sayısı, mekânsal çözünürlük ve değişim miktarından bağımsız olduğunun ortaya konulabilmesi için yüksek ve orta çözünürlükte uydulardan elde edilmiş, farklı değişim senaryoları gösteren alanlara ait görüntüler kullanılmıştır.

2. UYGULAMA

Çalışma alanlarının; arazi kullanımı/arazi örtüsü durumunun tespitinde Landsat TM, Sentinel-2A ve Spot-6 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Kullanılan görüntülere ilişkin bilgiler Çizelge 1'de verilmektedir. Çalışma alanlarının seçiminde farklı değişim senaryoları gösteren bölgeler ve buna bağlı olarak kullanılacak görüntülerin zamanlarının seçiminde her bir bölge için açıklanan değişimleri gösterecek uygun tarihler seçilmiştir. Landsat TM uydu görüntülerinin kullanıldığı bölgede; yapılan barajın etkisiyle büyük oranda baraj rezerv alanı oluşumu ve buna bağlı kırsal alandan kentsel alana zorunlu göç olduğu gözlemlenmiştir. Bu sebepler doğrultusunda tarımsal alan, yerleşim alanı ve sulak alan değişiminin oluştuğu gözlenmiş ve kullanılan uydunun mekânsal çözünürlüğü de dikkate alınarak görüntü sınıflandırılmasında üç farklı sınıf (su, yeşil alan ve diğer) kullanılmıştır. Sentinel-2A uydu görüntülerinin kullanıldığı bölgede hızlı bir kentleşme ve mevsime bağlı tarım alanı değişimi olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenlerden dolayı görüntü sınıflandırılmasında beş farklı sınıf (su, yeşil alan, yol, yerleşim ve boş arazi) kullanılmıştır. Spot-6 uydusuna ait 2014 yılı için kullanılan görüntüde üç farklı sınıf (orman, tarım alanı, boş arazi), 2016 yılına ait görüntü için bölgede meydana gelen yapılaşmadan dolayı dört farklı sınıf (orman, tarım alanı, boş arazi, beton) kullanılmıştır. Bölgede mevsime bağlı tarımsal alan değişimi, yapılaşma sonucu tarım alanlarında meydana gelen değişim ve orman sınıfından yerleşim sınıfına geçiş gözlemlenmiştir.

Çizelge 1. Kullanılan uydu görüntüleri ve özellikleri.

Uydu	Tarih	Kullanılan Bantlar ve Dalga Boyları (μm)	Mekansal Çözünürlük (m)
Landsat 4-5 TM	11.06.1984 28.06.1990	Bant 1 (Mavi) : 0.45 - 0.52 μm Bant 2 (Yeşil) : 0.52 - 0.60 μm Bant 3 (Kırmızı) : 0.63 - 0.69 μm Bant 4 (Yakın Kızılötesi) : 0.76 - 0.90	30
Sentinel-2A	04.09.2015 28.04.2018	Bant 2 (Mavi) : 0.490 μm Bant 3 (Yeşil) : 0.560 μm Bant 4 (Kırmızı) : 0.665 μm Bant 8 (Yakın Kızılötesi) : 0.842 μm	10
SPOT-6	23.05.2014 10.10.2017	Bant 1 (Mavi) : 0.455 - 0.525 μm Bant 2 (Yeşil) : 0.530 - 0.590 μm Bant 3 (Kırmızı) : 0.625 - 0.695 μm Bant 4 (Yakın Kızılötesi) : 0.760 - 0.890 μm	6

2.1 Görüntü Ön İşleme

Görüntülerdeki sistematik veya sistematik olmayan hataların giderilmesi ve diğer işlemler için gereken süreç, ön işleme olarak adlandırılır. Ön işleme adımları genel olarak, geometrik, radyometrik ve atmosferik düzeltme işlemlerinden oluşur (Campbell ve Wynne, 2011). Geometrik düzeltme işlemi, görüntülerdeki sistematik olmayan hatalar nedeniyle oluşan geometrik distorsiyonların giderilmesi ve görüntülerin bir koordinat ve projeksiyon sisteminde tanımlanabilmesi amacıyla yapılmaktadır (Saroğlu vd. 2005). Bu çalışmada görüntüler için UTM koordinat sistemi ve WGS 84 datumu seçilerek farklı tarihlerde elde edilmiş uydu görüntülerinin aynı koordinat ve izdüşüm sistemine getirilmesi için geometrik düzeltme işlemi yapılmıştır. Görüntülerdeki sistematik hataları ortadan kaldırmak ve atmosferik etkilerden dolayı oluşan etkileri azaltmak için radyometrik ve atmosferik düzeltme işlemleri uygulanmıştır.

2.2 Uydu Görüntülerinin Sınıflandırılması ve Doğruluk Analizi

Sınıflandırma işlemi, görüntüdeki pikselleri, yeryüzü nesnelerinin spektral yansıtım değerlerine, şekillerine, konumlarına ve diğer farklı nesne özelliklerine göre yeryüzü sınıflarına atanmalarının gerçekleştirilmesini sağlamaktadır (Ateş vd. 2009). Çalışmada önişleme adımlarından geçirilen uydu görüntüleri, Tekrarlı Veri Analizi (ISODATA) algoritması ile önce 150 spektral küme belirlenerek sınıflandırılmıştır. Görsel inceleme sonucunda, benzer kümeler birleştirilmiş ve çalışmanın amacına uygun spektral sınıfları gösteren tematik haritalar oluşturulmuştur. Sınıflandırma işleminin doğruluğunun belirlenmesi için, sınıflandırılmış görüntü ile referans görüntüden birbirine karşılık gelen alanlardan elde edilen pikseller karşılaştırılmış ve genel literatür doğrultusunda tahmin doğruluğunun % 80 ve üzerinde olması durumunda sınıflandırmanın doğru ve güvenilir olduğu kabul edilmiştir (Jensen, 1996). Çizelge 2'de uydu görüntülerinin kappa değerleri verilmektedir.

Çizelge 2. Kullanılan uydu görüntülerinin genel sınıflandırma doğruluğu.

Landsat TM 11.06.1984	Landsat TM 28.06.1990	Sentinel-2A 04.09.2015	Sentinel-2A 28.04.2018	Spot-6 23.05.2014	Spot-6 10.10.2017
0.8013	0.8283	0.9453	0.8169	0.8986	0.9389

2.3 Değişim Tespiti

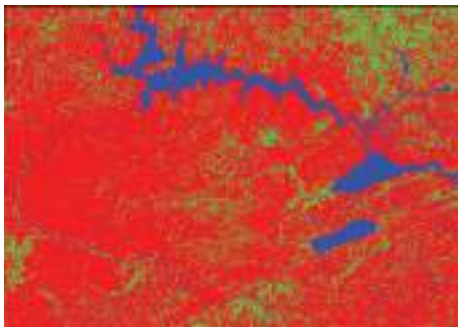
Çalışmada arazi kullanımı ve arazi örtüsündeki değişimin belirlenebilmesi için 1984-1990 Landsat TM, 2015-2018 Sentinel-2A, 2014-2017 Spot-6 sınıflandırması sonucu elde edilen görüntü çiftlerinin değişim haritaları ve matrisleri oluşturulmuştur. Görüntülere ilişkin örnekler sırasıyla Şekil 1., Şekil 2. ve Şekil 3.'te verilmektedir. Böylece 1984-1990, 2015-218 ve 2014-2017 yılları arasındaki arazi kullanımı değişimini ortaya koyan üç adet değişim görüntüsü elde edilmiştir. Elde edilen yeni görüntüler bir ana bilgi sınıfından, diğer bir ana bilgi sınıfına geçişlerin mekânsal olarak incelenebildiği ve bu değişimlerin alansal değerlerinin de sorgulanabildiği tematik görüntülerdir. Görüntüler sıklıkla kullan görüntü analiz programında elde edildikten sonra karşılaştırma yapabilmek için geliştirilen arayüzde de değişim haritaları oluşturulmuştur. Geliştirilen ara yüz; sınıflandırma sonuçlarını girdi bilgisi olarak (görüntü formatından bağımsız) değerlendirmektedir. Dijital görüntüler piksel tabanlı olduğu için öncelikle her bir sınıfta bulunan piksel sayısını hesaplamaktadır. Daha sonra her bir görüntü çifti için her bir sınıftan diğer sınıflara zamana bağlı olarak oluşan değişimler hesaplamakta ve ayrı ayrı sonuç görüntüleri oluşturmaktadır. Görüntülerine ilişkin örnekler sırasıyla Şekil 1. g ve h, Şekil 2. g ve h ve Şekil 3. g ve h' de verilmektedir. Bu aşamada eğer kullanıcı tarafından mekânsal çözünürlüğe ilişkin tanımlama yapılmış ise alansal büyüklükleri de hesaplamaktadır. Ayrıca kullanıcı tarafından istenmesi durumunda tüm bilgileri rapor olarak sunabilmektedir.



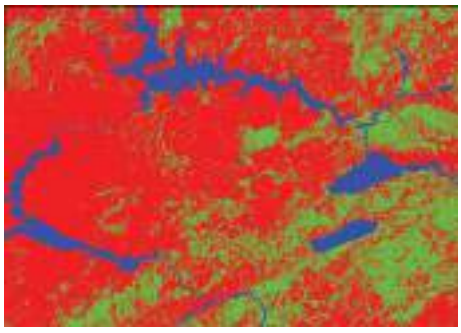
(a) 1984 görüntüsü



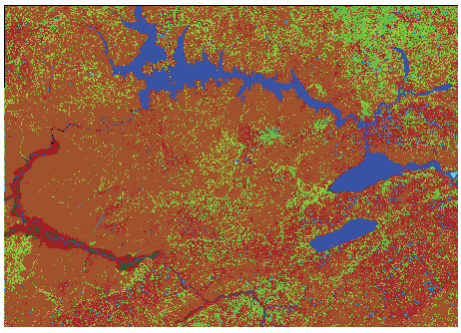
(b) 1990 görüntüsü



(c) Sınıflandırılmış 1984 görüntüsü



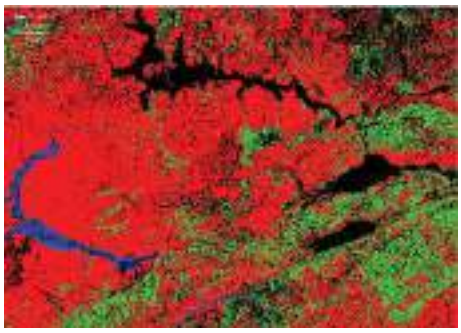
(d) Sınıflandırılmış 1990 görüntüsü



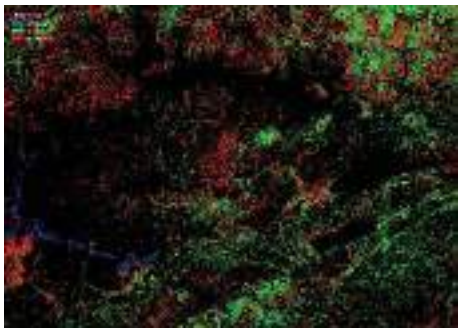
(e) 1984-1990 Değişim haritası

Row	Class_Names	Color	Area	Percent
0			1272.42	0.11%
1	SU>SU		71223.8	6.24%
2	SU>YEŞİL_ALAN		13476.4	1.18%
3	SU>DİĞER		620.91	0.05%
4	YEŞİL_ALAN>SU		4663.08	0.41%
5	YEŞİL_ALAN>YEŞİL_ALAN		104913	9.20%
6	YEŞİL_ALAN>DİĞER		99833.2	8.75%
7	DİĞER>SU		21324.3	1.87%
8	DİĞER>YEŞİL_ALAN		191509	16.79%
9	DİĞER>DİĞER		631694	55.39%

(f) Sınıflarda meydana gelen değişimler



(g) Yeşil alan sınıfından diğer sınıflara dönüşümleri gösteren ara yüz ile elde edilmiş değişim haritası



(h) Diğer sınıfından diğer sınıflara dönüşümleri gösteren ara yüz ile elde edilmiş değişim haritası

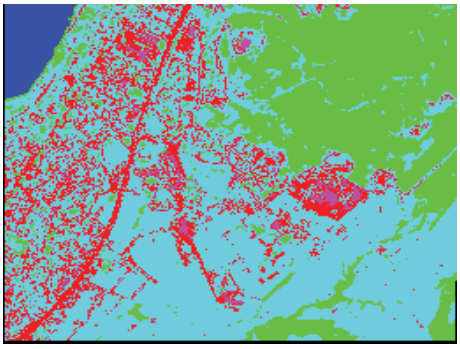
Şekil 1. Landsat TM uydu görüntüsü örnekleri.



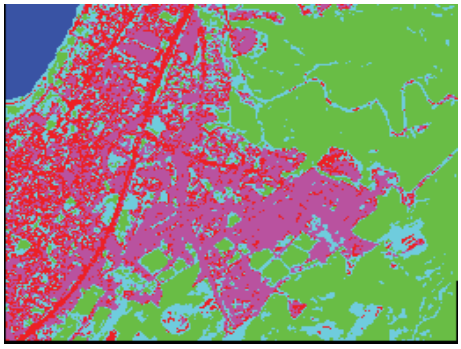
(a) 2015 görüntüsü



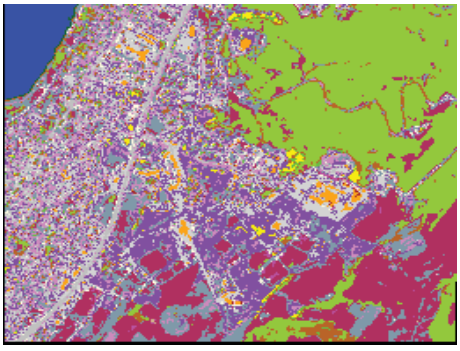
(b) 2018 görüntüsü



(c) Sınıflandırılmış 2015 görüntüsü



(d) Sınıflandırılmış 2018 görüntüsü



(e) 2015-2018 Değişim haritası

Row	Class_Names	Color	Area	Percent
0	Unclassifieds		7.61	1.40%
1	SU>SU		15.86	2.93%
2	SU>YEŞİL_ALAN		0	0.00%
3	SU>YOL		0	0.00%
4	SU>YERLEŞİM		0	0.00%
5	SU>BOŞ_ARAZİ		0	0.00%
6	YEŞİL_ALAN>SU		0.63	0.12%
7	YEŞİL_ALAN>YEŞİL_ALAN		121.53	22.43%
8	YEŞİL_ALAN>YOL		5.18	0.96%
9	YEŞİL_ALAN>YERLEŞİM		4.44	0.82%
10	YEŞİL_ALAN>BOŞ_ARAZİ		18.07	3.34%
11	YOL>SU		0	0.00%
12	YOL>YEŞİL_ALAN		2.18	0.40%
13	YOL>YOL		25.97	4.79%
14	YOL>YERLEŞİM		41.61	7.68%
15	YOL>BOŞ_ARAZİ		7.97	1.47%
16	YERLEŞİM>SU		0	0.00%
17	YERLEŞİM>YEŞİL_ALAN		0.38	0.07%
18	YERLEŞİM_YOL		1.68	0.31%
19	YERLEŞİM>YERLEŞİM		9.04	1.67%
20	YERLEŞİM>BOŞ_ARAZİ		1.22	0.23%
21	BOŞ_ARAZİ>SU		0	0.00%
22	BOŞ_ARAZİ>YEŞİL_ALAN		84.47	15.59%
23	BOŞ_ARAZİ>YOL		46.57	8.60%
24	BOŞ_ARAZİ>YERLEŞİM		79.87	14.74%
25	BOŞ_ARAZİ>BOŞ_ARAZİ		67.52	12.46%

(f) Sınıflarda meydana gelen değişimler



(g) Yol sınıfından diğer sınıflara dönüşümleri gösteren ara yüz ile elde edilmiş değişim haritası



(h) Boş arazi sınıfından diğer sınıflara dönüşümleri gösteren ara yüz ile elde edilmiş değişim haritası

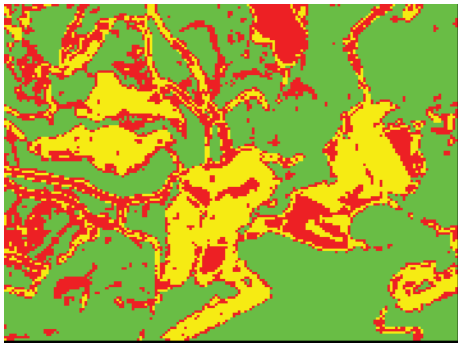
Şekil 2. Sentinel-2A uydu görüntüsü örnekleri.



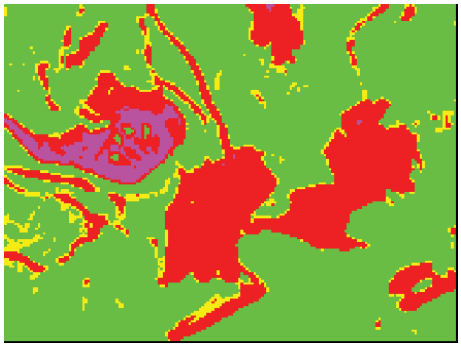
(a) 2014 görüntüsü



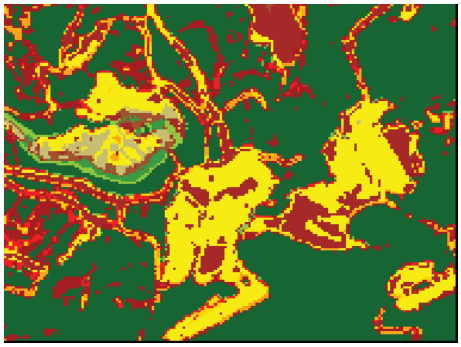
(b) 2017 görüntüsü



(c) Sınıflandırılmış 2014 görüntüsü



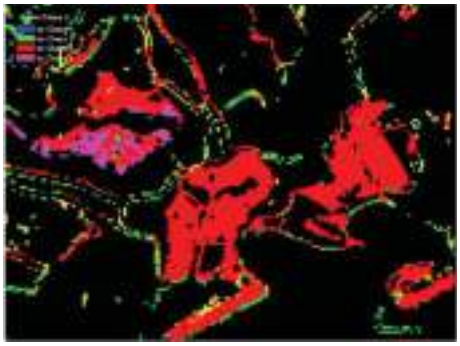
(d) Sınıflandırılmış 2017 görüntüsü



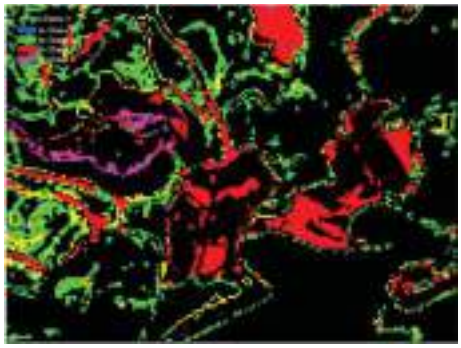
(e) 2014-2017 Değişim haritası

Row	Class_Names	Color	Area	Percent
0	unclassified>unclassified		1.1412	1.27%
1	ORMAN>ORMAN		47.5416	52.77%
2	ORMAN>TARIM_ALANI		0.4788	0.53%
3	ORMAN>BOŞ_ARAZİ		0.6552	0.73%
4	ORMAN>BETON		0.5724	0.64%
5	TARIM_ALANI>ORMAN		2.3004	2.55%
6	TARIM_ALANI>TARIM_ALANI		1.6344	1.81%
7	TARIM_ALANI>BOŞ_ARAZİ		13.7088	15.22%
8	TARIM_ALANI>BETON		1.2204	1.35%
9	BOŞ_ARAZİ>ORMAN		9.3708	10.40%
10	BOŞ_ARAZİ>TARIM_ALANI		2.8224	3.13%
11	BOŞ_ARAZİ>BOŞ_ARAZİ		7.8336	8.70%
12	BOŞ_ARAZİ>BETON		0.81	0.90%

(f) Sınıflarda meydana gelen değişimler



(g) Tarım alanı sınıfından diğer sınıflara dönüşümleri gösteren ara yüz ile elde edilmiş değişim haritası



(h) Boş arazi sınıfından diğer sınıflara dönüşümleri gösteren ara yüz ile elde edilmiş değişim haritası

Şekil 3. Spot-6 uydu görüntüsü örnekleri.

3. SONUÇLAR

Geliştirilen ara yüzün doğruluğunun ortaya konulabilmesi amacıyla sonuçlar; ticari yazılım sonuçları ile karşılaştırılmış ve tutarlılık gösterdiği gözlemlenmiştir. Landsat TM görüntüleri için oluşturulan değişim matrisi Çizelge 3, Sentinel-2A görüntüleri için oluşturulan değişim matrisi Çizelge 4 ve Spot-6 görüntüleri için oluşturulan değişim matrisi Çizelge 5.'te verilmektedir. Önerilen ara yüz, görüntünün formatından, kaynağından ve sınıf sayısından bağımsız olarak çalışabilmektedir. Ayrıca uydu görüntülerin sınıflandırılması ile elde edilen görüntüler dışında farklı yöntemlerle üretilmiş tematik haritalar veya ortofotolar için de analiz yapabilmektedir. Bu da farklı üreticiler tarafından üretilmiş dijital görüntülerin analizinde de kullanabilmesini sağlayacaktır. Her bir sınıf için ayrı ayrı üretilen değişim görüntüleri sınıflar arası değişimin türünü, yönünü ve miktarını yorumlamaya olanak sağlamaktadır. Çalışmanın bundan sonraki aşamalarında; üretilen ara yüzün, derleyiciler kullanılarak Matlab yazılımında bağımsız hâle getirilmesi böylece olası kullanıcılar için ticari bağlantıyı ortadan kaldırmak hedeflenmektedir. Ayrıca algoritmaya vektörizasyon özelliğinin eklenmesi ve böylece değişimin vektörel analizlerinin yapılabilmesi hedeflenmektedir.

Çizelge 3. Landsat TM değişim matrisi.

		1990 Sınıfları				
		0	Su	Yeşil Alan	Diğer	**Toplam**
1984 Sınıfları	0	12158	1948	27	5	**14138**
	Su	0	791375	6899	149738	**948012**
	Yeşil Alan	0	236937	7018818	2127873	**9383628**
	Yol	0	51812	1109258	1165698	**2326768**
	Toplam	**12158**	**1082072**	**8135002**	**3443314**	**12672546**

Çizelge 4. Sentinel-2A değişim matrisi.

		2018 Sınıfları						
		0	Su	Yeşil Alan	Yol	Yerleşim	Boş Arazi	**Toplam**
2015 Sınıfları	0	761	0	0	0	0	0	**761**
	Su	0	1586	0	0	0	0	**1586**
	Yeşil Alan	0	63	12153	518	444	1807	**14985**
	Yol	0	0	218	2597	4161	797	**7773**
	Yerleşim	0	0	38	168	904	122	**1232**
	Boş Arazi	0	0	8447	4657	7987	6752	**27843**
	Toplam	**761**	**1649**	**20856**	**7940**	**13496**	**9478**	**54180**

Çizelge 5. Spot-6 değişim matrisi.

		2017 Sınıfları					
		0	Orman	Tarım Alanı	Boş Arazi	Beton	**Toplam**
2014 Sınıfları	0	317	0	0	0	0	**317**
	Orman	0	13206	133	182	159	**13680**
	Tarım Alanı	0	639	454	3808	339	**5240**
	Boş Arazi	0	2603	784	2176	225	**5788**
	Beton	0	0	0	0	0	**0**
	Toplam	**317**	**16448**	**1371**	**6166**	**723**	**25025**

TEŞEKKÜR

İstanbul Teknik Üniversitesi – Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama UYG-Ar Merkezi (UHUZAM)'ne SPOT-6 uydu görüntülerini araştırma amacıyla sağladığı için teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

Ateş S. ve Demir E., 2009, Uzaktan Algılamada Çözünürlüğe Bağlı Veri Kazanımı Potansiyeli, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı,* 11-15 Mayıs 2009, Ankara.

Campbell, J. B., ve Wynne, R. H., 2011, Introduction to Remote Sensing, 5. Baskı, *The Guilford Press*, New York.

Cangir, C., Kapur, S., Boyraz, D., Akça, E., 1998. Türkiye'de Arazi Kullanımı, Tarım Topraklarının Sorunları ve Optimum Arazi Kullanım Politikaları, *M. Sefik Yesilsoy International Symposium on Arid Region Soil,* Menemen İzmir,Turkey.

Dengiz, O., Usul, M. ve Keçeci, M., 2006, Atatürk Orman Çiftliği Arazilerinin Tarımsal Kullanım Durumlarının Değerlendirilmesi, *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 21(1): 55-64.

Doygun, H. ve Berberoglu, S., 2001, Kıyı Alanlarında Sürdürülebilir Yönetim Modeli Önerisi, *Türkiye Kıyıları'01-Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları III. Ulusal Konferansı Bildirileri Kitabı, s. 11-20, Yıldız Teknik Üniversitesi,* İstanbul.

Ekercin, S. 2008, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Entegrasyonu İle Tuz Gölü ve Yakın Çevresinin Zamana Bağlı Değişim Analizi, 29-40. *Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü,* İstanbul.

Güney, Y., Polat, S., 2015, Uzaktan Algilama Verileri ile Kıyı Çizgisi Değişiminin Belirlenmesi: Aliağa ve Çandarli Örneği, *Journal of Aeronautics & Space Technologies/Havacilik ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, *8*(1).

Jensen, R. J., 1996, Introductory Digital Image Processing A Remote Sensing Perspective, *Prentice Hall,* New Jersey, 318 s.

Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., Chipman, J. W., 2004, Remote Sensing and Image Interpretation, *John Wiley & Sons Pres.* New York.

Musaoğlu, N., 1999, Elektro-Optik ve Aktif Mikrodalga Algılayıcılarından Elde Edilen Uydu Verilerinden Orman Alanlarında Meşcere Tiplerinin ve Yetişme Ortamı Birimlerinin Belirlenme Olanakları, *Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü,* İstanbul.

Öztürk, D., Şişman, A., Maraş, E. E., Şişman, Y., 2010, Samsun-Atakum'da arazi kullanımı/arazi örtüsündeki değişimlerin uzaktan algılama ve CBS ile belirlenmesi, *VI. Ulusal Coğrafya Sempozyumu, Cilt 1, 21-29, 3-5 Kasım,* Ankara.

Sarı, H., Özşahin, E., 2016, CORINE Sistemine Göre Tekirdağ İlinin AKAÖ (Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü) Özelliklerinin Analizi, *Alınteri Zirai Bilimler Dergisi*, 30(1): 13-26.

Saroğlu E., Kaya Ş., Örmeci C., 2005, Farklı Çözünürlükteki Uydu Görüntülerinin Geometrik Dönüşümü, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, *11-15 Nisan 2005,* Ankara.

Tunay, M. ve Ateşoğlu, A., 2004, Uzaktan Algılama Tekniği ve CBS Kullanılarak Bartın Çevresindeki Doğal Olmayan Değişikliklerin Belirlenmesi, *3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri Bildiriler Kitabı, s.435-444,* Fatih Üniversitesi.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6990

YANMIŞ ORMAN ALANLARININ DESTEK VEKTÖR MAKİNALARI VE ROTASYON ORMAN İLERİ SINIFLANDIRMA YÖNTEMLERİ KULLANARAK NESNE-TABANLI TESPİTİ: WORLDVIEW-2 UYDU GÖRÜNTÜSÜ ÖRNEĞİ

Murat KURUCA[1], Dilek KÜÇÜK MATCI[2], Uğur AVDAN[3]

[1]Yüksek Lisans Öğrencisi, Anadolu Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı, 26555, Tepebaşı, Eskişehir, mkuruca@anadolu.edu.tr
[2]Öğr.Gör., Anadolu Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı, 26555, Tepebaşı, Eskişehir, dkmatci@anadolu.edu.tr
[3]Doç. Dr., Anadolu Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı, 26555, Tepebaşı, Eskişehir, uavdan@anadolu.edu.tr

ÖZET

İnsanoğlunun gerek dikkatsizliği gerekse kasti olarak orman alanlarını tahrip etmesi endişe verici boyuttadır. Türkiye Ormancılar Derneği (TOD) verileri göstermektedir ki toplam 9156 hektar orman alanı 2016 yılı içerisinde yanmıştır. Bu yangınların %23,5'i, Türkiye'nin birinci derece yangın bölgesi olan Antalya'da meydana gelmiştir [http-1]. Bu çalışmada, Adrasan ve Kumluca (Antalya) bölgelerinde 2016 yılı Haziran ayında meydana gelen yangından etkilenen alanların Worldview-2 uydusuna ait Temmuz 2016 tarihli ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü temin edilmiştir. Uzaktan algılanmış görüntünün bantları önce Erdas 2014 programı ile birleştirilmiş ve füzyon uygulanmıştır. Ardından eCognition yazılımıyla ölçek:120, şekil:0.4, yoğunluk:0.6 parametreleri ve Normalize Edilmiş Farksal Bitki Örtüsü İndisi (NDVI), Küresel Çevre İzleme İndisi (GEMI), Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndisi (SAVI), Bitki Örtüsü İndisi (VI), Bitki Örtüsü Oran İndisi (RVI), ve Ashburn Bitki İndisi (AVI) indisleri kullanılarak segmentasyon işlemi yapılmıştır. Segmentasyon sonrası elde edilen şekil dosyaları ArcMap programı yardımıyla kesilerek eğitim ve test verisi oluşturulmuştur. Elde edilen bu dosyalar Destek Vektör Makinaları (DVM) ve Rotasyon Orman (ROR) ileri sınıflandırma teknikleri ile Weka programında sınıflandırmaları yapılmıştır. Son olarak da sınıflandırma sonuçlarının doğruluk analizi yapılmıştır. Yapılan analiz sonuçlarına göre ROR için Kappa 0.86 ve Toplam doğruluk 0.93, DVM için ise Kappa 0.9 ve Toplam doğruluk 0.95 bulunmuştur. Sonuçlar karşılaştırıldığında DVM'in ROR'a göre daha başarılı bir yöntem olduğu görülmektedir.

Anahtar Sözcükler: *destek vektör makineleri, nesne-tabanlı sınıflandırma, rotasyon orman, Worldview-2, yanmış orman alanları*

ABSTRACT

Carelessness of mankind and that they intentionally destroy forest areas is at an alarming rate. Foresters' Association of Turkey (TOD) data show that a total of 9156 hectares of forest was burned in 2016. 23,5% of the blazes occurred in Antalya region [http-1]. In this study, high resolution satellite images, belonging to the Worldview-2 satellite, of the areas affected from the blazes happened in Adrasan and Kumluca (Antalya) in June 2016 are obtained. The remotely sensed image bands are first merged with the Erdas 2014 program and fusion is applied. Then, by the help of eCognition program, segmentation process is applied by using Normalized Difference Vegetative Index (NDVI), Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI), Global Environmental Monitoring Index (GEMI), Vegetation Index (VI), Ratio Vegetation Index (RVI), and Ashburn Vegetation Index (AVI) indexes with parameters of Scale:120, Shape:0,4, Compactness:0,6. The shape files obtained after the segmentation are cropped by the help of ArcMap program and training and test data are formed. These files are classified according to Support Vector Machines (SVM) and Rotation Forest (ROF) advanced classification techniques by the help of Weka program. Finally, accuracy analysis of the obtained results of the classifications has performed. According to results of the accuracy analysis, Kappa is 0,86 and total accuracy is 0,93 for ROF, Kappa is 0,9 and total accuracy is 0,95 for SVM. When the results are compared, it has seen that SVM seems to be a more successful method than ROF.

Keywords: *burned forest areas, object-based classification, rotation forest, support vector machines, Worldview-2*

1.GİRİŞ

Uydu teknolojilerinde yaşanan olumlu gelişmeler sayesinde yüksek konumsal çözünürlüğe sahip uzaktan algılanmış görüntülerde çözünürlük ve dolayısıyla ayrıntı artmıştır. Bundan dolayı geleneksel piksel tabanlı sınıflandırma yerine nesne tabanlı sınıflandırmanın kullanımı önem kazanmıştır (Çölkesen vd., 2015). Uzaktan algılanmış uydu görüntüsündeki piksellerin daha önceden bilinen arazi örtüsüyle eşleştirilmesi görüntü sınıflandırma olarak adlandırılır. Yapılan sınıflandırmada kullanılan algoritmalara görüntü sınıflandırıcıları adı verilir (Mather, 1987). Uzaktan algılanmış görüntülerden görüntü sınıflandırıcıları kullanılarak arazi örtüsü/kullanımı bilgilerinin elde edilmesi uzaktan algılamaya olan ilgiyi arttırmıştır. Bu ilgi sonucu daha yüksek doğruluklu sınıflandırıcı bulmak için yapılan çalışmalar devam etmekte olup Destek Vektör Makinaları (DVM) ve Rotasyon Orman (ROR) gibi sınıflandırıcılar günümüzde uzaktan algılama ile uğraşanların dikkatini çekmiştir (Guo vd., 2018; Huang vd., 2002; Liu ve Huang, 2008; Rodriguez vd., 2006).

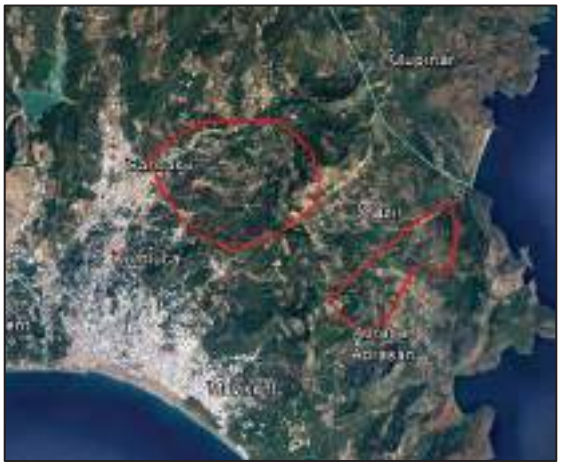
Destek Vektör Makinalarının temelleri kuramsal olarak istatistiksel öğrenmeye dayanmaktadır (Corinna ve Vladimir). Ses tanıma, yüz tanıma, imza tanıma, karakter tanıma ve el yazısı tanıma gibi birçok değişik uygulama alanında DVM kullanılmıştır (Corinna ve Vladimir; Joachims, 1998). DVM son yıllarda uzaktan algılanmış görüntülerin sınıflandırılmasında da sık bir biçimde kullanılmaktadır (Gürcan vd., 2016; Huang vd., 2002; Jimenez-Munoz vd.,

2009; Myint vd., 2011). DVM'ler de Parametrik Olmayan Sınıflandırıcılar ve Yapay Sinir Ağları gibi herkesçe bilinen bir hâle gelmiştir (Foody ve Mathur, 2004a, b). DVM, Doğrusal olarak ayrılabilen verileri sınıflandırmak için doğrusal sınıflandırıcılar kullanarak gruplandırma işlemini gerçekleştirir. Bu işlemi farklı sınıflandırıcılarla yapmakta mümkündür. Destek Vektör Makinalarının aslında kullanıldığı alan uzaktan algılanmış görüntüler gibi birbirinden doğrusal olarak ayrılamayan karmaşık verilerdir. Bu işlemi yaparken DVM, giriş uzayındaki eğitim verilerini kernel (çekirdek) fonksiyonu kullanarak daha yüksek boyutta bir özellik uzayına doğrusal olmayan şekilde yansıtır. DVM'de veri noktalarıyla karar sınırı arasındaki mesafenin maksimum olması istenir. Bunun sebebi deneysel olarak yapılması muhtemel olan yanlış sınıflandırmaları minimum seviyeye indirmektir (Mashao, 2003). Uygulamada, bu ölçüt hem sınıflandırıcının karmaşıklığını hem de aykırı noktaların yanlış sınıflandırılmasının seviyesini içeren bir maliyet etmeninin minimize edilmesiyle yumuşatılır. Bu, "C" olarak bilinen hata parametresi tarafından, etmenler arasındaki çapraz doğrulama prosedürleriyle ayarlanan bir değer ile yönetilir (Mashao, 2003). Girdi uzayındaki verileri, özellik alanına yansıtmak için kullanılan fonksiyonlar çekirdek (kernel makinaları) olarak isimlendirilir. Bunlardan en yaygın kullanılanlar Polinominal ve Gaussian RBF (daha bilindik şekilde radyal temel fonksiyonu) fonksiyonlarıdır. Her fonksiyon için sınıflandırma işlemine başlamadan önce belirlenmesi gereken bir parametre vardır. Bu parametreler çapraz doğrulama işlemi ile belirlenir. DVM'ler yapıları gereği ikili sınıflandırıcılar olarak bilinir fakat son zamanlarda uzaktan algılamada yapılan çalışmalar göstermiştir ki çok sınıflı sınıflandırıcılarda da başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Guo vd., 2018; Liu vd., 2017). Birebir ve bire hepsi en yaygın tercih edilen tekniklerdir (Anthony vd., 2007).

Tek sınıflandırıcı ile mukayese edildiğinde çoklu sınıflandırıcılar daha üstün doğruluk gösterirler. AdaBoost'un sınıflandırıcı topluluk modelleri arasında en iyi hazır sınıflandırıcı olduğunu yapılan çalışma göstermiştir (Breiman, 1998). Topluluk sınıflandırıcılarının birbirinden bağımsız olarak rastgeleleştirme keşiflerini kullanarak sınıflandırmanın yapıldığı Torbalama, AdaBoost'a yakın bir rakiptir (Breiman, 1996, 2001). AdaBoost'a göre torbalamanın daha yüksek doğruluk verdiği bulunmuştur fakat her iki yönteminde yeterli doğruluğu olmadığı düşünülmektedir (Bauer ve Kohavi, 1999). Rastgele Orman; rastgele karar ormanları, regresyon ve sınıflandırma için çok sayıda karar ağacının inşa edilmesi veya ortalama tahminin üretilmesiyle çalışan bir topluluk öğrenme yöntemidir (Barandiaran, 1998; Ho, 1995). Her düğümde rastgele özellik seçerek ek çeşitlilik ortaya çıkarmaktadır. Ağaç oluşumunda ise her düğümdeki optimum özellik ilgili algoritmanın bir değişkeni olan rastgele seçilmiş özellikleri arasından seçilir. Rotasyon Ormanın çalışma mantığı Rastgele Ormana benzer (Rodriguez vd., 2006). Rotasyon Ormanında yer alan her ağaç döndürülmüş nitelik bölgesinde tüm data setleri üstünde eğitilir. Ağaç öğrenme algoritmalarının eksenlerindeki minik dönme hareketi çok değişik bir ağaç oluşmasına sebep olabilir. Rodriguez ve arkadaşları yaptıkları çalışma sonucu Rotasyon Ormanın AdaBoost, torbalama ve Rastgele Ormana göre daha yüksek doğruluğa sahip olduğu sonucuna varmışlar ve Rotasyon Ormanı tercih etmişlerdir (Rodriguez vd., 2006). Rotasyon Orman ve AdaBoost'a ait Kappa ve hata matrisi analizi incelendiğinde ROR'un daha hassas sınıflandırıcılar kullandığı ve bunun da torbalama algoritmasından farklı olduğu ortaya çıkarılmıştır (Kuncheva ve Rodríguez, 2007).

2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı olarak TOD raporlarına göre Türkiye'nin birinci derece orman yangını riski olan Antalya bölgesi belirlenmiştir (http-1). Antalya'nın Adrasan ve Kumluca bölgelerinde 2016 yılında meydana gelen yangın alanı seçiliştir. Bu yangın sonucunda yüzlerce dekar alan yanmış, onlarca ev kül olmuş ve yüzlerce hayvan telef olmuştur. Bu yangın bölgesine ait Google Earth görüntüsü Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanına ait Google Earth görüntüsü.

