ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
ESKIŞEHIR TECHNICAL UNIVERSITY

ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ YAYINLARI NO : 12
MSTAS2022 I BİLDİRİ KİTABI
ESKİŞEHİR 2022

MSTAS 2022

Mimarlıkta Sayısal Tasarım
XVI. Ulusal Sempozyumu

22–26 HAZİRAN 2022
ESKİŞEHİR

SAYISAL EKOSISTEMLER VE MİMARLIK

BİLDİRİ KİTABI

EDİTÖRLER I MEHMET ALİ ALTIN, MEHMET İNCEOĞLU, H.GÜNSELİ DEMİRKOL, ONUR ÜLKER, FATİH MEHMET ALHAN, TUNA TORUN, SERKAN CAN HATİPOĞLU, İLKNUR KÜÇÜKOĞLU, BÜŞRA TOPSAKAL, BİRCAN İNAN, BUSE BÖLEK, ÖZLEM GÖK TOKGÖZ

©ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

MSTAS 2022
Mimarlıkta Sayısal Tasarım
XVI. Ulusal Sempozyumu
BİLDİRİ KİTABI

MİMARLIKTA SAYISAL TASARIM
XVI. ULUSAL SEMPOZYUMU
MSTAS2022 I SAYISAL EKOSİSTEMLER VE MİMARLIK
24-26 HAZİRAN **I ESKİŞEHİR**
KÜNYE

Baş Editör
Dr. Öğr.Üyesi Mehmet Ali Altın
Kongre Başkanı

Editörler
Doç. Dr. Mehmet İnceoğlu
Dr. Öğr. Üyesi H. Günseli Demirkol
Doç. Dr. Onur Ülker
Araş. Gör. Fatih Mehmet Alhan
Araş. Gör. Serkan Can Hatipoğlu
Araş. Gör. Tuna Torun
Bircan İnan
Buse Bölek
Büşra Yavuz
İlknur Küçükoğlu
Özlem Gök Tokgöz

Düzenleme Kurulu
Dr. Öğr.Üyesi Mehmet Ali Altın
Doç. Dr. Mehmet İnceoğlu
Dr. Öğr. Üyesi H. Günseli Demirkol
Prof. Dr. Arzu Gönenç Sorguç
Prof. Dr. Birgül Çolakoğlu
Prof. Dr. Mine Özkar
Doç. Dr. Onur Ülker
Doç. Dr. Serbülent Vural
Doç. Dr. Neşe Çakıcı Alp
Araş. Gör. Fatih Mehmet Alhan
Araş. Gör. Serkan Can Hatipoğlu
Araş. Gör. Tuna Torun
Bircan İnan
Buse Bölek
Büşra Yavuz
İlknur Küçükoğlu
Özlem Gök Tokgöz

Editöryal Sekreterya
Dr.Öğr.Üyesi Mehmet Ali Altın

Mizanpaj
Araş. Gör. Fatih Mehmet Alhan

Kapak Tasarımı
Araş. Gör. Fatih Mehmet Alhan

Düzenleyen
Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü ve İç Mimarlık Bölümü tarafından düzenlenmiştir.

© Eskişehir Teknik Üniversitesi
Bu kitabın her hakkı saklıdır ve tüm yayın hakları "Eskişehir Teknik Üniversitesi Rektörlüğü'ne" aittir. Bu kitabın herhangi bölümü yayınevinin izni olmaksızın yayınlanamaz, basılamaz, mikrofilme çekilemez dolaylı dahi olsa kullanılamaz. Teksir, fotokopi veya başka teknikle çoğaltılamaz, bilgisayarda dizgi makinalarında işlenebilecek ortama aktarılamaz. Kitapta yayınlanan tüm yazı ve görsellerin sorumluluğu yazar/ yazarlara aittir. Eskişehir Teknik Üniversitesinin 24/10/2022 tarihli ve 2/1 nolu kararı ile yayınlanmıştır.

ISBN: 978-605-73552-3-2

BİLİM KURULU

Ahmet Emre Dinçer | Karabük Üniversitesi
Ahu Sökmenoğlu Sohtorik | Bağımsız Araştırmacı
Alper Çabuk | Eskişehir Teknik Üniversitesi
Arzu Gönenç Sorguç | Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Aslı Ağırbaş | Özyeğin Üniversitesi
Ayşegül Akçay Kavakoğlu | İstanbul Teknik Üniversitesi
Başak Ürkmez | Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi
Benay Gürsoy | Pennsylvania State University
Burak Kaptan | Eskişehir Teknik Üniversitesi
Can Uzun | Altınbaş Üniversitesi
Çetin Tüker | Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi
Derya Güleç Özer | İstanbul Teknik Üniversitesi
Elif Ensari | NYU Marron Institute
Elif Öksüz | Nişantaşı Üniversitesi
Emirhan Coşkun | Haliç Üniversitesi
Ersan Koç | Bursa Teknik Üniversitesi
Esra Gürbüz Yıldırım | Gaziantep Üniversitesi
Ethem Gürer | İstanbul Teknik Üniversitesi
Faruk Can Ünal | Yeditepe Üniversitesi
Fulya Özsel Akipek | İstanbul Bilgi Üniversitesi
Gülen Çağdaş | İstanbul Teknik Üniversitesi
Gülsu Harputlugil | Çankaya Üniversitesi
Güzden Varinlioğlu | İzmir Ekonomi Üniversitesi
H. Günseli Demirkol | Eskişehir Teknik Üniversitesi
Hicran Hanım Halaç | Eskişehir Teknik Üniversitesi
İlker Erkan | Süleyman Demirel Üniversitesi
İpek Gürsel Dino | Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Kutay Güler | Kansas State University
Kutay Karabağ | İstanbul Bilgi Üniversitesi
Leman Figen Gül | İstanbul Teknik Üniversitesi
Leyla Yekdane Tokman | Eskişehir Teknik Üniversitesi
Mehmet Ali Altın | Eskişehir Teknik Üniversitesi
Mehmet İnceoğlu | Eskişehir Teknik Üniversitesi
Meltem Aksoy | İstanbul Teknik Üniversitesi
Meral Erdoğan | Yıldız Teknik Üniversitesi
Meryem Birgül Çolakoğlu | İstanbul Teknik Üniversitesi
Mine Özkar | İstanbul Teknik Üniversitesi
Mustafa Emre İlal | İzmir Yüksek Teknoloji Üniversitesi
Neşe Çakıcı Alp | Kocaeli Üniversitesi
Orkan Zeynel Güzelci | Universidade do Porto
Osman Tutal | Eskişehir Teknik Üniversitesi
Ömer Halil Çavuşoğlu | Erzurum Teknik Üniversitesi
Özgür Ediz | Uludağ Üniversitesi
Özlem Atak Doğan | Erciyes Üniversitesi
Özgün Balaban | TU Delft
Pınar Çalışır Adem | Yeditepe Üniversitesi
Sema Alaçam | İstanbul Teknik Üniversitesi
Semra Arslan | Gazi Üniversitesi
Serbülent Vural | Karadeniz Teknik Üniversitesi
Serdar Aydın | Mardin Artuklu Üniversitesi
Sevil Yazıcı | İstanbul Teknik Üniversitesi
Sibel Yasemin Özgan | MEF Üniversitesi
Şebnem Yalınay Çinici | İstanbul Bilgi Üniversitesi
Şehnaz Cenani | İstanbul Medipol Üniversitesi
Şule Pektaş Taşlı | Bilkent Üniversitesi
Tuğrul Yazar | İstanbul Bilgi Üniversitesi
Yüksel Demir | İstanbul Teknik Üniversitesi

MSTAS2022 I MİMARLIKTA SAYISAL TASARIM I XVI. ULUSAL I SEMPOZYUMU.

ÖNSÖZ I DÜZENLEME KURULU

Her yıl, mimarlık ve teknolojinin farklı yönleriyle tartışıldığı Mimarlıkta Sayısal Tasarım Sempozyumu Türkiye'de bu alandaki en önemli etkinliklerden biri olarak giderek gelişmekte ve ilgi görmektedir. Özellikle bilişim teknolojilerindeki hızlı ve etkili değişimler bu ilgiyi artırmaktadır.

On altıncısını Eskişehir'de düzenlediğimiz MSTAS 2022'nin konuları arasında yer alan yapay zeka, makine öğrenmesi, simülasyon, sanal ve artırılmış gerçeklik, insan-bilgisayar etkileşimi, robotik gibi güncel teknolojiler pek çok başka disiplinin de parçası olduğu geniş bir ekosistemi işaret etmektedir. Bu alanların ortak paydası olan bu geniş çerçeveyi Sayısal Ekosistemler olarak adlandırıyoruz. Sayısal Ekosistemler disiplinlerarası çalışmalar için barındırdığı potansiyel ile mimarlık ve tasarım için yepyeni gelişme ve genişleme alanları sunuyor. Ekosistemler kendi içinde dengeli farklı ölçekteki alt sistemlerin bir bütün oluşturarak geçişkenlikle dengede kalabildiği üst sistemlerdir. Alanlar arası geçişkenliklerin arttığı yepyeni mesleklerin ortaya çıktığı bir dönem içinde dünyadaki en kadim mesleklerden birisi olan mimarlığın da ele alınış biçimindeki değişimler bu geçişkenliği işaret etmektedir. Bu noktadan hareketle 16. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Sempozyumunun ana teması "Sayısal Ekosistemler ve Mimarlık" olarak belirlenmiştir.

2022 Ocak ayında yapılan çağrıya 34 farklı üniversiteden 95 genişletilmiş özet gönderilmiş ve hakem değerlendirmesi sonrasında 50 bildiri sunuma uygun bulunmuştur. Konularına göre kümelenen bildiriler, bir kısmı paralel olarak ele alınan on üç oturumda sunulmuş ve aktif bir tartışma ortamında değerlendirilmiştir. Sempozyum aynı zamanda dört farklı çalıştaya da ev sahipliği yapmış, lisans ve lisansüstü öğrencilerinin de aktif katılımına olanak sağlamıştır.

Eskişehir Teknik Üniversitesi ev sahipliğinde düzenlenen 16. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Sempozyumu'nda sunulan bildirilere ait tam metinlere yer verdiğimiz bu kitapla bu alandaki literatüre katkı yapacağımıza inanıyoruz. Umuyoruz ki bundan sonra yapılacak etkinliklere ve çalışmalara faydalı bir kaynak olacaktır.

İÇİNDEKİLER I SAYISAL EKO SİSTEMLER VE MİMARLIK.

1.OTURUM I MİMARLIK EĞİTİMİ VE SAYISAL TASARIM 1 13

Teaching Methodology for Parametric Design: A Comparative Study 14
Cansu Günaydın Donduran, Altuğ Kasalı, Fehmi Doğan

Genişletilmiş Biliş Kuramı Bize Tasarım Stüdyosu Eğitimine Dair Ne Söyleyebilir? 23
F. Zeynep Ata, Fehmi Doğan

Mimarlıkta Malzeme ve Detay Eğitimi için Sarmalayıcı Sanal Gerçeklik Tabanlı Ciddi Oyun Tasarımı ve Kullanılabilirliği 32
Hasan Taştan, Togan Tong

Kartografya Tabanlı Platform Kullanımının Çevrimiçi Tasarım Sürecine Etkilerinin Ölçümlenmesi 42
Muhammet Ali Heyik, Cemile Gül Gürcan, Togan Tong, Meral Erdoğan

2.OTURUM I YAPAY ZEKA VE MAKİNE ÖĞRENMESİ 55

Mimarlık Öğelerinin Sentetik Olarak Yeniden Üretimi: Cephe Örneği 56
Şemsi Barış Terzi, Özgün Balaban, Sema Alaçam

Derin Evrişimli Sinir Ağları ile Uydu Görüntülerinin Sınıflandırılması ve Mimariye Etkisi 71
Fadime Diker, İlker Erkan

Demystifying Machine Learning for Architecture Students 81
Arzu Gönenç Sorguç, Müge Kruşa Yemişcioğlu, Ozan Yetkin

Derin Öğrenmeye Dayalı Nesne Tanıma Modeli: Antik Yunan Sütunları 89
Habibe Şenkal, Sema Alaçam

3.OTURUM I SAYISAL FABRİKASYON VE ROBOTİK 103

Robota Entegre Pnömatik 3B Kil Baskı Deneyimi 104
Serbülent Vural, Selin Oktan, Ayşe Nesligül Çevik

From Stitches to Digits and Back: Computational Crocheting of Branching 114
Özgüç Bertuğ Çapunaman, Cemal Koray Bingöl, Benay Gürsoy

Combining Traditional And Innovative Approaches: A Retrospective View Of The V-Puzzle Pavilion 124
Burak Delikanlı, Fatih Uzun

Tasarım, Uygulama, Araç İlişkisinde Endüstri 4.0 Devriminden Endüstri 2.0 Devrimine Mimarlıkta Hesaplamalı Tasarım 132
Esranur Karacif

141 PERFORMANSA DAYALI TASARIM 1 **I 4.OTURUM**

142 Parametrik Tabanlı Bir Yeşil Çatı Sistem Modeli Önerisi
Cemre Akalın Er, Togan Tong

149 Kinetik Cepheler ve Geleneksel Cephe Elemanları Arasındaki Farklarının Gün Işığı, Enerji Performansı Açısından Değerlendirilmesi
Sadullah Engin, Turgay Ümit Arpacıoğlu

161 Yapay Sinir Ağları Tabanlı Sayısal Tasarım Modeli ile Atölye ve İmalat Mekanlarında Enerji Performansı Tahmini
Gonca Özer Yaman, Cemre Kılınç, Süleyman İpek, Murat Oral