3.MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Veri Seti

Çalışmada, yanmış alanların tespit edilmesi için Worldview-2 uydusuna ait 8 spektral banda sahip uzaktan algılanmış görüntü kullanılmıştır. Worldview-2 uydusu, 2009 yılında uzaya fırlatılmış olup 8 multispektral banda sahip ilk gözlem uydusudur. Uydu, yersel olarak 0,46 metre pankromatik ve 1,84 metre multispektral çözünürlüğe sahiptir. 770 km irtifaya konumlandırılmış olan uydu, 1.1 günde tekrar ziyaret etme ve en fazla her gün 975.000 km^2'lik bölgenin görüntüsünü çekebilme yeteneğine sahiptir.

3.2.Yöntem

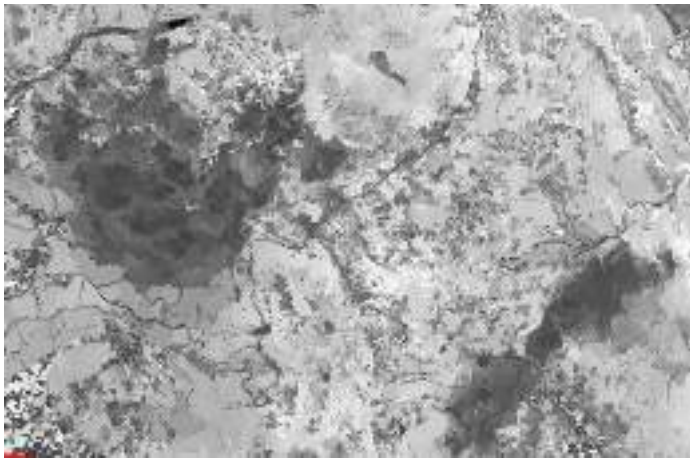
Worldview-2 uydusundan elde edilen uzaktan algılanmış görüntünün, band parlaklık değerleri ve band parlaklık değerlerine matematiksel işlem uygulayarak elde edilen bitki örtüsü indis değerleri kullanılarak nesne tabanlı sınıflandırma işlemi yapılmıştır.
Bu çalışmada Worldview-2 uydu görüntüsünün nesne tabanlı yaklaşımla sınıflandırılmasında aşağıdaki indisler kullanılmıştır.

3.2.1. Normalize Edilmiş Farksal Bitki Örtüsü İndisi (NDVI)

Bu indis, bitki örtüsünün güçlü bir şekilde yansıdığı yakın kızılötesinin ve bitki örtüsünün emildiği kırmızı ışığın arasındaki farkı hesaplayarak vejetasyonu ölçmektedir (Formül 1). NDVI değeri ±1'dir. Örnek olarak, NDVI değeri negatif hesaplandıysa o bölgenin suyla kaplı olması muhtemeldir. Ya da bu değer pozitif ise bu bölgenin yeşil yapraklı bitkilerle kaplı olma olasılığı yüksektir. Eğer değer 0 ise bu alanın kentsel alan olduğu söylenebilir.

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)} \quad \text{(Tucker, 1979)} \qquad \textbf{(1)}$$

Çalışılan bölge için hesaplanmış Normalize Edilmiş Farksal Bitki Örtüsü İndisine ait ekran görüntüsü Şekil 2'de verilmiştir.



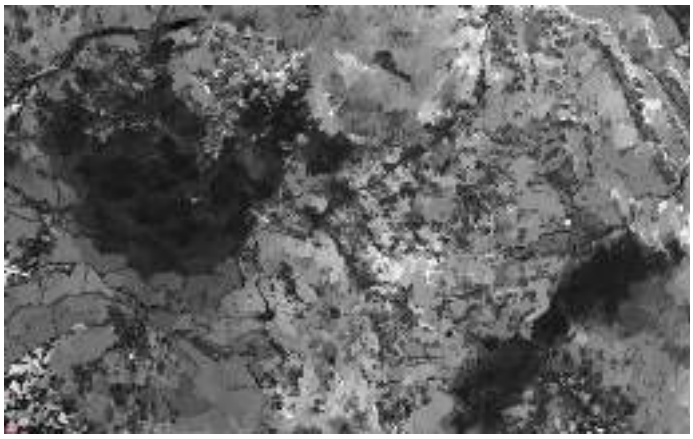
Şekil 2. Normalize Edilmiş Farksal Bitki Örtüsü İndisine ait ekran görüntüsü.

3.2.2. Bitki Örtüsü Oran İndisi (RVI)

Bitki Örtüsü Oran İndisi, bitki örtüsünün güçlü bir şekilde yansıttığı yakın kızılötesi bandının, vejetasyonun emdiği kırmızı banda oranıdır (Formül 2).

$$RVI = \frac{NIR}{Red} \quad \text{(Blackburn, 1998)} \qquad \textbf{(2)}$$

Bitki Örtüsü Oran İndisine ait ekran görüntüsü Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Bitki Örtüsü Oran İndisine ait ekran görüntüsü.

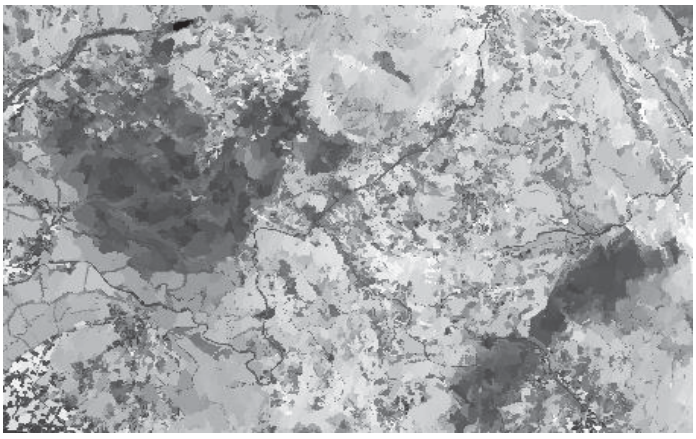
3.2.3. Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndisi (SAVI)

Vejetasyon oranının %40'ın altında olduğunda topraktan yansımanın etkisini azaltmak için NDVI'nın üzerinde değişiklik yapılması sonucu elde edilen bir indistir (Formül 3a, 3b).
Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndisi, Normalize Edilmiş Farksal Bitki Örtüsü İndisine benzer şekilde inşa edilmiştir. Fakat NDVI formülüne "L" olarak sembolize edilen "toprak parlaklığı düzeltme faktörü" eklenmiştir. Formüldeki "L" değeri yerine "0" yazıldığında SAVI denklemi NDVI'a eşit olmaktadır.

$$SAVI = (1 + L)\frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red + L)} \quad \textbf{(3a)}$$

$$SAVI = (1 + 0,5)\frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red + 0,5)} \text{ (Huete, 1988)} \quad \textbf{(4b)}$$

Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndisine ait ekran görüntüsü Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndisine ait ekran görüntüsü.

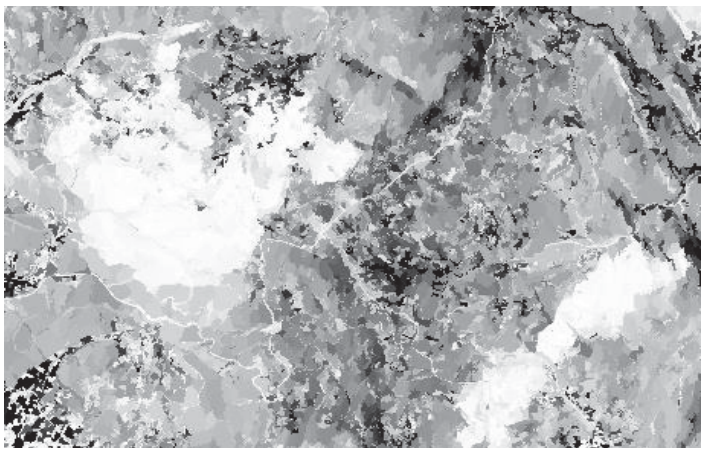
3.2.4. Küresel Çevre İzleme İndisi (GEMI)

Küresel Çevre İzleme İndisi, atmosferin tesirinin izafi etkisini minimize edecek biçimde yapılandırılmış yeni bir indisin türetilmesi sonucu oluşturulmuştur.

$$GEMI = \gamma(1 - 0,25\gamma) - \frac{(Red - 0,125)}{(1 - Red)} \quad \textbf{(5a)}$$

$$\gamma = \frac{\left[2x(NIR^2 - Red^2) + (1,5xNIR) + (0,5xRed)\right]}{(NIR + Red + 0,5)} \quad \text{(Pinty ve Verstraete, 1992)} \qquad \textbf{(6b)}$$

Küresel Çevre İzleme İndisine ait ekran görüntüsü Şekil 5'te verilmiştir.



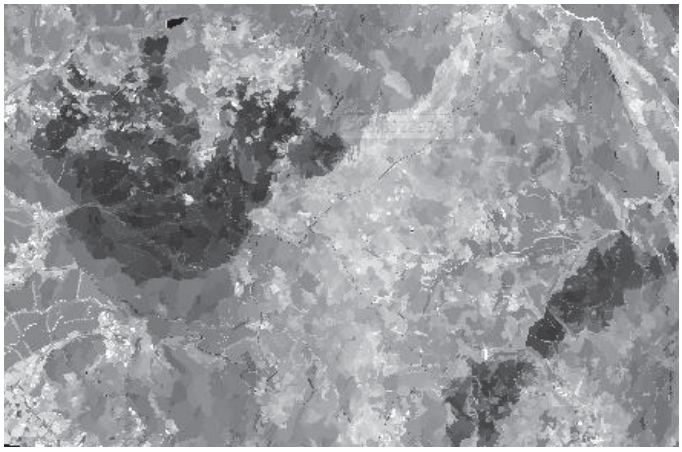
Şekil 5. Küresel Çevre İzleme İndisine ait ekran görüntüsü.

3.2.5. Ashburn Bitki İndisi (AVI)

Aralıklı bitki örtüsüne hassasiyeti olan bu indis, %15-20 vejetasyonun çıplak olduğu topraktan erken periyoda ait bitki örtüsünü ayırt edebilir.
Ashburn Bitki İndisi atmosferin zayıflama tesirlerini Normalize Edilmiş Farksal Bitki Örtüsü İndisinden daha fazla minimize eder (Formül 5).

$$AVI = 2 \times NIR - Red \quad \text{(Ashburn, 1979)} \qquad \textbf{(7)}$$

Ashburn Bitki İndisine ait ekran görüntüsü Şekil 6'da verilmiştir.



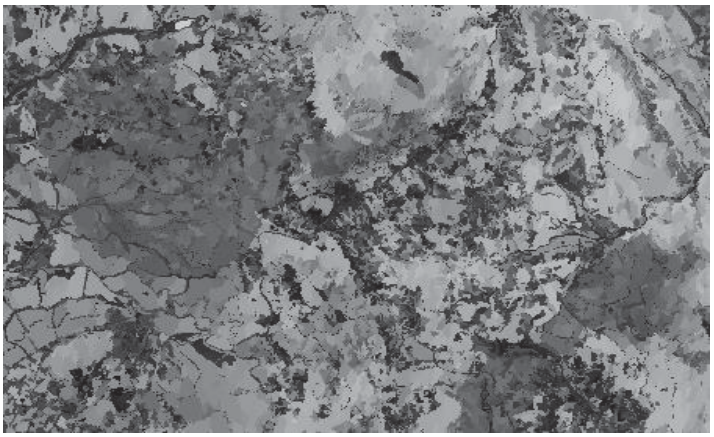
Şekil 6. Ashburn Bitki İndisine ait ekran görüntüsü.

3.2.6. Bitki Örtüsü İndisi (VI)

VI, vejetasyonun özelliklerinin faydasını arttırmak için ve karasal fotosentez faaliyeti ile kanopi konstrüktif çeşitliliklerinin güvenilir zamansal ve mekânsal mukayesesini temin etmek maksadıyla geliştirilmiş iki veya daha çok bandın spektral bir transformasyonudur (Formül 6).

$$VI = \frac{(Green - Red)}{(Green + Red)} \quad \text{(Gitelson vd., 2002)} \qquad \textbf{(8)}$$

Bitki Örtüsü İndisine ait ekran görüntüsü Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Bitki Örtüsü İndisine ait ekran görüntüsü.

4.UYGULAMA

Çalışma, Şekil 8'de gösterilen akış diyagramında olduğu gibi 6 basamaktan oluşmaktadır.



Şekil 8. Çalışmaya ait akış diyagramı.

İlk işlem basamağı, görüntünün kaynaştırılması ya da diğer bir ifadeyle keskinleştirilmesi işlemidir. Bu işlem için Erdas 2014 paket programında var olan "HPF Resolution Merge" fonksiyonu kullanılmış ve spektral bantlarla pankromatik bandın kaynaştırılması yapılmıştır.
Özdemir (2017), Worldview-2 uydusuna ait görüntüye önce keskinleştirme işlemi uygulanmış daha sonra da oluşan yeni görüntüden nesne tabanlı sınıflandırma yapılmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki keskinleştirilmiş uydu görüntüsünden temin edilen nesne tabanlı sınıflandırmadan yeterli doğruluk elde edilebilmiştir (Özdemir, 2017).
HPF ile keskinleştirme işlemi, yüksek çözünürlüğe sahip pankromatik görüntünün daha düşük çözünürlüğe sahip multispektral görüntüyle birleştirilmesi olarak açıklanır ve bu da mükemmele yakın ayrıntılar elde edilmesini sağlar. Yüksek Geçiş Filtresi (HPF) kullanılarak yüksek çözünürlüklü datalarda bir kıvrım oluşturulur ardından bu veri multispektral datalarla kaynaştırılır [http-2].
Çalışmanın sonraki basamağında literatür taranmış ve bu tarz çalışmalarda tercih edilenlerden optimum fayda sağlayacak NDVI, VI, SAVI, RVI, AVI ve GEMI indisleri belirlenmiştir (Ashburn, 1979; Blackburn, 1998; Gitelson

vd., 2002; Huete, 1988; Pinty ve Verstraete, 1992; Tucker, 1979). Bu indisleri belirlemek amacıyla eCognition Developer (V.9.0) programı kullanılmış, yanmış orman bölgelerinin tek tek yansımaları kontrol edilmiş ve optimum değer verenler tercih edilmiştir.

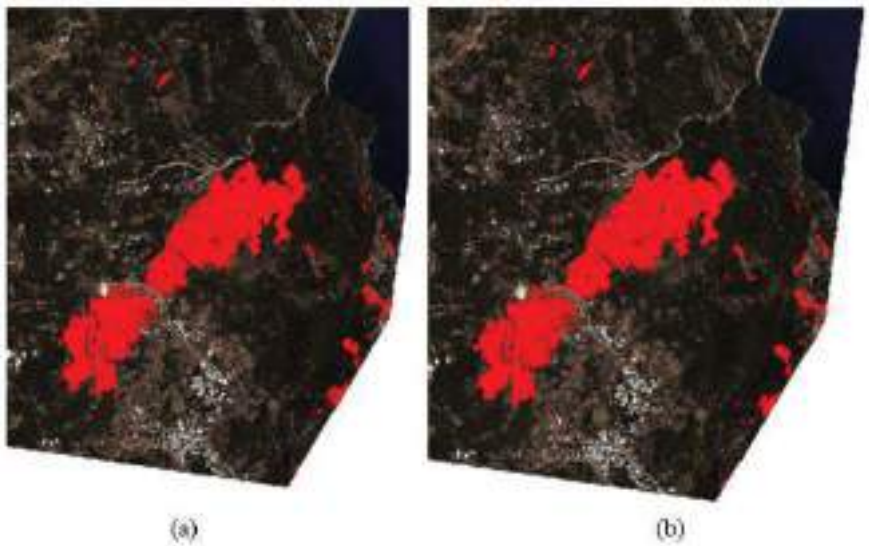
Sürecin üçüncü aşamasında, eCognition programında görüntü bölütleme işlemi yapılmıştır. Bu işlem basamağı uygulanırken eCognition'daki "Subset Selection" yeteneği kullanılmıştır. Böylelikle uydu görüntüsünün küçük bir kısmında çalışma yapılarak deneme yanılma yöntemiyle indisler belirlenmiştir. Küçük alanda çalışmanın avantajı, değişkenlerin belirlenmesi için tüm görüntüde çalışarak harcanacak olan zamanın minimize edilmesidir. Kısa sürede elde edilen değişkenlere ait değerler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Segmentasyon parametre değerleri.

Uydunun Adı	**Ölçek Parametresi**	**Şekil Parametresi**	**Yoğunluk Parametresi**
Worldview-2	120	0.3	0.7

Belirlenen indislerle ve değişkenlerle görüntü bölütleme işlemi yapılmış, piksellerden nesneler oluşturulmuştur. Temin edilen nesneler şekil dosyası olarak kaydedilmiştir.

Ardından test ve eğitim verileri hazırlanmıştır. Bu amaçla Kumluca bölgesi eğitim verisinin ve Adrasan bölgesi test verisinin içinde olacak şekilde görüntü ArcMap programı yardımıyla ikiye bölünmüştür. Hazırlanan verilerle Weka programında DVM ve ROR yöntemleri kullanılarak sınıflandırma yapılmıştır. Sınıflandırma sonucu elde edilmiş verilere ait görüntüler Şekil 9'da verilmiştir. Sınıflandırmaya ait veriler görselleştirilerek gözle sınıflandırmanın doğruluğu kontrol edilmiştir.



Şekil 9. (a) DVM ve (b) ROR verilerine ait görüntüler.

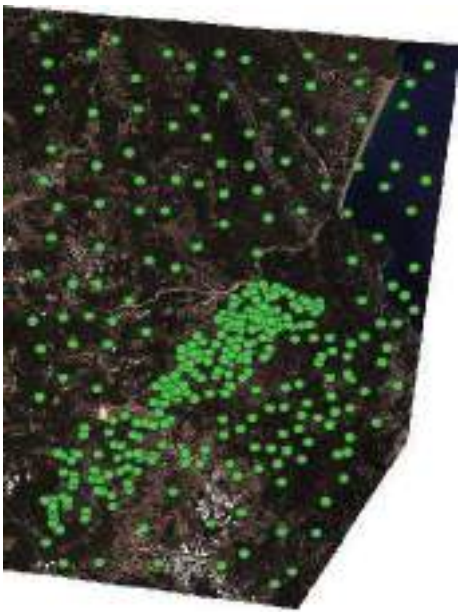
Son olarak kontrol noktaları oluşturulmuş ve doğruluk analizi yapılmıştır. Çalışmada yanmış alan ve yanmamış alan olarak iki sınıf oluşturulmuştur. İkili sınıflandırmada kaç adet kontrol noktasına ihtiyaç olduğunu bulmak için "İki Terimli Olasılık Teorisi" kullanılmıştır (Aronoff, 1982; Lucas vd., 1994). Bu teoriye göre;

$$N = Z^2.p.q / E^2 \quad \textbf{(7)}$$

$N= 2^2.(85.15) / 4^2$

$N= 319$

Yapılan çalışmada doğruluk beklentisi olarak %85 ve %4'lük kabul edilebilir hata belirlenmiştir. Bu değerler formüle tatbik edildiğinde en az 319 kontrol noktasına gereksinim duyulduğu hesaplanmıştır. Çalışma için 350 tane kontrol noktası üretilmiştir. Bu noktaların 250 adedi yanmış alana denk gelecek şekilde üretilmiştir. Üretilen kontrol noktalarının ekran görüntüsü Şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 10. Üretilen noktalara ait ekran görüntüsü.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Doğruluk analizi için DVM ve ROR'a ait sonuç verileri ile hata matrisi oluşturulmuştur (Çizelge 2).

Çizelge 1. Hata matrisi.

Yöntem	Sınıfın Adı	Yanmamış Alan	Yanmış Alan	Toplam
DVM	Yanmamış Alan	191	8	**199**
	Yanmış Alan	10	141	**151**
	Toplam	**201**	**149**	
ROR	Yanmamış Alan	196	3	**199**
	Yanmış Alan	20	131	**151**
	Toplam	**216**	**134**	

Oluşturulan hata matrisine göre kullanıcı ve üretici doğruluğu, ihmal ve komisyon hataları ve Kappa analizi yapılmıştır (Çizelge 3).

Çizelge 2. Doğruluk analizi sonuçları.

Sınıflandırma Yöntemi	Kullanıcı Doğruluğu	Üretici Doğruluğu	İhmal Hataları	Komisyon Hataları	Kappa	Toplam Doğruluk
DVM	93.38	94.63	6.71	6.62	0.90	0.95
ROR	86.75	97.76	14.93	13.25	0.86	0.93

Uydu sensörlerinde yaşanan olumlu gelişmeler sonucunda daha yüksek çözünürlüklü yani daha ayrıntılı görüntüler elde edilmeye başlanmıştır. Bu da görüntülerin sınıflandırılmasında karşılaşılan problemlerin çözümünü daha zor hâle getirmiştir (Çölkesen vd., 2015). Yersel çözünürlüğün artması yanmış orman bölgelerini ifade eden ve spektral açıdan birbirine benzeyen tutumlar gösteren data setlerini meydana getirmiştir. Bu setleri piksel tabanlı tek tek sınıflandırmak hem zaman kaybına hem de güvenilirlik açısından düşük doğruluğa sebep olmaktadır. Bunun yerine, yapılan çalışmalarda obje tabanlı sınıflandırma uygulanarak belirtilen negatif faktörler arındırılmış olmaktadır. Bunun yanı sıra nesne tabanlı sınıflandırmalarda ROR ve DVM gibi ileri sınıflandırma tekniklerinin kullanılmasıyla veri madenciliği kullanımı da uzaktan algılamada uygulanan yöntemler arasında yer edinmiştir.

Çalışma sonucunda elde edilen veriler incelendiğinde yapılan sınıflandırmada yanmış alanların neredeyse tamamı otomatik olarak çıkartılmıştır. Hem Destek Vektör Makinaları hem de Rotasyon Orman ile yapılan sınıflandırma sonucu elde edilen verilere ait doğruluk analizi incelendiğinde her iki yönteminde yanmış alanların belirlenmesi için uygun olduğu tespit edilmiştir. Destek Vektör Makinaları için; toplam doğruluk 0.95 ve Kappa 0.9, Rotasyon Orman

için ise toplam doğruluk 0.93 ve Kappa 0.86'dır. Bu iki sınıflandırılma mukayese edildiğinde Destek Vektör Makinalarının Rotasyon Ormana göre daha güvenilir olduğu sonucu ortaya çıkarılmıştır.
Çalışmada kullanılan Worldveiw-2 uydusuna keskinleştirme işlemi yapılmıştır. Başka bir çalışmada keskinleştirmenin sınıflandırmaya olan etkisi incelebilir.
Literatür araştırıldığında bu tarz çalışmalarda NBR (Normalized Burn Ratio-Normalize Edilmiş Yanma Şiddeti) indisinin çok sık kullanıldığı ve yüksek doğruluklu sonuçlar elde edildiği gözlemlenmiştir. Worldview-2 uydusuna ait NBR indisi bulunmamasından dolayı bu çalışmada bahsi geçen indise yer verilmemiştir. İleriki dönemlerde yapılacak olan çalışmalarda bu indis belirlenerek daha yüksek doğruluklu bir sonuç elde edileceği tahmin edilmektedir.
Çalışma sonucu elde edilen görüntüler incelendiğinde 2016 yılında meydana gelen yanmış bölgeler dışında başka alanlarında yanmış alan olarak sınıflandırıldığı tespit edilmiştir. Çalışılan bölgenin birinci derece yangın riski taşıyan alan olması sebebi ile bazı yanlış sınıflandırmaların eski tarihli yanmış alan olabileceği değerlendirilmektedir. Çalışmanın amacının 2016 yılındaki yangın sonucu oluşan yanmış alanların çıkarılması olması sebebiyle diğer bölgeler yanlış sınıflandırma olarak kabul edilmiştir. Bu da yapılan çalışmanın doğruluğunu olumsuz yönde etkilemektedir.

KAYNAKLAR

Anthony, G., Greg, H. ve Tshilidzi, M., 2007. Classification of images using support vector machines. *arXiv preprint arXiv:0709.3967*.
Aronoff, S., 1982. Classification accuracy: a user approach. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 48(8): 1299-1307.
Ashburn, P., 1979. The vegetative index number and crop identification.
Barandiaran, I., 1998. The random subspace method for constructing decision forests. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 20(8).
Bauer, E. ve Kohavi, R., 1999. An empirical comparison of voting classification algorithms: Bagging, boosting, and variants. *Machine learning*, 36(1-2): 105-139.
Blackburn, G.A., 1998. Spectral indices for estimating photosynthetic pigment concentrations: A test using senescent tree leaves. *International Journal of Remote Sensing*, 19(4): 657-675.
Breiman, L., 1996. Bagging predictors. *Machine learning*, 24(2): 123-140.
Breiman, L., 1998. Arcing classifier (with discussion and a rejoinder by the author). *The annals of statistics*, 26(3): 801-849.
Breiman, L., 2001. Random forests. *Machine learning*, 45(1): 5-32.
Corinna, C. ve Vladimir, V., Support-Vector Networks. *Machine Leaming, 20, 273-297 (1995) 1995 Kluwer Academic Publishers, Boston. Manufactured in The Netherlands.*
Çölkesen, İ., Yomralıoğlu, T. ve Kavzoğlu, T., 2015. Obje Tabanlı Sınıflandırmada Bölgeleme Esasına Dayalı Ölçek Parametresi Tespiti: WorldView-2 Uydu Görüntüsü Örneği.
Foody, G.M. ve Mathur, A., 2004a. A relative evaluation of multiclass image classification by support vector machines. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 42(6): 1335-1343.
Foody, G.M. ve Mathur, A., 2004b. Toward intelligent training of supervised image classifications: directing training data acquisition for SVM classification. *Remote Sensing of Environment*, 93(1-2): 107-117.
Gitelson, A.A., Kaufman, Y.J., Stark, R. ve Rundquist, D., 2002. Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction. *Remote sensing of Environment*, 80(1): 76-87.
Guo, Y., Jia, X. ve Paull, D., 2018. Effective Sequential Classifier Training for SVM-Based Multitemporal Remote Sensing Image Classification. *IEEE Transactions on Image Processing*.
Gürcan, İ., Teke, M. ve Leloğlu, U.M., 2016. Land use/land cover classification for Göktürk-2 satellite. *Signal Processing and Communication Application Conference (SIU), 2016 24th*, syf: 2097-2100.
Ho, T.K., 1995. Random decision forests. *Document analysis and recognition, 1995., proceedings of the third international conference on*, 1 (syf: 278-282.
Huang, C., Davis, L.S. ve Townshend, J.R.G., 2002. An assessment of support vector machines for land cover classification. *International Journal of Remote Sensing*, 23(4): 725-749.
Huete, A.R., 1988. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, 25(3): 295-309.
Jimenez-Munoz, J.C., Sobrino, J.A., Plaza, A., Guanter, L., Moreno, J. ve Martinez, P., 2009. Comparison Between Fractional Vegetation Cover Retrievals from Vegetation Indices and Spectral Mixture Analysis: Case Study of PROBA/CHRIS Data Over an Agricultural Area. *Sensors (Basel)*, 9(2): 768-793.
Joachims, T., 1998. Text categorization with support vector machines: Learning with many relevant features. *European conference on machine learning*, syf: 137-142.
Kuncheva, L.I. ve Rodríguez, J.J., 2007. An experimental study on rotation forest ensembles. *International workshop on multiple classifier systems*, syf: 459-468.
Liu, K.-H. ve Huang, D.-S., 2008. Cancer classification using rotation forest. *Computers in biology and medicine*, 38(5): 601-610.

Liu, P., Choo, K.-K.R., Wang, L. ve Huang, F., 2017. SVM or deep learning? A comparative study on remote sensing image classification. *Soft Computing*, 21(23): 7053-7065.
Lucas, I., Frans, J. ve Wel, V., 1994. Accuracy assessmentof satellite derived land2over data: A review. *Photog ramm etric Engineering & Rem ote Sensing*, 60(4): 410-432.
Mashao, D.J., 2003. Comparing SVM and GMM on parametric feature-sets. *Proceedings of the 14th Annual Symposium of the Pattern Recognition Association of South Africa*.
Mather, P.M., 1987. Computer processing of remotely-sensed images—An introduction.
Myint, S.W., Gober, P., Brazel, A., Grossman-Clarke, S. ve Weng, Q., 2011. Per-pixel vs. object-based classification of urban land cover extraction using high spatial resolution imagery. *Remote Sensing of Environment*, 115(5): 1145-1161.
Özdemir, M., 2017. Görüntü Keskinleştirme Yöntemlerinin Nesne-Yönelimli Sınıflandırma Açısından Değerlendirilmesi.
Pinty, B. ve Verstraete, M., 1992. GEMI: a non-linear index to monitor global vegetation from satellites. *Vegetatio*, 101(1): 15-20.
Rodriguez, J.J., Kuncheva, L.I. ve Alonso, C.J., 2006. Rotation forest: A new classifier ensemble method. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 28(10): 1619-1630.
Tucker, C.J., 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2): 127-150.
İnternet kaynakları:
http-1 https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/sayfalar/Istatistikler.aspx (02.03.2018)
http-2 ftp://jetty.ecn.purdue.edu/jshan/ERDAS_Library (26.04.2018)

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7000

TARİHİ YAPILARIN BELGELENMESİNDE FARKLI YÖNTEMLERLE ELDE EDİLEN VERİLERİN ENTEGRASYONU

Serhan TUNCER[1], Resul ÇÖMERT[2], Uğur AVDAN[3]

[1]Anadolu Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, serhantuncer@anadolu.edu.tr
[2]Arş. Gör., Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane, rcomert@gumushane.edu.tr
[3]Doç. Dr., Anadolu Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, uavdan@@anadolu.edu.tr

ÖZET

Gelişen teknoloji sayesinde ortaya çıkan ileri teknoloji belgeleme yöntemleri, kültürel mirasın belgelenmesinde öne çıkmaktadır. Bu yöntemlerin sağladığı hız ve hassasiyet, konvansiyonel yöntemlerin pek çok olumsuz etkisini ortadan kaldırılmasının yanı sıra kısa sürede çok fazla veri toplanmasını da kolaylaştırmaktadır. Ancak bu ileri teknoloji belgeleme yöntemlerinin tek başlarına yetersiz kaldığı durumlar da söz konusudur. Her belgeleme yönteminin kendine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu kapsamda, örnek bir bina için, insansız hava aracı verilerinden üretilen nokta bulutları ile yersel lazer tarayıcıdan üretilen nokta bulutunun entegrasyonu yapılmış ve sonuçları değerlendirilmiştir. Sonuç olarak doğru uzaktan algılama sistemlerinin bir arada kullanılması ile elde edilen verilerden üretilen bütüncül modellerin, kültür varlıklarının belgelenmesinde önemli eksiklikleri karşıladığı ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Anahtar Sözcükler: belgeleme, fotogrametri, İHA, kültür varlıkları, yersel lazer tarama

ABSTRACT

INTEGRATION OF DATA OBTAINED BY DIFFERENT METHODS IN DOCUMENTATION OF HISTORICAL CONSTRUCTIONS

The advanced documentation methods emerging from the developing technology stand out in the documentation of the cultural heritage. The rapidity and accuracy of these methods not only eliminate many negative effects of conventional methods, but also facilitates the collection of very large amounts of data in a short period of time. However, there are conditions where these advanced documentation methods are inadequate on their own. Each documentation method has advantages and disadvantages. In this study, the integration of data obtained by using more than one method is emphasized. In this context, the point clouds produced from the unmanned aerial vehicle data and the point cloud generated from the terrestrial laser scanner were integrated for a sample building and the results were evaluated. As a result, it has been attempted to show that the integrated models produced from the data obtained by using the correct remote sensing systems supply important deficiencies in the documentation of cultural heritages.

Keywords: documentation, photogrammetry, UAV, cultural heritage, terrestrial laser scanning

1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze ışık tutan kültürel ve arkeolojik eserler gerek insan gerekse doğa olaylarından dolayı ya yok olmakta ya da çok büyük hasarlara uğramaktadır. Bu nadide eserlerin korunması, gerektiğinde yeniden inşa edilmesi ve gelecek nesillere aktarılması için hızlı bir şekilde belgelenmesi gerekmektedir. Türkiye, tarih boyunca farklı kültürlere ve inanışlara sahip medeniyetlerin ev sahipliğini yapmıştır. Bundan dolayı ülkemizin birçok yerinde bu medeniyet ve toplumlardan kalan kültürel mirasları görmek mümkündür. Kültür ve Turizm Bakanlığının 2017 yıl sonu verilerine göre ülkemizde kayıtlı 106.359 adet taşınmaz kültür mirası vardır (www.kulturvarliklari.gov.tr). Ancak henüz değeri anlaşılmamış ya da devlet tarafından onaylanmamış kültür mirası bu rakamın çok üzerindedir. Bu değerler her ne kadar belgelenerek korunmaya çalışılsa da günümüze kadar var olan sayının çok küçük bir yüzdesi ancak belgelenebilmiştir. Bunun en büyük nedeni; belgeleme çalışmalarındaki zaman kısıtlılığı, mevcut yöntemlerin yavaş ve pahalı olması ve belgeleme alanında yetişmiş eleman sayısının yetersizliği oluşturmaktadır (Çabuk ve Alanyalı, 2009).

Kültürel miras alanlarında yersel ölçme yöntemleri kullanılarak çok hassas belgeleme çalışmaları yapılabilmektedir. Ancak bu yöntemler ile yapılan belgeleme çalışmaları, çok zaman almakta, çalışma esnasında fazla insan gücüne ihtiyaç duymakta ve bundan dolayı maliyet artmaktadır. Bunlara ek olarak yersel yöntemlerle yapılan çalışmalarda, alanlara fiziksel temasın söz konusu olmasından dolayı mirasa zarar verebilme olasılığı da artmaktadır. Bu nedenlerle gelişen teknoloji sayesinde ortaya çıkan ileri teknoloji belgeleme yöntemleri, kültürel

mirasın belgelenmesinde öne çıkmaktadır. Ancak bu ileri teknoloji belgeleme yöntemlerinin tek başlarına yetersiz kaldığı durumlar da söz konusudur. Bu çalışmada birden fazla yöntemin kullanılmasıyla elde edilecek sonuçların entegrasyonu üzerinde durulmuştur.

İnsansız hava araçları ile ülkemizde farklı meslek disiplinlerinin ihtiyaç duyduğu sayısal arazi modelleri, ortofoto görüntüler ve nokta bulutları hassas ve hızlı bir şekilde üretmek mümkündür. Mimari ve arkeolojik belgeleme açısından düşünüldüğünde; İnsansız hava araçları ile yapıların üst örtüsü hassas ve hızlı bir şekilde belgelenebilirken, yapının yan yüzeyleri belgelenememektedir. Yersel lazer tarama yöntemi ile yapılara ait yan yüzeylerin belgelenmesi yapılabilmektedir fakat bu yöntemde de yapıların üst örtüleri yapı dışından belgelenememektedir. Bu yüzden yapılara ait üç boyutlu (3B) modeller tam ve doğru bir şekilde elde edilememektedir. Bu çalışma kapsamında iki yöntemin entegrasyonu sağlanmıştır. Bu sayede yapıların duvar kalınlığı, kubbe eti kalınlığı, üst ve yan cephe verileri gibi tek yöntemle elde edilemeyecek bilgiler entegre edilmiş 3B modelden elde edilebilmektedir. İki yöntemde de yapıya fiziksel olarak hiçbir şekilde temas edilmediği için herhangi bir zarar verilmemektedir. Elde edilen 3B modeller kültür varlıklarının dijital ortamda bütün ve birebir boyutlarında saklanmasına olanak tanımaktadır. Bu sayede kültür varlıklarının korunmasının yanında ileriye dönük yapılacak bilimsel çalışmalara doğru ve ulaşılabilir altlık sağlanmış olmaktadır.

Uzaktan algılama yöntemleriyle veri toplama ve entegrasyon üzerine yapılmış pek çok çalışma literatüre kazandırılmıştır. Genellikle kullanılan İHA'lar uzun mesafeli ve yüksek çözünürlüklü sistemler olduğu için de ağırlıklı olarak geniş alanların belgelenmesinde yararlanılan çalışmalar ağırlık kazanmaktadır. Örneğin; Aicardi ve diğerlerinin yaptığı çalışmada iki sistem verileri orman modellemesi için kullanılmıştır(Aicardi, 2016). Tong ve diğerlerinin çalışmasında ise açık maden alanlarının modellemesinde bu iki sistem verileri kullanılmıştır(Tong Xiaua, 2015). Konuyla ilgili yapılan literatür taramasında kültür varlıkları ile ilgili tek çalışma Reiss ve diğerlerinin gerçekleştirdiği çalışmadır (Reiss M., 2016). Burada İspanya'daki Sao Miguel kalıntıları belgelenmiş ancak bu çalışmada kalıntıların geniş bir alana dağılmış olmasından dolayı İHA teknolojisi tercih edilmiştir.

Bu çalışma için seçilen Anadolu Üniversitesi Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü binası, hem insansız hava aracı hem de yersel lazer tarayıcı ile belgelenmiş ve verilerin entegrasyonu üzerinde çalışılmıştır. Yer seçiminde Enstitü binasının üst örtüsündeki kubbe ve kırma çatı gibi farklar etkili olmuştur.

2. YÖNTEM

Çalışma alanına ait verilerin elde edilmesinde 2 farklı yöntem uygulanmıştır. Bu yöntemler insansız hava aracı ile yapının üst örtü bilgilerinin elde edilmesi, diğer ise yersel lazer tarayıcı ile yapının yan cephelerinin elde edilmesidir.

2.1. İnsansız Hava Aracı ile Belgeleme

Çalışmanın en önemli aşamalarından birisini uçuş planı oluşturmaktadır. Çalışmanın başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesi için fotoğraf çekiminin hangi yükseklikten, ne kadar hızla ve ne kadar zaman aralığında yapılacağı, alanı temsil etmek için kaç kolon olacağı ve her kolonda kaç fotoğraf çekileceği uçuş planlaması aşamasında belirlenmektedir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen uçuş planlaması Emotion -3 yazılımında yapılmıştır. Bu aşamada enine bindirme oranı %70 boyuna bindirme oranı %65 olarak belirlenmiştir. Uçuş işleminde çekilecek görüntülerin yer örneklem aralığı 3.5 cm, uçuş yüksekliği de 140 metre olarak planlanmıştır.

Hazırlanan uçuş planlamasına göre Emotion-3 yazılımı kontrolü ile uçuş işlemi gerçekleştirilmiştir. Kullanılan İHA sistemi RTK bazlı ölçüm yapma kapasitesine sahip olduğundan uçuş öncesi Javad GNSS alıcısı sabit olarak kurulmuş ve koordinatları Emotion -3 yazılımında tanımlanmıştır. İHA üzerinde var olan GNSS/IMU sistemi sayesinde her bir fotoğrafın orta noktasına ait koordinatlar ve fotoğraf çekim aşamasındaki İHA dönüklükleri uçağın içindeki sabit diske kayıt edilmektedir. Bu bilgiler uçuş sonrası bilgisayar ortamına aktarılmaktadır. Ayrıca çekilen fotoğraflar da kamera sisteminde yer alan bellek üzerine kayıt edilmekte ve uçuş sonrası bilgisayara aktarılmaktadır. Alana ait fotoğraflar 8 dakikalık bir süre içinde çekilmiş ve toplamda 79 adet fotoğraf elde edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. İHA ile üretilmiş nokta bulutu ve katı model verileri.

İnsansız hava aracı ile elde edilen fotoğraflar ve fotoğraflara ait konum ve dönüklük bilgileri işlenmesi PIX4D Masaüstü yazılımı aracılığı ile gerçekleştirilmiştir. Veri işleme aşamasında aşağıdaki adımlar takip edilmiştir.

- Uçuş işleminden sonra fotoğraflar, konum ve dönüklük bilgilerini içeren dosyalar bilgisayar aktarılır.
- Değerlendirme yazılımında yeni bir proje oluşturulur.
- Oluşturulan projede, veri dosyaları seçilir.
- Seçilen veriler otomatik olarak programa yüklenir.
- Verilerin programa yüklenmesinin ardından dış yöneltme parametrelerinin hesaplana bilmesi için art arda çekilen fotoğraflarının stereo modellerinde birbirine eş olan objeler otomatik olarak program tarafından belirlenir.
- Görüntü eşleştirme algoritmaları kullanılarak bu noktalarla eşleştirilir.

Eşleştirilen noktalar değerlendirme yazılımından otomatik olarak kontrol noktası ve bağlantı noktası olarak kullanılır. Kullanılan bu noktalar ışın demetleri ile dengelenmesi yapılarak fotoğrafların koordinatlarına gerekli düzeltmeler getirilir.
Veri işleme sonucunda çalışma alanına ait nokta bulutu katı model ve ortofoto görüntü ve sayısal yükseklik modeli elde edilmiştir (Şekil 2Şekil 3Şekil 4**Şekil 5**).



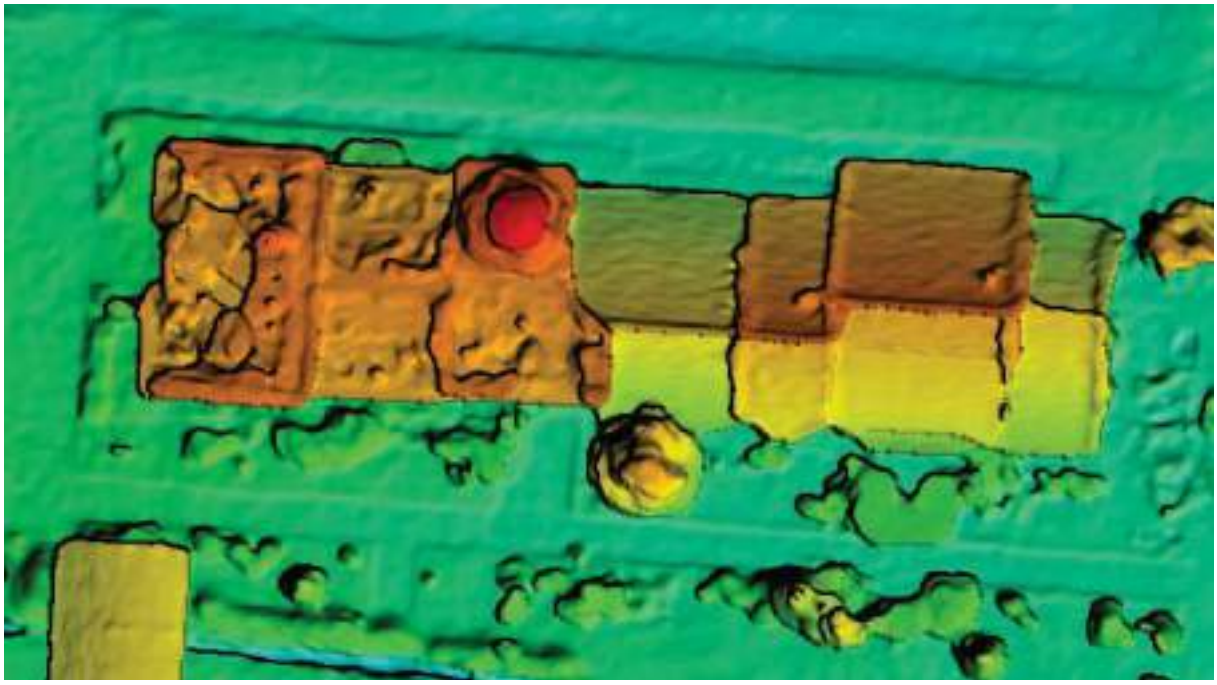
Şekil 2. Nokta bulutu.



Şekil 3. 3 boyutlu katı model.



Şekil 4. Ortofoto görüntüsü.



Şekil 5. Sayısal Yükseklik Modeli.

2.2. Lazer Tarama Veri Elde Etme Yöntemi

Çalışma kapsamında araziden veri toplamak içim Riegl marka VZ-2000 model 3B lazer tarayıcı kullanılmıştır. Bu lazer tarayıcı, lazer ışını gidiş geliş zamanı ilkesine göre çalışmaktadır. Normal ışık ve yansıtma şartları altında 50 metre mesafede 5 mm hassasiyete sahip ve 1 - 2000 metre arasında ölçüm yapabilmektedir. Tarayıcıdan çıkan lazer ışını yakın kızılötesi ve 0.7 µm – 1.3 µm arasında değişen dalga boyuna sahiptir. Tarayıcı 100° düşey eksen

ve 360° yatay eksen yönünde dönme kabiliyetine sahiptir. Cihazın açısal çözünürlüğü 0.001° değerine kadar artırılabilip, saniyede 1,5 milyon nokta verisi elde edebilme kapasitesine sahiptir.

Yapıya ait verilerin toplanması aşamasında, sağlıklı verilerin elde edilebilmesi için öncelikle lazer tarayıcının kurulacağı istasyon yerleri belirlenmiştir. Belirlenen istasyon yerlerine cihaz kurularak yapılara ait 3 boyutlu nokta verisi toplanmıştır (Şekil 6). Farklı istasyonlardan elde edilen verilerin birleştirilmesi için çalışma alanına uygun şekilde dağılmış reflektörler yerleştirilmiştir. Bu aşamada arazide yapılan çalışma esnasında yerleştirilmiş ve farklı pozisyonların birleştirilmesinde kullanılan reflektörlerin, İHA verileri ile birleştirilmesi amacıyla da kullanılabilmesi için Total Station cihazı ile ayrı bir ölçüm daha yapılması gerekmektedir. Bu aşamada yapının cephesini gören bir noktanın konumu Javad marka Triumph-1M 864 Kanal GNSS alıcısı ile WGS 1984 / UTM Zone 36N koordinat sisteminde tespit edilmiştir. Tespit edilen bu noktaya yerleştirilen Trimble marka Total Station yardımı ile bahsedilen reflektörlerin konumsal ölçümü gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6. Lazer tarayıcı ile üretilmiş nokta bulutu.

3. ENTEGRASYON

İnsansız Hava Aracı ve Yersel Lazer Tarayıcı ile elde edilmiş nokta bulutu verileri öncelikle aynı koordinat sistemine taşınmıştır. Bu aşamada Lazer tarama ile elde edilen nokta bulutu verisi, GNSS ve Total Station ile ölçülen reflektörler kullanılarak WGS1984 / UTM Zone36N koordinat sistemine taşınmıştır. Ardından gerekli veri temizlemesi yapılarak ".las" formatında çıkış alınarak veri **Autodesk ReCap** yazılımına aktarılmıştır. Ardından İHA ile elde edilen veriler de ".las" formatında çıkış alınarak aynı yazılıma aktarılmıştır. Bu aşamada İHA'dan alınan çıkış verisi, sadece üst örtüyü kapsayacak şekilde temizlenmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Entegre edilmiş nokta bulutu.

4. SONUÇ

Çalışma sonucunda insansız hava aracı ve yersel lazer tarayıcı ile elde edilen verilerin başarı ile birleştirilebildiği ortaya konulmuştur. Ön çalışma için tercih edilen yapı İHA'nın uçurulmasına oldukça elverişli bir bölgede bulunmaktadır. Ancak kültür varlıklarının hatırı sayılır bir kısmının kent dokusu içerisinde bulunduğu düşünüldüğünde, kullanılan İHA sisteminin yerine dikey iniş kalkış yapan ve uzaktan kumanda ile kontrol edilebilen bir sistemin kullanılması daha uygun olacaktır.

Yapılan bu belgeleme çalışması sayesinde kültür varlıklarının hiçbir kör alan bırakmadan bütüncül modelleri oluşturulabilmekte ve bu modeller kullanılarak hacim akustiği, aydınlatma ve yapı statiği gibi pek çok analizin minimum hata ile elde edilmesi sağlanabilecektir.

KAYNAKLAR

Aicardi, I., Dabove, P, Lingua, A., Piras, M., 2016. Integration between TLS and UAV photogrammetry techniques for forestry applications. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 10(1): e1-e7.

Çabuk, A. ve Alanyalı, F., 2009. *Kültür varlıklarının belgelenmesi*. Anadolu Üniversitesi.

Reiss M., R.S.d.R., vd., 2016. DATA INTEGRATION ACQUIRED FROM MICRO-UAV AND TERRESTRIAL LASER SCANNER FOR THE 3D MAPPING OF JESUIT RUINS OF SÃO MIGUEL DAS MISSÕES. *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*: 315-321.

Tong Xiaua, X.L., Peng Chen, vd., 2015. Integration of UAV-Based Photogrammetry and Terrestrial Laser Scanning for the Three-Dimensional Mapping and Monitoring of Open-Pit Mine Areas. *Remote Sensing*: 6635-6662.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7030

POTANSİYEL BALIKÇILIK ALANLARININ UYDU VERİLERİYLE TESPİTİ

Ferhat BÜYÜKDEVECİ[1],Nazım AKSAKER[2]

[1] Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Sarıçam İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü Sarıçam, Adana
ferhat.bykdeveci@gmail.com
[2]Doç. Dr., Çukurova Üniversitesi, Adana Organize Sanayi Bölgesi Teknik Bilimler MYO, Elektrik ve Enerji Bölümü, 01450, Sarıçam, Adana, naksaker@cu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma, 2017-2018 balıkçılık sezonunda, Gündüz / Gece Bandı (DNB) radyometresi taşıyan VIIRS (The Visible Infrared Imaging Radiometer) Suomi-NPP (The Suomi National Polar-orbiting Partnership) uydu görüntülerinden faydalanılarak gece ışık kullanan balıkçı teknelerinin konumları ve potansiyel balıkçılık alanları tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada belirlenen teknelerin koordinatları AIS (Automatic Identification System) ile karşılıklı olarak kontrel edilerek çalışmanın doğruluğu değerlendirilmiştir. Bu çalışma ülkemizde, balıkçı teknelerinin tespitinde VIIRS-DNB uydu görüntülerinden faydalanılarak yapılmış ilk çalışmadır. Aylık birleştilirmiş (01 Eylül 2017-01 Nisan 2018) VIIRS-DNB uydu gece görüntülerinden faydalanılmıştır. 2017 Eylül ayı birleştilirmiş uydu görüntüleri üzerinde 23 Eylül 2017 21:00 ile 24 Eylül 2017 06:00 saatleri arasında AIS'ten alınan Karataş açıklarında gece balıkçılık faaliyeti gösteren 15 adet teknenin konumları kullanılmıştır. Tüm DNB verileri ve konum verileri ENVI 5.3 ve ArcGIS 10.0 ile işlenmiştir. Özellikle Akdeniz ve İskenderun körfezi içerisindeki balıkçılık alanları araştırılmıştır.

Anahtar Sözcükler: uydu görüntüsü; VIIRS, DNB; balıkçı tekneleri

ABSTRACT

DETERMINATION OF POTENTIAL FISHING AREA WITH SATELLITE DATA

In this research, we focus on vessel detection using the satellite imagery of day/night band (DNB) Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) on Suomi NPP in order to monitor the change of vessel activity on the coastal zone region of Turkey. Modeling the relationship between fishing light distribution and numbers of fishing vessels can facilitate near-real time prediction and management of fisheries. The objective of this study was to estimate the numbers of fishing vessels from night-time images and landing data 2017-2018 fishing season in Turkey coastal area This is the first study in our country to use VIIRS-DNB satellite images to detect fishing boats. Monthly combined (September 2017- April 2018) VIIRS-DNB satellite night views are utilized. The locations of the 15 fishing boats operating from September 23, 2017 through 21:00 to 24 September 2017 06:00 were shown on satellite images consolidated in September 2017. All DNB data and location data are processed with ENVI 5.3 and ArcGIS 10.0. In particular fishing areas in the Mediterranean and the Gulf of Iskenderun was investigated.

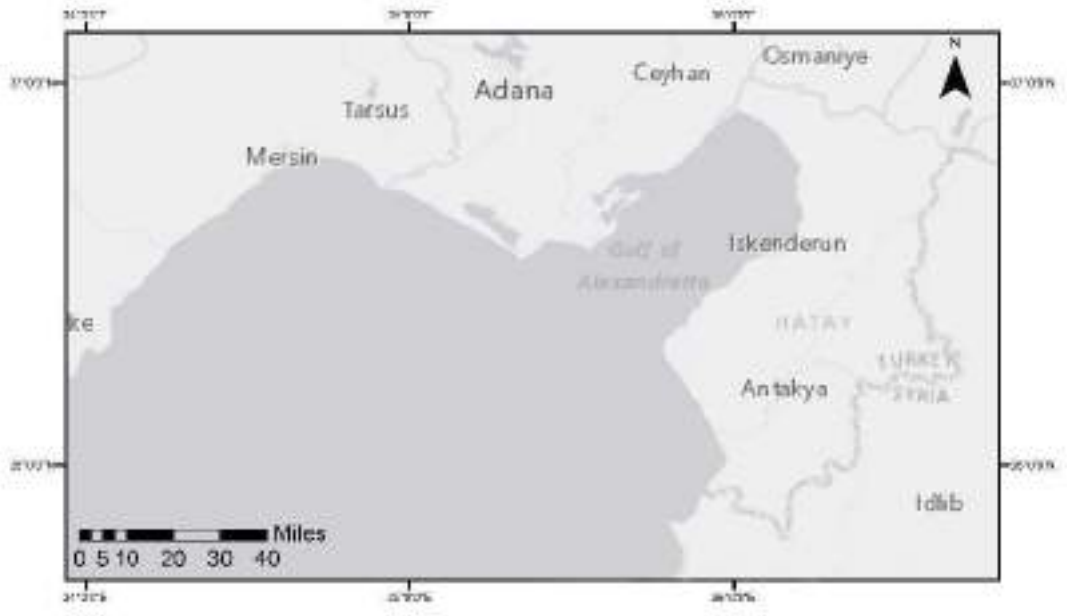
Keywords: satellite imagery; VIIRS, DNB; fishing vessels

1. GİRİŞ

Aşırı avlanma, küresel iklim değişikliği, kirlilik, habitat bozulumu ve insan popülasyonundaki artış gibi bir dizi faktörden dolayı dünya balık stoklarının %80'inin artık tamamen sömürüldüğü veya aşırı sömürülmüş olmasına rağmen deniz ve tatlı su balık stokları, insanlık için önemli bir protein kaynağıdır (FAO, 2009).
Sucul ekosistemlerinin sürdürülebilir kullanımı sadece sömürülen balık stoklarının değil, tüm ekosistemin etkin bir şekilde izlenmesini ve yönetilmesini gerektirir. Son on yıldır, ekosisteme yönelik ekosistem tabanlı bir yaklaşıma doğru küresel bir değişim olmuştur ve ekosistemlerin karmaşıklığını ve bileşen parçaları arasındaki bağlantıların farkına varılmıştır (Fisheries and Oceans Canada, 2002). Böyle bir yaklaşım, coğrafi sınırları (zaman ve mekânda değişebilir), ekosistemin dinamikleri de dahil olmak üzere, ekosistemin özelliklerinin anlaşılmasını gerektirir (Stuart, 2011). Sucul ortamda bulunan mevcut besin dalgalanmalarının ekosisteme etkisi, belirli bir zamanda ve yerde pelajik ekosistemin değişkenliğini tanımlayan ekolojik göstergelerin uygulanması yoluyla incelenebilir. Bu göstergeler ekosistem faktörleri ve anahtar türlerin arasındaki ilişkiyi daha iyi anlamamızı sağlayabilir.
1960'ların başında su sıcaklığı ve rengini ölçen uydu sensörlerinin ortaya çıkmasından bu yana uydu bazlı uzaktan algılamanın denizel balıkçılık ilişkisi bilinmektedir (Santos, 2000). O zamandan beri, uydu görüntüleri ile veri toplama ve bu verilerin işlenmesi alanında önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Yeni yüksek çözünürlüklü uydu veri setleri balıkçılık alanında kullanılabilecek analizler için tamamen erişilebilir hâle gelmiştir. Bu bağlamda uydulardan elde edilen küresel, günlük, sistematik ve yüksek çözünürlüklü görüntülerin varlığı, deniz organizmaları ile yaşam alanları arasındaki ilişkileri aydınlatmak için önemli bir veri kaynağı oluşturmuştur (Polovina and Howell, 2005; Dulvy et al., 2009). Bununla birlikte, aşırı avlanma, yasadışı balık tutma, önemli türlerin yaşam alanlarının bozulması, küresel deniz balıkçılığının uzun vadeli ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliği gibi konular nedeniyle aktif izleme balıkçılık dağılım ve değişimini anlamak oldukça önemlidir. Aynı zamanda gece balık tutmak için ışık kullanan gemileri gözlemlemek, balıkçı gemilerinin pozisyonlarını izlemek zamanla potansiyel balıkçılık alanlarının belirlenmesi açısından önemli görülmektedir. (Kiyofuji et al., 2004; Semedi et al., 2002). Laurs ve Brucks (1985) Amerika Birleşik Devletleri'nde uydular ile elde edilen uzaktan algılama verilerini okyanus balıkçılığı uygulamalarında değerlendirmişlerdir. Fiedler vd. (1985) tarafından Doğu Kuzey Pasifik'teki yapılan balıkçılıkta uydu görüntülerinin son ve potansiyel kullanımlarına örnekler verilmiştir. Yamanaka (1982) Japonya'da yapılan balıkçılıkta uydu görüntülerinde kullanım olanaklarını açıklamıştır. (Gower 1982), yaptığı çalışmada balıkçılık bilimi ve oşinografi ile ilgili farklı uzaktan algılama verilerinin bir özetini sunmuş ve (Montgomery 1981) uydu görüntülerinin balıkçılık dahil olmak üzere okyanus endüstrilerine faydasını tartışmıştır.
Gündüz / Gece Bandı (DNB) radyometresi taşıyan VIIRS (The Visible Infrared Imaging Radiometer) Suomi-NPP (The Suomi National Polar-orbiting Partnership) uydu görüntülerinden faydalanılarak gece ışık kullanan balıkçı teknelerinin konumları ve potansiyel balıkçılık alanları tespit edilebileceği bilinmektedir (Levin, 2017).
Güney Çin Denizi bölgesinde gemi aktivitesinin değişimini izlemek için Suomi NPP'de gündüz / gece bandının (DNB) uydu görüntülerini kullanarak gemilerin zamansal yoğunluk tahmin haritasını oluşturuyormuştur (Yamaguchi, 2017). Kuzeybatı Pasifik'te ekonomik önemi yüksek üç türün potansiyel balıkçılık alanlarının, balıkçı teknesi ışıkları yardımıyla VIIRS uydu görüntülerinden faydalanılarak tespiti yapılmıştır (Liu, 2015). Doğu ve Güneydoğu Asya, Güney Amerika'da VIIRS görüntüleri, Münhasır Ekonomik Bölgedeki (EEZ) yasadışı balıkçılık faaliyetlerine ve Münhasır Ekonomik Bölge sınırlarına yönelik ihlalleri tespit edilmesinde kullanılmıştır (Christopher, 2015).
Son yıllarda uydu görüntülerinin balıkçılık alanında kullanılabilirliğine yönelik çalışmalar hız kazanmıştır. Ülkemizde ekosistem temelli çalışmalarda uydu görüngelerinden faydalanılmasına rağmen özelde balıkçı teknelerinin konumlarının zamansal değişimleri hakkında çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışma kapsamında , Gündüz / Gece Bandı (DNB) radyometresi taşıyan VIIRS (The Visible Infrared Imaging Radiometer) Suomi-NPP (The Suomi National Polar-orbiting Partnership) uydu görüntülerinden faydalanılarak gece ışık kullanan balıkçı teknelerinin konumları ve potansiyel balıkçılık alanları tespit edilmeye çalışılmıştır.

2. UYGULAMA

Teknelerinin konumlarının ve potansiyel av sahalarının tespiti amacıyla 2017-2018 balıkçılık sezonunda Ülkemizin Doğu Akdeniz karasularında (Şekil 1.) avcılık faaliyeti gösteren trol teknelerinden faydalanılmıştır. Ülkemizde 1380 sayılı Su Ürünleri Kanunu kapsamında 4/1 numarılı ticari amaçlı su ürünleri avcılığını düzenlenmesi hakkındaki tebliğ uyarınca 15 Eylül 2017 ile 15 Nisan 2018 tarihleri arasında Akdenizde trol teknelerinin avcılık yapabilmesi için izin verilmiştir. Bu nedenle alınan uydu görüntüleri ve AIS verileri bu tarihler arasını kapsamaktadır.



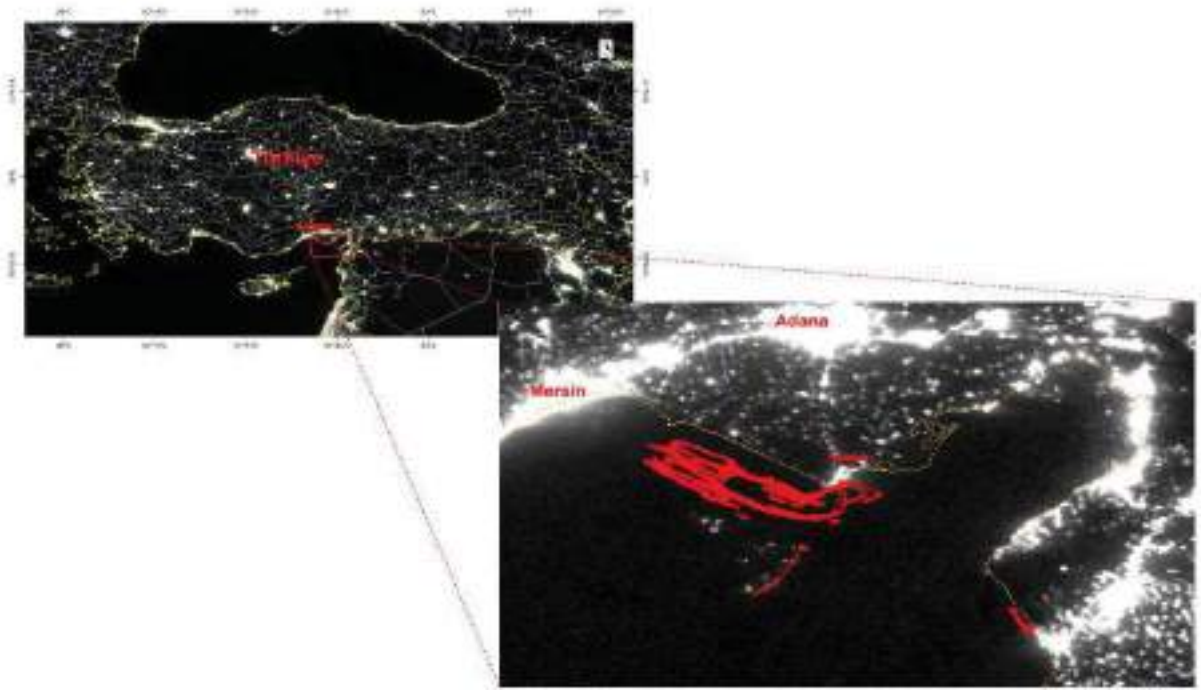
Şekil 1. Uygulama bölgesi olan ülkemizin Doğu Akdeniz karasuları.

Bu çalışmada iki çeşit veri kullanılmıştır. Bunlardan birincisi balıkçı teknesi konum verisi ikincisi ise uydu verisidir.

2.1. Balıkçı teknelerinin konum verilerinin elde edilmesi

Doğu Akdeniz balıkçılık sahası uygun zemin yapısı ve demersal balık stoklarının varlığı nedeniyle dip trolu avcılığının yoğun olarak yapıldığı bir bölgedir. Doğu Akdeniz de yer alan balıkçı barınakları arasında Karataş balıkçı barınağı, bu bölgede trol avcılığı yapan birçok teknenin kayıtlı olduğu en önemli limanlardan birisidir. Karataş balıkçı barınağında kayıtlı trol avcılığı yapan boyları 12-30 metre arasında yaklaşık 40 teknenin olduğu bilinmektedir (Anonim, 2018).

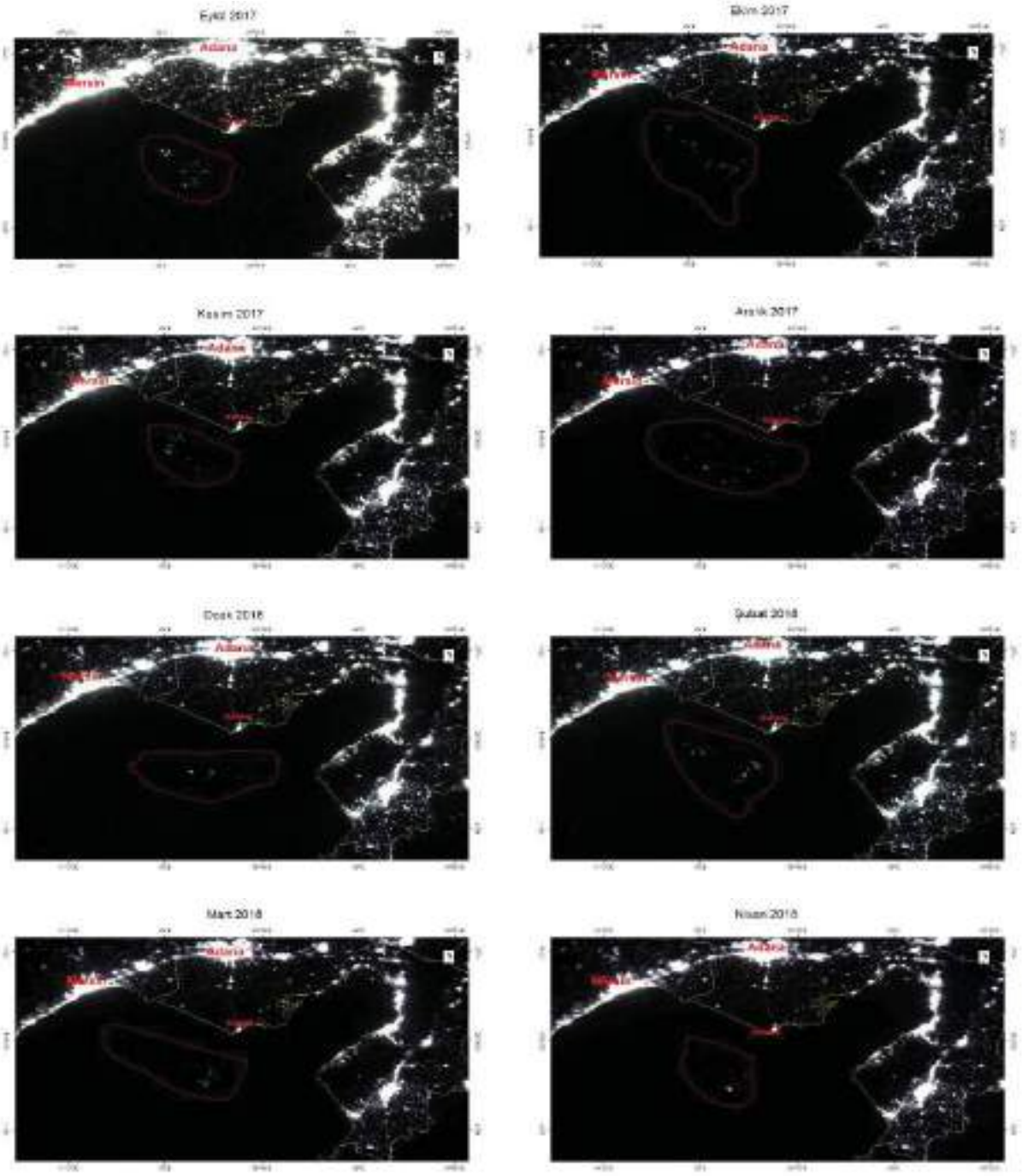
Doğu Akdeniz de yer alan Karataş balıkçı Barınağına kayıtlı trol teknelerin gerçek konumları, Otomatik Tanımlama Sistemi (AIS-Automatic Identification System) yakın mesafeler içinde deniz araçlarının takip edilmesini sağlayan gemi izleme sisteminden alınmıştır. Örnek uygulama olarak 2017 Eylül ayı birleştilirmiş uydu görüntüsü üzerinde 23 Eylül 2017 21:00 ile 24 Eylül 2017 06:00 saatleri arasında AIS'ten alınan Karataş açıklarında gece balıkçılık faaliyeti gösteren 15 adet teknenin konuları kullanılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Eylül 2017 birleştilirmiş uydu görüntüsü üzerinde 23 Eylül 2017 tarinde 15 balıkçı teknesinin konumları (*kırmızı noktalar).

2.2. Uydu verilerinin elde edilmesi

NASA ve NOAA tarafından 2011 yılında Gece avcılık faaliyeti yapan balıkçı teknelerinde bulunan ışık kaynaklarının tespitinde insan kökenli ışık kaynaklarına yüksek hassasiyeti olan Gündüz / Gece Bandı (DNB) radyometresi taşıyan VIIRS (The Visible Infrared Imaging Radiometer) sensörlü Suomi-NPP (The Suomi National Polar-orbiting Partnership) uydusu kullanılabileceği bildirmiştir.
Yürütülen bu çalışmada Suomi-NPP aylık birleştirilmiş (Eylül 2017-Nisan 2018) gece görüntülerinden faydalanılmıştır http://www.class.ngdc.noaa.gov/ Aylık birletilirmiş uydu görüntülerinde ise denizel ortamda bulunan ışık kaynakları incelenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Gündüz / Gece Bandı (DNB) radyometresi taşıyan VIIRS (The Visible Infrared Imaging Radiometer) sensörlü Suomi-NPP (The Suomi National Polar-orbiting Partnership) uydusu Aylık birleştilirmiş (01 Eylül 2017-01 Nisan 2018) gece görüntüleri.

Bu çalışmada, Uydu görüntüleri ile balıkçılık veri kümelerinin enlem ve boylam pozisyonları ENVI 5.3 ve ArcGIS 10.0 programları kullanılarak belirlenmiştir.

3. SONUÇ

Ülkemizde balıkçılık kaynaklarının optimum şartlarda kullanılması, sürdürülebilir balıkçılık için oldukça önemlidir. Bu çalışma kapsamında, Doğu Akdeniz'de balıkçılık faaliyeti gösteren trol teknelerinin AIS konumları ve aylık birletilirmiş uydu görüntülerinin zamansal konumları 23 Eylül 2017 tarihinde örnek

uygulama şeklinde sunulmuştur. Şekil 2'de görüldüğü gibi Eylül ayı birleştirilmiş uydu görüntüsü ile tekne konumları birbirine yakın av sahasında olduğu görülmektedir. Aynı zamanda uydu görüntüleri ile tekne konumlarının aynı noktalarda çakıştığına rastlanılmaktadır. Bu ilk örnek çalışma ile Ülkemizde balıkçılık alanlarının tespitinde uydu görüntülerinin de kullanılabileceği anlaşılmaktadır. Uydu görüntüleri ile balıkçı teknelerin potansiyel avcılık sahalarının tespit edilmesi balıkçılık yönetim uygulamalarında fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Aynı zamanda Otomatik Tanımlama Sisteminin (AIS-Automatic Identification System) teknik nedenlerden ötürü zaman zaman (Balıkçıların cihazı açık bırakmamaları, cihazın bozuk olması vb.) tekne konumlarının doğru verememektedir. Bu sorunların ortadan kaldırılması ileride yapılacak çalışmalardan elde edilecek verilerin daha sağlıklı olmasını sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Anonim, 2018. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı.

Dulvy, N. K., Chassot, E., Heymans, J. J., Hyde, K., Pauly, D., Platt, T., and Sherman, K. 2009**.** Climate change, ecosystem variability and fisheries productivity. In Remote Sensing in Fisheries and Aquaculture, 8, pp. 11–28. Ed. by M-H. Forget, V. Stuart, and T. Platt. IOCCG, Dartmouth, Canada. 128 pp.

Elvidge, C., M. Zhizhin, K., Baugh and F., C, Hsu. 2015. "Automatic Boat Identification System for VIIRS Low Light Imaging Data." Remote Sensing 7(3): 3020-3036.

FAO. 2009. The State of the World's Fisheries and Aquaculture 2008. FAO, Rome. 176 pp.

Fiedler. P.C.. G.B. Smıth. and R.M. Lattrs. 1985. Fisheries aplications of satellite data in the eastern Xorth Pacific. Mar. Fish Rev. 46 : 1-13

Fisheries and Oceans Canada. 2002. Canada's ocean strategy. Policy and operational framework for integrated management of estuar- ine, coastal and marine environments in Canada. Fisheries and Oceans Canada. 36 pp.

for determining distribution and movement of Pacific saury, Cololabis saira. Fish. Sci. 68:1781–1784.

Gower, J. F. R. 1982. "General Overview of the Nature and Use of Satellite Remote Sensing Data for Fisheries Application." Montgomery, D. (1981). "Commercial applications of satellite oceanography."

Jacobsen, K., 2015, Geometric Potential of Pleiades Models with Small Base Length, *35th EARSeL Symposium and Spatial Informaiton Sciencies* XL-3/W2, 81-86.

Kiyofuji, H., and S. Saitoh. 2004. Use of nighttime visible images to detect Japanese common squid Todarodes pacificus fishing areas and po- tential migration routes in the Sea of Japan. Mar. Ecol. Prog. Ser. 276:173–186.

Laurs. R.hI.. and J.T. Brvcks. 1985. Living hlarine Resource Applications. In Barry Saltzman. ed.. Advances in Geo- physics 3. 419-450.

Levin, N. 2017**.** The impact of seasonal changes on observed nighttime brightness from 2014 to 2015 monthly VIIRS DNB composites. Remote Sensing of Environment, 193, 150-164.

Liu, B. L., Fang, Z., Chen, X. J., and Chen, Y. 2015. Spatial variations in beak structure to identify potentially geographic populations of Dosidicus gigas in the Eastern Pacific Ocean. Fisheries Research, 164: 185–192.

Montgomery. D.R. 1981. Commercial applications of sat el 1 it e oceanography. Oceanus 24 : 56-65.

Polovina, J. J., and Howell, E. A. 2005. Ecosystem indicators derived from satellite remotely sensed oceanographic data for the North Pacific. ICES Journal of Marine Science, 62: 319–327.

Polovina, J. J., Howell, E. A., 2005**.** Ecosystem indicators derived from satellite remotely sensed oceanographic data for the North Pacific. ICES Journal of Marine Science, 62: 319–327.

Santos, A. M. P., 2000**.** Fisheries oceanography using satellite and airborne remote sensing methods: a review. Fisheries Research, 49:1–20.

Semedi, B., S.-I. Saitoh, K. Saitoh, and K. Yoneta. 2002. Application of multi-sensor satellite remote sensing

Stuart, V., Platt, T.,,Shubha, S., 2011. The future of fisheries science in management: a remote-sensing perspective. ICES Journal of Marine Science 68(4), 644–650. doi:10.1093/icesjms/fsq200.

Yamaguchi, T., Asanuma, I., Park, J. G., Mackin, K. J., & Mittleman. 2017. Ocean Sensing and Monitoring IX, edited by Weilin (Will) Hou, Robert A. Arnone, Proc. of SPIE Vol. 10186.

Yamanaka, I. 1982. Application of satellite remote sensing to fishery studies in Japan. NAFO Sci. Counc. Studies 4 : 41-50

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7087

UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK SU KÜTLESİ DEĞİŞİMİNİN İZLENMESİ (SEYFE GÖLÜ ÖRNEĞİ)

Mustafa YAMAN[1], Zehra YİĞİT AVDAN[2]

[1] Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, 26555, Tepebaşı, Eskişehir, mustafa.yaman@yandex.com
[2] Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, 26555, Tepebaşı, Eskişehir, zyigit@anadolu.edu.tr,

ÖZET

Su, bildiğimiz evrende yaşam kaynaklarının başında gelmektedir. Suyun her formu, içerisinde yaşama dair bildiğimiz veya bilmediğimiz birçok zenginlik barındırmaktadır. Son yıllarda ve geleceğe dair öngörülerde su kaynaklarına dair ciddi olumsuz senaryolar türetilmekte ve bu senaryolar gün geçtikçe daha katı bir hâl almaktadır. İçinde bulunduğumuz zaman diliminde, bu tür senaryoların üzerinde durulması nedensiz değildir. İnsanoğlu olarak suyun yaşamsal öneminin farkında olmamızın yanında, bu farkındalığa rağmen, suyun varlığı ile ilgili oluşabilecek olumsuz sonuçların önüne geçmek için öz verisiz olduğumuz gerçeği bizleri çıkmaza sokmakta ve bu senaryoların yaşanabilir olasılığını artırmaktadır.

Su alanlarının izlenmesinde, günümüzün gelişen teknolojilerinden olan coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama tekniklerinin kullanılması araştırmacılara birçok kolaylıklar sağlamaktadır. Operasyon ve analiz imkanları sunan coğrafi bilgi sistemleri ve veri kaynağı olan uzaktan algılama teknolojilerinin kullanılması, çeşitli band aralıklarında üretilen uydu görüntülerinin ve hava fotoğraflarının işlenmesi ve istenilen parametrelerin analiz edilebilmesi, su alanlarının yönetiminde oldukça önem taşımaktadır.

Bu çalışma kapsamında, çalışma alanına ait uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları temin edilip, Normalize Edilmiş Su İndeksi (NDWI) analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre 1986 yılının Nisan ayında 61.520 km^2 olan göl alanı, 2017 yılının Nisan ayında 12.583 km^2'ye düşmüş ve aynı yılın Ekim ayı itibari ile göl tamamen kurumuştur.

Anahtar Sözcükler: sulak alanlar, sulak alanların izlenmesi, Seyfe Gölü, NDWI, uzaktan algılama

ABSTRACT

MONITORING WATER BODY CHANGE WITH USING SATELLITE IMAGES (SEYFE LAKE)

Water is at the forefront of life sources in the environment. Each form of water has many riches about living in that we know or do not know. In the last years and for the foreseeable future, serious negative scenarios about water resources are being derived and these scenarios are getting harder and harder. It is extremely important to focus on such scenarios in the time frame. In addition to being aware of the vital importance of water as mankind being, the fact that we are not self-sacrificing to overcome the negative consequences that may arise in the face of this awareness, puts us out of the way and increases the likelihood of these scenarios.

The use of geographical information systems and remote sensing techniques, which are one of the evolving technologies of today, is facilitating the monitoring of water areas. The use of geographical information systems that provide operations and analysis facilities and remote sensing technology which is a data source, the processing of satellite images and aerial photographs produced in various band intervals and the analysis of desired parameters are very important in the management of water areas.

The aim of this study is to provide NDWI analyzes by providing satellite images and aerial photographs of the study area. According to the results of the analysis, the lake area, which was 61.520 km^2 in April 1986, has decreased to 12.583 km^2 in April of 2017 and by the 10th month of the same year the lake has completely dried up.

Keywords: wetlands, monitoring of wetlands, Seyfe Lake, NDWI, remote sensing

1. GİRİŞ

Yaşam alanımız olan yeryüzünde iklimsel devinim ve değişimler her geçen gün daha da hissedilir boyutlara ulaşmıştır. Bu değişimlerden okyanusa kıyısı olan alanlar daha etkin bir şekilde karşı karşıya kalmaktadır. Ülklemiz her ne kadar okyanusa kıyısı olmasa da, üç tarafı denizlerle çevrili ve kuzey yarım kürede dört mevsimin de etkisi altında olan enlem ve boylamlarda konumlanmaktadır. 1971-2017 dönemi genel değerlendirmesine göre Türkiye yıllık ortalama sıcaklıklarında artış eğilimi dikkat çekmektedir. Türkiye yıllık ortalama sıcaklıkların sıralamasında en sıcak 10 yılın (1962, 1966, 1999, 2001, 2009, 2010, 2014, 2016, 2015, 2017,) 7 tanesi 2000 yılı sonrası dönemdedir. Yıllık toplam yağış dağılımında ise sıcaklığa benzer bir eğilim olmamakla birlikte bölgesel dağılımdaki farklılıklar dikkat çekmektedir (Gürkan vd. 2018).