171 Performansa Dayalı Yapı Kabuğu Tasarımında Gelişmiş BIM Araçları Kullanımı
Togan Tong, Naime Uslu Güçlü

183 PARALEL OTURUM 1 **I 5.OTURUM**

184 Akıllı Kent Hizmetleri İçin Hizmet Menüsü Önerisi
Sena Kaynarkaya, Çisem Yaşin

197 Disjunction of Digital Game Spaces
Betül Uyan

207 Kullanıcı Deneyimi Tasarımı ve Mimarlık - Arduino ile Uygulama
Ece Karaca, Özlem Kandemir

214 Mevcut Konut Stoklarının İyileştirilmesinde Uygulanabilir Akıllı Bir Model
M. Batuhan Zeybek, Leyla Yekdane Tokman

223 PARALEL OTURUM 2 **I 6.OTURUM**

224 Smart City Applications as A Patch: An Evaluation on Mobility, Housing, Sustainability, Big Data, and Governance
Özlem Çavuş, Salih Özdemir

334 Üretken Sistemlerle Mimari Tasarım ve Video Projeksiyon Haritalama
Buse Bölek, Hatice Günseli Demirkol, Mehmet İnceoğlu

244 Dijital Tasarım Süreçlerinde Çizim Nesnelerinin Mekân Temsilindeki Rolü
Merve Şule Yörük, Büşra Şık, Serdar Aydın

254 A Graph-like Location-based Social Network Dataset Collected through the Foursquare's Places API
Yasin Kutay Yüncüler

265 PARALEL OTURUM 3 **I 7.OTURUM**

266 Computational Analysis for Design Development Mechanisms Evaluation in Spatial Planning
Hemza Boumaraf, Mehmet İnceoğlu

283 An Interdisciplinary Exploration on Climate Notion in Digital Design Research
Elif Serdar Yakut, Ayşegül Akçay Kavakoğlu

293 Kamusal Mekân Analizinde Entropi ve Kronotop İlişkisi: İstanbul Hamam Halvetleri
Muhammet Ali Heyik, Cemile Gül Gürcan

8.OTURUM I NİTEL ÇALIŞMALAR 305

Lizbon'un Deneyim Haritalaması Üzerine Fenomenolojik Bir Araştırma 306
Feyza Nur Koçer Özgün, Ethem Gürer

Mimarlıkta Sayısal Tasarım Araştırma Alanının Anahtar Kelimeler Üzerinden Kapsamlı Analizi: 1969-2022 318
Rezzan Efil E doğan, Şule Taşlı Pektaş

Mimarlık Pratiğinde BIM'e Geçiş Sürecinin Sosyo-teknik Bakış Açısıyla Nitel Analizi 328
Tuğçe Zeynep Baçnak, Hasan Burak Çavka, Fehmi Doğan

Mimarlıkta Sayısal Tasarım Araçları Tercihleri Üzerine Niteliksel Araştırma 339
Kadir Öztürk, Fehmi Doğan, Altuğ Kasalı

9.OTURUM I MİMARLIK EĞİTİMİ VE SAYISAL TASARIM 2 349

Oyun Motoru Tabanlı Sanal Ortamların Mimari Tasarım Stüdyolarında Kullanım Olanaklarının Araştırılması 350
Tuğrul Yazar, Oğulcan Üneşi

Web 1.0'dan Web 3.0'a İnternet ve Mimarlık Eğitiminin Evrimi: X kuşağı Ne Veriyor? Z Kuşağı Ne İstiyor? 366
Özlem Gök Tokgöz, Mehmet Ali Altın

Desineer: SG Ortamında Deneysel Mekân Üretimi 377
Eray Şahbaz, Bilgehan Bakırhan

Öğrenci Projelerinin Erken Tasarım Aşamasına Yardımcı Arttırılmış Gerçeklik ile Kurgulanmış Analiz Uygulaması Geliştirilmesi 383
Lütfullah Emre Taşan, Anıl Emir

10.OTURUM I VR I AR UYGULAMALARI VE İNSAN BİLGİSAYAR ETKİLEŞİMİ 393

A Decision Support System Proposal on the Usage of Extended Reality SDKs in AEC Disciplines 394
Esranur Karacif, Ethem Gürer

Atmosferin Dijitalleşme İmkanları: Metaverse ve Halüsinatif İmge 403
Serkan Can Hatipoğlu, Cansu Tatlı

Designing And Testing A Virtual Reality Online Shopping Application 414
Ekin Kılıç

Erken Tasarım Evresinde Kullanılacak Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarında Kullanıcı Tercihlerinin Regresyon Analizi Yöntemi ile Belirlenmesi 426
Mahmut Çağdaş Durmazoğlu, Leman Figen Gül

11.OTURUM I YAPI BİLGİ MODELLEMESİ 437

Tarihi Yapı Bilgi Modellemesi (TYBM) Kütüphanesi: Akçakoca'da Bir Tescilli Konut Örneği 438
Nuray Benli Yıldız, Zehra Kalpaklı, Nuray Özkaraca

Yapı Bilgi Modellemesine Enerji Simülasyonunun Entegre Edilmesi 451
Rumeysa Eryaman, Nuray Benli Yıldız

Eski İşlevini Kaybetmiş Binaların Yeniden Kullanımına Adaptasyonunda Tarihi Yapı Bilgi Modellemesinin Kullanımı Üzerine Araştırma: Vaka Çalışmalarının İncelenmesi 463
Açelya Özdirek, Enes Yaşa, Selahattin Ersoy

473 ÜRETKEN SİSTEMLER VE KURAL TABANLI TASARIM **I 12.OTURUM**

474 Kabuk Yapıları İçin Evrimsel Algoritma Tabanlı Parametrik Tasarım Önerisi
İlhan Erdem Er, Togan Tong

484 Türk Evi Biçim Gramerleri: Mekân Sözdizimi ve Evrimsel Algoritma ile Alternatif Plan Şeması Üretimi
Selen Çiçek

494 Kural Tabanlı Tasarım Yöntemleri Aracılığı ile Hastane Polikliniği Tasarımı
Muhammed Fatih Çetintaş, Nesip Ömer Erem

504 Kurallara Bağlı Sistemlerle Adaptif - Duyarlı Mekânsal Kodlar Üretilmesi
Gözde Betülay Yorulmaz, Levent Arıdağ

517 PERFORMANSA DAYALI TASARIM 2 **I 13.OTURUM**

518 Bahçelievler Mahallesi: Bölgenin Kentsel Isı Adası (KIA) Analizi, Kamusal Binaların Isıtma & Soğutma İhtiyaçları ve Analizin ArcGIS Pro ile Görselleştirilmesi
Dilara Güney, Yasin Kantaş, Eser Delice, İpek Gürsel Dino

527 What Makes a Street Walkable? A Data Analytic Approach to Investigating Walkability Factors
Nur Sipahioğlu

535 Fotobiyoreaktör Cephelerin Isıl ve Görsel Performansa Etkileri
Yonca Yaman, Nilay Altunacar, Ayça Tokuç, Gülden Köktürk, İrem Deniz, Mehmet Akif Ezan

544 Eğitim Yapılarında Mekânsal Yönelim Bağlamında Performans Tabanlı Tasarım Aracı Önerisi
Abdullah Bilgehan İyican, Ahmet Emre Dinçer

553 **ÇALIŞTAYLAR**

554 HBIM (Historical Building of Information)
Nuray Benli Yıldız

556 Kuralsızlıklardan Oluşan Biçimlenmeler
Serkan Can Hatipoğlu, Merve Ertuğrul, Selim Hikmet Şahin

558 Üretken Sistem Olarak Bedensel Hareket: Salsa
Özge Ceylin Yıldırım, Özlem Çavuş

562 Erken Tasarım Aşamasında Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği
Burcu Kısmet

563 urbanGraph: (city="eskisehir")
Yasin Kutay Yüncüler





DAVETLİ KONUŞMACI I TUBA KOCATÜRK

Tuba Kocatürk, Avustralya'da, Deakin Üniversitesi Mimarlık ve Yapılı Çevre Fakültesi'nde Integral Design (Bütünleyici Tasarım) alanında profesör ve Mediated Intelligence in Design (Tasarımda Bağdaştırıcı Zeka) Laboratuvarı'nın kurucu direktörü olarak görev yapmaktadır. Aynı zamanda, Deakin Üniversitesi'nin Tasarım ve İnovasyon platformu olan DesignMind'ın yardımcı direktörlüğünü üstlenmekte ve Geelong' da bulunan UNESCO Tasarım Şehri Çalışma Komitesi'nde üniversiteyi temsil etmektedir. Tuba, ODTÜ Mimarlık Fakültesi'nden mimar ünvanıyla mezun olmuş ve Hollanda Delft Teknoloji Üniversite'sinde doktorasını Mimarlık ve Yapı Teknolojisi alanında tamamlamıştır. 2018'de Deakin Üniversitesi'ne katılmasından önce Türkiye, Hollanda, ABD ve Birleşik Krallık'ta birçok akademik görevde yer almıştır. Tuba'nın araştırma ve eğitim konuları Tasarım Yenilikleri, Bilişim Teknolojileri ve Yapılı Çevre kesişiminde kümelenmektedir. Sayısal Miras, Sayısal Mekanlaştırma, Disiplinlerarası Tasarım, Akıllı Ekosistemler ve Çevresel Bilişim alanlarında pek çok yayını bulunmaktadır. Araştırmaları öncelikli olarak uygulama esaslıdır ve bilgi üretim yöntemi olarak "tasarımsal düşünme" ve "sistemsel düşünme"yi ve sektörler arası inovasyon stratejisi olarak "disiplinler arası düşünme" yi savunur. Tuba, erken evre inovasyon sürecinde tasarımcılar ve tasarımcı olmayan sektörleri bir araya getirerek yardım etmeyi amaçlayan Birleşik Krallık hükümetinin öncü programı Innovate UK 'in gerçekleştirdiği, Design Foundations yarışmasının ilk ödül kazananlarından biri olmuştur. Tuba, Avustralya Mimarlık ve Tasarım Dergisi'nde yayımlanan yeni bir makalede "geleceğin mimarlarının yeni bir soyu" olarak tanımlanmış; çalışması, tasarımın disiplinler ve alanlar üstündeki potansiyelini ortaya koyması nedeniyle önemli bir odak noktası olarak değerlendirilmiştir.

1. OTURUM

MİMARLIK EĞİTİMİ VE SAYISAL TASARIM 1

Teaching Methodology for Parametric Design: A Comparative Study

Cansu Günaydın Donduran[1]; Altuğ Kasalı[2]; Fehmi Doğan[3]
[1]Özyeğin University; [2,3]Izmir Institute of Technology
[1]cansu.gunaydin@ozyegin.edu.tr; [2]altugkasali@iyte.edu.tr, [3]fehmidogan@iyte.edu.tr

Abstract

Digital computer technologies have had a significant influence on design education, particularly architectural design, which originally used CAD tools for representation and is increasingly integrating computers into the design process through the use of parametric and algorithmic software. With parametric design software taking its place in design schools, it has either been a component of the design studio or been offered as an elective subject. The purpose of this study is to increase the understanding of the influence of methodological modifications on students' parametric design learning in a short amount of time by focusing on a parametric design course offered as an elective by the department of architecture. Two experiments were carried out for two consecutive semesters, and the results were compared to draw conclusions about the effects of: (1) the exercise, whether students learn and internalize parametric design principles while working on parametric design tasks that are developed for their design studio projects, or once they were given a unique design project for experimenting only on parametric design. (2) the mode of instruction, whether students learn parametric design better solo or collectively. The findings of two studies were collected from midterm and term project assessments that were evaluated according to complexity of the script, creativity, representation of the idea, and depth of parametric relations, as well as student inputs offered for the course both verbally and in writing. A data synthesis was utilized to develop findings regarding the process and the impacts of these two parametric design learning methodologies that were delivered in a short period of time. They were fed by student input to highlight the strong and poor aspects of the indicated techniques. This study may be utilized as a foundation for future research on parametric design course delivery techniques that seek to teach parametric design software in a short period of time.

Keywords: *Computational design, Parametric design, Computer-aided design, Design education*

Parametrik Tasarım Eğitiminde Yöntem: Karşılaştırmalı Bir İnceleme

Cansu Günaydın Donduran[1]; Altuğ Kasalı[2]; Fehmi Doğan[3]
[1]Özyeğin Üniversitesi; [2,3]İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
[1]cansu.gunaydin@ozyegin.edu.tr; [2]altugkasali@iyte.edu.tr, [3]fehmidogan@iyte.edu.tr

Özet

Dijital bilgisayar teknolojilerinin tasarım eğitiminde, özellikle de orijinal olarak temsil için CAD araçlarını kullanan ve parametrik ve algoritmik yazılımların kullanımı yoluyla bilgisayarları tasarım sürecine giderek daha fazla entegre eden mimari tasarım üzerinde önemli bir etkisi olmuştur. Parametrik tasarım yazılımlarının tasarım okullarına girmesiyle birlikte bu yazılımlar ya tasarım stüdyosunun bir parçası olmuş ya da seçmeli ders olarak sunulmuştur. Bu çalışmanın amacı, mimarlık bölümü tarafından seçmeli olarak sunulan bir parametrik tasarım dersine odaklanarak, metodolojik değişikliklerin öğrencilerin parametrik tasarımı kısa sürede öğrenmeleri üzerindeki etkisini daha iyi anlamaktır. Birbirini takip eden iki dönem boyunca iki farklı deney yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılarak iki farklı etken hakkında çıkarımlar yapılmıştır: (1) öğrencilerin tasarım stüdyoları için geliştirilen parametrik tasarım görevleri üzerinde çalışırken parametrik tasarım ilkelerini öğrenip öğrenmediği ve içselleştirip benimsemediği, ya da yalnızca parametrik tasarım üzerinde deney yapmaları için benzersiz bir tasarım projesi verilmesi durumunda öğrencilerin parametrik tasarımı daha iyi öğrenip öğrenmediği. (2) öğretim şekline bağlı olarak öğrencilerin parametrik tasarımı tek başlarına mı yoksa toplu olarak mı daha iyi öğrendiği. Karşılaştırma sırasında öğrenci performansını değerlendirmek üzere ara sınav ve dönem ödevlerinden faydalanılmış, kodlamanın karmaşıklığı, yaratıcılık, fikrin temsili ve parametrik ilişkilerin derinliğine göre değerlendirilen ara sınav ve yarıyıl projesi değerlendirmelerinden ve ders için hem sözlü hem de yazılı olarak sunulan öğrenci değerlendirmelerinden iki çalışmanın bulguları toplanmıştır. Kısa süre boyunca uygulanan bu iki farklı parametrik tasarım öğrenme metodolojisinin öğrenme sürecine ve öğrenmeye olan etkilerine ilişkin bulguları geliştirmek için bir veri sentezi kullanılmıştır. Çalışmada belirtilen tekniklerin güçlü ve zayıf yönlerini vurgulamak için öğrenci yorumlarından faydalanılmıştır. Bu çalışma, parametrik tasarım yazılımlarını kısa sürede öğretmeyi amaçlayan parametrik tasarım ders verme teknikleri üzerine gelecekte yapılacak araştırmalar için bir temel olarak kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: *Bilgisayar destekli tasarım, Sayısal tasarım, Parametrik tasarım, Tasarım eğitimi*

1. Introductiom

Computer software is an indispensable complementary component of contemporary design practice. A variety of software is widely used in education and practice, particularly in the field of architecture. In addition to available opportunities to revise and refine visualizations, software is useful for developing ideas and making conceptualizations and reconceptualizations in the iterative design processes (Cross, 2007, 2011).