Küresel boyutlarlardaki iklimsel değişimler ülkemiz üzerinde de gözle görülür değişimlerin nedenlerinden biri haline gelmiştir. Bu gibi sebeplerden ötürü gözle görülür değişimlerin en iyi izlenebildiği alanlar sulak alanlardır. Sulak alanlar üzerinde periyodik zaman aralıkları ile yapılabilecek gözlemler neticesinde, daha önce bahsi geçen sebeplerden ötürü değişime uğrayan su kütlelerini izleyebilmekteyiz. Su kütlelerinin değişiminde coğrafi bilgi sistemlerinin ve uzaktan algılama tekniklerinin kullanımı, günümüzde bu tür izlemelerin yapılabildiği en çok tercih edilen yöntem ve araçlardandır. Coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama teknikleri, mekânsal verilerin ilişkilendirilmesi ve çeşitli bir çok analizin yapılabildiği ve mekânsal veri ile ilgilenen bir çok disiplin tarafından da kullanıla gelen, disiplinler arası kooridinasyonun sağlanabildiği ortak bir platformdur.

Uzaktan algılama tekniklerinin kullanılabileceği ve ücretsiz olarak da ulaşılması mümkün olan Landsat çok bantlı uydu görüntüleri ile Sentinel çok bantlı uydu görüntülerinin kullanılması, bu çalışma için yeterli veri ve bilginin ulaşılmasına olanak sağlayacaktır. Landsat uyduları 1972 yılından itibaren faaliyette olan gözlem uyduları olup, bu çalışmada Landsat 4/5/7 ve 8 uydularına ait uydu görüntüleri kullanılacaktır. Landsat uydu görüntüleri https://earthexplorer.usgs.gov/ web adresinden ücretsiz olarak temin edilmiştir. Sentinel gözlem uyduları 2014 yılından itibaren faaliyette olan uydulardır. Sentinel 2 serisi uydularına ait uydu görüntüleri kullanılacaktır. Sentinel uydu görüntüleri https://scihub.copernicus.eu/ web adresinden ücretsiz olarak temin edilmiştir. Elde edilen görüntülerin zaman aralıkları, 1980'li yıllardan günümüze, yılların 4'üncü ayı ile 10'uncu aylarını kapsayacak şekilde seçilmiştir.

Uydu görüntülerinin temin edilmesinin ardından CBS yazılımları kullanılarak, çeşitli bant aralıklarındaki görüntülerini, matematiksel indisler yardımıyla analizleri yapılabilmektedir. Bu çalışmada kullanılacak olan analiz, Normalleştirilmiş Fark Su İndeksidir (Normalized Difference Water Index (NDWI)).

Bu çalışmanın amacı; 1980'li yıllardan itibaren eski tarihli uydu görüntüleri ve yakın tarihli uydu görüntüleri kullanılarak, 1986-2017 yılları arasındaki süreci değerlendirmek ve analizlerle sulak alanlardaki değişimlerin belirlenmesidir.

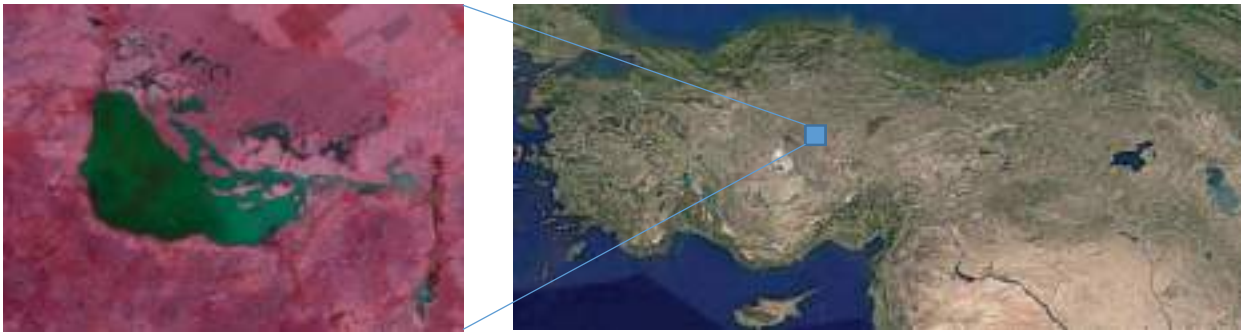
2. ÇALIŞMA ALANI

Kırşehir ilinin kuzeydoğusundaki tektonik çukurlukta yer alan Seyfe Gölü, Kırşehir İli Mucur ilçe sınırları içerisinde yer alan, ortalama 1110 metre rakıma sahip bir sulak alandır (**Şekil 1**). Adını batısındaki Seyfe Köyünden almaktadır. Ankara'ya 220 kilometre, Kırşehir'e ise 30 kilometre uzaklıktadır. Ramsar statüsüne sahip göllerdendir. Gölün doğusunda, kıyıya yakın sazlıklardan oluşmuş pek çok adacık vardır. Bu adacıklar ve göl çevresinde, ötücü kuşlar da dahil olmak üzere toplam 187 kuş türünün varlığı mevcuttur. Göl, su kuşlarının beslenme, üreme ve konaklama alanı olarak sadece Türkiye'nin değil, dünyanın da önemli sulak alanlarındandır.

Göl ve çevresi 1990 tarihinde " Tabiatı Koruma Alanı" olarak ilan edilmiştir. Göl aynı zamanda birinci derece "Doğal Sit Alanı"dır. Uluslar arası Kuşları Koruma Konseyi (ICDP), Seyfe Gölü'nde yaşayan 27 tür kuşu koruma listesine almıştır. Nesilleri azalan bu kuşlar, Türkiye'nin de taraf olduğu Bern Sözleşmesi ile koruma altına alınmıştır (**http 1**).

Yaz mevsiminde yörenin yağış almayışı, derelerin kuruması, pınarların sularının tamamına yakınının sulamada kullanılması ve aşırı buharlaşma nedeniyle gölün seviyesinde önemli miktarda düşüş yaşanmaktadır. Seyfe Gölü'nün alanı ve derinliği yağışlara bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Göl'ün derinliğinin yağışlı dönem sonrasında maksimuma ulaşarak 165 cm'ye çıktığı, ancak yapılan ölçümlerde kalıcı gölün derinliğinin 100-130 cm arasında değiştiği görülmüştür. Göl alanı içinde, binlerce kuşun kuluçkaya yattığı irili ufaklı bir çok ada

vardır. Göl'ün kuzeyinde göl kıyısına kadar uzanan geniş step alanları mevcuttur. Diğer kıyılar genellikle tarlalarla çevrilmiştir (**http 2**).

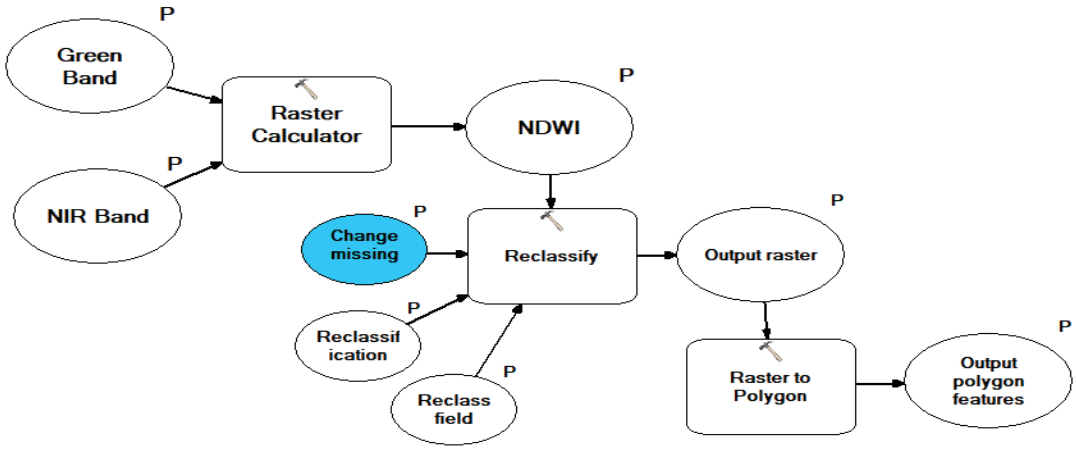


Şekil 1: Seyfe Gölü'nün konumu.

Seyfe Gölü'nün beslenimi, gölün kuzey ve kuzeybatısındaki pınarlar, dip kaynakları, drenaj alanındaki yüzeysel akış ve göl alanına düşen yağışlarla olmaktadır. Alanda önemli bir akarsu kaynağı bulunmamaktadır. Gölü besleyen en önemli pınarlar Seyfe, Horla ve Yenidoğanlı pınarlarıdır. Kapalı havza niteliğinde olduğundan gölün boşalımı buharlaşma ile gerçekleşmektedir. Ancak, Devlet Su İşleri tarafından inşa edilen drenaj kanalları vasıtasıyla göl suni olarak drene edilmektedir (**http 3**).

3. YÖNTEM

Çalışma kapsamında kullanılacak uydu görüntüleri, Mart-Nisan ayları itibarıyla Eylül-Ekim ayları da dahil olmak üzere genellikle havaların sıcak ve buharlaşmanın fazla olduğu yaklaşık 8 aylık periyodu kapsayacak şekilde temin edilmiştir. 1986-2015 yılları da dahil olmak üzere 29 yıllık sürece ait uydu görüntüleri, Earthexplorer (http://www.earthexplorer.usgs.gov) web sitesinden indirilmiştir. 2016-2017 yılları da dahil olmak üzere yakın tarihli 2 yıllık sürece ait uydu görüntüleri ise Copernicus Open Access Hub (https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home) web sitesinden indirilmiştir. Bu çalışmada, yaklaşık olarak 180 adet farklı tarihlerde alınan uydu görüntüsü kullanılmıştır. Genellikle gündüz ve güneş ışınlarının yeryüzüne dik geldiği zaman dilimleri ve en az bulutluluk oranını sağlayacak şekildeki kriterler ile görüntüler seçilmiştir. Elde edilen görüntüler üzerinde ArcGIS yazılımı kullanılarak NDWI analizi yapılmıştır. Bu analiz, uydu görüntüsü sayısının fazla olması sebebiyle, Model Builder kullanılarak tasarlanan araçla yapılarak sonuç verisi elde edilmesinde hız kazanılmıştır. **(Şekil 2)**



Şekil 2: ArcGIS Model Builder ile tasarlanan NDWI analiz aracı iş akış diyagramı.

NDWI, aşağıdaki formülden de görüldüğü üzere yeşil dalga boyu ve yakın infrared aralığını kullanarak açık su yüzeylerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Normalize edilmiş değerler -1 ile +1 arasındadır ancak, bu aralıkta açık alanda yansıma yapan su yüzeylerinden farklı yansımalar da analizde görülebilmektedir (Kaplan vd., 2016). Çalışmada bu aralık 0.15-1'den itibaren alınarak yansıma yüzeyleri en aza indirilmiştir. Böylece sulak alanların sınıflandırılması daha da kolaylaşmıştır.

$$NDWI = \frac{Green-NIR}{\text{Green+NIR}} \quad (1)$$

Çizelge 1'de görüldüğü üzere bu çalışmada kullanılan farklı kaynak ve zaman aralıklarındaki uydu görüntülerinin, analizlerde kullanılan bandlarının ve bu bandlarda hangi aralıkların olduğu listelenmiştir.

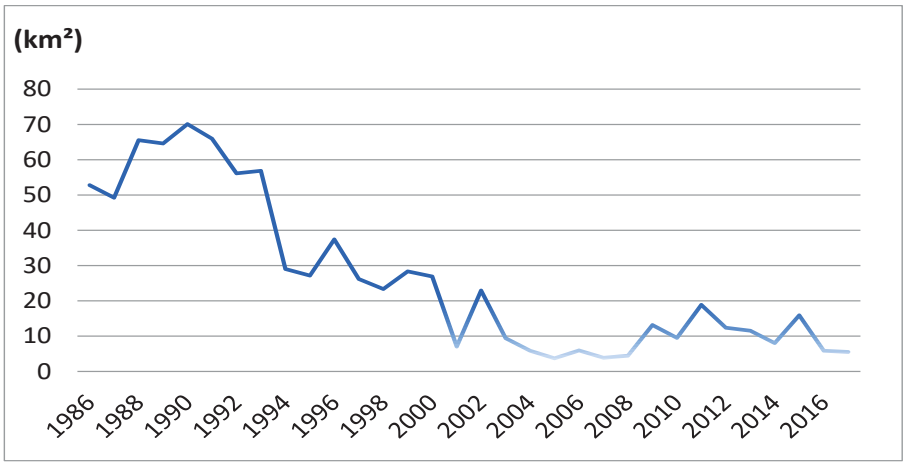
Çizelge 1: Kullanılan Landsat 4-5-7-8 ve Sentinel 2 gözlem uydularının band aralıkları.

Landsat 4-5 Thematic Mapper (TM) and Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)	1985-2011	Band 1 - Blue	0.45 - 0.52
		Band 2 - Green	0.52 - 0.60
		Band 3 - Red	0.63 - 0.69
		Band 4 - Near Infrared	0.77 - 0.90
		Band 5 - Short-wave Infrared	1.55 - 1.75
		Band 6 - Thermal Infrared	10.40 - 12.50
		Band 7 - Short-wave Infrared	2.09 - 2.35
		Band 8 - Panchromatic (Landsat 7 only)	0.52 - 0.90
Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)	2012-2015	Band 1 – Coastal Aerosol	0.435 - 0.451
		Band 2 – Blue	0.452 - 0.512
		Band 3 - Green	0.533 - 0.590
		Band 4 - Red	0.636 - 0.673
		Band 5 - Near Infrared (NIR)	0.851 - 0.879
		Band 6 - Short-wave Infrared (SWIR) 1	1.566 - 1.651
		Band 7 - Short-wave Infrared (SWIR) 2	2.107 - 2.294
		Band 8 - Panchromatic	0.503 - 0.676
		Band 9 – Cirrus	1.363 - 1.384
		Band 10 – TIRS 1	10.60 – 11.19
		Band 11 – TIRS 2	11.50 - 12.51
Sentinel 2	2016-2017	Band 1 – Coastal Aerosol	0.443 - 0.489
		Band 2 – Blue	0.490 - 0.559
		Band 3 - Green	0.560 - 0.664
		Band 4 - Red	0.665 - 0.704
		Band 5 – Vegetation Red Edge	0.705 - 0.739
		Band 6 - Vegetation Red Edge	0.740 - 0.782
		Band 7 - Vegetation Red Edge	0.783 -0.841
		Band 8 - (NIR)	0.842 - 0.864
		Band 8A – Vegetation Red Edge	0.865- 0.944
		Band 9 - Water vapour – TIRS 1	0.945 - 1.374
		Band 10 – SWIR-Cirrus	1.375- 1.609
		Band 11 – SWIR	1,610 - 2.189
		Band 12 – SWIR	2.190-

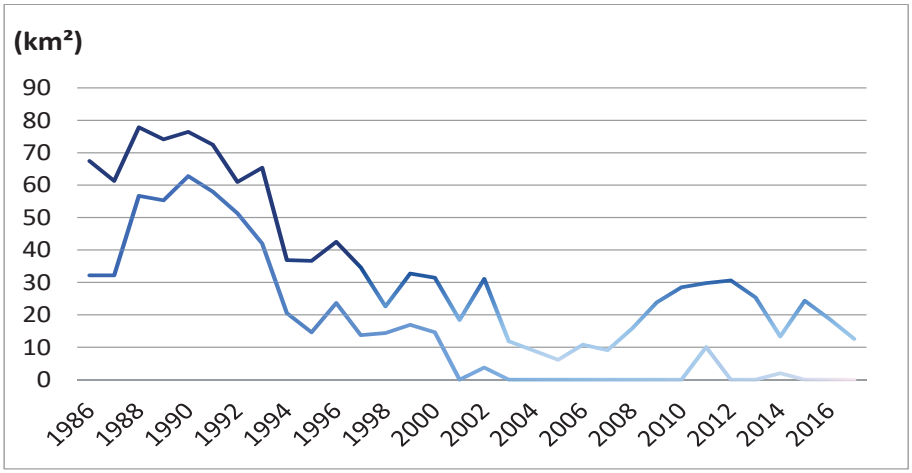
Kullanılacak formülasyonlarda Yakın Kızılötesi (NIR) Band ve Yeşil (Green) Band kullanılacaktır. Korkmaz vd. (2016), bu değerlerden yüksek pozitif değerler su, düşük pozitif ve negatif değerler de diğer arazi bileşenleri (toprak, kum bitki) olarak gözlemlenmektedir (MC Feeters 1996).

4. BULGULAR

Farklı yıllarda ve genellikle buharlaşma ve su kullanımının fazla olduğu dönemler baz alınarak elde edilen uydu görüntüleri ile Seyfe Gölü sulak alanındaki gölün alansal değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Baz alınan yıllar 1986 yılından itibaren 2017 yılına kadar olan süreci kapsamaktadır. Elde edilen uydu görüntüleri genellikle Nisan , Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları dönemi olan, bahar ve yaz aylarını kapsamaktadır. Buradaki amaç kış aylarında biriken su yoğunluğunun bahar ayları ile zirveye ulaştığı maksimum sulak alanını gözlemlemek ve yaz ayının tamamında gerçekleşecek buharlaşma ve su kullanımının etkisiyle oluşan minimum sulak alanı gözlemlemektir. 1986 yılı ile 2011 yılına kadarki süreci kapsayan uydu görüntüleri Landsat 4-5 (TM) ve Landsat 7 (ETM+), uydularından, 2012 ile 2015 yılına kadar olan süreci kapsayan uydu görüntüleri Landsat 8 (OLI)-(TIRS) uydularından ve 2016 ile 2017 yıllarını kapsayan uydu görüntüleri de Sentinel 2 uydularından elde edilmiştir. Görüntülere uygulanan NDWI analizi ile göldeki su alanındaki değişim gözlemlenmiştir. Gözlemler sonucunda 2002 yılından itibaren 2017 yılına kadar olan süreçte, genel itibarı ile yaz dönemlerinin sonunda gölün tamamiyle kuruduğu belirlenmiştir (**Şekil 4**). Gözlemlenen yıllarda gölün genel itibarıyla her geçen yıl alansal anlamda kayıp yaşadığı sonucuna ulaşılmıştır. (**Şekil 3**)

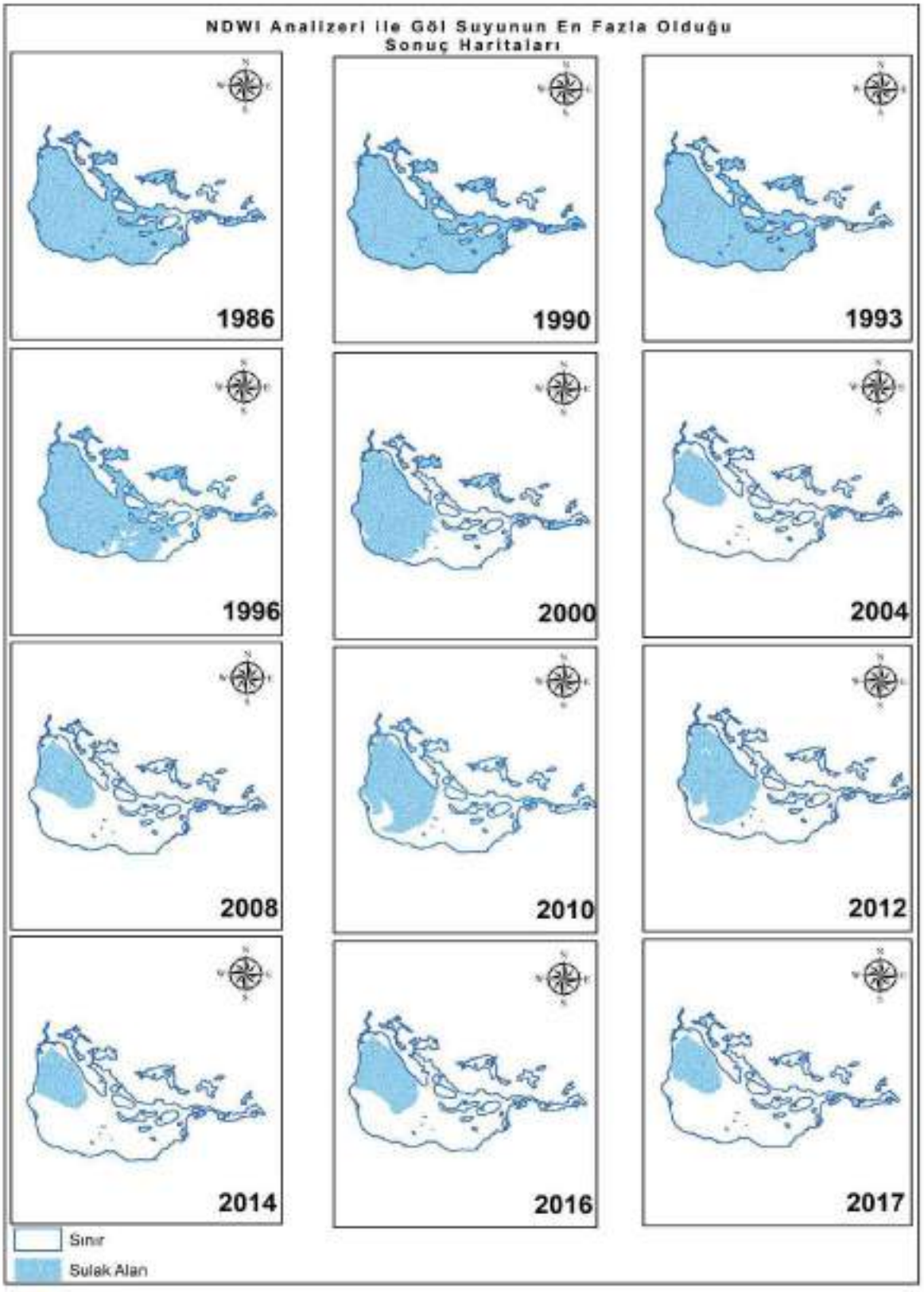


Şekil 3: 1986 ile 2017 yılları arasındaki Seyfe Gölü'ndeki suyun kapladığı alan değişimi.

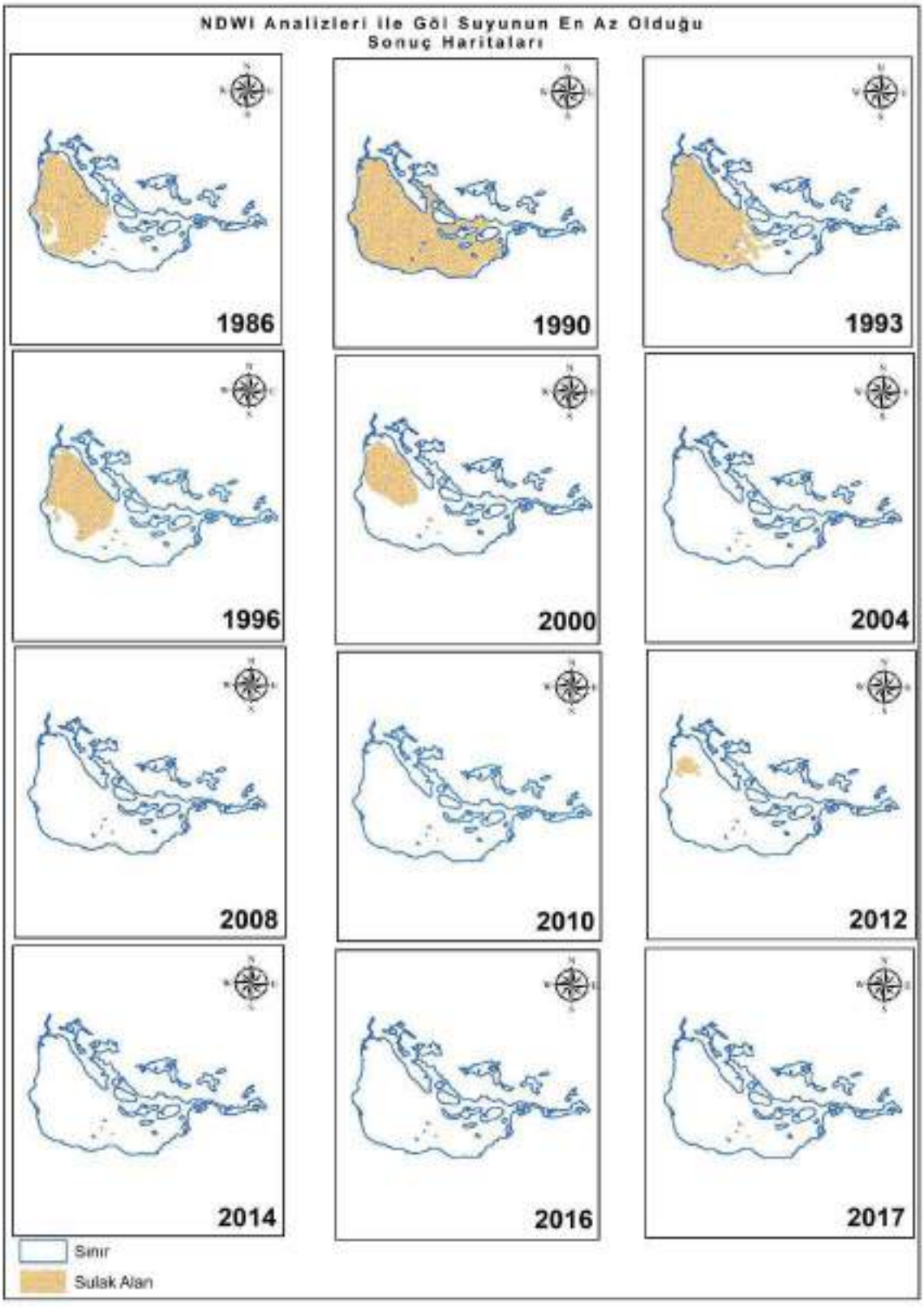


Şekil 4: 1986 ile 2017 yılları arasındaki Seyfe Gölü'ndeki suyun kapladığı en fazla alan ile en az alan karşılaştırması.

Elde edilen alansal değişimlerin karşılaştırılması sonucunda, 1986 yılı ile 2017 yılı arasındaki süreçte gözlem yapılan her yılın, 6 aylık periyodunda gerçekleşen alansal daralmanın 1986, 1995, 1996, 2002, 2009, 2010, 2012, 2016 ve 2017 yıllarında en fazla olduğu görülmektedir (**Şekil 4**).



Şekil 5: Yıllara göre NDWI analizi ile Seyfe Gölü'ndeki sulak alanın en fazla olduğu dönemler.



Şekil 6: Yıllara göre NDWI analizi ile Seyfe Gölü'ndeki sulak alanın en az olduğu dönemler.

5.SONUÇ

Seyfe Gölü ve havzası, korunacak alanlar statüsündedir. Ancak gölün çevresi bir çok tarımsal ve çevresel faktörlerden olumsuz etkilenmektedir. Olumsuz etkilerin göle verdiği zarar gözle görülür boyutlara ulaşmıştır. Küresel ısınma sonucu bölgesel yağışların dengesizliği, iklimsel bozulmalar, buharlaşmanın etkisi göldeki sulak alanların yok olmasını tetiklemektedir.

Seyfe Gölü ve havzası her ne kadar korunan alan statüsünde olsa da, alınan önlemler ne yazık ki yeterli düzeye ulaşamamaktadır.

Yaşanan olumsuz etkilerin gözlemlenmesi amacıyla yapılan NDWI analizi neticesinde, 1986 yılları ile 2017 yılları arasındaki alansal devinimler, Seyfe Gölü ve havzasını kuruma boyutlarına ulaştırmıştır. Yakın zamanda ilgili kurumlarca yeterli önlem alınamaz ise Seyfe Gölü ve havzasının tamamıyla kuruyacağı öngörülmektedir.

KAYNAKÇA:

Gürkan, H., Demircan, M., Eskioğlu, O., Yazıcı, B., Sümer, U., M., Kömüşçü, A., Ü., Arabacı, H., Aksoy, M., 2018, 1971-2017 Dönemi Türkiye İklim Değerlendirmesi, *Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği Bilimsel Kongresi*, İzmir.

Gezer, A., Erdem, A., 2018, Su Stresi, Su Kıtlığı ve Su Tasarrufu Hakkında Halkın Farkındalığının Belirlenmesi:Akdeniz Üniversitesi Örnek Çalışması, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 4(2), 113-122.

Dönmez S., 2018, Akşehir Gölü'ndeki Su Seviye Çekilmesinin Meteorolojik ve Uydu Verileri İle İzlenmesi, *Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33:1, 177-188.

Kaplan, G., Avdan, U., Avdan, Y., Z., Yıldız, D., N., 2016, Landsat Uydu Görüntüleri Kullanılarak Kuraklık İzlenmesi (Akşehir Gölü Örneği), *Uzaktan Algilama-Cbs Sempozyumu*, Adana.

Korkmaz, E., Avdan, Y., Z., 2016, Uydu Görüntüleri Kullanilarak Kurakliğin İzlenmesi (Sultan Sazliği Milli Parki Örneği), Eskişehir.

Kıymaz S., 2010, Seyfe Gölü Sulak Alanı ve Su Kaynakları Yönetimine İlişkin Sorunlar ve Çözüm Önerileri, *e-Journal of New World Sciences Academy Ecological Life Sciences*, 5A0036, 5(2), 174-185.

(http 1) http://www.kirsehir.gov.tr/seyfe-golu-ve-kus-cennetimiz

(http 2) http://www.seyfegolu.com

(http 3) http://www.turkiyesulakalanlari.com/seyfe-golu-kirsehir

BİBLİYOGRAFYA

Mc Feeters, S.K., 1996 The Use Of The Normalized Difference, İnternational Journal Of Remote Sensing 17(7) ,syf-1425-1432.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7088

UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK KURAKLIĞIN İZLENMESİ (SULTAN SAZLIĞI MİLLÎ PARKI ÖRNEĞİ)

Engin KORKMAZ[1], Zehra YİĞİT AVDAN[2]

[1] Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı
E-posta: enginkorkmaz83@hotmail.com
[2] Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı
E-posta: zyigit@anadolu.edu.tr,

ÖZET

Son birkaç yüzyılda insanoğlunun artan beşerî faaliyetleri nedeniyle ekosistemde birçok değişim meydana gelmiştir. Özellikle sanayinin gelişmesi, bununla beraber artan nüfus ve bu nüfusu beslemek için dünya kaynaklarının yoğun bir şekilde kullanımı bu değişime neden olmuştur. Beşerî faaliyetlerin artmasıyla oluşan bu değişim 20. yy sonlarından itibaren iyice gün yüzüne çıkmaya başlamıştır. İklim değişimi bu değişimin en önemlilerinden biridir. İklimin değişmesiyle paralel birçok sorun ortaya çıkmaktadır. Özellikle Türkiye gibi Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü ülkeler bu değişimden daha olumsuz etkilenmektedir. Beşerî faaliyetlerin artması ve iklim değişimiyle sulak alanlarda zarar görmektedir. Günümüzde uydu teknolojileri ve uydu görüntüleri kullanılarak bazı matematiksel hesaplamalar yapılabilmektedir. Böylece, karar vericiler bu değişimi önceden tahmin edebilmekte ve önlem alabilmektedir. Bu çalışmada Kayseri ilinde yer alan Sultan Sazlığı Millî Parkı'nda 32 yıl içinde su kütlesinde meydana gelen değişim Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi (NDWI) analizi ile belirlenmeye çalışılmış, Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI) analizi ile su kütlesinde meydana gelen değişimin alandaki bitki formasyonuna etkisi gözlemlenmiştir. Analizler yapıldıktan sonra oluşturulan sonuç haritalarında Sultan Sazlığı Millî Parkı'nda 1984'ten 2013'e suların neredeyse tamamen çekildiği, 2013'ten sonra ise tekrar canlandığı görülmüştür. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın İl Çevre Durum Raporları'nda ve bölge ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde bu canlanmanın nedeninin 2009'dan sonra bölgeye su sağlanması ve çiftçi eğitimleriyle birlikte bölgeye su sağlayan derelerden su kullanımının azaltılması olduğu görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: iklim değişikliği, kuraklık, NDVI, NDWI, Sultan Sazlığı

ABSTRACT

DROUGHT MONITORING BY USING SATELLITE IMAGES (CASE STUDY OF SULTAN SAZLIĞI NATIONAL PARKING)

In the last few centuries, many changes have occurred in the ecosystem due to the increasing human activities of the human being. Especially the development of the industry, together with the increasing population and the intensive use of world resources to feed this population, has caused this change. This change, which has been caused by the increase of human activities, has started to surface from the end of the 20th century. Climate change is the most important of these changes. Climate change is emerging parallel many problems with the countries of the Mediterranean climate prevails in Turkey as .Özellikl more negatively affected by this change. Increase in human activities and climate change It is damaged in wetlands. Today, some mathematical calculations can be made using satellite technology and satellite images. Thus, we can anticipate and anticipate this change. In this study, the changes that took place in the Sultan Sazlığı National Park in Kayseri province in 32 years were tried to be determined by the NDWI analysis. The NDVI analysis showed the effect on the formation of the plant in the area. After the analyzes were made, it was seen that the lake maps were drawn almost completely from 1984 to 2013 in the Sultan Marshes National Park, and then revived after 2013. As the Ministry of Environment's Environmental Status Reports and the studies on the region are examined, it is seen that the reason for this increase is the water supply to the region after 2009 and the reduction of the water usage from the water supply points to the region together with the farmer education.

Key Words: climate change, drought, NDVI, NDWI, Sultan Sazlığı

1. GİRİŞ:

İklim, dünyada yaşayan tüm canlılar üzerinde mutlak etkiye sahiptir. İklimin oluşumunda birçok parametre etkili olmaktadır (sıcaklık, yağış, nem, rüzgâr). İklimde zamana bağlı bazı değişimler gözlemlenmektedir. Bu değişimler doğal ve beşerî nedenlere bağlı olabilmektedir (Türkeş, 2012).

Son yüzyılda sanayinin gelişimi, nüfusun artması, şehirlerin büyümesi doğal ortamda birçok değişim meydana getirmiştir. Bu değişim zamanla iklimi de etkilemektedir ve bu değişim farklı bölgelerde farklı etkilere neden olabilmektedir.

İklimin zamanla insan etkisiyle değişmesiyle birlikte göller ve sulak alanlarda da değişim meydana gelmiştir. Bazı sulak alanlar ve göller kuruma noktasına gelmiş ve hatta bazıları kurumuştur.

Sulak alan ve göller birçok ekosistemi bünyesinde barındırdığı için kuruma noktasına gelen ve kuruyan alanlarda bu ekosistemlerde büyük zarar görmüşlerdir. Tuz Gölü son 30 yılda %35 azalmış, Beyşehir Gölü %25'nde, İznik Gölü 10 m çekilmiş, Eğridir Gölü suları ciddi miktarda çekilmiş, Manyas Gölü 40 cm çekilmiş, Van Gölünde 2 metrelik düşüş yaşanmıştır (Yüksel, 2008).

Günümüzde iklimde ve sulak alanlarda meydana gelen bu değişim Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri ile belirlenebilmektedir. Uzaktan Algılama 1960'ların sonu ve 1970'lerin başlarından itibaren göller, nehirler ve sulak alanlarda dahil olmak üzere birçok alanda kullanılmıştır.

Su, insan ve diğer tüm canlılar için yaşamsal öneme sahip olduğu için, su yönetimi doğru planlanmalı ve gelecek kuşaklara kaynakların aktarılması gerekmektedir. Bunun için de kuraklık tehlikesini ve kuraklığın sulak alanlara etkisini belirlemek amacıyla uzaktan algılama ve meteorolojik veri tabanlı farklı indisler geliştirilmiştir (Bagheri, 2015). Bu indisler kullanılarak sulak alanlarda meydana gelen bu değişim tespit edilebilecek ve önlem alınabilecektir.

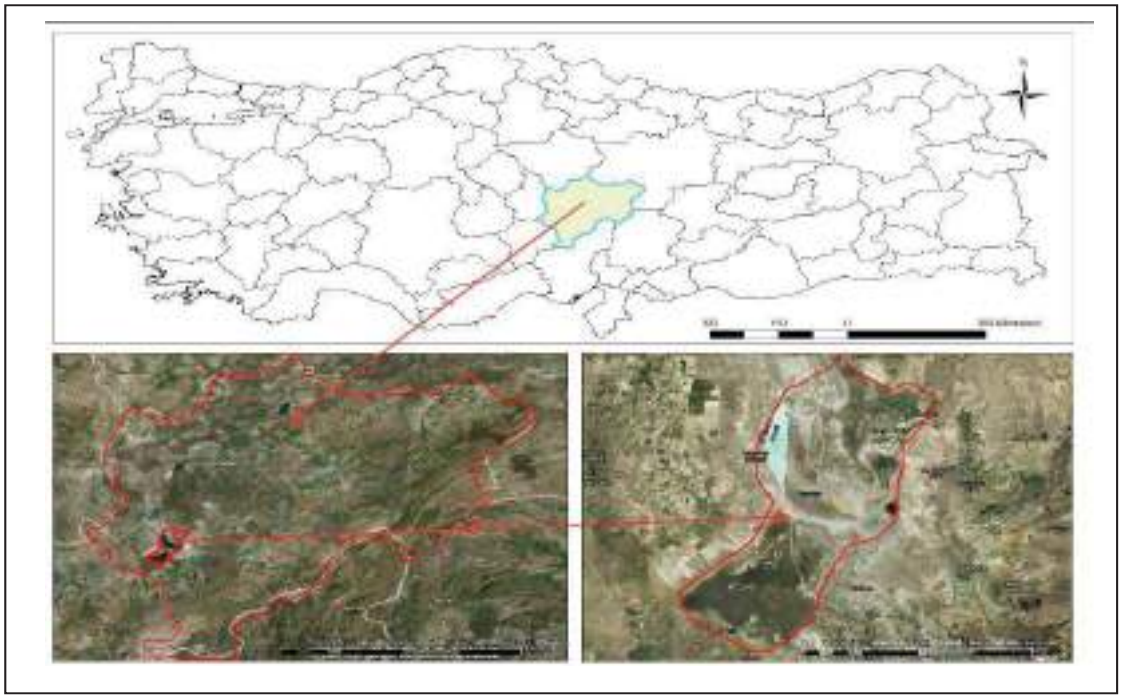
Günümüzde Landsat görüntüleri kullanılarak birçok analiz yapılabilmektedir. Bu analizlerin yapılabilmesi için farklı matematiksel indisler geliştirilmiştir (MC Feeters, 1996). Bu indislerden biri olan NDWI, su alanlarının tespitinde ve zamanla su alanlarında meydana gelen değişim hesaplanmasında kullanılabilmektedir. Bir diğer indis olan NDVI ise, belirli alanlardaki bitki formasyonu hakkında bilgi vermektedir.

Bu analizler ve uydu görüntüleri kullanılarak: Büyükçekmece Gölü, (Dinç v.d., 1995), Tuz Gölü (Efe ve Demir 2007), Işıklı Gölü, (Bahadır, 2011), Acıgöl Havzası, (Bahadır, 2013) Akşehir Gölü, (Kaplan v.d., 2016) Tuz Gölü, (Orhan, 2015) İstanbul Sazlıdere Gölü, (Sarıoğlu v.d., 2015) örneklerinde benzer çalışmalar yapmışlardır. Ayrıca çalışma bölgesinde daha önce Sultan Sazlığı'nın alansal değişimi üzerinde çalışma gerçekleştirmişlerdir (Sönmez ve Somuncu, 2016).