Since design does not usually progress in a linear fashion, designers may end up with very different outcomes than they anticipated at the outset (Goel, 1992; Kolarevic, 2003). This iterative process is traditionally enabled by designers' reinterpretation of visual media, primarily through sketching and modelling. While digital tools are replacing their paper-based ancestors, parametric design software is being introduced as flexible, dynamic and open-ended extensions of the paper-based design process carried into the virtual world (Kolarevic, 2003; Lynn, 2010; Oxman, 2008). Moreover, these new tools highlight the concept of parametric design and require the look back on the concept in detail (Schumacher, 2008; Gallas et al., 2015). Some scholars have been directing their attention towards educating students with high levels of parametric modelling skills together with the theoretical background of it (Gallas et al., 2015; Couwenbergh, 2015). The others have been studying the effects of the developing pedagogies of parametric techniques in students' design learning and design thinking (Oxman, 2017; Schnabel, 2012). Because it enables the creation of non-Euclidean and complex geometric forms which are highly used in the last two decades (Zellner, 1999), the demand for the instruction of architecture students in this subject becomes increasingly important.

Parametric design software is being considered in the field of design learning as a transitory medium between the paper-based and the digital processes, particularly as part of a constructive process (Oxman, 2008; Stavric & Marina, 2011). It has become a medium for experimentation, through which students and tutors develop in-studio practices in a different fashion than before (Burry & Murray, 1997; Lynn, 2002). They have shifted away from paper-based design concepts and sketch-based design aims and started to construct digital counter theories (Hanna & Barber, 2001; Knight & Stiny, 2001). The way these new methods are included in the design learning process differs in relation to the level of expertise of students and the studio culture within different design traditions in which parametric design software is being introduced either as part of the design studio or as a separate elective course.

The majority of the research investigates the usage of parametric design as part of the design studio (Gallas et al., 2015; Radizewski & Cudzik, 2019; Romaniak & Filipowski, 2018), while a few looks at the elective courses given by the department of architecture (Agirbas, 2019; Ozkar, 2007; Senyapili & Bozdag, 2012). This study provides an overview of a parametric design course that is offered as an elective. Unlike prior studies examining more teacher-driven parametric design learning processes concentrated on collaborative single product developments, this study seeks to provide light on the impact of the student-driven parametric design learning process conducted with individuals and smaller groups.

2. Research Design

The present research work emerged from a parametric design course that was held in parallel to an architectural design studio and began with the question: "How can good parametric design software training be accomplished in a limited period of time?" Since the best way of learning such tools is to engage in application-oriented work, the course was structured in a way to enable students to first learn about the subject and then complete a project. A similar study was conducted for two semesters with different groups of students to observe changes. The two groups were given similar term projects requiring them to analyze, implement, and experiment on a parametric design process. However, the two groups were treated with two different methods in order to find answers to our second research question: whether the students learn these parametric design tools better with individual tasks or through collaborative tasks.
The parametric design course is an elective course given by Günaydın Donduran at Özyeğin University in Spring 2020-21 and Fall 2021-22 the author of the university where the study was conducted. It is a 14-week long course in one semester, with two hours per week. For the first 9 weeks the class is divided into two sessions. In the first half, parametric design software Rhino-Grasshopper is introduced by the tutor together with the theoretical knowledge upon how to construct relationships between parameters. This part was started by creating singular applications without any context and focusing on the simple exercises on script development. The precedents using similar principles were shown and the simpler versions of those scripts were tried to be derived collectively in the application part under the supervision of the tutor. At the end of each class, a related assignment was given and asked to be

completed before the following week's class. At week 10, the students have taken a midterm exam, in which they have followed a given procedure to compose a script. The scope of the course has moved to a term project development starting from the 11th week. During the term project development, the tutor met with students on an individual basis and conducted feedback sessions about their work. The semester finished with the submission of the term projects through which students submitted both the script they developed and a poster for the visualizations of their proposal. After the submission of the term projects the participants were given their oral feedbacks upon the course via interviews conducted with them and written feedbacks were collected from the course evaluation surveys. The students' skill development, which is an important part of the learning outcomes, was evaluated by the tutor from the midterm and the term project. Moreover, students have evaluated their learning experiences via feedback given to the tutor and a course and instructor evaluation questionnaire. The results are compared to understand the differences between two different semesters which were treated in two different methods.

2.1. Experiment-1

The Experiment-1 was conducted in Spring 2020-21 with 10 students, 9 architecture, 1 interior architecture and environmental design student, in an online classroom setting. The first 9 weeks were dedicated to teaching of the tools and experimentation of the software. Each week they were introduced to 2D and 3D modelling exercises that were developed parametrically. Each exercise consisted of the prior knowledge introduced in previous weeks and had defined constraints to operate with. Students were completing the steps consecutively which required active participation of the entire group and they were completing the procedures on their own via the given assignments. By this way both the in-class learning exercises and revisions were employed to enhance learning. Students were tested upon their knowledge on the 10th week and immediately started their term project.

They were asked to develop a parametric design which can be a part of their architectural design studio project. The aim was to integrate parametric design into the architectural design studio through which students may employ parametric design in their architectural design activities which have unique contexts and programs to define particular constraints. Since each student's architectural design studio project is different from each other they were all developing their term projects individually. Throughout the term project development period students were taking individual feedbacks and guidance from the tutor to achieve their goals. The overall design of the architectural design studio project is not evaluated within the body of this course and Experiment-1, only the design of the parametric design part is improved and evaluated throughout the critique sessions.

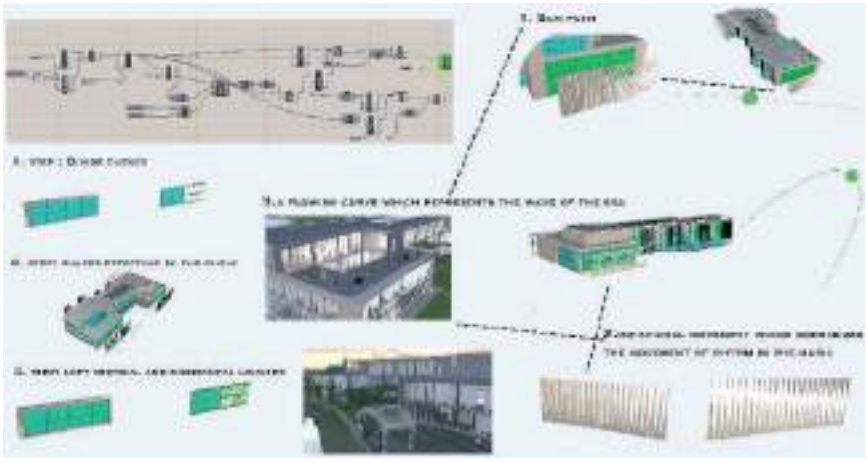


Figure 1: An example work of student's developed individually presented in Spring 2020-21 Semester within the scope of Parametric Design course given by Cansu Günaydın Donduran.

At the end of the semester following the term project submission, the students were asked to give feedbacks on their learning experiences. The tutor has asked the students to evaluate their overall experience and their thoughts on the course throughout an informal interview session conducted one-on-one. In addition to students verbal declarations course and instructor evaluation questionnaire forms were analyzed to detect the course's accomplishments of course objectives.

2.2. Experiment-2

The Experiment-2 was conducted in Fall 2021-22 with 38 students from the department of architecture in an online classroom setting. As in the previous experiment the first 9 weeks were dedicated to teaching of the tools and experimentation of the software, midterm examination was conducted on the 10th week, and this was followed by the term project. In this experiment, rather than incorporating the term project as a part of the architectural design studio, students were asked to design a unique proposal for this course which is a responsive system. The system should either define a wall surface or an enclosed space whose features are responding to an external stimulus. Students were allowed to find precedents using similar principles and they were required to modify or rewrite the script by interpreting it. The final submission of the term project included the unique script development, a poster explaining the design and a scaled physical model. Because of the complexity of the task and shortage of time to give individual feedback to each student in a two-hour period, students were asked to work within groups of 4 to 6 people. In each week they were asked to bring a part of their proposal and were given feedbacks and guidance in their teams. At first, they were asked to bring sketches representing their purpose and indicating the response of a system. This was followed by simple script development for separate parts of the overall reaction. Then they started to merge the script and finally provide iterations of the responsive system.

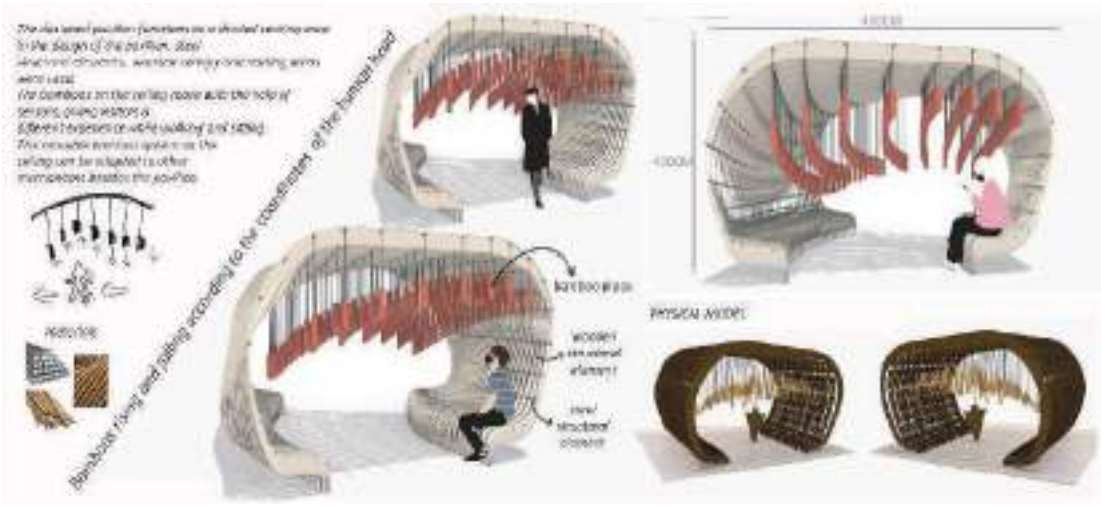


Figure 2: An example work of students' developed as a groupwork presented in teams in Fall 2021-22 Semester within the scope of Parametric Design course given by Cansu Günaydın Donduran.

Like in the previous experiment, at the end of the semester following the term project submission, the students were asked to give feedbacks on their learning experiences. Although the students were working in groups, they were all asked to share their own thoughts upon the course. Similar to the previous group, the tutor has asked students to evaluate their overall experience about the course in an informal interview setting. Apart from the students' written comments were analyzed the course's accomplishments of course objectives.

3. Findings and Results

3.1. Evaluation of the Midterm

The similar instruction sheet was given to both groups as midterm and students were expected to develop the script following the procedures. A mini video showing the form and parametric design was shown at the beginning of the midterm and students were allowed to watch it as many times as they require to see and get inspiration from. Although the instructions were given, students had the flexibility to develop the script composed of different algorithms, the only limitation was to derive the form and parametric design shown in the video. The evaluation was done from the script files and the students which have scored more than 50/100 were considered as succeeding from the exam.
The first group was composed of 10 students and 9 of them have taken the midterm exam and succeeded. %77 of the students have scored between 90-100, % 11 of them got 70-80, and the remaining part has scored less than 60. The second group was composed of 38 students and 37 of them took the midterm exam and succeeded. %10 of the students scored 90-100, %18 scored 80-90, %21 scored 70-80, %37 scored 60-70. The results have shown that there

exists an apparent relation between the population and success levels in the midterm exam. Although there were no unsuccessful students in both groups, the less populated group scored better in the exam.

3.2. Evaluation of the Term Project

The two experiments were designed differently in each term. In the first experiment students were expected to develop a parametric solution and write a script for part of their architectural design studio project, and in the second experiment they were asked to develop both a unique design and a script. In the first experiment the content required the students to work individually, in the second one the content and time limitations required them to work in groups. The term projects were evaluated according to the script development, creativity, and representation of the idea. The students who can construct proper and deep parametric relations for unique conditions, who can envision non-traditional treatments, and who can communicate their ideas, design development process and the response of the system were to be considered as successful.

In Experiment-1, participants have followed a trend of developing parametric design solutions as a façade system. Most of them have worked based on 2-dimensional surfaces, and developed scripts were designed to respond to a single surface and reproduced and modified for each surface that it would be implemented on (**Figure 1**). In experiment-2 there was no clear distinction between the groups working on a wall surface or an enclosure system, they were equally starting from a 2-dimensional surface or 3-dimensional spaces. Since proposals were developed to respond to an external stimulus, the script worked for the entire system and there was no need to reproduce the same code for different parts of the design (**Figure 2**).

Comparing the parametric relations and the complexity of the script, the individually developed projects contained simpler coding procedures and group works composed more complex and deeper parametric relations (**Figure 3-4**).

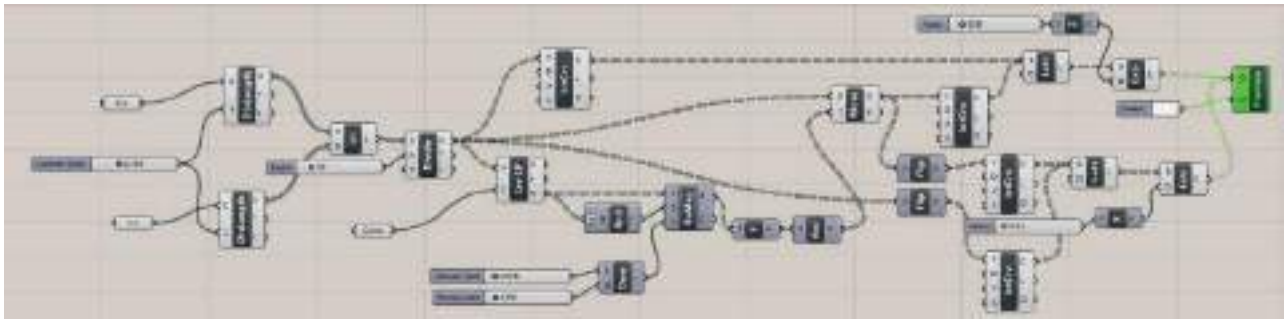


Figure 3: An example of script developed individually in Spring 2020-21 Semester within the scope of Parametric Design course given by Cansu Günaydın Donduran.

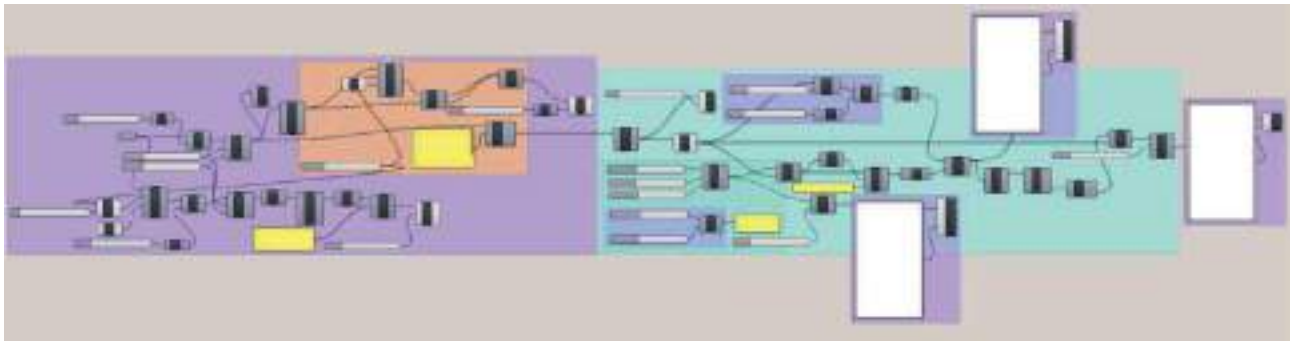


Figure 4: An example of script developed as a groupwork in Fall 2021-22 Semester within the scope of Parametric Design course given by Cansu Günaydın Donduran.

3.3. Oral and Written Feedbacks Given by the Students

After the submission of term projects, the tutor has conducted a closing session for the course. In this session the students were invited to participate in one-on-one interviews to share their thoughts about the course. The participation was held on a voluntary basis. In Experiment-1 all 10 students have volunteered for interviews, in

Experiment-2 29 students out of 38 have volunteered for the interviews. The voluntary participants were taken into Breakout Rooms in Zoom and their interviews were recorded for transcription. In both experiments, participants were asked to freely talk about their thoughts on the course experience. In addition to free declarations, three provocative questions have been directed to them: (1) what is good about the course, (2) whether there is anything that should be continued, improved, or removed from the course, (3) what the most troubling part of the course is, to guide the track of the discussions to derive answers for our investigations. In addition to these oral feedbacks given by the students, the course and instructor evaluation questionnaires' open ended comments parts were checked for the feedbacks given in written format.

In Experiment-1 students have given two popular answers for question 1 by stating either "learning a parametric tool improves the level of our architectural design studio projects" or "the course is good for learning parametric design". The second question had more variety in the answers since it was composed of three parts. For the first part of the second question asking what should be continued in the following semesters, students wanted the interactive and consequent exercising part to be continued mostly, they also found the lecture-exercise-assignment system successful learning method to be continued for the following semesters. For the second part of the same question asking about the parts needed to be improved, students gave different answers. 3 out of 10 stated there was nothing to be improved, 4 of them stated the term project should be improved and better organized with the architectural design studio project, 2 students declared the course hours were limited to grasp the overall content and it should be increased, 1 student said the term project started too late and it should've started earlier to be developed.

For the third part of the second question asking which parts should be removed from the class, 8 students stated there was nothing needed to be removed and 2 students wanted the midterm to be removed from the course. The answers for the third question investigating the most troubling part of the course were all different from each other and given as follows: (1)"the term project was fine but adapting it to the architectural design studio project makes it difficult, we have to explain it to our design studio instructor and make changes according to the critiques given by them which we are not fully understanding", (2) "having two instructors for the same project looking for two different things is the most troubling part", (3) "the design project was shaped and we were trying to attach a parametric part of it", (4) "learning a parametric tool and applying it to a studio project is hard", (5) "remembering data structures and applying parametric equations on our project is difficult for me", (6,7) "having two instructors for one project is the most troubling part", (8) "completing assignments every week is hard but dealing with the term project is the most difficult part", (9) "I wanted to do something for my term project but it was too complicated for me so I could not do that and I had to do what I was capable of, that is disappointing", (10) "deciding on the steps for coding". Looking at the written feedbacks given for the course and instructor evaluation questionnaire we observed 7 students out of 10 have shared their thoughts in written format. There were four students stating the recording of the course part is the most positive aspect of the course for them given the chance to watch it again once they needed. One student said the content of the course was appealing and it was applicable. Another declared the course helped them to understand the basis of parametric design. The last comment indicated the course has enabled them to rethink their designs with a different perspective.

In Experient-2 students have answered the first question by stating: "having a team project is the best part of the course", "learning a parametric tool is good for our design projects", "learning to make parametric models is a good experience", "having a product that we can add to our portfolio is good". For the second question's first part, asking which parts they thought we should continue were answered as: "the term project that is done by groups", "one-on-one critique sessions for the term project", "a separate project that we can add to our portfolio". For the second part of the second question, asking which parts needed to be improved about the course were answered as: "we require more time for term projects", "we should also learn the plugins for grasshopper to make things easier and less complicated", "the group work part should be better organized". For the third part of the second question asking them whether there exists any part that they think should be removed from the course, none of the students declared any parts to be removed. Once the students were asked the third question to state the most troubling part of the course, all of the students stated the midterm was the most difficult part of the course. Some of them gave detailed explanations of why they have struggled more in the midterm, "in the midterm we were all alone and we were expected to follow up instructions and compose a script but I was not sure about the coding order, in class hours we were collaborating with the instructor or our classmates", "I know what to do and I know which steps to take but I don't remember short ways to do them so it took me a long time to do it", "the midterm was my first time coding

alone, I panicked". Moreover, some students stated there was a second part which is the physical modelling part where they struggled a lot. Looking at the written feedbacks given for the course and the instructor evaluation questionnaire, 5 students out of 38 were observed sharing their thoughts in written format. The four positive comments were given as follows: "the course is useful for adding different perspectives to our design studio projects", "the content is very good and detailed", "the course helped me to understand parametric design and the Grasshopper software", "at the end of each week's session we were given related assignments and some of the assignments were demonstrated after the course session with the pieces of code and desired end results visualizations, this helped us to better understand and learn what to do and how to do it" and there was only one comment stating a negative aspect and suggesting a solution by saying "the software is very complicated so the course can be more simplified".

4. Discussions

Looking at the two experiments conducted in two consecutive semesters with different methodologies within the scope of the same course, there are several items coming forth that could be discussed. The first one is the method. The first experiment was conducted with an exercise defined to integrate the architectural design studio project and the parametric design course; however, the second experiment was using a special exercise targeting a design unique for the parametric design course. Both for the content and the required manpower needed to complete the tasks, the two projects were asked to be completed both individually and in groups.

The results showed that the students struggled more on the first experiment since they were trying to apply a parametric design like an add-on, they sometimes felt lost because of the fuzziness of the constraints. Moreover, they have struggled to explain the parametric design part to their architectural design studio instructors, who might have not been familiar with the parametric design concepts, and to get feedback from them and improve their designs. At the same time, they have struggled to get complete feedback from the parametric design instructor who did not intervene in their architectural design studio projects. This duality created confusion and stress that prevented the students from presenting creative results. The outcomes revealed that the students enjoyed themselves more and felt more confident in the second experiment. This was caused by two major reasons; first, they were designing a unique project for the course which had clear constraints and was easier for them to deal with. Second, they were working in groups and sharing the work amongst the team members. Once one of the team members got stuck, the others were there to help. So, there were less factors to cause stress and they were able to present more creative results. Another positive outcome was that the students were learning from each other while developing the script, they were explaining their ideas to each other and proposing different methods for coding, which increased their vocabulary. At the end of the semester, no complaints regarding feeling overwhelmed by the project were voiced, and students have shared the workload and stress for the creative work.

On the other hand, when the students' ability to compose a script from a given set of instructions were observed, it was seen that Experiment-1 revealed more successful results than Experiment-2. This might be caused by two things. The first reason is the class population, the first experiment was conducted with fewer students than the second one. This might result in more time spent with each student in Experiment-1 to answer their questions and explain the unresolved parts than the students in Experiment-2. Secondly, in Experiment-2 students developed the habit of collaborating with their peers and the instructor starting from the early weeks of the semester and their individual learning might be poorly affected by this. On the contrary, the students who participated in Experiment-1 showed more confidence in the midterm exam and did not show any stress caused deficiencies. For this reason, starting the semester with a more individualistic approach and then moving to a collaborative task could be a solution for this.

5. Conclusions

Within the body of this research, two different methodologies for teaching parametric design software in a short amount of time have been examined and success rates of these two distinct application-oriented methodologies were tried to be observed. The results showed that the course design was found to be competent by the students for an elective course. Regarding the two distinct methodologies, it was observed that some students were benefiting from collaborative tasks more than the individual ones in short time periods; however, individual tasks were required for students' personal knowledge development. For this reason, an enhancement for the elective course structure may be proposed that can focus on the individualistic knowledge building approach at the beginning of the semester and

then move on to collaborative tasks for the following weeks. This study is considered to be a basis for further studies investigating methods to teach parametric design and how students employ parametric design in architectural design studio projects. The results were obtained from experiments conducted in an elective course for two consecutive semesters. A further study can be conducted in the following semesters to observe changes and another study can be conducted in collaboration with an architectural design studio course that is planned to employ parametric design software adopted in the design process and collaborate with parametric design elective course from the beginning.

REFERENCES

Agirbas, A. 2019. The Evaluation of the Relationship between the Use of Multi-Software and the Students' Attitude towards Computers and Technology in Undergraduate Architectural Design Studio Education. *Design and Technology Education: an International Journal*, 24 (1), 122-137.

Burry, M., & Murray, Z. (1997, September 17). Architectural Design Based on Parametric Variation and Associative Geometry. *Challenges of the Future [15th eCAADe Conference Proceedings]*. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/472d

Cross, N. (2007). *Designerly Ways of Knowing*. Springer Science & Business Media.

Cross, N. (2011). *Design Thinking: Understanding How Designers Think and Work*. Berg.

Couwenbergh, J.P. (2015). "L'approche computationnelle: un changement de paradigme en conception architecturale" Perspectives de recherches et d'enseignements. Translated by M.A. Gallas',Journée de la Recherche et des Doctorants en LOCI. Université catholique de Louvain, Bruxelles.

Frazer, J. (2016). Parametric computation history und future. *Architectural Design*, 86, 18-23.

Gallas, M.-A., Jacquot, K., Jancart, S., & Delvaux, F. (2015). Parametric Modeling: An Advanced Design Process for Architectural Education. *CAAD Education [33th eCAADe Conference Proceedings],* 149-157.

Hanna, R., & Barber, T. (2001). An inquiry into computers in design: Attitudes before–attitudes after. *Design Studies*, *22* (3), 255–281. https://doi.org/10.1016/S0142-694X(00)00029-6

Kolarevic, B. (2003). *Architecture in the Digital Age. Design and Manufacturing.* Routledge.

Knight, T., & Stiny, G. (2001). Classical and non-classical computation. *Architectural Research Quarterly*, *5* (4), 355–372. https://doi.org/10.1017/S1359135502001410

Lynn, G. (2002). *Intricacy Exhibition Catalogue*. University of Pennsylvania. https://icaphila.org/exhibitions/intricacy/

Lynn, G., & Gage, M. F. (2010). *Composites, Surfaces, and Software: High Performance Architecture.* Yale School of Architecture. 104.

Oxman, R. (2008). Digital architecture as a challenge for design pedagogy: Theory, knowledge, models and medium. *Design Studies*, *29*(2), 99–120. https://doi.org/10.1016/j.destud.2007.12.003

Oxman, R. (2017). Thinking difference: Theories and models of parametric design thinking. *Design Studies*, *52*, 4–39. https://doi.org/10.1016/j.destud.2017.06.001

Ozkar, M. (2007). Learning by Doing in the Age of Design Computation. *Computer- aided Architectural DEsign Futures (CAAD Futures)*. Springer.

Radizewski, K., & Cudzik, J. (2019). Parametric design in architectural education. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 17(4), 448-453.

Romaniak, K., & Filipowski, S. (2018). Parametric design in the education of architecture students. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 16(4), 386-391.

Schnabel, M. A. (2012). Learning Parametric Designing. In *Computational Design Methods and Technologies: Applications in CAD, CAM and CAE Education* (pp. 56–70). https://doi.org/10.4018/978-1-61350-180-1.ch004

Schumacher, P. (2008). Parametricism as Style - Parametricist Manifesto. *11th Architecture Biennale*, Venice.