Bu çalışmada, Kayseri Sultan Sazlığı Millî Park'ında, 32 yıllık bir dönemde meydana gelen değişimin NDVI ve NDWI indeksleri kullanılarak tespit edilmesi amaçlanmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı olarak İç Anadolu Bölgesi'nde bulunan Sultan Sazlığı Millî Parkı seçilmiştir. Seçilen bölgenin koordinatları: 38°15'08.86"K - 35°17'00.50"D'dır. Sultan Sazlığı Millî Parkı, İç Anadolu Bölgesi'nde, Kayseri ili, Yeşilhisar, Develi ve Yahyalı ilçeleri gibi üç önemli turizm merkezinin ortasında yer almaktadır (**Şekil 1**)**.** Sultan Sazlığı Millî Parkı, daha önce tabiatı koruma alanı iken, 2006 yılında millî parka dönüştürülmüştür. Toplam alanı 24.357 hektardır. Tatlı ve tuzlu su ekosistemlerinin bir arada bulunduğu nadir bir ekosistem oluşu, nesli tehlikeye düşmüş veya düşebilir türlerin de yer aldığı 301 kuş türünün beslenme, barınma ve kuluçka alanı oluşu, Avrupa'da turna, flamingo, akbalıkçıl, kaşıkçı kuşlarının bir arada kuluçkaya yattığı tek alan oluşu kaynak değerlerini oluşturmaktadır (http 2). 24.523 ha büyüklüğünde, adını Osmanlı İmparatorluğu Dönemi'nde sultanların avlak yeri olmasından alan Sultan Sazlığı jeolojik devirlerde volkanik dağ olan Erciyes Dağı'nın yükselişiyle birlikte oluşan Develi, Yahyalı ve Yeşilhisar İlçeleri arasında kalan 319.000 ha'lık kapalı su toplama havzasının ortasında yer almaktadır. Kayseri'nin 90 km güneyindedir (Kayseri İl Çevre Durum Raporu, 2013).



Şekil 1: Sultan Sazlığı Millî Parkı Lokasyon Haritası.

3. YÖNTEM

Bu çalışmada, farklı tarihlerde alınan altı adet uydu görüntüsü kullanılmıştır (**Çizelge 1**). Görüntüler ücretsiz olarak Earthexplorer (http://www.earthexplorer.usgs.gov) web sitesinden indirilmiştir. Görüntüler 175/033 Pat/Row'dan seçilmiş ve 0 bulutluluk olmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca, çalışmada kullanılan görüntüler mevsimsel değişimlerden etkilenmemek için yaz mevsimi, Temmuz ve Ağustos ayından seçilmiştir. Elde edilen görüntüler üzerinde ArcGIS yazılımı kullanılarak NDWI ve NDVI analizleri yapılmıştır. Bu çalışmada McFeeters'ın1996 yılında gerçekleştirdiği açık su yüzeylerinin tanımlanması ve sınırlarının belirlenmesi için geliştirilen yeşil (2. Band) ve yakın kızılötesi (4. Band) band kombinasyonu kullanılan su indeksi tercih edilmiştir. İndeks aşağıdaki şekilde formüle edilmektedir.

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR} \qquad (1)$$

Bu formül kullanılarak elde edilen indeks değerleri -1 ile +1 arasında değişmektedir. Bu değerlerden, yüksek pozitif değerler su, düşük pozitif ve negatif değerler de diğer arazi bileşenleri (toprak, kum bitki) olarak gözlemlenmektedir (MC Feeters 1996).

Ayrıca su kütlesindeki değişimin çevreye ve bitki formasyonuna etkisini bulabilmek için NDVI analizi yapılmıştır. NDVI bitkilerle ilgili çalışmalarda en basit fakat en fazla kullanılan indekslerden biridir (Bonneau,1999). Bu indekste farklı bitki formasyonlarının spektral banttaki farklı dalga boylarına verilen farklı tepkilerle bitki varlığı ve hatta bitki türü belirlenebilmektedir. NDVI aşağıdaki formülle hesaplanabilmektedir:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \qquad (2)$$

Bu indeks sonucunda -1 ile +1 değerleri arasında değişen tek bantlı bir veri üretilir ve burada yüksek değerler daha fazla ya da daha sağlıklı bitki formasyonuna işaret eder. Değer -1`e yaklaştıkça o bölgede hiç bitki olmadığı anlamına gelir. Su alanları, NDVI analizinde -1`e en yakın değerler alır. (Bonneau, 1999).

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri.

ALGILAYICI	GÜN	AY	YIL
Landsat 5	13	08	1984
Landsat 5	19	08	1992
Landsat 7	31	07	2000
Landsat 8	12	08	2013
Landsat 8	20	08	2016

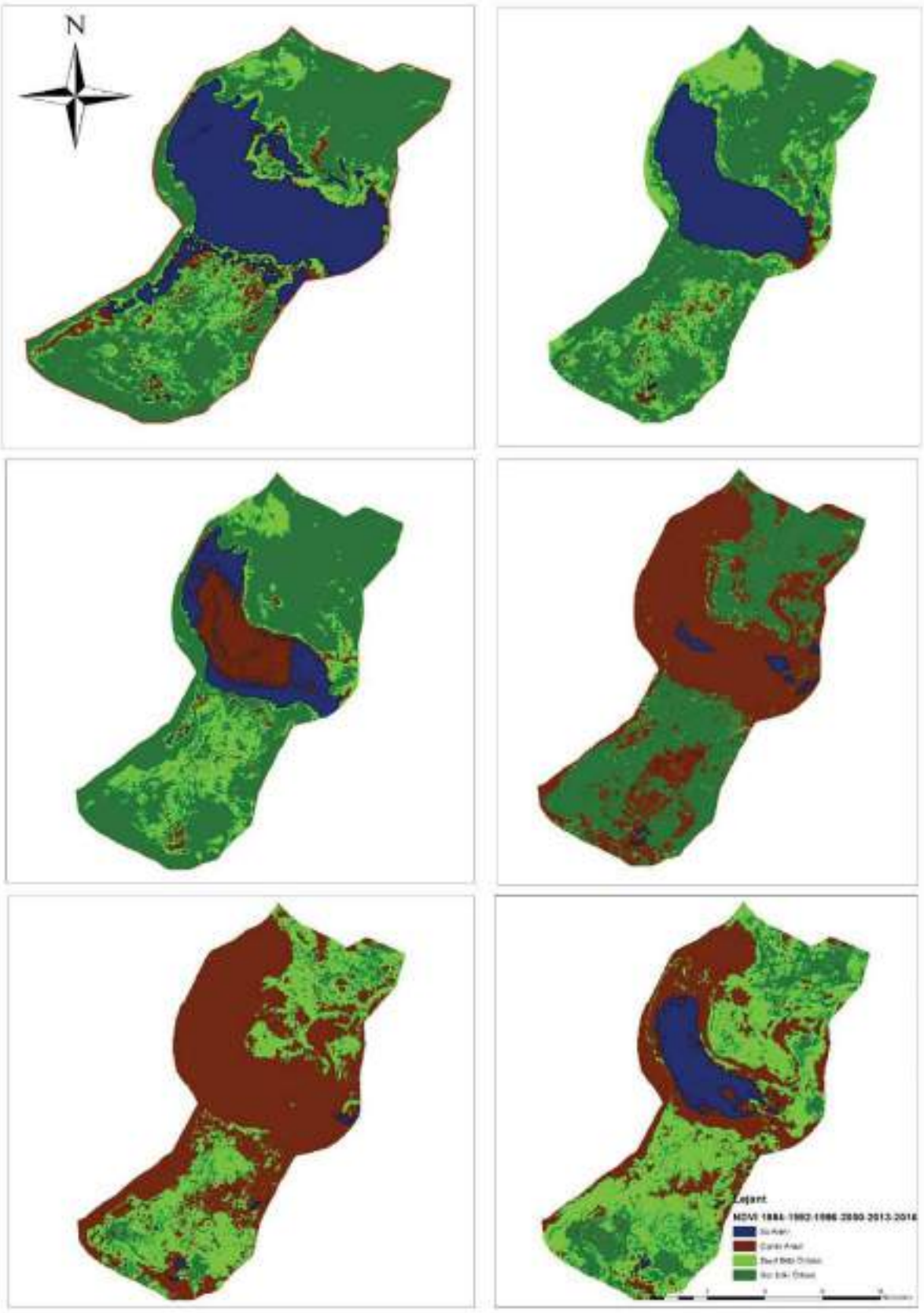
4. BULGULAR

Çalışmada farklı yıllara ait (1984, 1992,1996, 2000,2013, 2016) uydu görüntüleri kullanılarak Sultan Sazlığı Millî Parkı'nda su alanında meydana gelen değişimlerin belirlenmesi hedeflenmiştir. Su alanında meydana gelen değişimle birlikte bitki formasyonunun su alanındaki değişimden nasıl etkilendiğine bakılmıştır. Mevsimsel değişimlerden etkilenmemek için bütün görüntüler Temmuz ve Ağustos aylarından seçilmiştir.

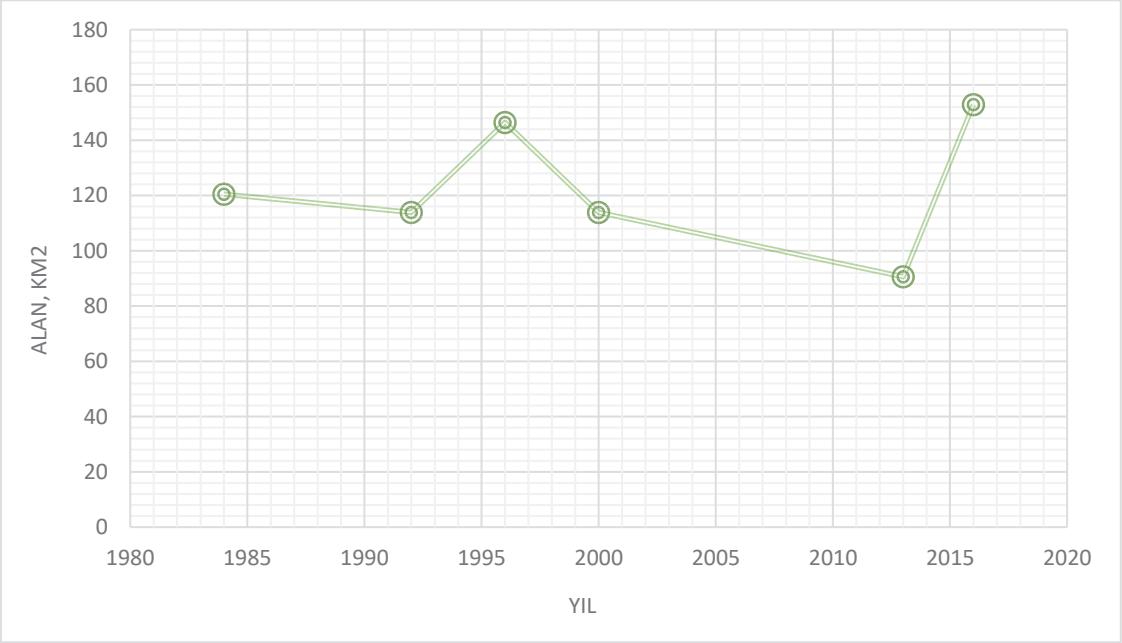
Görüntülere uygulanan NDVI analizi ile göldeki su alanındaki değişim ve bitki formasyonundaki değişim analiz edilmiştir (**Şekil 2**). Analiz sonucuna göre; Sultan Sazlığı Millî Parkı su alanı 1984 yılından 2013 yılına kadar büyük ölçüde azalmıştır hatta 2013 yılında kuruma noktasına gelmiştir. Su alanındaki bu değişimle birlikte bölgedeki bitki formasyonunda da değişim görüldüğü gözlemlenmektedir. Haritalardaki koyu yeşil alanlar sazlık alanlara denk gelmektedir, Bu alanlarda 32 yıllık dönemde azalma olduğu görülmektedir. Açık yeşil alanlar sazlık olmayan, zayıf bitki formasyonuna denk gelmektedir. Uzun yıllar içinde NDVI analizlerinin bitki formasyonundaki değişim grafiğinde 2000'den 2015'e kadar bitki formasyonunda belirgin bir azalma görülmektedir (**Şekil 3**). 2015'ten günümüze su alanlarındaki artışla birlikte bitki formasyonunda da olumlu yönde değişim görülmektedir.

Sultan Sazlığı Millî Parkı su alanlarında değişimi gözlemleyebilmek için NDWI analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucu: 1984'ten 2013'e Millî Park'ta su alanlarında büyük değişim olduğu gözlemlenmiştir (**Şekil 4**). 2013 yılında su alanının kurumaya yüz tuttuğu görülmüştür. Su seviyesinin azalma nedenleri olarak; Sazlığı besleyen su kaynaklarının yanlış ve plansız kullanılmasıyla ilgili olabileceği 2013 Çevre Durum Raporunda belirtilmiştir. Bölgede sulu tarımda kullanılmak üzere gölden ve gölü besleyen derelerden çekilen suların gölün sularının çekilmesinde etkili olduğu raporda belirtilmiştir. Yapılan çalışmalarda; Sultan Sazlığı'nın yüzeysel su kaynakları ile yeteri kadar beslenemediği için kuruduğu görülmüş, bunun yanısıra derin kuyulardan çekilen yeraltı suyunun Sultan Sazlığı'nın kurumasında bir etkisinin olmadığı anlaşılmıştır (Yıldız, 2007).

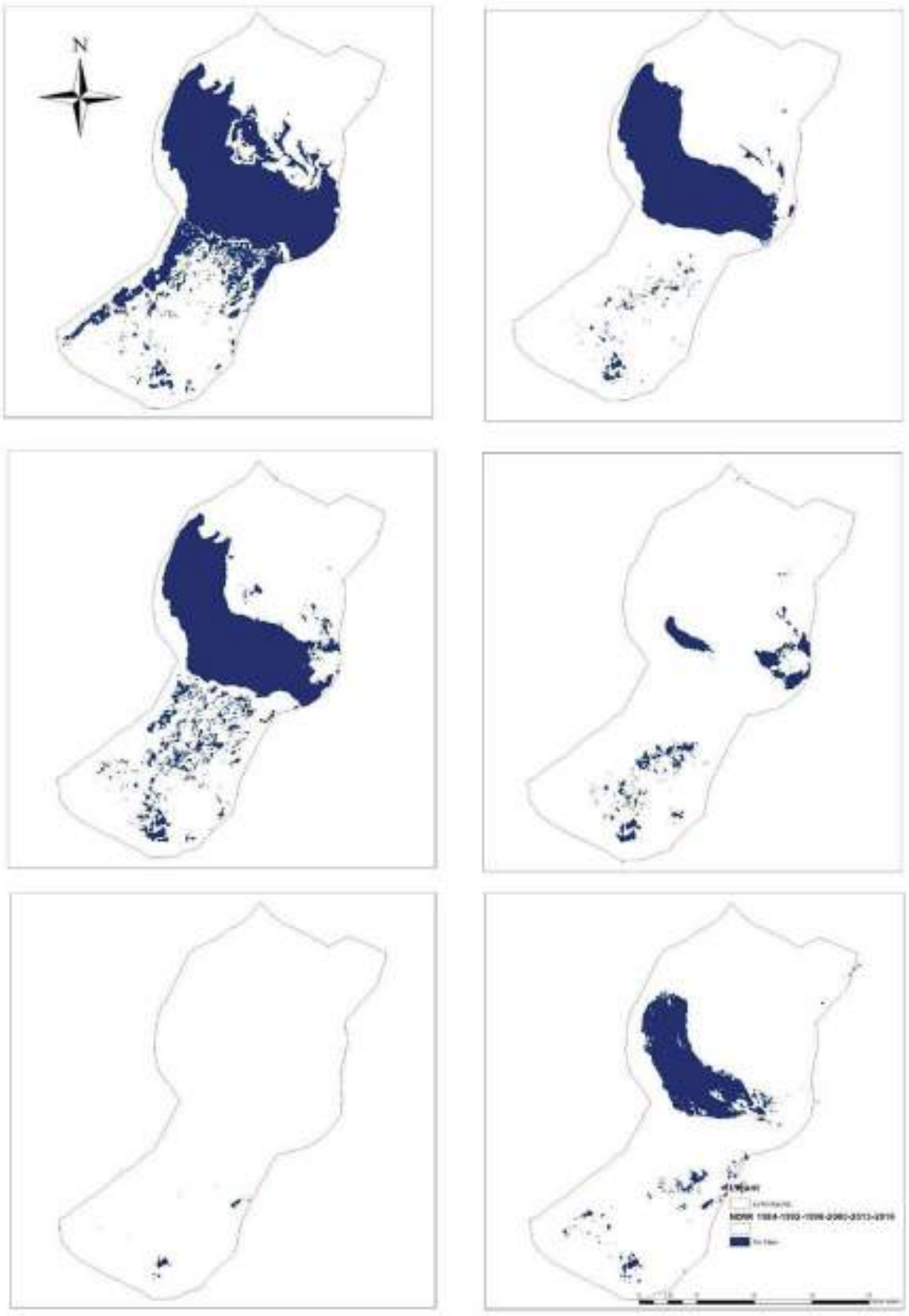
NDWI değişim grafiği (**Şekil 5**) incelendiğinde, 2016 yılından itibaren ise Sultan Sazlığı'nın su alanınlarının artmaya başlandığı gözlemlenmiştir. Bunun nedeni, 2009'dan sonra kurulan sistemle birlikte Zamantı Tüneli'nden Sultan Sazlığı Millî Parkı göletlerine tekrar su sağlanması, ayrıca çiftçi eğitimleri ile salma sulama yerine damla ve yağmurlama sulama sistemlerinin teşvik edilmesidir (Sönmez ve Somoncu 2016). Bu önlemlerle birlikte Sultan Sazlığı Millî Parkı'nın ortasındaki Yay Gölü tekrar eski hâline dönmeye başlamıştır.



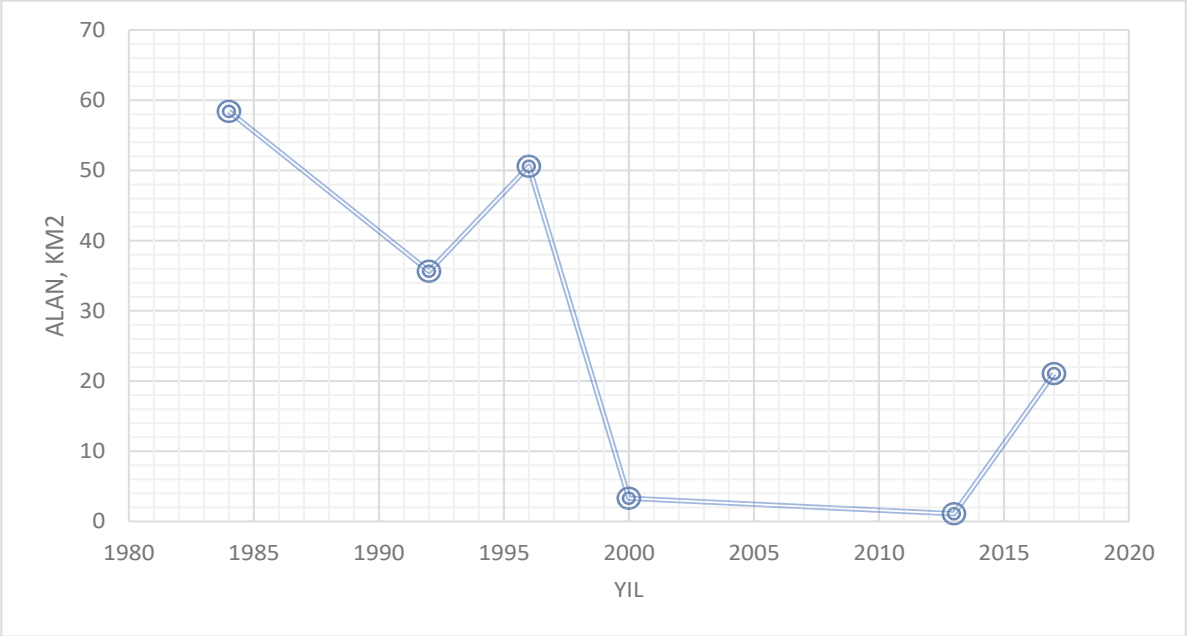
Şekil 2. 1984, 1992,1996, 2000, 2013, 2016 yılları NDVI haritaları.



Şekil 3: NDVI değerlerine göre yıl bazında alansal değişim.



Şekil 4: 1984, 1992,1996,2000, 2013,2016 Yılları NDWI Haritaları.



Şekil 5: NDWI Değerlerine göre yıl bazında alansal değişim.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Kayseri Sultan Sazlığı Millî Parkı nadir olarak bir arada bulunan tatlı ve tuzlu su ekosisteminin bir arada bulundurması, 428 doğal bitki türünün bulunması, bu türlerden 48 tanesinin endemik olması, 301 adet kuş türüne beslenme, üreme ve konaklama alanı olarak ev sahipliği yapması, havza bazında yer altı su kaynak rezervini düzenlenmesi, Afrika, Avrupa ve Asya arasında her yıl göç eden göçmen kuşların kullandığı göç yolu üzerinde bulunması nedeniyle önemli bir sulak alandır (Kayseri İl Çevre Durum Raporu 2016). Su alanının zamanla çekilmesinden dolayı bu flora ve fauna çeşitliliğinde büyük azalmalar görülmüş birçok kuş türü bölgeyi ziyaret etmemeye başlamıştır (Sönmez ve Somoncu, 2016). Göçmen kuşların bölgeyi ziyaret edememesinin nedeninin su alanlarının daralmasıyla birlikte sazlık alanda daralma meydana gelmesi ve kuş türlerinin yaşam alanının kısıtlanmasıdır.

Türkiye'de sulak alanlarda uzun yıllar içinde büyük bir değişim yaşanmıştır. Özellikle karasal iklimin görüldüğü İç Anadolu Bölgesi'nde bu değişim daha belirgin bir şekilde gözlemlenebilmektedir. Sultan Sazlığı Millî Parkı'nda bulunan Yay Gölü'nün kuruma noktasına kadar geldiği gözlemlenmiştir. Yapılan NDWI analizinde Sultan Sazlığı içindeki Yay Gölü'nde 32 yılda büyük değişimin olduğu gölün kuruduğu görülmüştür. 2009 yılındaki yoğun çalışmalarla 2016 yılından itibaren gölün tekrar canlanmaya başladığı tespit edilmiştir. NDVI analizinde ise sulak alanlarda meydana gelen değişimle birlikte bitki formasyonunda da değişimin olduğu tespit edilmiştir. Alanla alakalı daha önce yapılan çalışmalarda gölün kurumasında yeraltı su kullanımının etkili olmadığı, daha çok yüzeyde tarım alanlarındaki kontrolsüz sulamadan kaynaklandığı belirtilmiştir. 2009 yılından sonra Millî Parkta koruma amaçlı Zamantı Tünelinden su taşınması ve alanda çiftçilerin eğitilerek su kullanımının azaltılmasıyla göl tekrar canlanmaya başlamıştır. Sonraki yıllarda bu önlemlerin devam etmesiyle ve bölge halkının bilinçlendirilmesiyle birlikte Sultan Sazlığı Millî Parkı içindeki göllerin tekrar eski günlerine kavuşacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Bagheri, F., 2015, Mapping Drought Hazard Using Spi İndex And GIS (Case Studay: Fars Province, İran), İstanbul Teknical Üniversty, İstanbul

Bayari, C. S. ve Yıldız, F. E. (2011), "Effects of the North Atlantic Oscillation and groundwater use on the constraction of teh Sultansazlığı Wetland, Turkey", Hydrogeology (20), 369–383.

Bonneau LR, 1999. Using satellite images to classify and analyze the health of hemlock forests infested by the hemlock woolly adelgid. *Biological Invasions* 1: 255–267

Dinç U, S. Şenol, İ. Yeğingil, M. A. Çullu.,1995. Göksu Deltası Arazi Kullanım Haritasının SPOT Uydu Verileri Kullanılarak Hazırlanması. İlhan Akalan Toprak ve Çevre Sempozyumu. Cilt 1. 1995

Efe, R., Demir, S., 2007. Tuz Gölü Çevresinde Arazi Kullanım Değişiminin Kumullara Etkisi. *Türk Coğrafya Dergisi,* Sayı: 48, Sayfa 59-72

Kaplan, G., Avdan U., Yiğit Avdan Z., Demircioğlu Yıldız N., 2016, Landsat Uydu Görüntüleri Kullanılarak Kuraklık İzlenmesi (Akşehir Gölü Örneği), *Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu* (UZAL-CBS 2016), 5-7 Ekim, Adana

McFeeters, S.K.,1996. The use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. International Journal of Remote Sensing, 1996. 17(7): p. 1425-1432.

Bahadır, M. (2013). Akşehir Gölü'nde alansal değişimlerin uzaktan algılama teknikleri ile belirlenmesi, *Marmara Coğrafya Dergisi* sayı: 28

Bahadır, M. (2011). Işıklı Gölü Havzası'nda Doğal Ortam Koşulları ve Arazi Kullanımına Yansıması. *Coğrafya Dergisi,* (26), Sayfa 1-20

Orhan, O., 2015 Konya Kapalı Havzası'nda Uzaktan Algılama ve CBS Teknolojileri İle İklim Değişikliği ve Kuraklık Analzi. *Yüksek Lisans Tezi.* Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray. 97 Sayfa

Sarıoğlu, F. B., Musaoğlu, M., Tanık, A., Kılıç., F. G, 2015. İstanbul Sazlıdere Havzası'nın Zamansal Değişim Analizi, *TUFUAB VIII Teknik Sempozyumu*, Konya, sayfa 241-246

Sönmez, M.E., Somoncu, M., 2016**,**Sultansazlığı'nın alansal değişiminin sürdürülebilirlik açısından Değerlendirilmesi,*Türk Coğrafya Dergisi*,66,1-10

TC Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı, 2013, *Kayseri İl Çevre Durum Raporu*

TC Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı, 2016, *Kayseri İl Çevre Durum Raporu*

Türkeş, M., 2012, Türkiyede Gözlenen Ve Öngörülen İklim Değişikliği, Kuraklık ve Çölleşme, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, Ankara, Sayı 4, Syf :1-32

Yüksel, İ., 2008, Küresel Isınma Ve İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkileri, *Kıyı Mühendisliği Sempozyumu*, Sakarya Üniversitesi, Sakarya. Syf: 51

(htpp 1) http://www. http://kayseri.ormansu.gov.tr/Kayseri/Sultan_Sazligi.aspx?sflang=tr (Erişim Tarihi : 04.09.2018)

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7093

MISIR BİTKİSİNİN VERİMİNİN İZLENMESİNDE İLERİ TEKNOLOJİ UYGULAMALARI

Nghi TAN DO[1], Zehra YİĞİT AVDAN[2]

[1]Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, 26555, Tepebaşı, Eskişehir, tannghi91@gmail.com
[2] Yrd. Doç. Dr., Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, 26555, Tepebaşı, Eskişehir, zyigit@anadolu.edu.tr

ÖZET

21. yüzyılda, hassas tarımın giderek yaygınlaşması ile birlikte ürün verimi artmakta ve tarımsal faaliyetlerdeki maliyetler düşmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), Uzaktan Algılama (UA) ve Global Navigasyon Uydu Sistemi (GNSS), tarımsal üretimin hassasiyetinin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle, uzaktan algılama teknolojisi ve üst düzey görüntü işleme teknikleri ile birlikte, daha hassas analizler gerçekleştirilmektedir. Son yıllarda Sentinel-2 uydusu, Worldview uydusu ve insansız hava araçlarından (İHA'lar), görünür, kızıl ötesi, yakın kızıl ötesi ve kısa dalga kızıl ötesi bantları ile birlikte yüksek çözünürlüklü görüntüler elde edilebilmektedir. Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI), Ayarlanmış Toprak Bitki İndeksi (SAVI), Fark Bitki İndeksi (DVI), Klorofil İndeksi (CI), gibi indisler mısır ürün verimi arasındaki ilişkiyi hesaplamak ve belirlemek için kullanılmaktadır. Bu çalışmada, ürün verim tahmininin doğruluğunu izlemek ve geliştirmek için indislerinin kullanımı ve karşılaştırması detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: uzaktan algılama, hassas tarım, Sentinel-2, Worldview, İHA, bitki indisleri, bitki verimi

ABSTRACT

ADVANCED TECHNOLOGY APPLICATION FOR MONITORING THE CROP YIELD OF MAIZE

In the 21st century, precision agriculture is becoming more and more common, increasing crop yield and reducing costs in agriculture. Geographic technology (Geographic Information System-GIS, Remote sensing, Global Navigation Satellite System-GNSS) plays an important role in determining input variables of precision agriculture system. In particular, Remote sensing technology with higher-end image processing techniques are followed to establish more precision. In recent years, Sentinel-2 satellite, Worldview satellite and Unmanned aerial vehicles (UAVs) provide high resolution imagery along with spectral bands from visible to near infrared and short wave infrared that is the basis to improve accuracy for calculating vegetation indices such as normalized difference vegetation index (NDVI), soil adjusted vegetation index (SAVI), difference vegetation index (DVI), chlorophyll index (CI), etc. The purpose of this paper is to use the Sentinel-2, Worldview and UAV imagery to calculate and determine the relationship between vegetation indices and maize crop yield. The study result clearly imply the need to use multiple vegetation indices to monitor development of maize and improve the accuracy of crop yield forecasting.

Keywords: remote sensing, precision agriculture, Sentinel-2, Worldview, UAVs, vegetation indices, crop yield

1. GİRİŞ

Günümüzde, uzaktan algılama (yer tabanlı, havadan ve uydu) geliştirilerek, tarımda bu veriler giderek daha fazla kullanılmaktadır. Tarımsal kullanım için birçok yeni teknoloji geliştirilmiştir. Bunlara örnek olarak: Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS) ve Küresel Navigasyon Uydu Sistemi (GNSS) gibi düşük maliyetli konumlandırma sistemleri, proksimal biyokütle ve yerleşik arazi motorlarına monte edilen algılayıcıların yaprak alan indeksi tayini, toprak özelliklerini ölçen jeofiziksel algılayıcılar verilebilir (Pierce ve Nowak, 1999; Gibbons, 2000). Kombinasyon halinde, bu yeni teknolojiler çok sayıda uygun maliyetli, yüksek çözünürlüklü bilgi üretmekte ve sıklıkla Hassas Tarım olarak adlandırılan ince ölçekli veya sahaya özgü tarımsal yönetimin geliştirilmesinde önemli bir yer tutmaktadır.

Uzaktan algılama (RS) uzun zamandır tarımsal faaliyetlerin izlenmesi ve analizinde kullanılmıştır. 1958'de ABD'nin Denizcilik Araştırmaları Ofisi'nden Evelyn Pruitt tarafından "uzaktan algılama" teriminin ilk kodlanmasından önce, bilim adamları Birleşik Krallık'taki tarım alanları ile ilgili toprak ve ürün araştırmalarını tamamlamak için hava fotoğrafçılığı kullanıyorlardı (Tenkorang ve Lowenberg-DoBoer 2008).

Uzaktan algılama, ürün sınıflandırmasında, ürün sağlığında ve verim değerlendirmesinde önemli bir rol oynamıştır. Dijital uzaktan algılama verileri ile ürün sınıflandırmasının en erken aşamalarından beri, denetimli ve denetimsiz sınıflandırma tekniklerinin uygulanmasına dayanan çok sayıda yaklaşım, ürünlerin coğrafi dağılımlarını haritalamak ve ekim uygulamalarını karakterize etmek için kullanılmıştır. Coğrafi bölgeye, ürün çeşitliliğine, tarla büyüklüğüne, ürün fenolojisine ve toprak durumuna bağlı olarak, çok merkezli veri ve sınıflandırma şemalarının farklı bant oranları uygulanmıştır. Uzun süreli yüksek frekanslı uzaktan algılama uygulamaları için Landsat-8 ve Sentinel-2A en gelişmiş

uydulardır. Landsat-8, 15m, 30m, 100m'de ve 16 günlük revisit süresinde yüksek kaliteli multispektral görüntüler sunan Operasyonel Land Imager (OLI) algılayıcılüdür. Sentinel-2A ve Sentinel-2B, farklı mekânsal çözünürlüklerde (10m, 20m ve 60 m) 13 bant bilgisi edinebilen Multispektral Aletler (MSI) ile donatılmıştır.

Dronlar veya insansız hava araçları (İHA'lar), uzaktan gözetim için I. Dünya Savaşı'ndan beri askeri amaçlı kullanılmıştır. Son on yılda çiftçiler, tarlalarını izlemek ve hassas tarım programlarına yardımcı olmak için kullanmaya başladılar. Tarımda, İHA'lar tipik olarak, uzaktan algılamadan elde edilen veri toplanması için çok uygun olan, düşük maliyetli, hafif ve düşük hava hızı olan uçaklardır. Aynı zamanda yüksek görüntü çözünürlüğüne sahip uydu ve havadaki algılayıcılare kıyasla güçlü avantajlara sahiptirler (Jannoura, R. vd. 2015). Üretimin artışı, verimliliğin ve karlılığın artırılması, çevresel etkilerin azaltılması ve büyük çiftliklerden elde edilen ölçülebilir verilerin bulunabilirliği, İHA'ların sağladığı hassas tarımın faydalarından bazılarıdır (Herwitz, vd. 2004, Xiang ve Tian, 2011).

2. HASSAS TARIMA GENEL BAKIŞ

2.1 Hassas Tarımın Tanımı ve Tarihçesi

Ürün sistemlerinde Hassas Tarım kavramı, 1980'lerin sonlarında, gübreler için yeni geliştirilen değişken oranlı uygulama ekipmanıyla toprak kimyasal özelliklerinin ızgara tabanlı örneklemesinin eşleştirilmesi ile ortaya çıkmıştır.

1990 civarında, NAVSTAR Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS) sivil kullanım için sınırlı bir kapasiteye sahip olmuştur. 1993'e gelindiğinde, GPS tamamen operasyoneldi ve bir dizi ürün verimi izleme sistemi, alanlardaki verim çeşitliliğinin ince ölçekli izlenmesi ve haritalandırılmasına izin vermekteydi. Verim izleme sistemleri geliştirilirken, iş birlikçi bilgi için grid örneklemesi dışındaki yöntemlerin geliştirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Pek çok örnekte, toprak ve ürün parametrelerindeki değişkenliği doğru bir şekilde tanımlamak için gerekli olan yoğunlukta ızgara örneklemesi maliyet getirici olduğunu ve 1990'lı yılların sonuna kadar "bölgesel" bir yönetim yaklaşımının yönetim için gerçek bir seçenek hâline geldiğini ortaya koymuştur.

Toprak ve ürün parametrelerinin sürekli olarak ölçülmesi ya da çıkarılması için yeni sistemler, hem proksimal (yani, yere dayalı platformlarda) hem de uzak (yani, hava ve uydu) platformları kullanılarak geliştirilmeye devam etmektedir.

1990'ların sonlarından beri tahıl olmayan ürünler üzerinde daha fazla araştırma yapılmıştır. Ayrıca, hassas tarım teknolojisinin çevresel denetleme yeteneklerine ve ürün izlenebilirliği potansiyeline daha fazla vurgu yapılmaktadır. Global Navigasyon Uydu Sistemi (GNSS) teknolojisindeki gelişmeler, 1999 yılından beri makine rehberliği, otomatik direksiyon ve kontrollü trafik çiftçiliği (CTF) için kapıyı açmıştır.

Hassas tarımın birçok tanımı vardır:

- Hassas Tarım, yaban hayatı ve çevre üzerindeki istenmeyen etkileri en aza indirirken uzun vadeli, alana özgü ve tüm çiftlik üretim verimliliğini, üretkenliğini ve karlılığını arttırmak için tasarlanmış entegre bir bilgi ve üretim tabanlı bir tarım sistemidir (ABD Temsilciler Meclisi, 1997).).

- Hassas Tarım, Sahaya Özel Mahsul Yönetimidir - Kaynak uygulamaları ve tarımsal uygulamalarla ilgili kararlar, tarlada farklılık gösterdikçe, toprak ve mahsul ihtiyaçlarını daha iyi karşılayacak şekilde geliştirilir.

- Hassas Tarım, çeşitli yeni veya ileri teknolojilere dayalı, ürün üretimi konusunda yenilikçi bilgi kontrollü yönetim konseptidir.

- Hassas tarım, tarımsal üretim süreçlerini izlemek ve optimize etmek için dijital teknikler kullanan modern bir tarım yönetimi kavramdır.

Hassas Tarımın bileşenleri Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), Küresel Navigasyon Uydu Sistemi (GNSS), Verim izleme ve verim haritalama, Algılayıcılar ve veri toplama yöntemleri, Veri analizi, Değişken oran teknolojisi (VRT) ve Uzaktan algılamadır (**Şekil 1**).

Venkataratnam, 2001'e göre, hassas tarım veri tabanı genellikle şunları içerir:

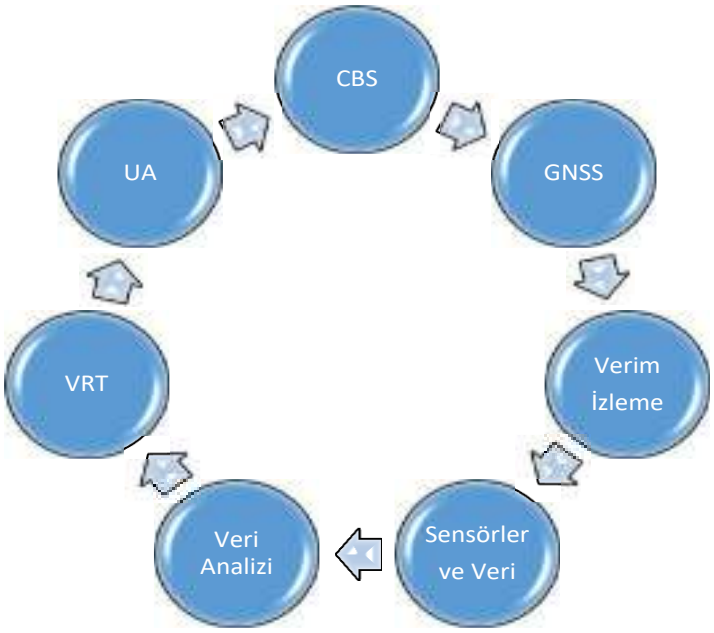
• Büyüme aşaması, sağlık, besin gereksinimi gibi bitki bilgileri

• Toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri, derinliği, dokusu, besin durumu, tuzluluk ve toksisitesi, toprak sıcaklığı, verimlilik potansiyeli

• Kanopi sıcaklığı, rüzgar yönü ve hız, nem gibi mikro iklimsel veriler (mevsimsel ve günlük)

• Yüzey ve alt yüzey drenaj koşulları

• Sulama tesisleri, su mevcudiyeti ve diğer girdilerin planlanması

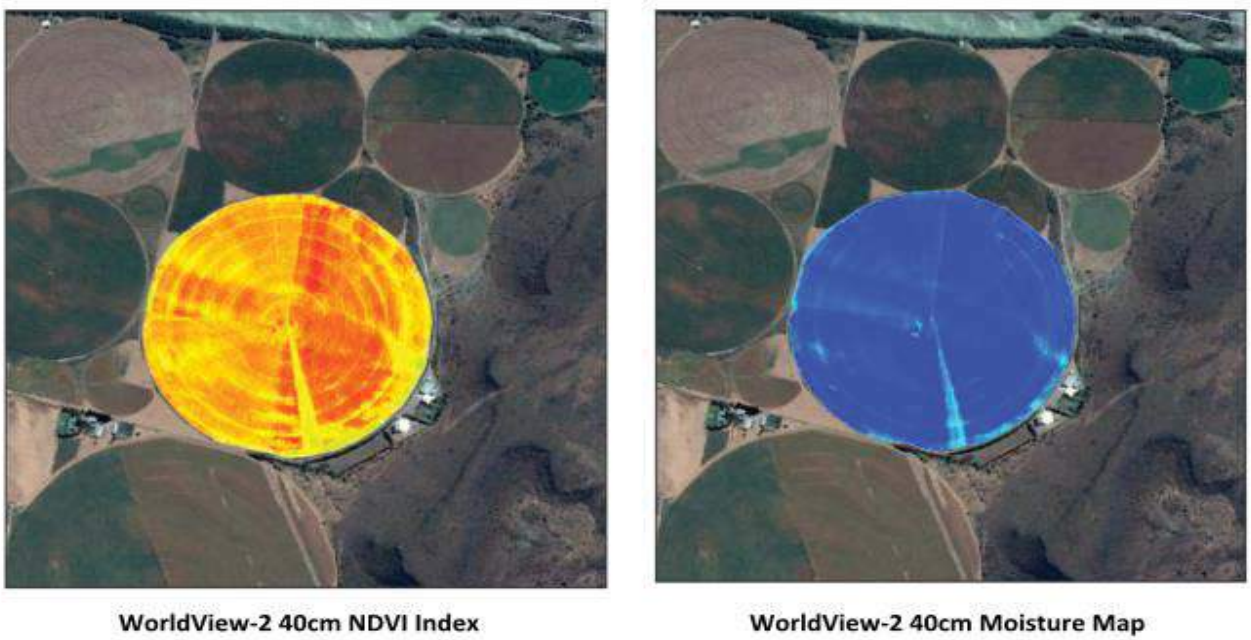


Şekil 1. Hassas tarım bileşenleri.