Senyapili, B., & Bozdag, B. G. (2012). A Domain Specific Software Model for Interior Architectural Education and Practice. *Automation and Construction*, 21, 10-23.

Stavric, M., & Marina, O. (2011). Parametric modeling for advanced architecture. *International Journal of Applied Mathematics and Informatics*, *5*, 9–16.

Zellner, P. (1999). *Hybrid Space: New Forms in Digital Architecture*. Thames & Hudson.

Genişletilmiş Biliş Kuramı Bize Tasarım Stüdyosu Eğitimine Dair Ne Söyleyebilir?

F. Zeynep Ata [1]; Fehmi Doğan [2]
[1] İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü; [2] İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
[1]fzeynepata@gmail.com; [2]fehmidogan@gmail.com

Özet

Pozitivist eğitim yaklaşımlarında bilişsel etkinlikler salt zihinsel düzeye indirgenmektedir, ancak tasarım stüdyosunda öğrenme sosyal, kültürel ve materyal çevreyle iç içe, bedenlenmiş (embodied) etkinlikleri içerir. Bununla beraber, tasarım stüdyolarının pedagojik yapısındaki bazı pratiklerin aslında öğrenme süreçleri için elverişsiz olduğu sıklıkla dile getirilmektedir. Bu eleştirilerin çoğu usta-çıraklık hiyerarşisi, güç ilişkileri ve tasarım stüdyosu eğitimindeki gizli müfredata yönelik olmuştur. Daha yakın zamandaki eleştiriler ise tasarlamayı öğrenmenin, zanaatkarlık pratiğini öğrenme süreçlerinden çok daha fazlasını içermesi gerektiğinden söz etmektedir ve çözüm için tasarım öğrencilerinin kuramsal olarak nasıl daha üst düzeye getirilebileceğine odaklanmaktadır. Mevcut durumda tasarım stüdyosu eğitimini temelde diğer öğrenme ortamlarından farklı kılan bazı nitelikler vardır. Tasarım stüdyosu bir laboratuvar ortamına veya zanaatkarlık atölyelerine kıyasla yapay bir öğrenme ortamı olarak değerlendirilebilir; çünkü özgün öğrenme ortamı değildir ve tasarım etkinlikleri gerçek hayattaki tasarım süreçlerine benzemez. Tasarımcı adayı öğrenci için tasarım stüdyosu yapay bir özgün öğrenme ortamıdır. Bu nedenle tasarım stüdyosu sınıf gibi bir formal eğitim ortamı ile bir laboratuvar veya sanat eğitimi atölyesi arasında kalır. Bu yazıda, tasarım stüdyosu öğrenme pratikleri tümleşik olarak değerlendirilmektedir. Buradaki tümleşik değerlendirme genişletilmiş biliş (extended cognition) yaklaşımı ekseninde kurgulanmakta ve stüdyoda tasarım öğrenme süreçlerinin çok boyutluluğu genişletilmiş biliş kuramından hareketle yeniden yorumlanmaktadır. Genişletilmiş biliş perspektifinden tasarım stüdyosu eğitimine bakıldığında, öğrencinin bilişsel yükünün başka eğitimlere kıyasla yüksek seviyede olduğu görülür. Tasarım stüdyosundaki bilişsel bileşenler en azından öğrenciler, stüdyo yürütücüleri, stüdyoyu ziyaret eden profesyoneller, temsil araçları, temsil malzemeleri, temsillerin kendisi, terminoloji, stüdyonun fiziksel çevresi ve öğrencinin evde/yurtta çalışmalarına devam ettiği fiziksel alan, kütüphane, stüdyo dışındaki yapılı çevre / gerçek yaşamdaki tasarımlar ve interneti içerir. Bir bilişsel niş olarak tasarım stüdyosuna iki boyutuyla yaklaşılması önerilmektedir; (a) mevcut durumda tasarım stüdyosu bir toplum içinde, bir kentte, bir üniversitede, bir fakültede yer alan, akranlar ve uzmanlarla paylaşılan ve bir arada veya bireysel çalışmalar yapılan bir mekândır ve her bir stüdyo kendine özgü koşullarına göre farklılıklar içermesine rağmen farklı boyutlarıyla tasarım stüdyosu kültürünü (geçmişten gelen miraslarla beraber) taşımaktadır; (b) tasarım stüdyosu mevcut sosyal, politik, ekonomik, fiziksel düzen için yetkin, çok yönlü ve eleştirel konumlanabilen yaratıcı tasarımcıların gelişmesini hedeflemektedir.

Anahtar Kelimeler: *Tasarım stüdyosu, Tasarım eğitimi, Genişletilmiş biliş, Bilişsel niş.*

What Can the Theory of Extended Cognition Tell Us About Design Studio Education?

F. Zeynep Ata [1]; Fehmi Doğan [2]
[1] Izmir Institute of Technology; [2] Izmir Institute of Technology
[1]fzeynepata@gmail.com; [2]fehmidogan@gmail.com

Abstract

The positivist educational programs approach learning processes as a cognitive activity that merely occurs inside the mind. On the other hand, design studio education approaches learning processes as an embodied activity within social, cultural, and material environments. Still, some practices in design studio pedagogy are commonly discussed as they are not convenient for efficient learning processes. Most of the critiques involve problems in training in master apprenticeship settings, power relations, and hidden curriculum in the design studio pedagogies. The more recent critique of design studio pedagogy is that design learning requires more than learning crafting works, and it is proposed that design pedagogies focus on increasing the theoretical development of design students besides the development of crafting skills. Contemporary design studios differ from other learning environments with several peculiar characteristics. Design studios are in-between an ordinary formal classroom and a laboratory or an art/crafting workshop in terms of learning practice. Design studios are not authentic learning environments, yet they can be called artificial authentic learning environments because studio activities do not precisely resemble real designing processes. This paper reevaluates design studio learning as an integrated whole. This evaluation is built on the theory of extended cognition, and the multidimensional nature of design learning processes in design studios is reconsidered accordingly. When design studio education is approached from the perspective of extended cognition, it is realized that the cognitive load of a design student is predominantly at a higher level compared to other educational programs. Cognitive components in the design studio include at least students, studio executives, professionals visiting the studio, representation tools, representation materials, representations themselves, terminology, the physical environment of the studio and the physical space where the student continues to work at home/dormitory, the library, the built environment and real-life designs outside the studio, and the Internet. It is proposed to approach the design studio as a cognitive niche based on two dimensions; (a) current situation; the design studio is a learning environment in a community, a city, a university, and a faculty, shared with peers and experts where collaborative or individual work is done; although each studio education has differences according to its unique conditions, it bears the design studio culture (with legacies from the past) with different dimensions; (b) objectives; the design studio aims to develop creative designers who are competent, versatile and critically positioned for the current social, political, economic and physical order of the real world.

Keywords: *Design studio, Design education, Extended cognition, Cognitive niche.*

1. Giriş

Üniversite eğitiminin geneline hâkim pozitivist eğitim yaklaşımları bilişsel etkinlikleri salt zihinsel düzeye indirgemektedir, ancak tasarım stüdyosu eğitimi öğrenme süreçlerine sosyal, kültürel ve materyal çevreyle iç içe bir *yaparak öğrenme* süreci olarak yaklaşır. Bununla beraber, tasarım stüdyolarının pedagojik yapısındaki bazı pratiklerin aslında öğrenme süreçleri için elverişsiz olduğu sıklıkla dile getirilmektedir. Bu eleştirilerin çoğu tasarım stüdyosunun dayandığı geçmiş eğitim modellerinden miras kalan usta-çıraklık hiyerarşisi (Rapaport, 1984), güç ilişkileri (Webster, 2008), gerçek mesleki uygulama süreçlerinden uzaklık (Tzonis, 2014a) ve gizli müfredata (hidden curriculum) (Dutton, 1987) yönelik olmuştur. Daha yakın zamandaki eleştiriler ise tasarlamayı öğrenmenin, zanaatkarlık (crafting) pratiğini öğrenme süreçlerinden çok daha fazlasını içermesi gerektiğinden söz etmektedir ve çözüm için tasarım öğrencilerinin kuramsal olarak nasıl daha üst düzeye getirilebileceğine odaklanmaktadır (Frascara, 2020). Meyer ve Norman (2020), temsil hazırlama yeteneklerinin gelişmesini hedefleyen zanaat eğitiminin ötesinde bir düzeyde tasarım eğitimi sunulan stüdyolarda bile öğrencilerin karşılaştıkları problemleri çoğunlukla yüzeysel bir şekilde anladıklarından söz etmektedirler. Hatta bu koşullardaki stüdyolarda geleneksel tasarım yöntemlerinin kullanımının "ele alınan problemlerin temel sorunlarına dair nedenler yerine sadece semptomları hedef alan bir davranış gelişmesine yol açtığından" bahsetmektedirler (Meyer & Norman, 2020, s. 20). Weil ve Mayfield (2020) ise tasarım eğitimindeki kuramsal öğrenme eksikliğin problem alanı ile yüzeysel bir ilişkiye geçilmesine neden olan bir naiflik geliştirdiğini ileri sürmektedir.

Bu eleştiriler doğrultusunda bakılırsa, stüdyo eğitimi süresince tasarım problemleriyle yüzeysel bir ilişki geliştirip temsil süreçlerine odaklanan mezunların uzmanlaşma süreçlerinde de bu alışkanlıkla devam ediyor olması muhtemeldir (Meyer ve Norman, 2020). Buna karşın, günümüz koşullarında tasarımcılardan sürekli değişen koşullara ve ortaya çıkan küresel problemlere karşı derinlikli ve eleştirel bir anlayış içinde tasarımlar geliştirmeleri beklenmektedir (Tzonis, 2014a; Meyer ve Norman, 2020).

Bu yazıda, tasarım stüdyosu öğrenme pratikleri tümleşik olarak değerlendirilmektedir. Buradaki tümleşik değerlendirme genişletilmiş biliş (extended cognition) yaklaşımı ekseninde kurgulanmakta ve stüdyoda tasarım öğrenme süreçlerinin çok boyutluluğu genişletilmiş biliş kuramından hareketle yeniden yorumlanmaktadır.

2. Genişletilmiş Biliş Nedir?

Genişletilmiş biliş kuramını ilk olarak Andy Clark ve David Chalmers 1998 tarihli makalelerinde (Clark ve Chalmers, 1998) detaylandırmışlardır. Kuramın temel sorusu şudur: "Zihin nerede durur ve dünyanın geri kalanı nerede başlar?" Clark ve Chalmers (1998) bunu yanıtlamak için öncelikle o dönemde mevcut iki anlayıştan söz ederler. İlk anlayış içselciliktir (internalism). İçselci (internalist) araştırmacılar, zihnimizin kafatası ve derimiz sınırları içinde olduğunu savunmaktadırlar. Buna göre, bizim için dışarısı olarak betimlenecek olan vücudumuzun dışında olandır. Dışsalcı (externalist) araştırmacılar ise zihinsel süreçlerde anlamın aslında sadece kafatası içinde oluşmadığını ve zihnimizin gerçekte çevremiz ile beraber var olduğunu söylemektedirler. Clark ve Chalmers bu iki anlayış yerine aktif dışsalcılık (active externalism) olarak adlandırdıkları üçüncü bir anlayış önermektedirler. Bu tanımlama ile gündelik etkinliklerin bilişsel yükünün çevresel yapılanmalar üzerinden paylaşıldığı noktasına gelinmektedir. Yani insan, salt zihinsel etkinlikle bir matematik problemini çözerken bilişsel yükü paylaştıramamaktadır ama belki parmaklarının yardımıyla veya bir kâğıt üzerine işlemleri yazarak veya bir hesap makinesi kullanarak bilişsel yükünü azaltabilmekte ve dolayısıyla kümülatif bilişsel etkinlik kapasitesini artırabilmektedir. Bu yaklaşım içinde, kullandığımız dil ise hem düşünme süreçlerimizi ve dolayısıyla bilişsel sistemimizi şekillendiren, hem de bilişsel yükümüzün dünyaya paylaştırılmasına olanak veren en yaygın bilişsel yük boşaltma (cognitive offloading) biçimi olarak görülmektedir. Yaklaşımlarını daha iyi açıklamak için Clark ve Chalmers bir düşünce deneyi sunarak iki durumdan bahsetmektedirler. Birincisinde Inga adında normal bir insan, diğerinde ise Otto adında alzheimer hastası bir insan söz konusudur. Bir gün bu iki ayrı kişinin belirli bir müzeye gitmek istediğini varsaymaktadırlar. Inga hafızasına güvenmektedir ve müzenin 53. sokakta olduğuna inanmaktadır. Otto ise müzenin nerede olduğunu bulmak için not defterine bakmak durumundadır ve o da müzenin 53. sokakta olduğunu görür. Aslında not defterinin Otto için rolü neyse, hafızasının Inga için rolü odur. Clark ve Chalmers (1998, s. 6), "her iki durumda da bilgi, gerektiğinde güvenilir bir şekilde oradadır, bilince açıktır ve eyleme rehberlik etmek için hazırdır" demektedirler. Ayrıca, Otto'nun not defteriyle ilgili durumuna sosyal ilişkilerle ilgili bir alternatif senaryo kurgularlar. Bu senaryoda bilişin sosyal olarak da genişleyebileceğini ortaya koymak için birbirine aşırı bağımlı bir çift örneği sunarlar. Buna göre çiftlerden biri müzenin yerini bilmiyor olsa bile, müzenin yerini bilen eş Otto'nun defterinin yerini alır. Bu da gösterir ki sosyal ilişkiler, bir şekilde insan-materyal dünya ilişkilerine benzer

olabilir, çünkü sosyal ilişkiler de yüksek derecede güven ve erişilebilirlik sağlayabilir. Böylelikle biliş kafatasıyla sınırlı olmaktan çıkar ve sosyal ve materyal olanı da içerecek şekilde genişletilmiş olur.

3. Genişletilmiş Biliş Perspektifinden Öğrenme Süreçleri

Clark ve Chalmers'in önermelerinin öncüsü sayılabilecek Vygotsky'nin (1978) yakınsal gelişim alanı (zone of proximal development) kuramı, insan gelişiminde dil ve araç kullanımının kritik rolünü ortaya koymuştur. Bu kuramda insan bilişinin gelişiminin çok katmanlı çevresel ilişkilerden, ki bunlar hem sosyal hem de kültürel olanı içerir, doğrudan etkilendiği, hatta bu ilişkilerle şekillendiği vurgulanmıştır. Freire'nin (1970) 'kültür çevreleri' kavramı ve Lave ve Wenger'in (1991) meşru çevresel katılım (legitimate peripheral participation) kuramı, özgün öğrenme (authentic learning) ortamlarının öğrenme süreçleri üzerindeki olumlu etkilerini gösteren öncü çalışmalar olmuştur. Clark'in (2008) fenomenolojik bir anlayış içinde bilişsel perspektiften bireyin gelişim süreçlerini yorumlaması da benzer şekildedir. Clark, Heidegger'in (1962) dünyada-olmak kavramına atıfta bulunarak, dünya üzerindeki varoluşumuzu kurduğumuz görünmez donanımlarımız sayesinde beden dışındaki dünyada giderek daha geniş ve akıcı bir varoluş yaratma süreci olarak açıklamaktadır. Buna göre, bilişsel sınırlarımız çevremizde ne kadar genişlediğimiz ve akıcı hale geldiğimizle belirlenmektedir.

Clark (2008) gelişim süreçlerinde çevrenin rolünü ise bilişsel niş (cognitive niche) kavramı ile açıklamaktadır. Bilişsel niş kavramı genişletilmiş biliş anlayışı içinde insanların (ve bazı diğer hayvanların) yavrularının gelişimini yönlendiren ve şekillendiren ortamdır; hatta bu ortam epistemik niş olarak da adlandırılır (Stotz, 2011). Aslında bilişsel nişler bir boyutuyla toplumsal normların temsilidir ve bu normların sürdürülmesini sağlarlar (Stotz, 2011). Bu bağlamda dil ve kullandığımız araçlar sosyal normların temsilcileridir ve insanların bilişsel nişlerinin inşasında (cognitive niche construction) önemli rol oynarlar. Clark (2008) çocuk gelişimi üzerine yapılan araştırmalara atıfta bulunarak mekânın, sınıflandırma yetimizin ve dilin biliş için birbirleriyle doğrudan bağlı olarak çalıştığını, hatta birbirleri için var olduklarını söylemektedir. Dahası, Clark için bilişte "dilin kendisi mekâna benzer şekilde bilişsel bir rol oynamaktadır" (Clark, 2008, s. 66).

Geniş bir ölçekten bakıldığında içinde bulunduğumuz kültür, konuştuğumuz dil, yaşadığımız kent, daha dar bir ölçekten bakıldığında ise yaşadığımız apartman, içinden geçtiğimiz sokak, çalıştığımız ofis, gittiğimiz okul ve aile ortamımız gibi bileşenler aslında yaşama, yapma, öğrenme, anlamlandırma gibi etkinliklerimizin farklı boyutlarıdır ve bunların tamamı materyal-sosyal-kültürel tüm katmanları ile bilişsel nişimizi oluşturur. Dolayısıyla, genişletilmiş biliş anlayışında öğrenme süreçlerimiz içinde bulunduğumuz çevrenin doğrudan katılımı ile gerçekleşmektedir.

Clark'ın (2008) bilişsel niş inşası kavramı, insanların faaliyetlerini kolaylaştıran kendi çevrelerini inşa ederek "sorunlu alanları dönüştürdüğü" süreci tanımlar (s. 62). Bu süreç, belirli sosyal, kültürel ve materyal ortamların evrimine olanak tanıyan uzun soluklu bir süreçtir (Clark, 2008). Örneğin bir meslek öğrenmek için o mesleğin uygulandığı mekâna (yani o bilişsel nişe) dahil olan kişinin işi daha hızlı ve etkili öğrenmesi için sosyal ve materyal çevre bir iskele (scaffolding) görevi görebilir. Böylece yapılan etkinlikler sırasında oluşan bilişsel yük sosyal ve materyal çevre sayesinde azalır (Clark, 2008). Clark bir barmenin servis hazırlama sürecini öğrenme şeklini örnek verir. Bir barmen, acemi de olsa, siparişlerinin sırasını farklı şekillerdeki bardakları sipariş sırasına göre dizerken aslında bu sırayı aklında tutma gereksinimi olmadan uygun sırayla hazırlayabilir. Yani, Clark'ın örneğindeki bar servis ortamında farklı tipte bardakların farklı içecekler için kullanılması aslında acemi bir barmenin servisini doğru yapabilmesine yardımcı olacak şekilde geçmiş deneyimler sonucu geliştirilmiş bir materyal çevredir.

Yükseköğretimde öğrenme süreçleriyle ilgili ise Newstetter vd. (2004)'nin yaptığı bir araştırma, evrimleşen dağıtık bilişsel sistemler (evolving distributed cognitive systems) kavramı üzerinden bir biyomedikal mühendisliği araştırma laboratuvarı ile bir lisans dersi sınıfındaki bilgi akış süreçlerini karşılaştırır. Çalışma, laboratuvardaki bilgi akış süreçlerinin çok katmanlılığı ve sürekli dönüşümü üzerine odaklanmaktadır. Söz konusu laboratuvarda bir yandan yaşayan organizmalar takip edilir; bir yandan yapılacak işlemler planlanır ve sorumlu kişiler tarafından uygun malzeme, araç ve sistemler geliştirilir; sorunlarla karşılaşıltıkça bu malzeme, araç ve sistemlerde değişiklikler yapılır; bir yandan laboratuvar ekibinde değişiklikler olur ve yeni gelen üyeler önceki üyelerin geliştirdiği araçları kendilerine göre yeniden geliştirir; hatta ekip içi sosyal ilişkiler de laboratuvar bilgi akış süreçlerine dahil olur. Nersessian (2006) bu araştırmanın devamı olarak yayınladığı yazısında bu çok katmanlı evrimleşen dağıtık bilişsel sistemlerden oluşan yapıyı geçirgen sınırları olan bir genişletilmiş (extended) problem alanı (problem space) olarak önermektedir. Böylece, klasik bilişsel

bilimlerdeki Simon'ın (1973) ilk olarak kavramsallaştırdığı problem alanı kavramını yeniden tanımlanmaktadır. Nersessian'ın tanımladığı haliyle genişletilmiş problem alanı insanlar, mevcut teknoloji, kullanılan teknik yöntemler, bilgi kaynakları (örneğin makaleler, kitaplar, internet), problemler ve tüm bunlar arasındaki ilişkiler ile beraber problem çözme kaynaklarını içerir (Nersessian, 2003). Yani, laboratuvar çok parçalı bilişsel bileşenlerden ve bilişsel sistemlerden (Hutchins, 1995) oluşan bir bilgi akışı ortamı olarak değerlendirilir.

Newstetter vd. (2004)'nin araştırdığı laboratuvar, yapılan iş odağında bir genişletilmiş problem alanı olarak ele alınsa da aynı zamanda Clark ve Stotz'un anlayışı çerçevesinde bir bilişsel niş inşası olarak da görülebilir. Geleneksel anlamdaki özgün öğrenme ortamlarından (mesela Clark'ın barmen örneğinden) farklı olarak, bir laboratuvardaki bilişsel bileşenlerin her biri birer değişken olarak o laboratuvara özgü bilişsel sistemleri var eder; önceden tariflenmeleri mümkün değildir ve sürekli bir "evrimleşme" (Nersessian, 2006, s. 126) içindedirler. Böyle bir araştırma laboratuvarında yapılan işler Clark'ın barmen örneğindeki gibi tekrar eden benzer işler olmadığı için laboratuvardaki sosyal ve materyal çevrenin biyomedikal mühendis adaylarına esas olarak öğrettiği esneklik ve adaptasyon olabilir.

Tasarım stüdyosuna Newstetter vd. (2004)'nin incelediği araştırma laboratuvarı gibi hem bir bilişsel niş hem de yapılan ve öğrenilen iş odağında bir genişletilmiş problem alanı olarak yaklaştığımızda, stüdyo eğitiminde tasarım öğrenme süreçlerini kuvvetli yönleri ve yaşanan aksaklıklar ile beraber keşfetmemiz mümkün olabilir. Bir sonraki bölümde yaygın olarak kabul gören tasarım stüdyo eğitimi formasyonu muhtemel bilişsel bileşenleri ve bilişsel sistemleri ile beraber tanımlanmaktadır. Bu tanımlama için, öncelikle tasarım stüdyosu yaklaşımlarındaki pedagojik mirasa bakılmakta, sonra da bu bilişsel sistemler genişletilmiş biliş anlayışıyla yeniden yorumlanmaktadır.

4. Genişletilmiş Biliş Perspektifinden Tasarım Stüdyosu Eğitimi

17. yy'da mimarlıkta formel eğitimin başlamasıyla beraber mimar olmayı öğrenme süreci sahada ve işin uzmanlarıyla uygulamalar yaparak mesleği öğrenme sürecinden ve dolayısıyla kendi bilişsel nişinden uzaklaşmıştır. Onun yerine, pozitivist bir eğitim anlayışı içinde dersliklerde geometri, aritmetik, mekanik, hidrolik, perspektif ve taş kesme gibi dersleri işleme ve beraberinde *atelier* denen stüdyolarda usta mimarların yanında çırak olarak tasarlamayı öğrenme sürecine dönüşmüştür (Griffin, 2019). Önce Académie ve sonra Ecole des Beaux-Arts ile tasarım eğitimi çoğu bugün de devam eden kendi geleneklerini oluşturmuştur (Griffin, 2019). Mimarlık ve tasarım eğitiminin en temel birimi olan tasarım stüdyosu günümüzde de bu eğitimlerin olmazsa olmaz bileşenidir.

Tam anlamıyla meslek öğrenmeye odaklı bir bilişsel niş olmasa da tasarım stüdyosu eğitimi formal eğitim anlayışı içinde öğrenme süreçlerinin en verimli olduğu öğrenme ortamlarından biridir (Sawyer, 2017). Tasarım stüdyosu eğitimini bu yönüyle ilk kez araştıran ve kuramsallaştıran Donald Schön pozitivist eğitim yaklaşımlarına karşı tasarım stüdyosu eğitiminin de içinde bulunduğu birkaç pedagojik yaklaşımın mesleki eğitim alanlarında model alınmasını önerir (Schön, 2007). Schön özellikle yürütücü-öğrenci diyaloglarına odaklanır ve bu diyaloglar sırasında tasarım geliştirme süreçlerinde temsiller (yani eskizler, çizimler ve maketler) yoluyla kurulan sanal dünya (virtual world) üzerinden tasarım stüdyosu eğitiminin niteliklerini anlatır. Yürütücünün tasarım geliştirme süreçlerinde öğrenciye eşlik etmesinin ve öğrencinin yaptığı üzerine düşünmesinin tasarım öğrenme süreçlerindeki önemine vurgu yapar (Schön, 2007). Yakın zamanda yapılan başka çalışmalar da tasarım stüdyosu pedagojisini özellikle yaratıcı edimin gelişmesi için iyi bir öğrenme modeli olarak gösterir (Sawyer, 2017).

Mevcut durumda tasarım stüdyosunu temelde diğer öğrenme ortamlarından farklı kılan bazı nitelikler vardır. İlk olarak, tasarım stüdyosu bir laboratuvar ortamına veya zanaatkarlık öğrenme ortamlarına kıyasla yapay bir öğrenme ortamı olarak değerlendirilebilir; çünkü özgün öğrenme ortamı değildir ve tasarım etkinlikleri gerçek hayattaki tasarım süreçlerine ancak sınırlı düzeyde benzer. Örneğin, heykeltıraşlık, resim veya müzik öğrencisi mesleki yaşamını geçireceği atölyelerde ve gerçek hayatta kullanacağı malzeme ve araçlarla pratik yapabilmektedir; yani özgün öğrenme ortamındadır (Lave ve Wenger, 1991). Ancak, tasarımcı adayı öğrenci için tasarım stüdyosu yapay bir özgün öğrenme ortamıdır. Bu nedenle tasarım stüdyosu sınıf gibi bir formel eğitim ortamı ile bir laboratuvar veya sanat eğitimi atölyesi arasında kalır.

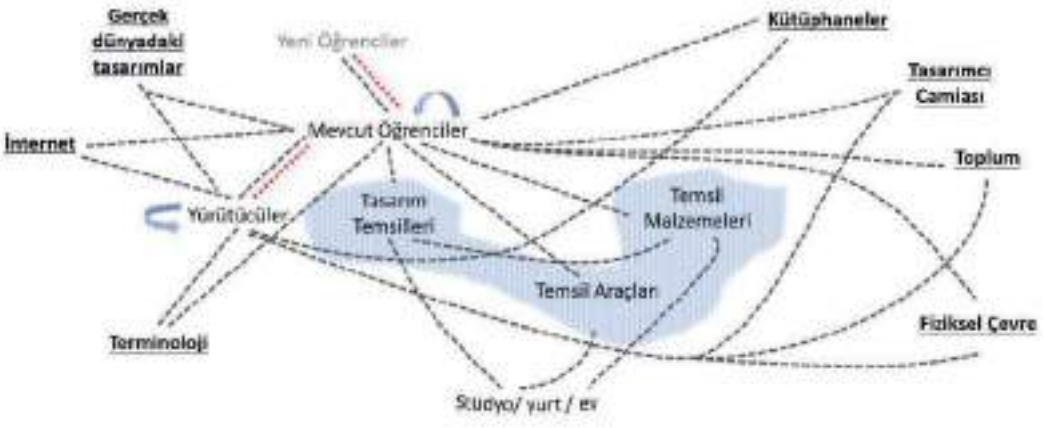
Bugünkü tasarım eğitimi Académie, Ecole des Beaux-Arts ve modern tasarım eğitiminin ilk temsilcisi olan Bauhaus geleneklerinin bir kısmını miras olarak taşır. Örneğin Lawson ve Dorst'un (2013) tasarım eğitiminin temel bileşenleri ve nitelikleri olarak örneklendirdiği tüm öğeler bu mirastan arta kalanlar olarak değerlendirilebilir: Temel bileşenler olarak

(1) stüdyo, (2) tasarım egzersizleri, (3) jüri ve (4) kütüphaneyi; temel nitelikleri olarak (1) yürütücü ve öğrencilerin birlikte/bir arada bulunması, (2) yaparak öğrenme süreçleri, (3) sınırları tanımlanmayan zaman kullanımı ve (4) taklit etme pratiği. Ancak, Lawson'ın (2006, s. 224) da söylediği gibi bunlar çoğu zaman "kutsal inek" gibi görülmekte ve genelde sorgulanmamaktadır.