2.2 Hassas Tarımda Uzaktan Algılamanın Rolü

Uzaktan algılama teknolojisi, hassas tarımın temel bir bileşenidir ve giderek artan sayıda bilim insanı, mühendis ve büyük ölçekli yetiştiriciler tarafından kullanılmaktadır. Son yirmi yılda, uzaktan algılama veri toplama yeteneklerinin geliştirilmesi, yer tabanlı, havadan ve uydu gözlemlerinin veri işleme ve yorumlanması, uzaktan algılama teknolojilerini ve hassas ürün yönetim sistemlerini birleştirmeyi mümkün kılmıştır (Waheed vd. 2006).

Uydu görüntüleri, dünya çapında, bir zaman dilimi içinde ve belirli bir fiyata herhangi bir alanda edinilebilir. Şu anda, daha yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri, önceki kısıtlamaların üstesinden gelir ve bu verilerin, tarımsal analiz, istatistik ve sübvansiyon kontrolü dahil olmak üzere bölgesel yönetim için hızlı ve kolay bir araç olarak kullanılmasına izin verir. WorldView halihazırda tarım ve sivil kullanımları için mevcut olan en yüksek çözünürlüğe sahip uydudur. WorldView, bitki örtüsü, orman ve çevresel proje yönetimini desteklemek için bitki örtüsü, toprak ve çevre analizi için doğru bant kombinasyonlarını filtrelemek için çeşitli bitki örtüsü endeksleri sağlayabilir (**Şekil 2**).



Şekil 2. Güney Afrika'daki WorldView-2 NDVI Indeks ve Nem Haritası [http-1].

Yeni multispektral ve hiperspektral algılayıcılar, hızlı ve verimli bir şekilde ve daha yüksek mekânsal ve spektral çözünürlüklerde çok miktarda veri üretmektedir. Elektromanyetik spektrumun görünür, yakın kızıl ötesi ve orta kızılötesi bölgelerinden gelen yansımalardan oluşan hiperspektral ve multispektral görüntüler, fiziksel parametreler (mahsul örtüsü, mahsul sağlığı ve toprak nemi gibi) açısından yorumlanabilir (Barnes ve Baker, 2000; Barroso vd. 2008; Hinzman, 1986; Lelong, 1998; Pal ve Mather, 2003; Singh vd. 2007; Tilling vd. 2007; Yang vd. 2003).

Buğday (Lelong, 1998; Silva ve Beyl, 2005; Tilling vd. 2007), çeltik pirinci (Stroppiana vd. 2008), sorgum (Zhao vd. 2005), mısır (Samson, 2000), brokoli (Shikha, 2007), turunçgil (Min, 2003), üzüm (Smart vd. 2007), elma (Perry ve Davenport, 2008) gibi farklı bitkilerin besin içerikleri de hiperspektral ve multispektral UA verileri kullanılarak değerlendirilmiştir. UA verilerinin yorumlanması genellikle jeoistatistik, görüntü analizi, sınıflandırma ve yapay zekâ gibi özel tekniklerle desteklenmektedir.

UA teknikleri ayrıca, mahsul durumunun ve verim tahminlerinin, belirli bitkilerin tahminlerinin, bitki zararlıları ve hastalıkların tespitinin, felaketin konumunun ve haritalamanın, yaban hayatı yönetiminin, su tedarik bilgilerinin ve yönetiminin, hava durumu tahminlerinin, mera yönetimi ve hayvancılığın değerlendirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

Ürünlerin bazı hastalıkları ve böcek zararlıları uzaktan algılama ile izlenebilir. Riedell vd. (2004), haşere istilası ve hastalıklı bitkileri tanımlamak için uzaktan algılama teknolojisini etkili ve ucuz bir yöntem olarak ortaya koymuştur. Özel böcek haşerelerini tespit etmek ve yulafta böcek ve hastalık hasarı arasında ayrım yapmak için uzaktan algılama tekniklerini kullanmışlardır. Sonuçlar, böcek istilası hasarı ile hastalık enfeksiyonu hasarı arasındaki kanopi karakteristikleri ve spektral yansıma farklılığının, yulaf mahsulü kanopilerinde uzaktan algılama ile ölçülebileceğini ancak bu farklılıkların bir büyüme mevsiminden diğerine tutarlı olmayabileceğini göstermiştir.

Tarımda UA uygulamaları, gıda güvenliği, yoksulluğun azaltılması ve sürdürülebilir kalkınma ile ilgili bir dizi politika düzeyinde kararlar için UA görüntülerinden elde edilen bilgilerin kullanıldığı bir aşamaya ilerlemiştir. Gıda tanelerinin bir tampon stokuna ilişkin karar, hasat öncesi ekim alanı ve üretim tahminlerine dayanabilirken, yeraltı suyu potansiyeli haritaları, yağmur suyuyla beslenen ve daha az elverişli bölgelerde içme suyu ve diğer ihtiyaçların sağlanmasında önemli bir bilgi kaynağı olarak hizmet etmektedir. Ülke çapında arazi kullanımı, arazi örtüsü, toprak ve çorak haritalama, tarımsal faaliyetlerin genişletilmesi ve yoğunlaştırılmasında ve arazi yeterlilik sınıflarının ve ürün uygunluğu endekslerinin belirlenmesinde yardımcı olmuştur (Venkataratnam, 2001).

3. MISIR ÜRÜN VERİMİNİ İZLEMEK İÇİN BİTKİ İNDEKSLERİ

Bitkilerin biyofiziksel özellikleri, birimsiz radyometrik ölçümler olarak tanımlanan bitki örtüsü indeksleri ile spektral olarak tanımlanabilir. Bunlar, VIS, NIR ve SWIR dalga boylarında iki veya daha fazla bandın oranları veya farklılıkları olarak hesaplanır. Bir bitki örtüsü indeksinin faydası, bitkilerin biyofiziksel parametreleri ile yüksek korelasyonu ve uzaktan algılama verilerinin yorumlanmasını engelleyen faktörlere karşı düşük hassasiyet ile belirlenmektedir. Bunlar; toprak arka planı, kabartma, bitkilerin fotosentez unsurları, atmosfer, görüntüleme ve aydınlatma geometrisidir (Huete ve Justice 1999). En yaygın kullanılan indeks, Rouse vd. tarafından önerilen Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksidir (NDVI). NIR ve kırmızı bölgelerdeki yansıma ve yansıma toplamının bir bölümü olarak hesaplanmıştır.

NDVI indeksi, ekili bitkilerin durumunu, gelişim evrelerini ve biyokütlelerini belirlemek ve verimlerini tahmin etmek için en sık kullanılan yöntemdir. NDVI en yaygın olarak kullanılan bitki örtüsü indeksi hâline gelmiştir (Wallace vd. 2004, Calvao ve Palmeirim 2004). NDVI'nın başarısı, kanopi Yaprak Alan İndeksi ve fAPAR (Absorbe Fotosentetik Aktif Radyasyonun fraksiyonu) ile olan yakın ilişkisinden kaynaklanmaktadır.

Yaprak alan indeksi (LAI), arazi ekosistemlerinde en önemli yapısal parametrelerden biridir ve bitki örtüsü ile atmosfer arasındaki madde ve enerji değişimini etkiler. Aynı zamanda hidrolojik, ekolojik ve iklim modelleri için önemli bir girdi faktörüdür (Chen ve Black, 1991). Bitki yaprağı alan indeksinin (LAI) ve tarımsal alanlardaki mekânsal dağılımının değerlendirilmesi, mahsul büyümesi izleme, bitki örtüsü stresi, mahsul tahmini, verim tahminleri ve yönetim uygulamaları gibi çeşitli tarımsal sorunların ele alınmasında önem taşımaktadır.

Toprağın uzaktan algılanan bitki örtüsü üzerindeki etkisini sınırlayan bir bitki örtüsü indeksi örneği, Huete (1988) tarafından önerilen SAVI (Toprak Düzeltilmiş Bitki Örtüsü İndeksi) 'dir. Bir diğeri ise, VARI indeksi (Görünür Atmosferik Dayanıklılık Endeksi) (Gitelson vd. 2002), atmosferin etkisini büyük ölçüde azaltır. Yine de, NIR ve SWIR aralıklarındaki yansıma farklılıkları, bitkiler için su eksikliğinin ortaya çıktığını belirterek daha fazla geliştirilmiştir. Bu indeksler; MSI (Moisture Stress Index) (Rock vd. 1986), LWCI (Yaprak Suyu İçerik İndeksi) (Hunt vd. 1987), WI (Su İndeksi) (Panuelas vd. 1993), GVMI (Küresel Bitki Islahı Nüfusu İndeksi) (Ceccato vd. 2002) ve SIWSI (Kısa Dalga Kızılötesi Su Stres İndeksi) (Fensholt ve Sandholt 2003). Bitkilerin yeşil kısımları, yaprak mezofilinde saçılma nedeniyle NIR bölgesinde yoğun olarak yansır ve kırmızı/mavi ışığı klorofil indeksi (CI) ile kuvvetlice emmektedir (Ayala-Silva ve Beyl 2005).

Buna karşılık, CWSI (Ürün Su stresi İndeksi) (Jackson vd. 1981), ST (Yüzey Sıcaklığı) (Jackson 1986), WDI (Su Eksikliği İndeksi) (Moran vd. 1994) ve SI (Stres) gibi bitki örtüsü indeksleri (Vidal vd. 1994) bitkilerin su stresi ve termal özellikleri arasındaki ilişkiyi tanımlamaktadır.

4. MISIR ÜRÜN VERİMİ TAHMİNİ İÇİN İLERİ TEKNOLOJİ UYGULAMASI

Ürün verim tahmini, herhangi bir çiftçi işletmesinin önemli bir çalışma alanıdır. Çoğunlukla, tohumlar, ekim yoğunluğu, gübreler, sulama, böcek ilaçları ve herbisitler gibi çeşitli girdiler, yem / tane verimi tahminine bağlıdır. Verim tahminleri, ürün mevsiminde aralıklarla toprak verimliliğinin ve nem parametrelerinin, hava durumu raporlarının, ürün genotipinin ve fenomik özelliklerinin ayrıntılı analizi kullanılarak sağlanabilir.

Uzaktan algılama, ürün verimini öncelikle verim ve bitki örtüsü indeksleri arasındaki istatistiksel-ampirik ilişkilere dayanarak tahmin etmek için kullanılmıştır (Thenkabail vd. 2002, Casa ve Jones 2005). Kamu kurumları ve üreticiler için hasat, depolama, nakliye ve pazarlama faaliyetlerinin planlanmasında beklenen getiri hakkında bilgi çok önemlidir. Bu bilgi ne kadar erken olursa, ekonomik risk ne kadar düşük olursa, daha fazla verim ve yatırımların geri dönüşüne dönüşmektedir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmanın amacı son yıllarda hızla gelişen hassas tarım hakkında bilgi edinmektir. Bitkisel verimi tahmin etmeyle ilgili vejetasyon indekslerini ve araştırmalarını özetlemektedir. Hassas tarımda kullanılan son derece ileri teknolojiler, bu üretimin gerçekleştiği çevresel koşulları karakterize eden ayrıntılı bilgilere sürekli erişim gerektirir. Bu bilgiler alan ölçeğinde havadan ve uydu görüntülerinden elde edilebilir.

NDVI hassas tarımda en yaygın kullanılan bitki örtüsü indeksidir. Yaprak alan indeksi (LAI), arazi ekosistemlerinde en önemli yapısal parametrelerden biridir ve bitki örtüsü ile atmosfer arasındaki madde ve enerji değişimini etkiler. Bitkilerin ve toprakların besin içeriğine dayalı bitkilerin döllenme ihtiyaçlarını belirlemek için uydudan, havadan gelen (İHA'lardan) ve toprak platformundan toplanan uzaktan algılama görüntülerine ve toprağa dayalı verilere dayanarak, hasat tohumlarının ve meyvelerinin kalitesini artırmaya yardımcı olmaktadır. Uzaktan algılama aynı zamanda bitkilerin su ihtiyaçlarını değerlendirmek ve sulama başlangıcını belirlemek için, su stresi koşulları altında mahsul üretimini yönetmeyi kolaylaştıracak şekilde kullanılmıştır.

Araştırmalar, mısır veriminin bitki örtüsü indeksleri ile ilişkisi olduğunu ve mısır verimini tahmin etmek için matematiksel formül oluşturmak için bu ilişkiye dayalı olduğunu ortaya koymaktadır.

Gelecekte uzaktan algılama sisteminin geliştirilmesi, uzaktan algılama parametrelerinin karar destek sistemleriyle bütünleştirilmesidir. Mevcut ürün simülasyon modelleri ile uzaktan alınan verileri birleştirmek, karar destek sistemlerinin güvenilirliğini artıracak ve modern tarımsal üretim yönetimine katkıda bulunacaktır.

KAYNAKLAR

Atzberger, C., 2013. Advances in Remote Sensing of Agriculture: Context Description, Existing Operational Monitoring Systems and Major Information Needs. *Remote Sens, 5.*

Chang, J.; Clay, E.D.; Dalsted, K.; Clay, S.; O'Neill, M., 2003. Corn (Zea maysL.) Yield Prediction Using Multispectral and Multidate Reflectance. *AGRONOMY JOURNAL, VOL. 95.*

Crommelinck, S.; Höfle, B., 2016. Simulating an Autonomously Operating Low-Cost Static Terrestrial LiDAR for Multitemporal Maize Crop Height Measurements. *Remote Sens, 8*, 205.

Durgun, Ö.Y.; Gobin, A.; Gilliams, S.; Duveiller, G.; Tychon, B., 2016. Testing the Contribution of Stress Factors to Improve Wheat and Maize Yield Estimations Derived from Remotely-Sensed Dry Matter Productivity. *Remote Sens, 8, 170.*

Eckert, S., 2012. Improved forest biomass and carbon estimations using texture measures from WorldView-2 satellite data. Remote Sens, 4, 810–829.

Http-1, "WorldView-2 NDVI Index and Moisture Map in South Africa" https://www.satimagingcorp.com/applications/natural-resources/agriculture/, Date accessed: 30.07.2018.

K. R. Krishna, 2016. Drones in agriculture: soil fertility and crop management. *Push Button Agriculture*, *13: 978-1-77188-305-4*, *Taylor & Francis Group.*

Kira, O.; Nguy-Robertson, L.A.; Arkebauer, J.T.; Linker, R.; Gitelson, A.A., 2017. Toward Generic Models for Green LAI Estimation in Maize and Soybean: Satellite Observations. *Remote Sens, 9, 318.*

Maresma, Á.; Ariza, M.; Martínez, E.; Lloveras, J; A. Martínez-Casasnovas, J., 2016. Analysis of Vegetation Indices to Determine Nitrogen Application and Yield Prediction in Maize (Zea mays L.) from a Standard UAV Service. *Remote Sens, 8*, 973.

Mueller, D.N.; Gerber, S.J.; Johnston, M.; Ray, K.D.; Ramankutty, N.; Foley, A.J., 2012. Closing yield gaps through nutrient and water management. *Macmillan Publishers Limited, Nature, Vol 000.*

Nellis, M. Duane; Price, Kevin P.; Rundquist, Donald., 2009. Remote Sensing of Cropland Agriculture. *Natural Resources, 217*.

Nouri, H.; Beecham, S.; Anderson, S.; Nagler, P., 2014. High Spatial Resolution WorldView-2 Imagery for Mapping NDVI and Its Relationship to Temporal Urban Landscape Evapotranspiration Factors. *Remote Sens*, *6*, 580-602.

Peng, Y.; Nguy-Robertson, L.A.; Arkebauer, J.T.; Gitelson, A.A., 2017. Assessment of Canopy Chlorophyll Content Retrieval in Maize and Soybean: Implications of Hysteresis on the Development of Generic Algorithms. *Remote Sens, 9, 226.*

Seelan, K.S.; Laguette, S.; Casady, M.G.; Seielstad, A.G., 2003. Remote sensing applications for precision agriculture: A learning community approach. *Remote Sensing of Environment, 88,* 157–169.

Udelhoven, T.; Delfosse, P.; Bossung, C.; Ronellenfitsch, F.; Mayer, F.; Schlerf, M.; Machwitz, M.; Hoffmann, L., 2013. Retrieving the Bioenergy Potential from Maize Crops Using Hyperspectral Remote Sensing. *Remote Sens, 5.*

Wolf, A.F., 2010. Using WorldView 2 Vis-NIR MSI imagery to support land mapping and feature extraction using Normalized Difference Index Ratios. Proc. SPIE, 8390, doi:10.1117/12.917717.

Wójtowicz M., Wójtowicz A., Piekarczyk J., 2016. Application of remote sensing methods in agriculture. *Communications in Biometry and Crop Science, 11*, 31–50.

Yang G, Liu J, Zhao C, Li Z, Huang Y, Yu H, Xu B, Yang X, Zhu D, Zhang X, Zhang R, Feng H, Zhao X, Li Z, Li H and Yang H., 2017. Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing for Field-Based Crop Phenotyping: Current Status and Perspectives. *Front. Plant Sci. 8:1111.*

Yu, B.; Shang, S., 2017. Multi-Year Mapping of Maize and Sunflower in Hetao Irrigation District of China with High Spatial and Temporal Resolution Vegetation Index Series. *Remote Sens, 9, 855.*

Zaman-Allah, O Vergara, J L Araus, A Tarekegne, C Magorokosho, P J Zarco-Tejada, A Hornero, A Hernández Albà, B Das, P Craufurd, M Olsen, B M Prasanna and J Cairns., 2015. Unmanned aerial platform-based multi-spectral imaging for field phenotyping of maize. *Plant Methods.*

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7287

NESNE TABANLI ARAZİ ÖRTÜSÜ/ARAZİ KULLANIMI DEĞİŞİM ANALİZİ: İSTANBUL 3. HAVALİMANI

Z. Damla UÇA AVCI[1], Filiz SUNAR[2]

[1]Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Uzay Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul, ucaavci@itu.edu.tr
[2]Prof. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul, fsunar@itu.edu.tr

ÖZET

Büyüklüğüne göre değişmekle birlikte bir havalimanı, pistler, terminaller, bağlantı yolları vs. gibi birçok birimden oluşan bir komplekstir ve geniş bir yeryüzü alanını kaplar. Bu nedenle bir havalimanı inşası, bulunduğu bölgede arazi örtüsü/arazi kullanımının önemli oranda değişmesine neden olmaktadır.
Türkiye'nin en önemli ekonomik, siyasi ve toplumsal merkezi olan İstanbul aynı zamanda Asya ve Avrupa kıtalarını birbirine bağlayan özel bir coğrafi konuma sahip olup dünyanın en önemli havayolları kesişim noktalarından birisidir. İstanbul'da hâlen kullanılmakta olan iki havalimanı vardır, ancak artan ihtiyaçlar sebebi ile şehrin Avrupa kıtası tarafında ve Karadeniz kıyısında, şehir merkezine 35km mesafede, 3. Havalimanı inşa edilmektedir. Mayıs 2015'te başlayan çalışma, 76,5 milyon metrekare alan üzerine dört etapta yapılmak üzere tasarlanmış olup hâlen sürmektedir. Dünyanın en büyük ve en yoğun havalimanı olması planlanan 3. Havalimanı'nın ilk etabını oluşturan bir terminal ile üç pistin yapımı Ekim 2018'de bitirildiğinde, toplam projenin %78'i tamamlanmış olacaktır.
İstanbul'un 3. Havalimanı bölgede büyük miktarda arazi örtüsü/arazi kullanımı değişimine sebep olmanın yanı sıra çok geniş bir orman arazisi üzerine inşa edilmesi dolayısıyla çevresel anlamda da büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, projenin ilk etabının bittiği 2018 sonu itibarı ile bölgedeki arazi örtüsü/arazi kullanımı değişiminin değerlendirilmesi önemlidir.
Günümüzde yeryüzündeki arazi örtüsü/arazi kullanımı değişimlerini belirlemek üzere çok-zamanlı uydu verileri etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada bölgedeki değişim Sentinel 2A uydu verileri kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan çok-zamanlı görüntü seti 2015 ve 2017 tarihli, elektromanyetik spektrumun görünür-kızılötesi (VNIR) bölgesinde algılanmış 4 spektral banda ve 10m mekânsal çözünürlüğe sahip verilerden oluşmaktadır.
Bu çalışmada, havalimanı inşasının başlamasını takip eden 3 yıllık süreçteki arazi değişimini belirlemek için nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçları görsel yorumlama ve sınıflandırma doğruluk analizi ile değerlendirilmiş ve kullanılan yöntemin avantaj ve dezavantajları irdelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: İstanbul 3. Havalimanı, Sentinel 2A, arazi örtüsü/arazi kullanımı, değişim saptama analizi

ABSTRACT

USE OF OBJECT-BASED LANDCOVER/LAND USE CHANGE DETECTION ANALYSIS: ISTANBUL'S 3RD AIRPORT

An airport with its runways, terminals, connecting roads etc. is a complex of many units and even its size may vary, still it occupies a large area of the earth's surface. For this reason, the construction of an airport causes a significant change of land cover / land use in the area in which it is located.
Istanbul, most important economic, political and social centre of Turkey, has a special geographical position linking the Asian and the European continents, which makes it one of the most important point of world airlines traffic. There are two airports which are still in use in Istanbul, but due to increasing needs, the 3rd Airport is being constructed on the European side of the city and on the Black Sea coast, at 35km from the city centre. The work, which began in May 2015, is designed to be carried out on four stages over an area of 76.5 million square meters and is still ongoing. 78% of the total project will be completed when the construction of the three runways and a terminal that forms the first stage of 3rd Airport, and it is planned to be the world's largest and busiest airport, when it is completed in October 2018.
Being constructed on a very wide forest land, the land cover / land use change caused by the 3rd Airport construction is of great importance in terms of environmental change. In this context, it is important to evaluate the land cover / land use change in the region by the end of 2018, when the first phase of the project is over.
Today, multitemporal satellites are actively used to determine land cover / land use change. In this study, the change in the region was assessed using Sentinel 2A satellite data. The multi-temporal image dataset used in the study are acquired in 2015 and 2017, consists of 4 spectral bands in the visible-infrared (VNIR) region of the electromagnetic spectrum and has 10 m spatial resolution.
An object-based classification method was used to determine the land change over the three-year period following the beginning of the airport construction. The results of the study were evaluated by visual interpretation and classification accuracy assessment and the advantages and disadvantages of the method used were examined.

Keywords: Istanbul 3rd Airport, Sentinel 2A, land cover/land use, change detection analysis

1. GİRİŞ

Yeryüzü ve çevresel değişimin geniş ölçekte ve yaygın bir uygulaması, arazi örtüsü/arazi kullanımı değişiminin belirlenmesidir ve değişim analizi yeryüzü ile ilişkili pek çok bilimsel araştırma için önemli bir prosestir. Değişimin türünün ve hızının belirlenmesi, nedenlerinin ve sonuçlarının çok-zamanlı verilerin analizi ile ilişkilendirilmesi, mevcut değişimi anlamak, değerlendirmek ve yönetmek bakımından kaçınılmazdır (Lu vd., 2004). Büyüklüğüne göre değişmekle birlikte bir havalimanı, pistler, terminaller, bağlantı yolları vs. gibi birçok birimden oluşan bir komplekstir ve geniş bir yeryüzü alanını kaplar. Bu nedenle bir havalimanı inşası, bölgede insan etkisine bağlı olarak arazi örtüsü/arazi kullanımını önemli oranda değiştiren bir olaydır (Xiong vd., 2013).

Türkiye'nin en önemli ekonomik, siyasi ve toplumsal merkezi olan İstanbul, Asya ve Avrupa kıtalarını birbirine bağlayan özel bir coğrafi konuma sahip olup, dünyanın en önemli hava yolları kesişim noktalarından birisidir. İstanbul'da hâlen kullanılmakta olan iki havalimanı vardır, ancak artan ihtiyaçlar sebebi ile şehrin Avrupa kıtası tarafında ve Karadeniz kıyısında, şehir merkezine 35 km mesafede, dünyanın en büyük ve en yoğun havalimanı olması planlanan 3. Havalimanı inşa edilmektedir (Georgieva vd., 2015). Mayıs 2015'te başlayan çalışma, dört etapta yapılmak üzere tasarlanmış olup, ilk etabını oluşturan bir terminal ile üç pistin yapımı Ekim 2018'de bitirildiğinde, toplam projenin %78'i tamamlanmış olacaktır. Havalimanı inşaa alanının % 80,5'inin ormanlık alan ve bitki örtüsü olması ve bazı irili ufaklı su havzaları bulundurması nedeniyle, bölgede oluşacak arazi örtüsü/arazi kullanımı değişiminin değerlendirilmesi çevresel açıdan büyük önem taşımaktadır. (Akyürek vd., 2018).

Günümüzde arazi örtüsü/arazi kullanımı değişim analizi uydu ve bilgisayar teknolojilerindeki hızlı gelişime bağlı olarak uzaktan algılama yöntemleri ile etkin bir şekilde yapılabilmektedir (Chen vd., 2012). Bir ekosistemin coğrafi ve zamansal değişim paternini belirlemek ve süreç hakkında bilgi edinmek için uzaktan algılama yöntemlerinin hem hızlı hem de doğruluklu sonuçlar verdiği literatürde pek çok örnek ile gösterilmiştir (Hussain vd., 2013). Çevrede oluşan doğal değişimlerin yanı sıra insan etkisi ile oluşan değişimlerin gözlenmesi, ortaya çıkartılması, düzenlenmesi ve karar mekanizmalarında kullanılmasında, uzaktan algılama sistemleri özellikle önemli bir araç olarak kabul edilmekte ve yersel yöntemlere göre maliyet ve zaman bakımından birçok avantajlar sağlamaktadır (Chen vd., 2012).

Uzaktan algılama ile değişim analizi, herhangi bir temas olmaksızın algılayıcılar tarafından cisimlerin/nesnelerin farklı zamanlardaki durumlarının algılanması ve işlenerek bu durumlar arasındaki farka ilişkin olarak değişimin tanımlanması esasına dayanır (Singh, 1989). Literatür incelendiğinde düşük mekânsal çözünürlüklü (>100m) ve orta mekânsal çözünürlüklü (10m–100m) uydu görüntüleri ile yapılan değişim analizi çalışmalarında, piksel-tabanlı yöntemler uygulanarak tatmin edici doğruluklar sağlanabilmektedir (Ma vd., 2016). Ancak yüksek mekânsal çözünürlüklü (<10m) görüntüler ile çalışıldığında doğruluklar daha düşük olarak elde edildiğinden (Huiping vd., 2003) yüksek mekânsal çözünürlüklü veriler ile yapılan değişim analizi çalışmalarında, son yıllarda çoğunlukla daha başarılı sonuçlar alınan ve daha fazla tercih edilen nesne-tabanlı yöntemler denenmektedir (Zerrouki ve Bouchaffra, 2014; Gholoobi vd., 2010). Literatürde nesne-tabanlı yöntemler kullanılarak, arazi örtüsü/arazi kullanımı değişimin yüksek doğrulukla belirlendiği çalışmalar mevcuttur (Ma vd., 2017). Buna rağmen, 2000'lerden itibaren kullanılan nesne-tabanlı görüntü analiz yöntemlerinin kendine özgü bazı sorunları da tam anlamı ile çözülememiş olup hâlen konu ile ilgili çalışmalar sürdürülmektedir (Ma vd., 2017; Blaschke T., 2010).

Nesne-tabanlı değişim analizi yöntemleri çoğunlukla yüksek mekânsal çözünürlüklü verilere uygulanmakta olup, karşılaşılan sorunlardan bir kısmı aslında verinin mekânsal çözünürlüğünün yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Başlıca sorunlardan biri olan ve değişim analizini olumsuz etkileyen durum, çok-zamanlı bir analizde farklı açılardan alınmış veriler kullanılıyor ise, görüntü kayıt işlemi yüksek-doğruluklu olarak yapılmış olsa dahi her görüntüde farklı açıda ve farklı boyutta gölge etkisinin görülmesidir (Jensen, 2005; Chen vd., 2012). Yüksek mekânsal çözünürlük ile ilişkili olan diğer bir sorun, yüzey yansıtımı elde edilen bir birim alanın yani bir pikselin yeryüzünde temsil ettiği alanın küçük olmasıdır. Bu duruma bağlı olarak, gerçekten yüzey değişimi olmayan bazı yerlerde küçük etkenler sebebiyle bile değişim saptanabilmekte ve hatalı bir analiz yapılmaktadır (McDermid vd., 2008). Nesne-tabanlı değişim analizlerinde yönteme bağlı olarak değerlendirme yapıldığında ise, dezavantajın büyük kısmının nesne-tabanlı yaklaşımların ilk aşaması olan segmentasyondan kaynaklandığı görülmektedir (Neubert vd., 2008). Değişim analizinin bir yerin önceki ve sonraki durumu arasındaki karşılaştırma olduğu düşünülürse, nesne tabanlı bir değişim analizinde nesnelerin karşılaştırılması esastır (Jovanović vd., 2015). Görüntünün nesnelere ayrılması adımı olan segmentasyon işleminin, farklı zamanlarda alınmış aynı bölge görüntüsü için birebir örtüşen bir nesne çıkartımı ile sonuçlandırılması neredeyse imkansızdır. Bu nedenle değişim analizi için gerekli olan nesneler arası karşılaştırmanın sağlanabilmesi için bazı farklı yöntemlerin uygulandığı görülmektedir.

Bu çalışmada, İstanbul 3. Havalimanı inşaasının bölgede neden olduğu arazi örtüsü/arazi kullanımı değişimi belirlemek için 2015 ve 2017 tarihli Sentinel uydu görüntülerine nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi uygulanmış ve oluşan çevresel değişimler sınıflandırma sonrası gerçekleştirilen karşılaştırma yöntemlerinden biri ile değerlendirilmiştir.

2. ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN VERİLER

İstanbul 3. Havalimanı, İstanbul'un Avrupa Yakası'nda, Karadeniz kıyısındaki Tayakadın ile Akpınar köyleri arasındaki 76,5 milyon metrekare alan üzerinde inşa edilmektedir (Şekil 1). Havalimanı inşaa alanının %80,5'inin ormanlık alan ve bitki örtüsü olduğu, ayrıca Kulakçayırı Gölü, Duru Gölü gibi irili ufaklı su havzalarını içerdiği düşünüldüğünde, çevresel anlamda da önem taşıyan bir değişime neden olduğu açıktır (Akyürek vd., 2018).



Şekil 1. Çalışma bölgesinin konumu ve uydu görüntüsü (© Google Earth).

Bu çalışmada bölgedeki değişim Sentinel 2A uydu verileri kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan çok-zamanlı görüntü seti 12/08/2015 ve 12/07/2017 tarihli, elektromanyetik spektrumun görünür-kızılötesi (VNIR) bölgesinde algılanmış 4 spektral banda ve 10m mekânsal çözünürlüğe sahip uydu verileridir.

3. YÖNTEM

Uzaktan algılama ile değişim analizi bir bölgenin bir olaydan önceki ve sonraki görüntülerinin karşılaştırılması esasına dayalı olduğundan, bu karşılaştırmanın mümkün olabilmesi için karşılaştırılan görüntü biriminin (ister piksel ister nesne olsun) birbirlerine doğru bir şekilde kayıt edilmiş olması gereklidir. Bu bağlamda geometrik kayıt işlemi, değişim analizi doğruluğu ile prosesin devamındaki tüm aşamalarda başarıyı etkileyecek temel unsurdur.

Nesne tabanlı analizde öncelikle segmentasyon işlemi ile görüntü nesnelere ayrılır. Bir segmentasyon işlemi ile görüntü nesnelerinin çıkartılması sırasında i) aşırı segmente olma hatası ii) yetersiz segmente olma hatası iii) sınır konumu indeksi hatası ve iv) şekil hatası oluşabilir (Uca Avci vd., 2017). Değişim analizi için birden fazla görüntü ile çalışılır ve bahsedilen segmentasyon hatalarına ek olarak segmentasyon uyumu sorunu ortaya çıkar. Bir başka deyişle farklı zamanlarda alınmış aynı bölge görüntülerinin birebir örtüşen bir segmentasyon sonucu vermeleri neredeyse imkansızdır. Gerçekte bir nesne zaman içinde i) varlık ii) boyut ve şekil iii) konum veya iv) bunların bir kombinasyonu olarak değişim göstermiş olabilir (Blaschke, T., 2005). Değişim analizi için gerekli olan nesneler arası karşılaştırmanın sağlanabilmesi için öncelikle karşılaştırılacak nesnelerin birebir örtüşmesi veya bir uyum kriteri kullanılarak birbirleri ile ilişkilendirilmeleri gerekir (Abdessetar ve Zhong, 2017). Bu çalışmada, nesneler arası birebir örtüşme üzerinden karşılaştırma yapabilmek için uygulanan tek görüntüye bağlı segmentasyon yöntemi uygulanmıştır. Bu yaklaşım nesnelerin tek bir görüntü baz alınarak belirlenmesi ve bu segmentasyon sonucunun tüm tarihlerdeki nesne çıkartımı için kullanılması esasına dayanır.

4. UYGULAMA

4.1. Ön İşleme

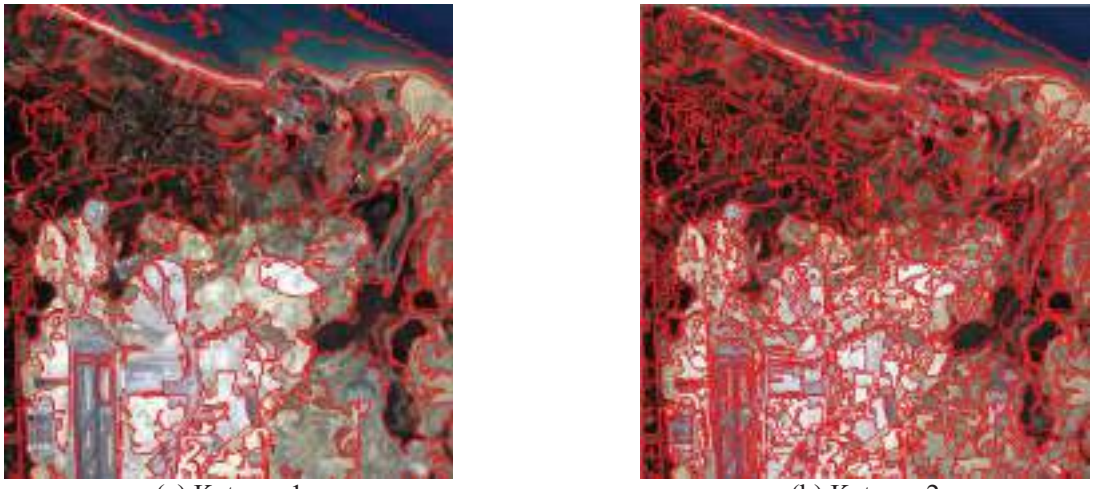
Üç farklı tarihte alınmış Sentinel 2A görüntülerinin ±0.5 en küçük kareler hatası ile geometrik kayıt işlemleri gerçekleştirilmiş, işlem sırasında örnekleme yöntemi olarak en yakın komşuluk algoritması uygulanmıştır.

4.2. Segmentasyon

Bu çalışmada değişim analizi uygulaması için nesnelerin tek bir görüntü baz alınarak belirlenmesi yöntemi tercih edilmiştir. 12/07/2017 tarihli görüntü, baz görüntüsü olarak seçilerek çoklu çözünürlüklü segmentasyon adımı uygulanmıştır. Çoklu çözünürlüklü segmentasyon, literatürde en sık kullanılan ve popüler olan segmentasyon yöntemidir (Sabuncu, 2018). Bu yöntemde her bir piksel bir görüntü nesnesi için başlangıç noktası olarak göz önüne alınır ve iteratif bir yaklaşımla pikseller bir homojenlik kriterine göre kümelenerek, nesneler elde edilir. Homojenlik kriteri ise ölçek, şekil, renk, yoğunluk ve pürüzsüzlük olarak verilen beş değişken ile belirlenir. Bu çalışmada hiyerarşik bir sınıflandırmaya hazırlık olarak iki farklı segmentasyon katmanı oluşturulmuş ve her iki katman için kullanılan değerler Çizelge 1'de verilmiştir. Şekil 2'de çalışma alanının bir kısmı için her iki katmandaki segmentasyon sonucu 2017 görüntüsü üzerinde gösterilmektedir.

Çizelge 1. Segmentasyon homojenlik kriter değerleri

	Katman 1	**Katman 2**
Ölçek	500	100
Şekil	0	0.5
Renk	1	0.5
Yoğunluk	0.5	0.5
Pürüzsüzlük	0.5	0.5



(a) Katman 1 (b) Katman 2

Şekil 2. Segmentasyon sonucu.

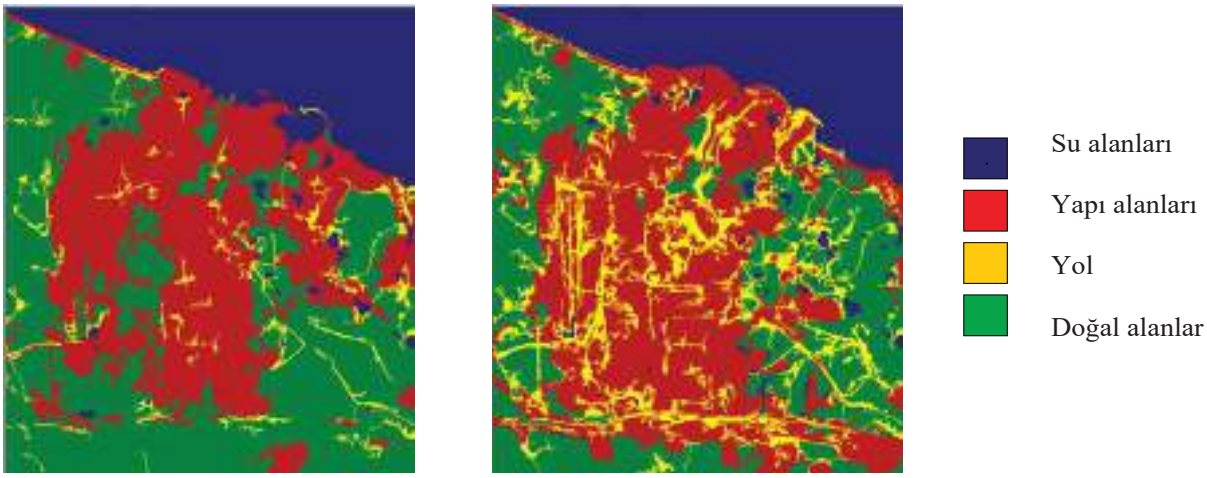
4.3. Nesne Tabanlı Sınıflandırma

2015 ve 2017 yıllarında alınan her iki görüntü iki katman olarak segmente edilmiş olup, sınıflandırma işlemleri iki seviyede yapılmıştır. Yapı alanları, doğal alanlar, yol ve su alanları olmak üzere dört ana sınıfta yapılan sınıflandırma işleminde hiyerarşi, her iki katmanda birbiri ile sınıf – altsınıf ilişkisi bulunan nesneler üzerinde yapılmıştır. Sınıflar ve sınıf tanımlarında kullanılan parametreler Çizelge 2'de verilmektedir.