Lawson ve Dorst ile Schön'ün tanımları üzerinden bakıldığında yaygın olan tasarım eğitimi modelleriyle ile ilgili bazı çıkarımlar yapılabilir. Öncelikle, tasarım eğitimi stüdyo ve kütüphane fiziksel alanları içinde ve stüdyo yürütücüleri ve öğrenciler arasında kurulan ilişkilerle sınırlı gibidir. Büyük ölçüde temsil oluşturma süreçlerine odaklı olduğunu ve stüdyo dışı dünya, yani gerçek yaşamdaki tasarım süreçleriyle kısıtlı bir ilişki kurulduğunu yorumlayabiliriz. Gerçek hayatta tasarım etkinliği, tasarımcının makro ve mikro düzeylerde sosyal, kültürel, politik, ekonomik, materyal bağlamların içinde, belirli örgütlerin parçası olarak (bağlı olduğu meslek odası, çalıştığı firma gibi), farklı uzmanlarla bir arada iş birliği içinde çalıştığı bir etkinliktir. Tasarım eğitiminde bu çok katmanlı yapının yansımaları görünmemektedir.

Farklı kurumlarda ve farklı anlayışlar içinde de olsa her tasarım eğitiminde stüdyo bir toplum içinde, bir kentte, bir üniversitede, bir fakültede yer alan, akranlar ve uzmanlarla paylaşılan ve bir arada veya bireysel çalışmalar yapılan bir mekân olarak görülebilir. Mimarlık veya tasarım öğrencisinin eğitim süreci aslında kendini içinde bulunduğu duruma göre yapılandırmasıdır: Dahil olduğu stüdyo eğitimi koşullarına göre, bu koşulların sunduğu kısıtlamalar ve esneklikler içinde kendini uyarlar, konumlandırır, kendi tasarlama süreçlerini geliştirir ve kendini yapılandırır.

Genişletilmiş biliş perspektifinden tasarım stüdyosu eğitimine bakıldığında, öğrencinin bilişsel yükünün başka eğitimlere kıyasla yüksek seviyede olduğu görülür. **Şekil 1**'de önerilen model bir mimarlık veya tasarım öğrencisinin öğrenme süreçlerinde tipik bir tasarım stüdyosunun muhtemel bilişsel bileşenlerini ve ilişkiler ağını temsil ediyor. Öğrenci tasarlamanın ne olduğunu, nasıl yapıldığını, "iyi" tasarım anlayışını, tasarım etiğini, uygulanabilir tasarım geliştirmenin ne olduğunu ve daha birçok yönüyle tasarımı bu çok bileşenli sistem içinde öğrenir. Bu süreçte bazı bilişsel bileşenlerle daha yoğun ilişki içindedir, bazılarıyla daha az ilişki içindedir. Tasarım stüdyosu, aynı Newstetter vd. (2004)'nin araştırdıkları laboratuvar gibi geçirgen sınırları olan bir öğrenme ortamıdır. Bilişsel bileşenler en azından öğrenciler, stüdyo yürütücüleri, stüdyoyu ziyaret eden profesyoneller, temsil araçları, temsil malzemeleri, temsillerin kendisi, terminoloji, stüdyonun fiziksel çevresi ve öğrencinin evde/yurtta çalışmalarına devam ettiği fiziksel alan, kütüphane, stüdyo dışındaki yapılı çevre / gerçek yaşamdaki tasarımlar ve interneti içerir (**Şekil 1**).



Şekil 1: Stüdyonun bilişsel bileşenleri ve ilişkiler ağı (Ata&Doğan, 2021)

Stüdyodaki muhtemel bilişsel bileşenler arasında iki tür ilişki tanımlanabilir: Biri materyal etkileşim, diğeri ise sosyal etkileşimdir. Materyal etkileşim fiziksel/algısal etkileşim olarak, sosyal etkileşim ise insan etmenler (öğrenciler, yürütücüler ve piyasada çalışan tasarımcılar gibi) arasındaki yüz yüze veya çevrimiçi iletişimsel ilişki olarak açıklanabilir. Bir bilişsel niş inşası olarak bakıldığında stüdyodaki materyal ve sosyal etkileşim, aynı Clark'ın sunduğu düşünce deneyinde Otto'nun durumundaki gibi, tasarım öğrenme süreçlerinde bilişsel yük boşaltma mekanizması işlevini yerine getirme potansiyeline sahiptir. **Şekil 1**'de tanımlanan bilişsel bileşenler ya söz konusu bilişsel yük boşaltma işlevini

halihazırda yerine getirmektedir, ya yerine getirme potansiyeline sahiptir ya da mevcut koşullarda bu işlevi yerine getirememektedir.

Tasarım süreçlerinde bilişsel yük boşaltma mekanizması en çok eskiz yapma, maket yapma, plan/kesit çizme gibi temsil biçimleri üzerinden gerçekleşir. Çalışma sürecinde üretilen temsiller tasarım geliştirme süreçlerinin en önemli bileşenidir, çünkü tasarım sürecindeki genişletilmiş problem alanı bu temsillerden oluşur ve bu temsiller sayesinde tasarım problemi yapılandırılır ve çözüme ulaşılır (problem structuring). Dolayısıyla, tasarım öğrencisinin temsil hazırlama yeteneklerini geliştirmesi, temsil araçlarını bilişsel yük boşaltma mekanizması için kullanılabilir hale getirmek için gereklidir. Mevcut tasarım eğitiminin en güçlü yönlerinden biri (hem Ecole des Beaux-Arts hem de Bauhaus mirası olarak) öğrencinin temsil hazırlama yeteneklerini geliştirmesine yönelik kurgulanmış olmasıdır.

Ancak hem yeni öğrenciler için temsil becerilerini öğrenme süreçleri hem de ileri dönemlerdeki öğrenciler için temsil hazırlama süreçleri yoğun emek gerektiren süreçler olduğu için bilişsel yükü arttırmakta ve dolayısıyla çoğunlukla daha derin bilgilenme ve düşünme için ayrılan süreleri sınırlandırmaktadır (Sawyer, 2017; Frascara, 2020). Bu nedenle, güncel eleştirilerin önemli bir kısmı tasarım eğitiminin temsil hazırlama yeteneğini geliştirmenin (zanaatkarlık eğitimi) ötesine geçmesi gerektiğini söylemekte ve tasarım problemlerine daha etkili çözümler geliştirme yeteneğinin kazandırılması için tasarım eğitiminin yeniden düzenlenmesini önermektedir (Frascara, 2020).

Tasarım eğitimine içkin *ustalık* anlayışı içinde stüdyoda yürütücünün konumu tasarım probleminin yapılandırılması konusunda deneyimli olmasına dayalıdır. Yürütücü problemi yapılandırmaya ve çözüm geliştirmeye yönelik yol gösterici veya teşvik edici rol oynar. Bu yönüyle bilişsel yük boşaltma mekanizmasının bir parçası stüdyo yürütücüsüdür. Yürütücü-öğrenci iletişimi verilen tasarım egzersizleri, tasarım üzerine yapılan konuşmalar ve jüri görüşmeleri üzerinden gelişir. Ancak stüdyo pedagojilerinde (özellikle ilk yıl tasarım eğitiminde) işlerin yapılış şekli ve öğrenme süreçlerinin çıktıları hakkındaki belirsizlik (Stevens, 1995; Naughton, 1987) çoğu zaman ilave bilişsel yük oluşturarak öğrenciler üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Bu belirsizlik aslında usta-çırak paradigmasının bir devamı olarak, "gizemli usta oyununa" (Argyris, 1981, s. 575) dönüşmüş durumdadır: Yürütücü tasarım egzersizlerini ne amaçla yaptırdığını açıklayamaz; öğrenci yaptığı çalışmaları ne için yaptığını bilemez; öğrenciden beklenen yürütücünün ustalığına ulaşmadan bunu anlayamayacağını kabul etmesidir. Bu belirsizlik ile beraber temsil hazırlama süreçleri için ayrılması gereken yoğun emek ve uzun süreler bilişsel yüklemenin daha çok zanaatkârlık tarafında kalmasına neden olur.

Çoğu stüdyo eğitiminde stüdyo yürütücüsünün tek bilirkişi olması, tasarım öğrenme süreçlerinde başka bir zayıf yönü ortaya çıkarır. Gerçek hayatta tasarım süreçlerinde tasarım ekibi ve tasarımın paydaşları (örneğin kullanıcı) ile iletişim kısmen bilişsel yük boşaltma mekanizması işlevi görür. Örneğin, bir hukuk bürosu tasarımı probleminde belge arşivi ile nasıl bir ilişki kurulması gerektiği yapılandırılırken kullanıcının (yani ofiste çalışan hukukçuların) geçmiş deneyimleri yol gösterici olur. Ya da bir tekne tasarımında hidrodinamik niteliklerin ekipteki mühendislerle bir arada geliştirilmesi tasarımcının hidrodinamik tasarım geliştirme sürecinde bilişsel yükünü azaltmaktadır. Ancak, tasarım stüdyosu eğitimindeki iletişim çoğu zaman yürütücü-öğrenci ve öğrenci-öğrenci arasında sınırlı kalmaktadır. Özellikle tasarım jürisinin ve notla değerlendirme geleneğinin bireysel başarıyı öne çıkarması, tasarım işinin bireysel yapıldığı bir davranış gelişmesine neden olmaktadır. Çoğu zaman öğrencilerin ortak hedeflere yönelik, bir arada ve ortak bir tasarım yapmıyor olmaları nedeniyle tasarım stüdyosunda Newstetter vd. (2004)'nin araştırdığı laboratuvardan farklı bilişsel sistemler gelişir: Stüdyodaki bilişsel sistemler öğrenci bazında ayrıksı sistemler halindedir. Böylece tasarım stüdyosu kültüründe gizli müfredatın örtük olarak öğrettikleri (yıldız mimar/tasarımcı olmak, narsistik düzeyde özgürlük gibi) hem iş birliği yeteneklerini geliştirme hedefleri açısından, hem de eleştirel ve yaratıcı düşüncenin gelişmesi hedefleri yönünden çelişkilidir (Tzonis, 2014a; Sawyer, 2017). Stüdyoda öğrenciler arasındaki iletişim, karşılıklı bilgi ve yetenek paylaşımına yardımcı olabilecekken, bireysel çalışma ve rekabet faktörleri öğrenme süreçleri için kısıtlayıcı olabilmektedir (Dutton, 1987). Dahası, bu durum öğrenciyi gerçek tasarım süreçlerinde bir arada çalışacağı uzmanlar ve kullanıcılar ile iletişime hazırlama konusunda eksik bırakmaktadır (Meyer & Norman, 2020).

Mimarlık veya tasarım eğitimindeki diğer bilişsel yük boşaltma yolları terminolojinin kullanımı ve stüdyo dışı bilişsel bileşenler ile ilişki kurma üzerinden gelişebilmektedir. Terminolojinin kullanımı özellikle tasarım süreçlerinde temsiller ve diyaloglar üzerinden iletişim sırasında bilişsel yük boşaltma mekanizmasına dahil olur. Bir malzeme, sistem veya olguyu ismiyle tasarım süreci temsilerine ve diyaloglara dahil etmek, aynen bir matematiksel problemini formül üzerinden çözerek bilişsel yükün azaltılmasına benzemektedir (örneğin yapının iskeleti ifadesi ile taşıyıcı sistemdeki

öğelerin tümü veya yapının kabuğu ifadesi ile açık hava temas eden yapı katmanların bütünü ifade edilmiş olur). Bu nedenle stüdyo pedagojilerinde tasarım öğrencisinin terminolojiye hakimiyetinin artması ile tasarım problemini çözmeye dair hakimiyetinin de artması beklenmektedir.

Stüdyo dışı bilişsel bileşenler olarak gerçek dünyadaki tasarımlar veya mimari çevreyi, kütüphaneyi ve interneti ele alabiliriz. Bu kanallar üzerinden örnek tasarımları (veya temsillerini) araştıran öğrenci eldeki tasarım probleminin benzerlerinin nasıl yapılandırıldığını ve çözüldüğünü görebilir. Yani, örnek problem yapılandırmaları ve çözümleri yeni problemlerin yapılandırılıp çözülmesi sürecindeki bilişsel yükü hafifletebilmektedir.

5. Sonuç

Meyer ve Norman'ın (2020) söylediği gibi, tasarım işinin hem örgütsel hem de toplumsal ve çevresel (environmental) sorumluluğu yüksektir. Meyer ve Norman (2020), tasarımcının eğitiminin makro düzeyde küresel sorunlara karşı, mikro düzeyde ise örgütsel sorumluluklara karşı farkındalık geliştirilmesini sağlamasının önemini vurgular; bu nedenle zanaatkarlık çalışmalarına ilave olarak kanıt bazlı ve derinlikli öğrenme süreçlerine ağırlık verilmesini önerirler.

Bilişsel niş olarak tasarım stüdyosuna iki boyutuyla yaklaşılabilir; (a) mevcut durumda tasarım stüdyosu bir toplum içinde, bir kentte, bir üniversitede, bir fakültede yer alan, akranlar ve uzmanlarla paylaşılan ve bir arada veya bireysel çalışmalar yapılan bir mekândır ve her bir stüdyo kendine özgü koşullarına göre farklılıklar içermesine rağmen farklı boyutlarıyla tasarım stüdyosu kültürünü (geçmişten gelen miraslarla beraber) taşımaktadır; (b) tasarım stüdyosu mevcut sosyal, politik, ekonomik, fiziksel düzen için yetkin, çok yönlü ve eleştirel konumlanabilen yaratıcı tasarımcıların gelişmesini hedeflemektedir.