Çizelge 2. Sınıflar ve sınıf tanımlarında kulanılan parametreler.

Sınıflar	Seviye 1	Seviye 2
Yapı alanları	Band 2	
Doğal alanlar	Band 4	
Yol		Kompaktlık Şekil indeksi Standart sapma (band2)
Su alanları		Band 4

Elde edilen sınıflandırılmış görüntüler Şekil 3'te verilmiştir.



(a) 2015 tarihli görüntü (b) 2017 tarihli görüntü

Şekil 3. Nesne tabanlı sınıflandırma sonuçları.

2015 ile 2017 tarihli görüntülerde elde edilen nesne sayısı ve piksel sayısı Çizelge 3'te verilmiştir.

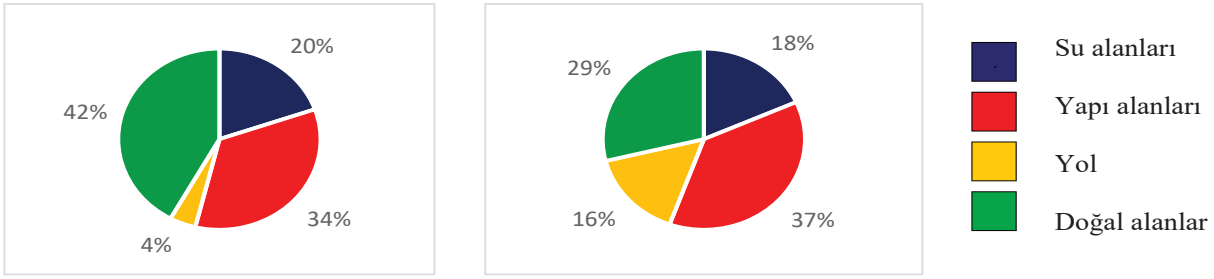
Çizelge 3. Sınıfların nesne ve piksel sayıları.

	2015		2017	
Sınıflar	**Nesne sayısı**	**Piksel sayısı**	**Nesne sayısı**	**Piksel sayısı**
Su alanları	316949	494879131	327288	460494216
Yapı alanları	1912189	861301561	2429484	936750706
Yol	165821	105489443	432188	393538644
Doğal alanlar	2010842	1057129865	1212644	726782866

4.4. Değişim Analizi

4.4.1 Sınıflandırmaya Dayalı Değişim Analizi

İlk yöntem olarak yapılan sınıflandırma sonuçlarına dayalı bir değişim analizi yapılmıştır. Değişimi yorumlamak üzere iki farklı tarih görüntüsü ayrı ayrı sınıflandırıldıktan sonra, alansal sınıf dağılım oranları elde edilmiştir (Şekil 4).



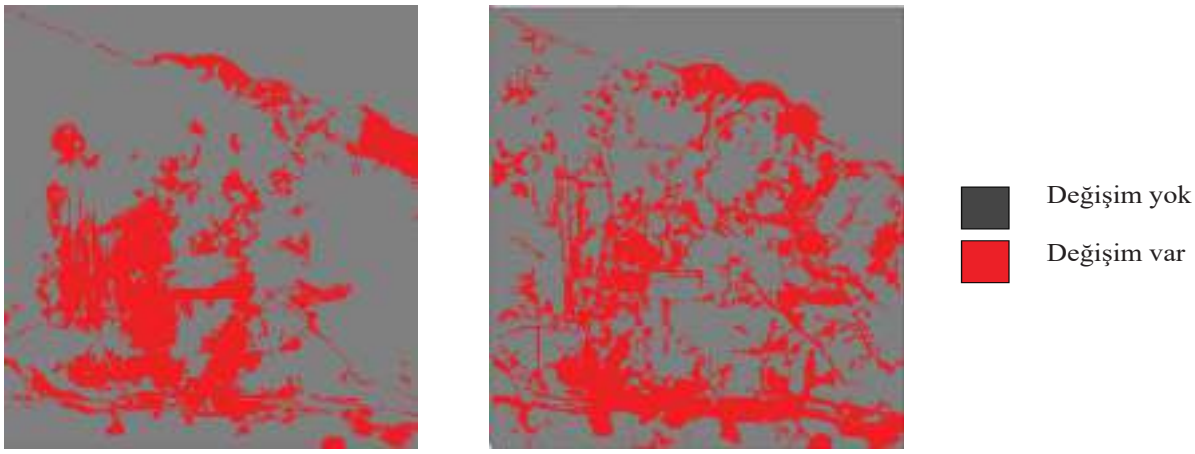
(a) 2015 tarihli görüntü (b) 2017 tarihli görüntü

Şekil 4. Alansal sınıf oranları.

2015 yılında çoğunluğu ormanlık alan olan ve tüm bölgenin %42'sini oluşturan 'Doğal alanlar' sınıfı 2017 yılında tüm bölgenin %13'ü oranında azalmıştır. İnşaat başlangıcı olan 2015 yılından 2017 yılına kadar olan inşaat süresinde alansal olarak artış gösteren sınıflar ise toplamda alanın %15'i kadar artış gösteren 'Yapı alanları' ve 'Yol'' sınıflarıdır. Bölgede 2 yıllık inşaat süresinde 'Su alanları''nda azalma görülmesinin nedeni ise alandaki küçük göletlerin kurutularak kapatılmış olmasıdır.

4.4.2 Spektral ve Sınıfsal Farka Dayalı Değişim Analizi

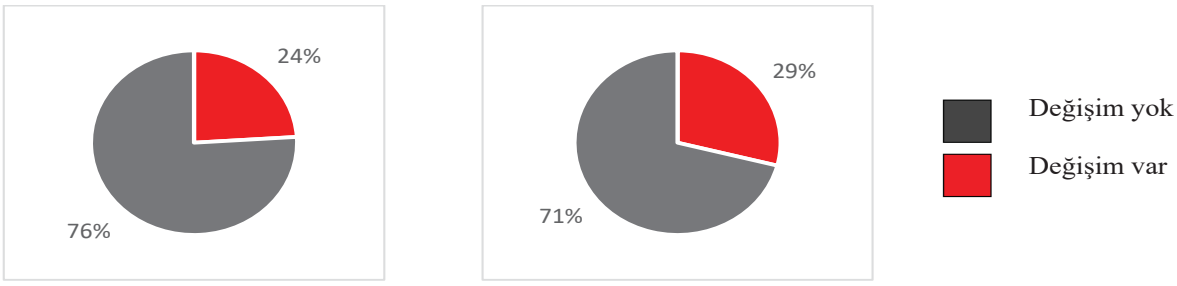
Bir diğer yaklaşım olarak fark yönteminin iki farklı uygulaması yapılmıştır. İlk olarak segmentasyon sonrası görüntüler 2015 ve 2017'deki yansıtımlarının belli bir oranın üzerinde farklı olmasına göre 'değişim olan' ve 'değişim olmayan' olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 5a). İkinci olarak, iki farklı tarih için ayrı ayrı sınıflandırma sonuçları (Şekil 3) alındıktan sonra, sınıf değerlerinin değişmesine bağlı olarak nesneler 'değişim olan' ve 'değişim olmayan' olarak yeniden sınıflandırılmışlardır (Şekil 5b).



(a) Spektral fark yöntemi (b) Sınıfsal fark yöntemi

Şekil 5. Değişim alanları.

Her iki yöntem ile elde edilen alansal sınıf dağılım oranları Şekil 6'da gösterilmiştir.



(a) Spektral fark yöntemi (b) Sınıfsal fark yöntemi

Şekil 6. Alansal değişim oranları.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, Türkiye'nin en önemli metropolü olan İstanbul'da, hem ülke ve bölge için hem de dünya havayolları trafiği için önemli bir merkez ve bağlantı noktası olması planlanan İstanbul'un 3. Havalimanı'nın 2015'ten beri süren ve 2018'de çoğunluğu tamamlanacak olan inşaasının çevrede yapmış olduğu değişim incelenmiştir.

Uygulamada, tek tarihe bağlı segmentasyon yapılması tercih edilmiş olup, bunun bir avantajı olarak her iki tarih için farklı segmentasyon yapıldığında ortaya çıkan farklı görüntülerdeki nesneleri ilişkilendirme prosesinin zorlukları ile karşılaşılmamıştır. Ancak bir dezavantaj olarak, segmentasyonun baz alınmadığı tarihteki görüntü için nesnelerin sadece şekline bağlı olan sınıf tanımlarında hatalı değerlendirmeler ortaya çıkmıştır. Örneğin; segmentasyonda baz alınan 2017 görüntüsünde 'yol' sınıfı sadece 'kompaktlık' ve 'şekil indeksi' parametreleri ile tatmin edici derecede belirlenebilir iken 2015 görüntüsü için bu parametrelere 'standart sapma değeri' de eklenmiştir.

Öncelikle iki farklı tarihte alınan görüntülerin nesne tabanlı sınıflandırması yapılarak her sınıfın 2015 ve 2017 yılındaki alansal büyüklükleri hesaplanmış ve sonuçlar karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Kantitatif olarak tüm sınıflardaki değişim miktarının %30 olduğu saptanmıştır.

Diğer yandan bölgedeki değişim, sınıflandırma öncesi ve sonrası olmak üzere iki farklı yöntemle daha irdelenmiştir. İlk yaklaşım olarak, bir görüntü nesnesinin 2015 ve 2017 tarihlerinde aynı banttaki ortalama spektral değeri birbiri ile karşılaştırılarak, değişim olan ve olmayan alanlar belirlenmiş ve değişim %24 olarak bulunmuştur. İkinci bir yaklaşım olarak, iki farklı tarihte yapılan sınıflandırma sonuçları karşılaştırılarak, iki tarihte de aynı sınıfa atanmış olan veya sınıfı değişmiş olan nesneler belirlenmiş ve değişim %29 olarak bulunmuştur.

Her iki yöntemdeki sonuçlar birbirine yakın olmakla birlikte, orijinal görüntü üzerinde sınıflar üst üste getirilerek incelendiğinde, sınıfsal fark yöntemi sonucunun daha gerçekçi olduğu görülmüştür.

Havalimanı inşaası gibi çok büyük alanları etkileyen büyük projelerde, bölgede oluşan arazi örtüsü/arazi kullanımı değişimini belirlemek son derece önemlidir. Bu tür çalışmaların sonuçları baz alınarak orman alanlarındaki azalma, hava kalitesindeki değişim, değişen su havzalarının çevreye etkisi gibi bölgenin çevresel sorunlarına yönelik bir altlık oluşturulabilir. Ayrıca değişim analizi bölgede yapılacak rehabilitasyon çalışmalarında da kullanılabilir.

Ön çalışma olarak yapılan bu uygulamanın ileride nesne tabanlı değişim analizi yöntemlerinde uygulanan yeni yaklaşımlarla daha detaylandırılması planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

Abdessetar, M., Zhong, Y., 2017. Buildings Change Detection Based on Shape Matching for Multi-Resolution Remote Sensing Imagery, The International Archives of The Photogrammetry, *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XlII-2/W7, 2017 ISPRS Geospatial Week 2017, 18–22 September 2017, Wuhan, China.

Akyürek, D., Koç, Ö., Akbaba, E.M., Sunar, F., 2018. Land Use/Land Cover Change Detection Using Multi–Temporal Satellite Dataset: A Case Study in Istanbul New Airport, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLII-3/W4, 2018 GeoInformation For Disaster Management (Gi4DM), 18–21 March 2018, Istanbul, Turkey, DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-3-W4-17-2018.

Blaschke, T., 2005. Towards a Framework for Change Detection Based on Image Objects. *Göttinger Geographische Abhandlungen*, 113: 1–9.

Blaschke, T., 2010. Object Based Image Analysis for Remote Sensing, *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, 65 2010, pp. 2-16, DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2009.06.004.

Chen, G., Hay, G.J., Carvalho L. M. T., Wulder, M. A., 2012. Object-Based Change Detection, *International Journal of Remote Sensing*, 33:14, 4434-4457, DOI: 10.1080/01431161.2011.648285.

Georgieva, A.D., Düzgün, M., Tanyaş, M., 2015. The importance of Istanbul Grand Airport (IGA) for Turkey and Its Influence on Widely Regional Air Traffic Around. *Research in Logistics & Production*, 5(3), pp. 239-254.

Gholoobi, M., Tayyebi, A., Taleyi, M., Tayyebi, A. H., 2010. Comparing Pixel Based and Object Based Approaches in Land Use Classification in Mountainous Areas *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*, Volume XXXVIII, Part 8, Kyoto Japan 2010 789, DOI: 10.3390/s90301980.

Huiping, H., Bingfang, W., Jinlong, F., 2003. Analysis to the Relationship of Classification Accuracy, Segmentation Scale,Image Resolution," *(IGARSS) IEEE International Geoscience & Remotesensing Symposium*, pp.3671-3673, 2003, DOI: 10.1109/IGARSS.2003.1295233.

Hussain, M., Chen, D., Cheng, A., Wei, H., Stanley, D., 2013. Change Detection from Remotely Sensed Images: From Pixel-Based to Object-Based Approaches, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Volume 80, June 2013, Pages 91-106, DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2013.03.006.

Jensen, J.R., 2005. Introductory Digital Image Processing, *3rd* ed. (Upper Saddle River, NJ:Pearson Prentice Hall); Gang Chen, Geoffrey J Hay, Luis Marcelo Tavares de Carvalho, Michael Wulder, Object-Based Change Detection July 2012 *International Journal of Remote Sensing* 33(14):4434-4457, DOI: 10.1080/01431161.2011.648285.

Jovanović, D., Govedarica, M., Sabo, F, Bugarinović, Z., Novović, O., Beker, T., Lauter, M., 2015. Land Cover Change Detection by Using Remote Sensing – A Case Study of Zlatibor (Serbia), *Geographica Pannonica* Volume 19, Issue 4, 162-173 (December 2015), DOI: 10.18421/GP19.04-02.

Lu, D., Mausel, P., Brondízio, E., Moran, E., 2004. Change Detection Techniques, *International Journal of Remote Sensing*, 25(12), 2365-2407, DOI: 10.1080/0143116031000139863.

Ma, L., Li, M., Blaschke, T., Ma, X., Tiede, D., Cheng, L., Chen, Z., Chen D., 2016. Remote Sens. 2016, 8, 761; Object-Based Change Detection in Urban Areas: The Effects of Segmentation Strategy, Scale, and Feature Space on Unsupervised Methods, DOI: 10.3390/rs8090761.

Ma, L., Li, M., Ma, X., Cheng, L., Du, P, Liu, Y., 2017. A Review of Supervised Object-Based Land-Cover Image Classification, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 130 (2017) 277–293, DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2017.06.001.

McDermid, G.J., Linke, J., Pape, A.D., Laskin, D.N., McLane, A.J., Franklin, S.E., 2008. Object-Based Approaches to Change Analysis and Thematic Map Update: Challenges and limitations. *Can. J. Remote Sens.* 2008, 34, 462–466.

Neubert, M., Herold, H., Meinel, G., 2008. Assessing Image Segmentation Quality — Concepts, Methods and Application.In: Blaschke, T., Lang, S., Hay, G. (Eds.), Object-Based Image Analysis, Spatial Concepts for Knowledge-Driven Remote Sensing Applications. Springer, Heidelberg, Berlin, New York, pp. 769–784.

Singh, A., 1989. Digital Change Detection Techniques Using Remotely-Sensed Data, *International Journal of Remote Sensing*, 10:6, 989-1003, DOI: 10.1080/01431168908903939.

Sabuncu, A., 2018. Yüksek Mekânsal Çözünürlüklü Uydu/Uçak Platformlu Görüntüler ve CBS Teknolojisi Kullanılarak Van-Erciş Depremi Sonrasi Bina Hasar Tespiti, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, Geomatik Mühendisliği Doktora Programı, İTÜ, Şubat 2018.

Uca Avci Z. D., Ok, A. O., Berberoglu S., 2017. Bölüm 6, Dijital Görüntü İşleme, Editor: F. Sunar, T.C. Anadolu Üniversitesi Yayini No: 3658 Açiköğretim Fakültesi Yayini No: 2486 Dijital Görüntü Isleme Isbn: 978-975-06-2265-6, Eskişehir, Aralık 2017.

Xiong, C., Beckmann, V., Tan, R., 2013. Effects of Infrastructure on Land Use and Land Cover Change (LUCC): The Case of Hangzhou International Airport, China, *Sustainability 2018*, (10) 2013; DOI: 10.3390/su10062013.

Zerrouki, N., Bouchaffra, D., 2014. "Pixel-Based or Object-Based: Which Approach is More Appropriate for Remote Sensing Image Classification", *IEEE International Conference on Systems Man and Cybernetics*, pp. 864-869, 2014.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7482

İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ TARIMDA KULLANIMI

Gökçe İrem ARAÇ

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, Eskişehir,
gokceiremyurdasiper@gmail.com

ÖZET

Nüfus ve kentleşmenin artışı ile beraber, ihtiyaçların karşılanabilmesi için teknolojinin gelişimi kaçınılmaz olmuştur. Endüstrinin 4.0 (4.) Sanayi Devrimi' ne geçişi ile beraber teknolojide gelişim hızlanmıştır. Bu teknolojik gelişmelerle her alanda hızlı ve güvenilir sonuçlar elde edilmeye başlanmıştır. Çok fazla iş gücü gerektiren tarım sektöründe de bu gelişmelerden faydalanılmıştır. Tarım sektöründeki en büyük gelişmelerden biri "İnsansız Hava Aracı Teknolojisi ve Kullanımı" olmuştur.
İnsansız Hava Araçları (İHA) otomatik veya yarı otomatik uçuş prensibine sahip başlangıçta askerî amaçlar için kullanılan motorlu veya motorsuz hava araçlarıdır. Son yıllarda meydana gelen gelişmelerle birlikte İHA'lar, afet yönetimi ve planlama, ormancılık, fotogrametrik değerlendirme, yol ve nehir gözlemleri, arazilerin üç boyutlu (3B) modellerinin üretilmesi gibi birçok ticari ve akademik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.
Bu derlemede insansız hava araçlarının tarımda kullanımının dünü, bugünü ve geleceği hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.
Anahtar Sözcükler: insansız hava aracı, sanayi devrimi, tarım

ABSTRACT

UTILIZATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN AGRICULTURE

As a result of increasing population and urbanization, the development of technology has become inevitable in order to meet the demands. By the transition of the industry to the 4.0 (4th) Industrial revolution, the development in technology has accelerated. These technological developments have begun to achieve fast and reliable results in every area. In agricultural sector which requires a lot of labour, these developments have been benefited. One of the biggest developments in agricultural sector is "Unmanned Aerial Vehicle Technology and Its Utilization".
Unmanned aerial vehicles (ILM) are motorized or non-motorized aircrafts that were initially used for military purposes with an automatic or semi-automatic flight principle. Along with the developments in recent years, ILMs have been widely used in many commercial and academic studies, such as disaster management and planning, forestry, photogrammetric assessment, road and river observations, and the creation of three-dimensional (3D) models of the lands.
In this review, evaluations were made on the past, the present and the future of utilization of unmanned aerial vehicles in agriculture.

Key words*: *unmanned aerial vehicle, industrial revolution, agriculture

1. GİRİŞ

Uzaktan Algılama, zemin ile herhangi bir fiziki temas kurulmaksızın saptanması istenen objelerin değişik özelliklerinin belirlenmesi olayıdır. Tarım sektöründe Uzaktan Algılama teknolojisi ile alakalı olarak daha önceleri sadece uydu görüntülerinin kullanılması suretiyle bazı çalışmalar yapılmıştır. Bu görüntülerle NDVI (Normalize Edilmiş Farklı Bitki İndeksi) haritaları oluşturulmasına karşın ülkemizin canlılık haritaları ve coğrafi şartları ile ilgili bilgilerin derlenmesinden öteye gidilememiştir. Çok düşük çözünürlüklü haritalar kullanıldığından dolayı ilçe ya da ada/parsel bazında altlık haritalar oluşturulamamıştır. Ayrıca uydu görüntülerinin anlık fotoğraflarının alınamaması, yüksek çözünürlüğe sahip farklı dalga boylarındaki fotoğrafların maliyetli olması, olumsuz hava koşulları nedeniyle görüntü kalitesinin düşüklüğü, hızlı müdahale imkanlarının bulunamaması da başlıca olumsuz faktörler olarak göze çarpmaktadır. Söz konusu bu olumsuz özelliklere alternatif olarak İHA teknolojilerinin kullanım alanları artmaya başlamıştır. İHA'ların hız, doğruluk ve hassasiyet ölçümlerinde başarılı olması nedeniyle yere yakın yüksekliklerdeki uçuşların ve ulaşımın güç olduğu alanlarda da kullanılabileceği ortaya çıkmıştır. Boyutunun küçüklüğü, maliyetinin düşüklüğü, ekonomikliği yanında veri yoğunluğunun da yüksek olması sebebiyle İHA'lar insanoğlunun ufkunun daha fazla açılmasını sağlamıştır.
İHA'lar vasıtasıyla ülkemiz tarım sektöründe de yenilikçi ve kanıtlanabilir bir veri alım ve değerlendirme metodunun geliştirilmesi suretiyle hasar ve tespit çalışmalarında oldukça yüksek doğruluktaki verilerin elde edilmesi mümkün olabilecektir. İhtiyaç duyulan veriler hızlı ve doğru bir şekilde toplandıktan sonra analiz ve sentez edilerek sonuçları değişik şekillerde yorumlanıp kullanılabilecektir. Ayrıca elde edilen ölçümlerle alakalı olarak yapılan değerlendirmeler hem zaman hem de maliyet açısından oldukça yüksek fayda sağlayacaktır.

Coğrafi referanslar da esas alınmak suretiyle İHA'larla ürün bazında elde edilen veriler işlenerek, ülkemize ait standart bir veri tabanının oluşturulması yanında yeterli kaynaklar sağlanarak geleceğe yönelik olmak üzere İHA sistemlerinin ve harita üretim yönetmeliğinin geliştirilmesi, mevcut olumsuzlukların da ortadan kaldırılarak tarım sektörünün daha da ileriye yönelik vizyonlar oluşturması mümkün olabilecektir.

2- İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI

İnsansız Hava Araçları Küresel Hava Trafik Yönetimi Operasyonel Konsepti (The Global Air Traffic Management Operational Concept) Doc. 9854 uyarınca insansız hava aracı Şikago Konvansiyonu'nun 8. maddesinde düzenlenmiş olan ve içerisinde pilotu bulunmayan araçlar olarak tanımlanmaktadır. En sade tanımıyla İHA (UAV: Unmanned Aerial Vehicle); içinde pilot olmaksızın, GPS kontrollü ve otomatik olarak gidebilen hava aracı olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2016). Günümüzde İHA'lar, yerde bulunan bir pilot tarafından gönderilerek uzaktan kumanda ile yönetilen veya önceden yapılan uçuş programı yüklenerek otomatik olarak uçurulan hava araçlarıdır. İHA' lar için genel olarak; teknik özelliklerine (ağırlıklarına, yakıt/enerji kaynağına, kanat yapısına, otomatik veya uzaktan kumandalı olmasına vb.) ve kullanım amaçlarına göre askeri (keşif, silah, saldırı vb.) ve sivil amaçlı (hobi, bilimsel ve ticari) iki ana sınıflandırma yapmak mümkündür. ICAO genelgesinde ise İHA'lar; otomatik ve uzaktan kumandalı olarak iki ana sınıfa ayrılmaktadır (ICAO, 2011).

2.1. İnsansız Hava Araçlarının Tarihi

Uzaktan kumandalı hava araçlarının eskiye dayanan tarihsel bir geçmişi vardır. 22 Ağustos 1849 yılında Avusturyalıların, içinde zaman fitilli bombalar bulunan 200 pilotsuz balonu Venedik (İtalya) şehrine göndermesi, hava saldırısında ilk İHA kullanımı olarak kabul edilmektedir. 1908 yılında en az yarısı Alman olan 25'ten fazla havacıyı taşıyan yaklaşık 10 Alman balonunun Fransa sınırını geçtiği ve Fransa'ya iniş yaptığı kaydedilmiştir. (Can, 2011). İnsansız ilk uçak (Ruston Proctor Aerial Target) ise Birinci Dünya Savaşı'nın sonlarında (1916) tasarlanmış, ilk insansız kullanımı ise "uçan bombalar" olarak bilinen "Hewitt-Sperry" jiroskop kontrollü otomatik uçak ile gerçekleştirilmiştir. Daha sonra 1917 tarihinde "otomatik uçan uçak" ABD Silahlı Kuvvetleri'nin resmî uçağı olmuş, ilk uçuşunu 1918 yılında gerçekleştirmiştir (Anonim-1, 2016). İHA'larla ilgili çalışmalar İkinci Dünya Savaşı ve sonrasında da devam etmiş, birçok askerî operasyonda kullanılmış ve hâlen de kullanılmaya devam etmektedir. (F.J. Keane vd., 2013). İHA'ların askerî amaçlı gelişiminin artması, başarılı ve güvenilir sonuçlar vermesi, diğer alanlarda da kullanımını arttırmıştır.

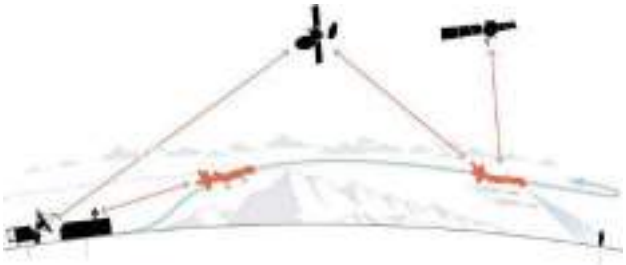
2.2. İnsansız Hava Araçlarının Gelişimi

Teknolojik gelişmeyle beraber, kontrol ünitesinin yerine akıllı telefon ve tabletlerin kullanımı, uçuş operasyonunun GPS, wi-fi alıcıları, MEMS INS sensörler ile görünür bant, multi-spektral, termal, hiper-spektral ve lazer vd. algılayıcıların düşük maliyetlerle erişilebilir olması İHA üretim maliyetlerini azaltmıştır. GNSS teknolojisinin donanım çözümleri sayesinde PPK (Post Processed Kinematic) GNSS ile gerçekleştirilen navigasyonun konumlandırılması daha doğru yapılabilmektedir (Colomina et.al, 2014; Torun, 2017-1; Torun, 2017-2).
İHA'ların en önemli görevleri özet olarak:

* Tek çözüm olduğu tehlikeli görevler; kötü hava ve çevre koşulları, nükleer, biyolojik ve kimyasal olarak kirletilmiş bölgeler, radyasyon tehlikesinin olduğu bölgeler,
* Ekonomik ve en iyi çözümün olduğu bilimsel görevler; hava tahmini, atmosfer ve okyanuslar hakkında veri toplama, çevresel, tarım, manyetik ve radyolojik haritalama amaçlı gözetlemeler,
* Ticari olarak tercih edildiği görevler; sınır güvenlik, şehirler ve şehirler arası trafik durumu, bölgesel hava röle ve baz istasyonu, koruma altındaki alanların gözetlenmesi, yangın, boru hatları ve enerji nakil hatlarının kontrolü (Goraj, 2003).

2.3. İha'lar ile Alınan Görüntülerin İşlenmesi

Arazi yapısı, kameranın ve hava aracının teknik özellikleri vs. konular dikkate alınarak uçuş planı hazırlanır (**Şekil 1**). Hazırlanan uçuş planı ile yer kontrol istasyonu tesis edilir ve hava koşullarına göre veri alımı gerçekleştirilir (**Şekil 2**).



Şekil 1. Uçuş planı hazırlama.



Şekil 2. Veri alımı.

Yoğun veri topluluklarının işlenmesi için bilgisayarlı görme (computer vision) teknikleri İHA görüntülerinin değerlendirilmesinde kullanılmaya başlanmıştır. Arazi çalışması ile elde edilen veriler; ülke ve/veya uluslararası koordinat sistemlerine göre yüksek teknoloji içeren yazılımlar kullanılarak dengelenir (**Şekil 3**).



Şekil 3. Veri dengeleme ve nokta bulutu.

Koordinat dengelemesi yapılan fotoğraflardan, yoğun görüntü eşleme (Dense Image Matching) yöntemleri kullanarak "Ortofoto" ve "Nokta Bulutu" üretilir. Fotoğraflar kullanılarak " fotogrametrik hâlihazır haritalar" yapılır (**Şekil 4**).



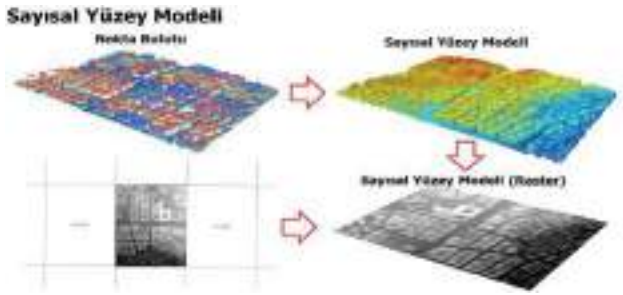
Şekil 4. Nokta bulutu ve ortofoto.

Günümüzde İHA'ların da gelişmesiyle multispektral (**Şekil 5**), termal, hiperspektral, lidar görüntüleme yapılabilmekte, bunlar tablet ve bilgisayarlardan kontrol edilebilmektedir. Bu görüntüler yazılımlar ile

düzeltilmekte, işlenmekte ve farklı haritalar (**Şekil 6-7**) üretilerek yorumlama yapılabilmektedir (Anonim-1a,1b, 2018).



Şekil 5. Multispektral kamera.



Şekil 6. Sayısal yüzey modeli (DSM).



Şekil 7. Fotogrametrik hâlihazır harita.

2.4. Tarımda İnsansız Hava Araçları

İnsanlar dört saatte, bilemediniz altı saatte bir beslenmek zorunda olan varlıklardır. İlk düşünce karın doyurmaktır. Bu işten sonra, beslenmenin devamlılığı, yenilenlerin çeşitliliği, damak zevki, alışkanlık, dengeli beslenme gibi kavramlar gündeme gelir. Beslenme ihtiyacını karşılamanın yolu, hayvansal ve bitkisel ürünleri üretmekten geçer. İnsan, yeryüzüne geldiğinden beri, tarımsal faaliyetlerle iç içedir. İnsanlar çoğaldıkça beslenme miktarlarının düşmemesi için, tarımsal etkinliklerin büyük bir değişim göstermesi zorunludur. Yoksa insanların beslenmesi tehlikeye girer. Planlamada öncelik, üretim artışınadır. Bu sağlandıktan sonra ekonomiği, kârlı üretimi, kaliteli üretkenliği gündeme alırsınız. Bu da yetmez. Korumalı çevre ve doğal kaynaklı üretim etkinliklerine ilişkin girişimlere geçmeniz gerekir.

Teknolojik gelişmeler, üretim artışları sağlar. Yalnız bunun için arazi koşullarının uygun ve su bulunan yerlerin olması tarımsal faaliyetlerde önceliklidir. Tarım, üretimiyle, pazarlanmasıyla, kalitesiyle, saklanmasıyla, tohum ıslahıyla, doğal kaynaklarıyla bir bilim dalı olmuştur. Tarımsal faaliyetler, beslenme ihtiyacını karşılarken, aynı zamanda iş ve iş gücü yaratma, ekonomik faaliyetleri de kapsar.

Tarım denilince, gübreleme, ilaçlama, sulama, tohum, makine, iş gücü akla gelir. Bunların tamamlayıcısı da gıda güvenliğidir. Gıda güvenliği, insan beslenmesi için büyük önem taşımaktadır.

Türkiye, toprak, su kaynakları ve iklim koşulları bakımından avantajlı ve stratejik bir konumdadır.

Beslenme gereksinimi artarak devam edeceğine göre, gıda güvenliğinde ödün vermeden, doğal kaynaklı akıllı tarım uygulamalarını gerçekleştirmek ve geliştirmek zorundayız.

Bizde ilk önce, akıllı tarım, akıllı gübreleme ve tohum atımıyla sınırlı kaldı. Teknoloji, gübre verilerini değerlendirerek, hangi tarlanın, ne kadar gübreye ihtiyacı olduğunu belirleyip, traktör aparatlarıyla gübre miktarını ayarladı. Bu gelişim, mısır, buğday, arpa gibi ürünlerde rekolteyi arttırdı. Akıllı tarım uygulamaları ilaçlamada, planlamada, meyve, sebze ve kuru yemiş üretiminde farkındalık yarattı.

Akıllı tarımın vardığı son nokta şudur: Gübreleme, makinelerin akıllı kullanımı, meyve ve sebze üretiminde görüntüleme araçları ile kalite tespiti, ilaçlama, sulama, toprak değerlendirme, çiftlik hayvanlarının tarımsal faaliyetlerini izleme, bağcılıkta melezlerin değerlendirilmesi (Zarco-Tejada, 2014).

Hassas tarım uygulamalarında İHA'lar Yamaha şirketinden ilaçlama amacıyla insansız bir helikopterin geliştirilmesi isteği ile 1980'lerde Japonya' nın öncülüğünde tarımda kullanılmaya başlanmıştır. Daha sonra İHA'ların yabancı otların olumsuz etkilerini, gübreleme uygulamalarındaki problemleri, toprak heterojenliğini, zararlı etkisini, meyve olgunluk farklılığını ve dona karşı izlemede kullanımı giderek artmıştır (A.B., Tekin, 2015).

İHA'ların maliyet ve çevre zararını azaltarak tarımda pazar yaratacak uygulamaları şunlardır:
* 3 boyutlu görüntüleme tekniği ile ekim öncesi tarla hazırlığı,
* Sensörlerden elde edilen verilerin analizi ile gübre uygulamalarında, hastalık ve zararlıların başlama ve yayılma aşamaları,
* Topografyaya uyumu ile ilaçlama (F.Ay vd.,2015), (**Şekil 9**),
* Tayf ve termal sensörlerden yaprak-toprak rutubetine dayalı analizlerle kuraklık zararı (N.Açıkgöz,2016).



Şekil.9. İHA ile ilaçlama.

İHA'lar kullanılarak tarımsal alanlarda yetiştirilen tarım ürününe göre farklı uygulamaların yapıldığı görülmektedir. Bunlar; kahve tohumlarının olgunluklarının izlenmesi (Herwitz, S. R., vd., 2003), bitkilerde biomass hesaplanması (Hunt vd., 2005), vejetasyon değişimin izlenmesi (Berni vd., 2009), mera alanlarının sınıflandırılması ve değerlendirilmesi (Rango ve ark., 2009; Laliberte ve ark., 2009; Laliberte ve ark., 2010), farklı gübreler kullanılarak yetiştirilen kışlık buğday tarlalarının izlenmesi (Hunt, E. R., vd., 2010), pirinç alanlarının verimliliğinin ve toplam canlılık alanlarının belirlenmesi ve izlenmesi (Swan K. C. 2010) (**Şekil 10**), farklı algılayıcı sistemler ve İHA'lar kullanılarak üzüm bağlarının izlenmesi, sağlıklı ve hastalıklı alanların belirlenmesi (Turner, D. Vd., 2011) (**Şekil 11**), bölmeden çıkarma sonucunda oluşan toprak zararlarının belirlenmesi (Pierzchala, 2014), insansız hava araçları ile bitki koruma ve tarım uygulamaları (M. Reis, 2014) gibi farklı uygulamalar olarak karşımıza çıkmaktadır.



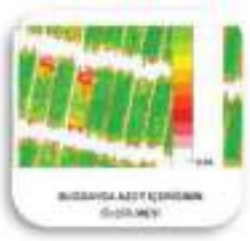
Şekil.10. Bitki boyu ölçümü, bitki sayımı ve verim tahmini.



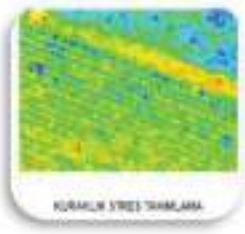
Şekil.11. Gelişmiş-bitki sağlığı endeksleri.

İHA sistemleri kullanılarak hassas tarım uygulama amaçlı çalışmalarda insansız hava araçlarından elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntüler kullanılarak; farklı genotip ve farklı azot seviyesi içeren küçük buğday parsel alanlarının izlenmesi için NDVI, LAI ve GNDVI ile toplam azot içeriği (NQ) arasında ilişkinin araştırılması (Lelong vd, 2008) (**Şekil 12**), su stresi için Fotokimyasal Yansıtım İndeksi (PRI) hesaplanması (Berni vd. 2009), pirinç ürününe ait biokütle ve verim tahmini yapılması (Swain vd. 2010), ürün izleme amaçlı olarak kışlık buğday ürünü ekili alanlarda GNDVI ve LAI arasındaki ilişkisinin araştırılması (Hunt vd. 2010), zeytin alanlarının izlenmesi amaçlı olarak NDVI, LAI, toprak ışımasına göre ayarlanmış bitki örtüsü indisi (SAVI), sulu ve kuru koşullarda yetişen buğdayların biokütle ve LAI değerlerinin hesaplanması (Hunt vd. 2011) (**Şekil 13**), üzüm bağı alanlarının izlenmesi (Primicerio vd. 2012), 3 boyutlu nokta bulutu ile tarım alanlarının modellenmesi ve LAI tahmininin yapılması (Mathews vd, 2013), tarımsal alanların haritalanması ve tarım havzaları için sayısal yükseklik modelinin oluşturulması (Quédraogo vd. 2014), İHA yardımı ile tarımsal alanlarda yeşil bant normalize edilmiş bitki indeksi

hesaplanması (U. Avdan vd.,2014), İnsansız hava araçları yardımı ile tarımsal haritalama ve hasar tespiti yazılımı (O.S., Budak vd., 2017) gibi uygulamalar yapılmaktadır.



Şekil.12. Buğdayda azot içeriği.



Şekil. 13. Kuraklık stres tanımlama.

3. SONUÇ

Bu bildiride, literatür bilgileri ışığında İHA'ların, yetiştirilen tarım ürünlerine göre farklı uygulamalar yapılarak kullanıldığı alanlar ortaya konulmaya çalışılmıştır. İHA'ların tarımda kullanımı arazilere zamanında müdahale ile birlikte, verim artışı sağlamıştır. Geçmişte İHA'lardan, vejetasyon indeksleriyle verim arasındaki korelasyonun tespit edilmesinde yararlanılmıştır. Teknolojinin gelişmesine paralel olarak gelişen İHA tasarımları ile birlikte; tarım alanlarında ilaçlama, sulama, gübreleme, bitkilerin durumlarının anlık izlenmesi gibi farklı uygulamalarda da İHA kullanımları yaygınlaşmıştır. Ayrıca, gelişen İHA ve haritalama yazılımları sayesinde tek tuş ve uçuşla geniş ve engebeli arazilerde de rahatlıkla kullanılarak birçok çiftçinin ve işletmenin işlerini yürütme şeklini de tamamen değiştirmiştir. İHA'ların gelecekte daha da yaygınlaştırılması sağlanarak tarımda verim artışlarının desteklenmesi, gereksiz ilaç, gübre ve iş gücü kullanımının azaltılması böylelikle, tarımsal planlamaların daha doğru yapılması, besin kayıplarının önlenmesi ve ekonomik kazancın artması hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

Açıkgöz N.,2016. https://www.gidahatti.com/insansiz-hava-araclarinin-iha-tarimda-kullanimi-66251, Erişim Tarihi: 23 Temmuz 2018**.**

Anonim, 2016. Dictionary.com, 2016. http://dictionary.reference.com/browse/uav?s=t, Erişim Tarihi: 14 Ocak 2016.

Anonim-1, 2016. Wikipedia.org**,** 2016. https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_unmanned_aerial_vehicles#cite_note-2, Son bakılma tarihi 23 Şubat 2016.

Anonim-1a, 2018. Precisionhawk.com, 2018. http:// www.precisionhawk.com/aggregates-package, Erişim Tarihi: 25 Temmuz 2018.

Anonim-1b, 2018. Deltalider.com, 2018. http://www.deltalidar.com/Drone-Ile-Haritalama.aspx, Erişim Tarihi: 25 Temmuz 2018.

Avdan, U., Bilget, Ö., Cömert, R., Savaşlı E., Önder O., 2014. V. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2014), 14-17 Ekim 2014, İstanbul. 9 sayfa.

Ay F., İnce G., 2015. İnsansız Hava Aracı ile Tarımsal İlaçlama, 978-1-4799-4874-1/14 © 2015 IEEE.

Berni, J., Zarco-Tejada, P. J., Suárez, L., Fereres, E., 2009. Thermal and Narrowband Multispectral Remote Sensing for Vegetation Monitoring From an Unmanned Aerial Vehicle, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 47(3), 722-738.

Budak, O.S., 2017. İnsansız Hava Araçları Yardımı İle Tarımsal Haritalama Ve Hasar Tespiti Yazılımı . AVEO Bilişim Mühendislik Proje ve Danışmanlık Denetim Ticaret LTD. ŞTİ. ve KOSGEB işbirliği ile.

Can, N., 2011. http://can.aero/index.php?option=com_content&view=article&id=76:Chicago-Konvansiyonuna Kadar Devletler Arası Hava Hukuku Alanındaki Bazı Düzenlemeler&Catid=21:articles&Itemid=13. Haziran 2011.

Colomina, I., P. Molina., 2014. Unmanned Aerial System for Photogrammetry and Remote Sensing, ISPRS Journal Of Photogrammetry And Remote Sensıng, June 2014.

Cömert, R., avdan, U., şenkal, E., 2012. İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları Ve Gelecekteki Beklentiler, IV. Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Zonguldak, 9 sayfa.

Goraj, Z., 2003."Civilian Unmanned Aerial Vehicles – Overview Of European Effort and Challenges for the Future", Aviation Journal, Vilnius, VII (1), 3-15.

Haala, N., 2013. The Landscape of Dense Image Matching Algorithms. In: Fritsch, D. (Ed.): Photogrammetric Week '13, Wichmann, Berlin/Offenbach, 271-284.

Herwitz S. R., Johnson L., Dunagon S., Higgins R., Sullivan D., Zheng J., Lobitz B., Leung, J., Gallmeyer B., Aoyagi M., Slye R., Brass J., Witt G., 2003. Coffee field ripeness detection using high resolution imaging systems on a solar-powered UAV, Proc. 30th Symp. Rem. Sens. Environ., TS-12.3, 3 pp., Honolulu, HI.

Hunt, E.R., Cavigelli, M., Daugherty, C.S.T., McMurtrey III, J., Walthall, C.L., 2005. Evaluation of digital photography from model aircraft for remote sensing of crop biomass and nitrogen status. Precision Agriculture 6: 359–378.

Hunt E. R., Hively W. D., Fujikawa S. J., Linden D. S., Daughry C. S. T., McCarty G. W., 2010. Acquisition of NIR-green-blue digital photographs from unmanned aircraft for crop monitoring. Remote Sensing 2(1): 290-305.

Hunt, E. R., Hively, W. D., Mccarty, G. W., Daughtry, C. S. T., Forrestal, P. J., Kratochvil, R. J., Carr, J. L., Allen, N. F., Fox-Rabinovitz, J. R., Miller, C. D., 2011. NIR-Green-Blue High-Resolution Digital İmages for Assessment of Winter Cover Crop Biomass, Giscience & Remote Sensing, 48(1), 86-98.

ICAO, 2011. Unmanned Aircraft Systems (UAS), Cir. 328, AN/190, 2011.

Jain, A. K., 1989. Fundamentals of digital image processing, Prentice Hall.

Keane, J.F., Stephen S. Carr, 2013. "Johns Hopkins APL Technical Digest", Vol. 32, No. 3, pp. 558-571.

Laliberte, A.S., Rango, A., 2009. Textureandscale İn Object-Based Analysis Of Sub-Decimeter Resolution Unmanned Aerial Vehicle (UAV) İmagery. IEEE Transactions On Geoscienceand Remote Sensing, 47(3):761–770.

Laliberte, A.S., Herrick, J.E., Rango, A., Winters, C., 2010. Acquisition, Ortho Rectification, And Object-Based Classification Of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) İmagery For Rangeland Monitoring. Photogrammetric Engineering Remote Sensing, 76(6): 661-672.

Lelong, C. C., Burger, P., Jubelin, G., Roux, B., Labbé, S., Baret, F., 2008. Assessment of Unmanned Aerial Vehicles İmagery for Quantitative Monitoring of Wheat Crop in Small Plots, Sensors, 8(5), 3557-3585.

Mathews, A. J., Jensen, J. L., 2013. Visualizing and Quantifying Vineyard Canopy LAI Using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Collected High Density Structure from Motion Point Cloud, Remote Sensing, 5(5), 2164-2183.

Öztürk, O., Bilgilioğlu, B.B., Çelik, M.F., Bilgilioğlu, S.S., Uluğ, R., 2017. İnsanız Hava Aracı (İHA) Görüntüleri İle Ortogörüntü Üretiminde Yükseklik Ve Kamera Açısının Doğruluğa Etkisinin Araştırılması. Geomatik dergisi, 2(3):135-141.

Primicerio, J., Di Gennaro, S. F., Fiorillo, E., Genesio, L., Lugato, E., Matese, A., Vaccari, F. P., 2012. A Flexible Unmanned Aerial Vehicle for Precision Agriculture, Precision Agriculture, 13(4), 517-5.

Pierzchała, M.,Talbot, B., Astrup, R., 2014. Estimating Soil Displacement From Timber Extraction Trails İn Steep Terrain: Application Of An Unmanned Aircraft For 3D Modelling, Forests, 5(6): 1212-1223.

Reis, M.,2014. İnsansız Hava Araçları İle Bitki Koruma Ve Tarım Uygulamaları. Akademik Platform, 1443-1449.

Quédraogo, M. M., Degré, A., Debouche, C., Lisein, J., 2014. The Evaluation of Unmanned Aerial System-Based Photogrammetry and Terrestrial Laser Scanning to Generate Dems of Agricultural Watersheds, Geomorphology, 214, 339-355.

Rango, A., Laliberte, A., Herrick, J.E., Winters, C., Havstad, K., Steele, C., Browning, D., 2009. Unmanned Aerial Vehicle Based Remote Sensing For Rangeland Assessment, Monitoring, And Management, Journal of Applied Remote Sensing, 3(1): 033542-033542.

Swain, K. C., Thomson, S. J., Jayasuriya, H. P. W., 2010. Adoption of an Unmanned Helicopter for Low-Altitude Remote Sensing to Estimate Yield and Total Biomass of A Rice Crop, American Society Of Agricultural And Biological Engineers, 53, 21-27.

Tekin, A.B., Fornalè, Turhan M., Maso M., 2015. Tarımda Teknolojik Evrim; İnsansız Hava Araçları, XVII. Akademik Bilişim Konferansı , Eskişehir, 4-6 Şubat 2015. 8 sayfa.

Torun, A.,(2017-1). İnsansız Hava Aracı (İHA) Sektöründe Trend: İHA Fotogrametrisi Bakışıyla, 9. TUFUAB Teknik Sempozyumu, Bildiriler, 2017, Afyon.

Torun, A.(2017-2). İnsansız Hava Aracı (İHA) Sektörü Ve İHA Fotogrametrisinin Ölçme Bağlamında Konumlandırılması, TMMOB HKMO, 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 3-6 Mayıs 2017, Ankara.

Turner D., Lucieer A., Watson C., 2011. Development of an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for hyper resolution vineyard mapping based on visible, multispectral, and thermal imagery.

Yaşayan, A., Uysal, M., Varlık, A., Avdan, U., 2011. Fotogrametri. T.C. Anadolu Üniversitesi Yayın No: 2295.

Zhou, H., Yuan, Y. ve Shi, C., 2009. Object tracking using SIFT features and mean shift, Computer Vision and Image Understanding (CVIU), Vol.113, No.3, pp.345-352.

Zarco-Tejada, P., Hubbard, N., & Loudjani, P., 2014. Precision Agriculture: An Opportunity for EU Farmers-Potential Support with the CAP 2014-2020. Joint Research Centre (JRC) of the European Commission.

http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbs2018.7617

ORTOFOTO VERİ TEMASININ INSPIRE KAPSAMINDA İNCELENMESİ

Buse Ayça ATAÇ[1] Selahattin ÇAMİÇİ[2]*

[1]Şehir Plancısı, Netcad Yazılım A.Ş. Bilkent, Ankara, ayca.atac@netcad.com.tr
[2]Maden Mühendisi, Netcad Yazılım A.Ş. Bilkent, Ankara, selahattin.camici@netcad.com.tr

ÖZET

INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe), Avrupa Birliği ülkelerinde herhangi bir kullanıcının gerçek zamanlı güncel konumsal verilere sağlıklı bir şekilde ulaşabilmesini sağlayabilmek için Avrupa Komisyonu tarafından onaylanan ve AB'deki Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) faaliyetlerindeki yasal altyapıyı oluşturan projedir. 2019 yılında tamamlanacak olan projenin farklı uygulama aşamalarını içeren INSPIRE direktifi 15 Mayıs 2007 tarihinde yürürlüğe girmiştir. INSPIRE projesi, AB üyesi ülkelerde meydana gelen doğal afetlerde ve çevresel sorunlarda yaşanan artış (sel, çölleşme, toprak kaymaları vb.) ve sorunlardaki bu artışla mücadele etmek için farklı çözüm yollarının aranması ile ortaya çıkmıştır. Doğal afetleri ve çevresel problemleri engellemek veya en azından bu afetler için önlemler alabilmek adına gerekli çalışmaları yapmak zorunlu hâle gelmiştir. Bu önlemler için ilk aşama ise mekânsal verilerin toplanmasıdır. INSPIRE ile birlikte bu problemlerle mücadele etmek için verilerin toplanmasını sağlayacak ortak bir platform oluşturulmuş oldu. Oluşturulan ortak platformda üç ayrı ekten oluşan (Ek1, Ek2, Ek3) mekânsal veri temaları kurumsal çerçeve, teknik standartlar, temel veri setleri ve bilgi hizmetleri kapsamında 34 ayrı veri teması detaylı olarak ele alınmıştır.

TUCBS (Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi) ise INSPIRE direktiflerinin örnek alınması ile Türkiye'de geliştirilmekte olan bir projedir. Bu proje, ulusal düzeyde teknolojik gelişmelere ve INSPIRE Direktifine uygun Coğrafi Bilgi Sistemi altyapısının kurulmasını, kamu kurum ve kuruluşlarının sorumlusu oldukları coğrafi bilgileri ortak altyapı üzerinden kullanıcılara sunmaları amacıyla bir web portalı oluşturulmasını (GEOPORTAL), coğrafi verilerin tüm kullanıcı kurumların ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde içerik standartlarının oluşturulmasını amaçlar. Bu çalışma kapsamında, INSPIRE ve TUCBS projelerinde ortak olarak bulunan ve öncelikli veri temaları içinde yer alan ortofoto (orthoimagery) detaylı olarak analiz edilecektir. Çalışma, INSPIRE veri temalarının incelenmesi ile başlayacak sonrasında ortofoto veri temasının bu temalar içindeki yeri, temanın veri yapısı ve UML diyagramları incelenecektir. Sonuç ve değerlendirme kapsamında ise ortofoto veri temasının Türkiye örnekleriyle uyumluluğu GEOPORTAL üzerinden kontrol edilecektir.

Anahtar Sözcükler: Geoportal, INSPIRE, ortofoto, TUCBS, veri teması

ABSTRACT

EXAMINATION OF ORTHOIMAGERY DATA SPECIFICATION ACCORDING TO INSPIRE DIRECTIVE

INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe) is a Project that approved by the European Commission and constituting the legal infrastructure for Geographical Information System (GIS) activities in the EU in order to ensure that any user in the European Union countries can access to real-time current location data properly. The INSPIRE directive, containing the different phases of implementation of the project to be completed in 2019, entered into force on 15 May 2007. The INSPIRE project has emerged with natural disasters occurring in EU Member States and with the increase in environmental problems (flood, desertification, landslides, etc.) and the search for different solutions to tackle this increase in problems. In order to prevent natural disasters and environmental problems, or at least to take precautions for mitigate these disasters, it has become necessary to take some actions. The first step for these actions is the collection of spatial data. Together with INSPIRE, a common platform has been set up to ensure the collection of data to tackle these problems. In the joint platform created, 34 separate data specifications are covered in detail in the framework of spatial data, which is composed of three separate Annex, (Annex Themes; Annex 1, Annex 2, Annex 3), technical standards, basic data sets and information services.

TUCBS (Turkish National Geographic Information System) is a project that is being developed in Turkey by taking samples of the INSPIRE directive. This project aims to create a web portal (GEOPORTAL) for the purpose of providing users with the technological improvements at the national level and the establishment of the Geographical Information System infrastructure in accordance with the INSPIRE Directive through the common infrastructure of the public institutions and organizations that they are responsible for. In the scope of this study, orthoimagery data specification which is common in INSPIRE and TUCBS projects and included in priority data themes will be analyzed in detail. The study will begin with a review of the INSPIRE data themes and examination of orthophoto theme. After that, data structure of this theme and the UML diagrams will be examined. Within the scope of results, the compliance of orthoimagery data theme in TUCBS through GEOPORTAL to INSPIRE will be controlled.

Keywords: data specification, Geoportal, INSPIRE, orthoimagery, TUCBS

1. GİRİŞ

1.1. INSPIRE Nedir?

INSPIRE projesi, Avrupa Parlamentosu mekânsal veri altyapısını oluşturmayı amaçlayan, Avrupa Birliği ülkelerinde herhangi bir kullanıcının gerçek zamanlı güncel konumsal verilere sağlıklı bir şekilde ulaşabilmesini sağlayabilmek için Avrupa Komisyonu tarafından onaylanan ve AB'deki CBS faaliyetlerine yasal bir altyapı oluşturan projedir. Avrupa Birliği, çevresel sorunları yönetmek ve çevresel politikaları geliştirmek için konumsal verinin etkin bir şekilde sağlanmasına ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle Avrupa Komisyonu tarafından INSPIRE projesi başlatılmıştır. (Aydınoğlu vd., 2013)

INSPIRE kapsamında bu amaçlar doğrultusunda belirlenen 34 adet mekânsal veri teması bulunmaktadır. Mekânsal veri, yetkili kurumlarca ya da bu kurumlar adına faaliyet gösteren daha alt düzey yetkililerce toplanması ve yayınlanması yasalar ya da yönetmeliklerce belirlenmiş olan verilerdir. INSPIRE projesi de 3 Ek'te yer alan (Ek1, Ek2, Ek3) 34 farklı veri temasını ve bu veri temaları için kapsamlı olarak hazırlanmış veri katmanlarını içerir.

1.2. INSPIRE Veri Temaları

INSPIRE için belirlenmiş veri temaları ve temalara ilişkin açıklamalar şu şekildedir:

Çizelge 1. INSPIRE Ek-1 Veri Temaları (CBS Genel Müdürlüğü).

EK-1	Açıklama
Adres	Adres teması; herhangi bir toprak parçasının veya binanın coğrafi konumu ve işlevi açısından tanımlanmasıdır. Adres teması kapsamında coğrafi yer isimleri de yer almaktadır. Adres tanımlaması adres bileşenleri ile ifade edilmektedir; adrese tanımlı bina hakkındaki ek bilgiler, posta kodu, sokak adı gibi veri katmanları da adres temasında yer almaktadır.
Tapu- Kadastro	Tapu-Kadastro teması; mülkiyet hakkına sahip en küçük homojen birim olan kadastro parseli ve taşınmaz malları mekânsal olarak ifade eder. Bu taşınmaz mallar için tapu kütüğünde tescil edilen mülkiyet ve diğer haklara ait bilgileri içerir. Bu tema, kadastral parseli, parsel sınırını ve parselin ait oluğu bölgeyi gösterir.
Coğrafi Grid Sistemi	Coğrafi Grid Sitemi teması; genel olarak kaba çözünürlüklü ve geniş coğrafi kapsama sahip olan temaların coğrafi olarak referanslanması için kullanılan dörtgen ızgaraları kapsar. Bu veri teması, X ve Y olmak üzere 2 eksende tanımlanmış, belirli şekil ve grid hücre büyüklüğüne sahip, ortak orijin noktalarına ve standartlaştırılmış konuma sahip indeks-harita matrisidir.
Hidrografya	Hidrografya teması; göl, akarsu, havza, durgun sular, yüzey suları, barajlar ve bunlarla ilgili tüm coğrafi nesneleri kapsamaktadır. Kıyı bölgeleri de bu veri teması kapsamına girmekte olup bunun yanında denizler bu tema dışındadır. Bu veri teması, hidrografik nitelikli doğal ve yapay verilerin birlikte çalışabilirliğini ve paylaşımını kolaylaştırmayı amaçlamaktadır.
Ulaşım	Ulaşım veri teması; kara yolu, demir yolu, deniz yolu ve hava yolu ile ilişkili ulaşım ağlarının ve bu ulaşım ağlarının detaylarının yönetimi için bütünleşik bir yapı kurmayı sağlar. Ulaşımla ilgili katmanları temsil eden coğrafi veri, ulaşım ağları, ağ kesişim noktaları vb. ile ilişkili verileri ve bilgileri içerir.
	İdari Birim veri teması; ilgili idari yönetim biriminin sorumluluk alanlarını belirleyen, sınırlardan ve idari birimlerden oluşan, bir ülkenin veya ilgili bölgenin daha etkili yönetilebilmesi için ortaya çıkmış

İdari Birim	kavramlardır. Ülkelerin idari yapılanmalarının hiyerarşik olarak tanımlanması, bölgesel istatistik birimlerin sınıflandırması ve diğer kurumsal sorumluluk alanları ile ilgili bilgileri içermektedir.
Referans Koordinat Sistemi	Referans koordinat Sistemi veri teması; coğrafi verilerin ortak referans ve koordinat sisteminde tanımlanması için yatay ve düşey datumu baz alan yükseklik, enlem, boylam ve/veya (x, y, z) koordinatlar kümesi gibi geometrik sistemdir.
Coğrafi İsimler	Coğrafi İsimler veri teması; gerçek dünyadaki birbirinden farklı doğal ve insan yapımı nesnelere atıfta bulunmak için günlük hayatta yaygın olarak kullanılmaktadır. INSPIRE'daki diğer veri temaları ile bağlantılıdırlar. İdari birimler, adresler, hidrografya unsurları (göller, nehirler vb.), Ulaşım ağlarının elemanları (havaalanları, köprüler vb.) ve korunan alanlar genellikle coğrafi isimlerle belirtilir.
Korunan Alanlar	Korunan Alanlar veri teması, diğer veri temalarıyla (özellikle ek3 de yer alan) yakından ilgilidir; Habitat ve Biotop, Türlerin Dağılımı, Bio-coğrafi Bölgeler gibi. Korunan alanın sınırı ve bu alandan sorumlu kurum ve kuruluşlar bu tema kapsamında incelenir.

Çizelge 2.INSPIRE Ek-2 Veri Temaları (CBS Genel Müdürlüğü).

EK-2	Açıklama
Yükselti	Yükselti veri teması, inşaat mühendisliğinde geniş kullanım alanına sahiptir. Yer bilimi uygulamaları (özellikle taşkın haritalamasında), planlama ve kaynak yönetiminde, fotogrametri (özellikle ortofoto) ve savunmada süreç yönetim aşamalarında bu veri temasından faydalanılır.
Jeoloji	Jeoloji veri teması, yeraltının belirli özelliklerinin (toprak kaymalarını önlemek, atıkların güvenli bir şekilde bertaraf edilmesini sağlamak vb.) tespit edilmesi ve bu durumların önüne geçebilmek için gereken önlemlerin alınması durumlarında kullanılır.
Ortofoto	Ortofoto veri teması, uçak ve benzeri hava araçları ile uydulardan alınan görüntülerin geometrik bozukluklarının giderilerek düzeltilmiş harita altlıkları olarak elde edilmesidir. Bunun dışında, çevresel gözlemleme, haritalama, madencilik gibi alanlarda da yaygın olarak kullanılmaktadır.
Arazi Örtüsü	Arazi Örtüsü veri teması, yapılaşmış alanlar, tarımsal alanlar, ormanlar, sulak ve ıslak alanlar ve su kütlelerinin (göl, nehir, akarsu gibi) oluşturduğu, yer yüzeyinin fiziksel ve biyolojik örtüsünü kapsamaktadır.

INSPIRE veri temalarında Ek-1 ve Ek-2'de yer alan veri temaları (Annex I, Annex II) yukarıdaki tablolarda açıklamaları ile birlikte verilmiştir. Bu temalar dışında kalan ve henüz resmi olarak onaylanmamış olan Ek-3 (Annex III) listesi de bulunmaktadır. Ek-3 listesinde yer alan veri temaları, diğer eklerden farklı olarak daha detaylıdır ve ilk iki ekte bulunan veri temalarını da kapsayan temalardan oluşmaktadır.

Çizelge 3. INSPIRE Ek-3 Veri Temaları (INSPIRE, t.y.).

EK-3	EK-3
Tarımsal Üretim ve Balıkçılık Hizmetleri	Alan Yönetimi, Kısıtlama ve Düzenleme Bölgeleri
Atmosferik Koşullar	Bio-Coğrafi Bölgeler
Bina	Enerji Kaynakları
Çevresel İzleme	Habitat ve Biyotop
İnsan Sağlığı ve Güvenlik	Arazi Kullanımı
Meteorolojik Coğrafi Bilgiler	Maden Kaynakları
Doğal Risk Alanları	Oşinografik Coğrafi Bilgiler

Nüfus Dağılımı ve Demografi	Üretim ve Endüstriyel Tesisler
Deniz Bölgeleri	Toprak
Türlerin Dağılımı	İstatistiki Birimler

1.3.INSPIRE'da Ortofoto Veri Teması

INSPIRE kapsamında ortofoto veri teması; yüzeydeki, uydudan ya da hava sensörlerinden elde edilen coğrafi referanslı görüntü verisidir. Bu görüntüler referanslı, mozaik ve gelişmiş görüntülerdir; kaynağı, uydu görüntüsü ya da hava kaynaklı sensörlerdir. Ortofoto verileri, belirli bir topografik harita doğruluğuna uyacak şekilde düzeltilmiştir.

Hava veya uydu kaynaklı ortofotolar; belli referans veri bileşenleri oluşturulması ve güncellenmesi için (ulaşım ağı, hidrografya, arazi örtüsü, jeoloji gibi) ve tematik bilgilerin üretimi için (arazi kullanımı, üretim ve sanayi tesisleri, tarım ve su ürün tesisleri gibi) kullanılan ortofotolardır. Bunun dışında ortofotolar, tematik verilerin yerlerinin saptanması, yeryüzü gözlem verilerinin (eğer düşük çözünürlüklü ise örneğin; çevresel uygulamalar veya yüksek çözünürlüklü ise örneğin; hava fotoğrafları) yerlerinin tespit edilmesi ve değişen referans veri katmanlarının sürekli güncellenmesi için kullanılabilmektedir.

2. DEĞERLENDİRME

Bu bölümde öncelikle, ortofoto veri temasının genel açıklamalarına ve INSPIRE kapsamında yer alan diğer veri temaları ile ortofoto veri teması arasındaki ilişkilere yer verilmiştir. Sonrasında ise INSPIRE kapsamında ortofoto veri temasının yapısı analiz edilmiştir.

2.1.Ortofoto Veri Temasının İncelenmesi

Fotogrametrik yöntemler ile edilen verilerde optik hataların giderilerek objelerin 3D koordinatlarının merkezsel iz düşüm yöntemine göre hesaplanıp birim alanda yapılan yataylama sonucu oluşturulan ölçekli ortogonal fotoğraflara ortofoto denir. Ortofoto görüntüler; '*yataylanmış görüntü*', "*ortorektifiye edilmiş görüntü*" veya kısaca Ortofoto gibi isimlerle de anılmakta; bilgisayar destekli sistemlerle üretildiği ve sonuç veriler sayısal olduğu için bazen '*sayısal ortofoto*' veya '*dijital ortofoto*' olarak da adlandırılmaktadır.

Topografya ve yol haritaları dâhil olmak üzere haritalar, ek olarak arazi kullanımı, orman izleme, mineral ve su kaynakları dâhil olmak üzere toprakların kısa ve uzun vadeli yönetimine katkıda bulunur. Bu hizmet genellikle yer yüzeyinin eksiksiz olarak kapsanmasını, verinin arşivlenmesini ve periyodik olarak güncellenmesini gerektirir. Doğal afetler ve özellikle insanların güvenliğinin söz konusu olduğu durumlarda acil durum yönetimi kapsamında bu veri temasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun için, bu gibi durumlara müdahale etmeden önce en güncel verilerin sağlanmış olmasına odaklanmak gerekmektedir. Bu hizmetler dışında ortofoto ayrıca; deniz bölgelerinin, farklı bölgelerdeki hava kalitesinin ve ürün verimliliklerinin tespit edilmesine de katkı sağlamaktadır. Güncel ortofotolar; sistematik olarak kısa, orta ve uzun vadeli olayların öngörülmesine olanak sağlar.

Ortofoto veri teması, INSPIRE kapsamındaki diğer birçok tema ile yakından ilgilidir. Bunun sebebi ise, ortofoto üzerinden sayısal analizler ve görsel yorumlar yapmak mümkündür. Ortofoto veri teması ile yakından ilgili olan temalar:

- Yükselti: Hava fotoğrafları ve uydu görüntülerinden üretilen ortofotolar üzerine çeşitli açıklayıcı bilgi ve yazılar, eş yükseklik eğrileri ve yükseklik (kot) noktaları gibi detaylar bulunmaktadır. Fotogrametrik yöntem; havadan alınan resimlerle ve uydulardan alınan görüntülerle topografik vektör ve ortofoto haritaların üretiminde en yaygın kullanılan yöntemlerden biri haline gelmiştir. Fotogrametrik yöntemle üretilen temel veriler; topografik vektör haritalar, ortofoto haritalar, Sayısal Arazi Modeli (SAM, DTM: Digital Terrain Model) ve Sayısal Yükseklik Modeli (SYM, DEM: Digital Elevation Model) verileridir.

- Hidrografya: Ortofoto haritalar, bir bölgede zaman içerisinde meydana gelen değişimlerin ve gelişmelerin belirli aralıklarla takibi, kontrolü ve verilerin güncellenmesinde kullanılabilmektedir. Örneğin; deniz ve su kirlenmeleri, sulu ve ekilebilir alanların azalması, baraj, göl ve nehirlerdeki su durumlarının incelenmesi vb.

- Ulaşım: Ortofoto haritalar ile araziden alınan veriler üzerinde üç boyutlu ölçümlerin (uzunluk, alan, koordinat, açı, yükseklik farkı vb.) ve çeşitli mühendislik uygulamalarının (kesit çıkarma, görünürlük analizi, perspektif görüntü alınması vb.) yapılabilmesi mümkündür. Bunun dışında ortofoto, yol projeleri ve en uygun güzergâh tespit edilmesi süreçlerinde de yaygın olarak kullanılır.

- Arazi Örtüsü: Ortofoto haritalar, yapısı itibarıyla doğada ve fiziksel yeryüzünde mevcut tüm olayları, çizgisel ve sayısal vektör haritalarda mevcut tüm detayları ve bilgileri içerir. Ortofoto haritalar ile arazi örtüsünde yıllar içinde meydana gelen değişimleri analiz etmek mümkündür.

2.2.Veri Yapısı Analizi

Hava fotoğrafları veya uydu görüntüleriyle toplanan veri seti olan ortofotolar şu amaçlar için kullanılabilmektedir:

- Çıkarsama, haritalama ve özel bir alana ait bilgi güncellemek
- Tematik bilgi üretimi (arazi kullanımı, endüstri alanları)
- Belirlenen alanla ilgili özet bilgi sağlamak
- Mevcut verilere altlık sağlamak
- Mevcut tematik verilerin yer belirleme çalışmalarında kullanmak
- Referans verilerin sürekli güncelliğini sağlamak

Uzaydaki radyasyon seviyelerinin düzenli örneklenmesinden oluşan ortofotoların depolanması ve sunulmasında veri ortak dilinin oluşabilmesi ve standart şekilde sunulabilmesi için çalışmalar yapılmış bunun sonucunda konumsal gösterimi için ISO 19123 dâhilinde belirtilen standartlar kabul edilmiştir. (INSPIRE, t.y.)

INSPIRE kapsamında Tematik Çalışma Grubu bu verilerin gösteriminde ETRS89-GRS80 koordinat sisteminin kullanılmasını önermektedir. Gerekli durumlarda anlık (on the fly) projeksiyon değişimleri de makul bulunmaktadır. Aynı projeksiyon sistemi kullanılıyor olsa dahi ortorektifiye edilmiş görüntülerin nizamının sağlanması grid sisteminin de belirlenmesini gerektirmiştir. Bu konunun çözümü dilimlere ayrılmış bir coğrafi grid sisteminin belirlenmesi ile olmuştur. Enlem aralıklarına göre belirlenen bu dilimler "**Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı."** 'de görülebilir.

Çizelge 4. Enlem-Dilim Tablosu (INSPIRE, t.y.).

Dilim	Enlem
1	0°–50°
2	50°–70°
3	70°–75°
4	75°–80°
5	80°–90°

ETRS89-GRS80 koordinat sistemini referans alan bu grid sisteminin gösterimi Grid_ETRS89-GRS80zn_res şeklindedir. Bu gösterime örnek olarak 500 milisaniye çözünürlükte ve Dilim 3'te bulunan grid için gösterim Grid_ETRS89-GRS80z3_500 olacaktır.

Grid_ETRS89-GRS80zn_res

n: Dilim Numarası
res: Hücre Boyutu

- Derece (D)
- Dakika (M)
- Saniye (S)
- Milisaniye (MS)
- Microsaniye (MMS)

Verilerin sunulması aşamasına gelindiğinde dosya formatı olarak TIFF ve JPEG 2000 seçilmiştir. Kayıplı formatlar arasında yer almasına rağmen multispektral görüntülerde depolama alanı problemleri doğmasını engellemek için JPEG 2000 formatının kullanılması önerilmektedir.

Veri setleri için hazırlanan metaveriler ISO 19115 ve ISO 19119 standartlarında belirtilen şekillerde tutulmaktadır. Uygulama şemalarında detayları aktarılan metaveriler veri setleri için hazırlanabileceği gibi her bir konumsal veri için de hazırlanabilir.

2.3. GEOPORTAL'de Ortofoto Veri Teması

GEOPORTAL, Türkiye genelinde farklı kamu kurum ve kuruluşlarına ait mekânsal verilerin yayımlandığı ve kullanıcılar tarafından bu verilere erişim sağlanabilen ortak bir platformdur. Bu çalışmada, GEOPORTAL'de yayınlanan Bartın iline ait ortofoto görüntülerinin veri analizi yapılmıştır.

Harita Genel Müdürlüğü (HGM) tarafından yayınlanan bu veri, hava fotoğrafları kullanılarak üretilmiş, kamera ve arazi yükseklik değişikliklerinden kaynaklanan hatalar giderilmiş, veri yer ile referanslandırılmış, belirli bir ölçeği olan çok bantlı (multispektral) görüntüdür. Görüntü 3 bantlı olup, RGB (Red, Green, Blue) renk modelindedir.

Bu verinin oluşturulması sürecinde, sayısal hava kamerası ile GNSS-IMU destekli 4 bantlı (RGB NIR: kırmızı, yeşil, mavi, yakın kızılötesi), 0.3 m yer örnekleme aralığına, 11 bit radyometrik çözünürlüğe sahip sayısal hava fotoğrafları çekilmiştir. Bu fotoğraflar sayısal kamera yazılımıyla işlenerek 3 bant (RGB: kırmızı, yeşil, mavi) ve 8 bit radyometrik çözünürlüğe çevrilmiştir.

Hava fotoğrafı çekimi esnasında kaydedilen GNSS-IMU verilerine, TUSAGA-AKTİF GNSS noktalarının 1 saniye aralıklı verileriyle diferansiyel düzeltmeler getirilmiştir. Kalman filtrelemesi ile de hava fotoğrafı çekim anında kaydedilen IMU verilerinden üç eksendeki dönüklükler hesaplanmıştır. Böylelikle hava fotoğraflarının dış yöneltme parametrelerinin yaklaşık değerleri belirlenmiştir. Hesaplanan yaklaşık dış yöneltme parametreleri, yer kontrol noktaları ve bağlama noktaları kullanılarak bağımsız ışın demetleri ile blok dengeleme yapılmış ve hassas dış yöneltme parametreleri hesaplanmıştır.

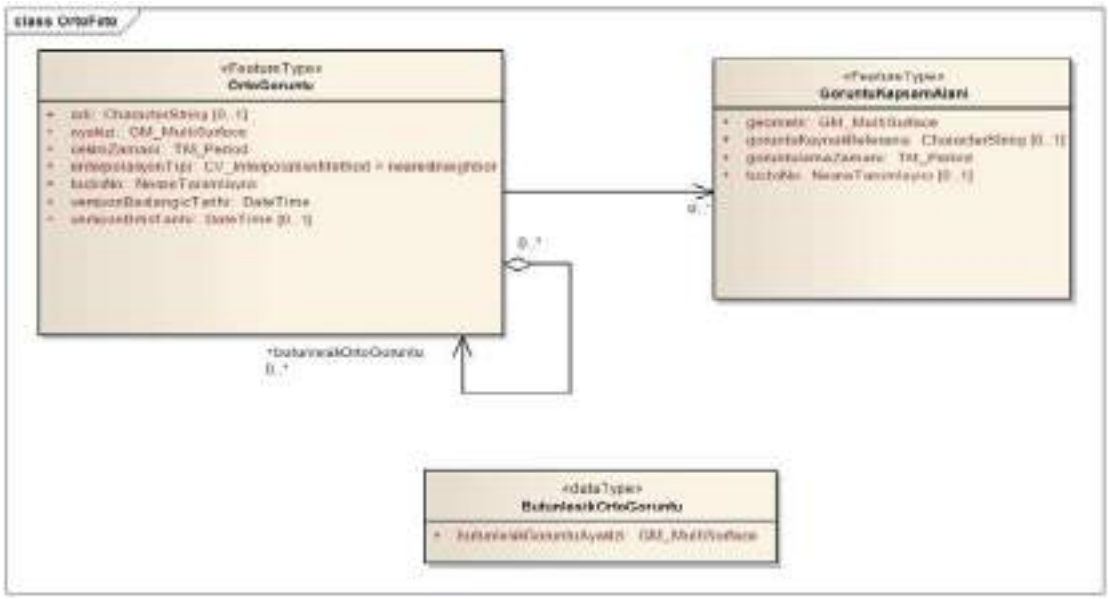
Hassas dış yöneltme parametreleri ve 1 saniye aralıklı DTED-2 sayısal arazi modeli (SAM) kullanılarak sayısal hava fotoğrafları ortorektifiye edilmiştir. Ortorektifikasyon işleminde yeniden örnekleme metodu olarak 'cubic convolution (kübik konvolasyon)' yöntemi kullanılmıştır. Üretilen ortofotolar 'most nadir (nadire en yakın)' yöntemiyle otomatik seamline (ortofotoların komşu ortofotoya göre kesileceği alan) ve bindirme alanlarında renk dengeleme yapılarak ilgili 1/25.000 ölçekli pafta alanını kapsayacak şekilde mozaiklenmiştir.

Üretilen ortofotolarda veri tamlığı, radyometrik kalite, yatay konum doğruluğu ve SAM'dan kaynaklanan görüntü bozulmaları kontrol edilmiştir. SAM'dan kaynaklanan hatalar (görüntü büzülmeleri ve kayıklıklar), o bölgedeki hava fotoğraflarından otomatik yöntemlerle yeni bir SAM üretilerek düzeltilmiştir. (CBS Genel Müdürlüğü, GEOPORTAL)

2.4. UML Diyagramı

TUCBS kapsamında belirlenen öncelikli veri temalarından biri olan ortofoto veri temasına ait UML diyagramı aşağıdaki gibidir:

Şekil 1. UML Diyagramı (Aydınoğlu vd., 2013).



UML uygulama şemasında, Türkiye'de mevcut ortofoto kullanımına göre tanımlanan ortofoto, ortofoto kapsam alanı ve bütünleşik ortofoto detay tipleri görülmektedir. Bu detay tiplerinden ortofoto, bir ortofotonun tanımlanması için gerekli olan adı, ayak izi, çekim zamanı, enterpolasyon tipi gibi temel öznitelikleri içerir. Ortofotonun kapsam alanı ise tek bir ortofoto veya ortofotoların mozaiği olarak adlandırılabilecek bir veri modelinin temelidir. Ortofoto kapsam alanı detay tipi; görüntü kaynak referansı ve görüntüleme referansı özniteliklerini içermektedir. Bütünleşik ortofoto ise birkaç farklı ortofotonun toplanıp tek bir görüntü hâline gelmesinde kullanılan geometrik karakteristiğini tanımlar ve bütünleşik ortofoto ayak izi özniteliğini içerir.

3. SONUÇ

Bu bildiride, 2007 yılında yürürlüğe giren INSPIRE direktifi ile oluşturulmaya başlanan Avrupa Birliği mekânsal bilgi altyapısı kapsamında belirlenen 34 veri teması içinden, öncelikli temalardan biri olması ve diğer veri temalarına da etki etmesi sebebi ile ortofoto veri teması ele alınmıştır. Bu kapsamda öncelikle INSPIRE ve INSPIRE kapsamında ele alınan 34 veri temasından bahsedilmiş, ortofoto veri teması; özellikleri ve veri yapısı doğrultusunda incelenmiştir. Sonrasında ise, ülkemizde bu veri temasının içeriği ve özellikleri bakımından nasıl ele alındığına değinilmiş, GEOPORTAL üzerinden yayınlanan ortofoto veri katmanlarından Bartın iline ait katman yapısı incelenmiştir. Bildiride ayrıca bu veri temasına ait UML diyagramına da yer verilmiştir.

KAYNAKLAR

Aydınoğlu vd., 2013, Coğrafi Veri Altyapısı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 206.

HGK, 2006, "Sayısal Ortofoto Harita Üretimi Çalışmalarına İlişkin Teknik Esaslar", Harita Genel Komutanlığı, Ankara.

Loi, Rue., 2006, Infrastructure for Spatial Information in Europe, European Commission, Belçika.

INSPIRE, t.y., Data Specifications, European Comission, https://inspire.ec.europa.eu/id/document/tg/oi, [4.08.2018].

INSPIRE, t.y., Data Specifications, European Comission, http://inspire.ec.europa.eu/data-specifications/2892, [4.08.2018].

INSPIREGIS, 2017, INSPIRE Implementation, http://snig.dgterritorio.pt/portal/docs/noticias/Your-Guide-to-implementing-the-EU-INSPIRE-Directive.pdf, [4.08.2018].

Yomralıoğlu, T., 2012, Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Standartlarının Belirlenmesi Projesi: Ortofoto Veri Teması, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 74.