Tasarım stüdyosunu bir bilişsel niş, stüdyonun tasarlama süreçlerindeki konumunu da bir genişletilmiş problem alanı olarak görmek tasarım eğitimi pedagojilerine bir alternatif sunabilir. Böylece tasarım stüdyosu öğrencilerin tasarım problemi çözme süreçlerinin bir uzantısı olur ve tasarım öğrenme süreçlerine özel yapılandırılan bir bilişsel nişe dönüşebilir. Beraberinde, tasarım stüdyosunda bilişsel yüklerin oluştuğu etkinlikler ve bilişsel yük boşaltma mekanizmaları yeniden düzenlenebilir. Stüdyo eğitiminde tasarım sürecinin merkezinde tasarım problemi olduğu için öncelikle öğrenciye verilen tasarım problemi ile yapılandırma ve çözme süreçleri yeniden değerlendirebilir.

KAYNAKLAR

Argyris, C. (1981). Teaching and learning in design settings. In A. Balfour (Eds.), *Architecture Education Study, Volume 1: Papers*, (pp.551-660). The Foundation.

Argyris, C., & Schön, D. A. (1974). *Theory in practice: Increasing professional effectiveness*. Jossey-bass, https://doi.org/10.1002/bs.3830390308

Ata, F. Z., & Doğan, F. (2021). *Architectural design studio as an 'extended problem space'*. In E. Bohemia, L. M. Nielsen, L. Pan, N. A. G. Z. Börekçi, & Y. Zhang (Eds.), Proceedings of the DRS Learn X Design 2021: 6th International Conference for Design Education Researchers (Vol. 3, pp. 746–755). Design Research Society. https://doi.org/10.21606/drs_lxd2021.05.159

Clark, A. (1996). *Being there: putting brain, body and world together again*. MIT Press, Cambridge, MA, https://doi.org/10.7551/mitpress/1552.001.0001

Clark, A. (2008). *Supersizing the mind: Embodiment, action, and cognitive extension*. Oxford: Oxford University Press, https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195333213.001.0001

Clark, A., & Chalmers, D. (1998). The extended mind. *Analysis*, 58(1), 7-19. https://doi.org/10.1093/analys/58.1.7

Coyne, R. (1997). Creativity as commonplace. *Design Studies*, 18(2), 135-141. https://doi.org/10.1016/S0142-694X(97)85456-7

Dutton, T. (1987). Design and studio pedagogy. *Journal of Architectural Education*, 41(1), 16-25. https://doi.org/10.1080/10464883.1987.10758461

Frascara, J. (2020). Design education, training, and the broad picture: eight experts respond to a few questions. *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, *6*(1), 106–117. https://doi.org/10.1016/j.sheji.2019.12.003

Freire, P. (1970). *Pedagogy of the oppressed* (trans. M. Bergman Ramos). New York: Herder and Herder, https://envs.ucsc.edu/internships/internship-readings/freire-pedagogy-of-the-oppressed.pdf

Greeno, J. (1998). The situativity of knowing, learning, and research. *American Psychologist*, *53*(1), 5-26. https://doi.org/10.1037/0003-066X.53.1.5

Greeno, J. G. (2015). Commentary: some prospects for connecting concepts and methods of ındividual cognition and of situativity. *Educational Psychologist*, 50(3), 248–251. https://doi.org/10.1080/00461520.2015.1077708

Griffin, A. (2019). *The rise of academic architectural education: the origins and enduring influence of the académie d'architecture* (1st ed.). Routledge, https://doi.org/10.4324/9780203709948

Heidegger, M. (1962) *Being and time*. Oxford: Blackwell Publishing, https://doi.org/10.1017/CBO9780511808036

Hutchins, E. (1995). *Cognition in the wild*. MIT press, https://doi.org/10.7551/mitpress/1881.001.0001

Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: legitimate peripheral participation*. Cambridge: Cambridge University Press, https://doi.org/10.1017/CBO9780511815355

Lawson, B. (2006). *How designers think*. Routledge, https://doi.org/10.4324/9780080454979

Lawson, B., & Dorst, K. (2013). *Design expertise*. Routledge.

https://api.taylorfrancis.com/content/books/mono/download?identifierName=doi&identifierValue=10.4324/9781315072043&type=googlepdf

Meyer, M., & Norman, D. (2020). Changing design education for the 21st century. *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, *6*(1), 13-39. https://doi.org/10.1016/j.sheji.2019.12.002

Naughton, J. (1987). The studio game and its play. *Reflections: The Journal of the School of Architecture University of Illinois at Urbana-Champaign*, *5*, 4-7. https://www.ideals.illinois.edu/handle/2142/14530

Nersessian, N. J. (2006). The cognitive-cultural systems of the research laboratory. *Organisation Studies*, *27(1)*, 125–145. https://doi.org/10.1177/0170840606061842

Nersessian, N. J. (2008). *Creating scientific concepts*. Cambridge, Mass: MIT Press, https://doi.org/10.7551/mitpress/7967.001.0001

Newstetter, W.C., Nersessian, N. J., & Kurz-Milcke, E. (2004). Laboratory learning, classroom learning: looking for convergence / divergence in biomedical engineering. In Y. B. Kafai & W. A. Sandoval (Eds.), *Proceedings of ICLS '04: Proceedings of the 6th international conference on Learning sciences, Hillsdale, N.J*. (pp. 315-321). Lawrence Erlbaum. https://doi.org/10.5555/1149126

Norman, D. (1992). Design principles for cognitive artifacts. *Research in Engineering Design Theory Applications and Concurrent Engineering*, 4, 43-50. https://doi.org/10.1007/BF02032391

Rapaport, A. (1984). Architectural education: There is an urgent need to reduce or eliminate the dominance of the studio. *Architectural Record*, *172 (10*), 100-105.

Sawyer, R. K. (2017). Teaching creativity in art and design studio classes: A systematic literature review. *Educational research review*, *22*, 99-113. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.07.002

Schön, D. A. (2017). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Routledge, https://doi.org/10.4324/9781315237473

Simon, H. A. (1973). The structure of ill structured problems. *Artificial intelligence*, *4(3-4)*, 181-201. https://doi.org/10.1016/0004-3702(73)90011-8

Stevens, G. (1995). Struggle in the studio: A Bourdivin look at architectural pedagogy. *Journal of Architectural Education*, *49(2)*, 105-122. https://doi.org/10.1080/10464883.1995.10734672

Stotz, K. (2010). Human nature and cognitive-developmental niche construction. *Phenomenology and the Cognitive Sciences, 9,* 483-501. https://doi.org/10.1007/s11097-010-9178-7

Tzonis, A. (2014a). Architectural education at the crossroads. *Frontiers of Architectural Research*, *3*, 76-78. https://doi.org/10.1016/j.foar.2014.01.001

Tzonis, A. (2014b). A framework for architectural education. *Frontiers of Architectural Research*, *3*, 477-479. https://doi.org/10.1016/j.foar.2014.10.001

Tzonis, A. (2014c). Creativity real and imagined in architectural education. *Frontiers of Architectural Research*, *3*, 331-333. https://doi.org/10.1016/j.foar.2014.08.001

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Massachusetts: Harvard University Press. https://doi.org/10.2307/j.ctvjf9vz4

Webster, H. (2005). The architectural review: A study of ritual, acculturation and reproduction in architectural education. *Arts and Humanities in Higher Education*, *4*, 265-282. https://doi.org/10.1177/1474022205056169

Webster, H. (2008). Architectural education after Schön: Cracks, blurs, boundaries and beyond. *Journal for Education in the Built Environment*, *3*, 63 - 74. https://doi.org/10.11120/jebe.2008.03020063

Weil, D., & Mayfield, M. (2020). Tomorrow's critical design competencies: building a course system for 21st century designers. *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, *6(2)*, 157–169. https://doi.org/10.1016/j.sheji.2020.03.001

Mimarlıkta Malzeme ve Detay Eğitimi için Sarmalayıcı Sanal Gerçeklik Tabanlı Ciddi Oyun Tasarımı ve Kullanılabilirliği

Hasan Taştan [1]; Togan Tong [2]
[1 2]Yıldız Teknik Üniversitesi
[1]hasantastn@gmal.com, [2]togantong@yahoo.com

Özet

Sarmalayıcı sanal gerçeklik (SSG) sistemleri, (i) kopyalanması zor ortamları doğrudan deneyimleme, (ii) karmaşık, zorlu görevleri güvenli bir ortamda tekrarlarla gerçekleştirme ve (iii) bilgi/beceri kazandırmaya yardımcı olma olanaklılıklarıyla birçok eğitim alanında sıklıkla kullanılmaktadır. SSG sistemlerinin bu özellikleri, mimarlık eğitiminde de öğrencilerin farklı bilişsel, duyuşsal ve psikomotor alanlarda gelişimine ve bu gelişimin deneysel bulgulara dayanan bütüncül ve evrensel mimarlık eğitimiyle desteklenmesine olanak tanıyabilir. Bu bağlamda çalışmanın amacı, mimarlıkta malzeme ve detay eğitimi için ön-prototip SSG ciddi oyununun (CO) tasarımını sunmak ve kullanılabilirliğini uzman görüşleri ve sistem kullanılabilirlik ölçeği (SKÖ) aracılığıyla sistematik biçimde incelemektir. Deneysel çalışma, 4 akademisyen ve 4 profesyonel mimar olmak üzere 8 alan uzmanıyla gerçekleştirilmiştir. Veriler, modelleme ekranının ekran görüntüleri, modelleme oturumu sırasında katılımcıların hareketlerinin video kayıtları, SKÖ ve açık uçlu anket ile toplanmıştır. Deney sürecinde katılımcılar, SSG ekipmanı hakkında yapılan bilgilendirmenin ardından sisteminin nasıl kullanılacağı konusunda bir ön sahnede eğitildiler. Sonrasında katılımcılar ilgili talimatlar doğrultusunda alçıpan duvar sisteminin yapı bileşenlerinin montajını yaptıkları ve ilgili montaj adımlarında 2B detay çizimlerinden geri besleme aldıkları ana sahneyi deneyimlediler. Tüm bu sürecin ardından SKÖ ve açık uçlu anketi doldurdular. Toplanan veriler analiz edildiğinde, SKÖ'nün sonuçları SSG tabanlı CO'nun kullanılabilirliğinin iyi seviyede olduğunu göstermektedir. Açık uçlu sorular ve görüntü kayıtları incelendiğinde, katılımcıların çoğunun sistemin genel akışını olumlu buldukları anlaşılmıştır. Bu genel akış, grafik kullanıcı arayüzü aracılığıyla yazılı ve sözlü aktarımı, 3B malzeme katmanlarının temsillerini ve SSG ekipmanının ergonomisini içermektedir. Ayrıca çoğu katılımcı, 3B modellerin öğretimsel anlatıyı oldukça desteklediğini, ilgili malzeme ve bileşim detaylarının rahatlıkla incelenebildiğini belirtmişlerdir. Sonuçlar ayrıca CO'nun geliştirilmesi gereken özelliklerini de ortaya çıkarmıştır: (i) sanal mekanlarda kısıtsız gezinmenin zayıf yön bulmaya neden olabilmesi, (ii) 2B grafiklerin sistemin sunduğu maksimum çözünürlük değerleri nedeniyle görsel olarak yeterince anlaşılamaması, (iii) malzemeleri bir grafiksel arayüzde saklayan envanter panelinin kullanıcıları montaj işleminden koparabilme. SSG tabanlı CO tasarımının daha iyi bir seviyeye gelmesi açısından bu özellikler yazarlar tarafından gelecek çalışmalarda yeniden ele alınacaktır.

Anahtar Kelimeler: *Mimarlık eğitimi, Mimari detay, Sarmalayıcı sanal gerçeklik (SSG), Ciddi oyun (CO), Kullanılabilirlik*

Design and Usability of Immersive Virtual Reality-Based Serious Game for Material and Building Construction Education in Architecture

Hasan Taştan [1]; Togan Tong [2]
[1 2]Yildiz Technical University
[1]hasantastn@gmal.com, [2]togantong@yahoo.com

Abstract

Immersive virtual reality (IVR) systems are frequently used in educational areas with many affordances: (i) directly experiencing difficult-to-replicate environments, (ii) performing complex and challenging tasks again in a safe environment, and (iii) helping knowledge/skills gain. These features of IVR systems can enable students to develop in different cognitive, affective and psychomotor areas in architectural education and to support this development with holistic and universal architectural education based on experimental findings. In this context, the aim of the study is to present the design of the preliminary prototype of IVR-based educational serious game (SG) about material knowledge and architectural detail, and to examine its usability systematically through expert opinions and system usability scale (SUS). The experimental study was carried out with 8 field experts, including 4 academicians and 4 professional architects. Data were collected by screenshots of the modeling screen, video recordings of participants' movements during the modeling session, SUS, and an open-ended questionnaire. During the experiment, the participants were trained on a pre-stage on how to use the system, after being briefed about the IVR equipment. Afterwards, the participants experienced the main scene where they montaged the building components of the plasterboard wall system in accordance with the relevant instructions and then received feedback from the relevant 2D detail drawings. After this whole process, they filled out the SUS and open-ended questionnaire. When the collected data are analyzed, SUS shows that the usability of IVR-based SG is at a good level. When open-ended questions and video recordings were examined, it was understood that most of the participants found the general flow of the system positive. This general flow includes the written and verbal transmission via graphical user interface, the representations of 3D material layers, and ergonomics of SSG equipment. In addition, most of the participants stated that the 3D models support the instructional narrative very well and the relevant materials and the joints of them can be examined easily. The results also revealed features of the SG that need improvement: (i) unrestricted navigation in virtual spaces can lead to poor way-finding, (ii) 2D graphics are poorly understood visually due to the maximum resolutions offered by the system, (iii) the inventory panel that stores materials in a graphical user interface can prevent from the users' montage process. These features will be reconsidered by the authors in the future studies to improve IVR-based SG design effectively.

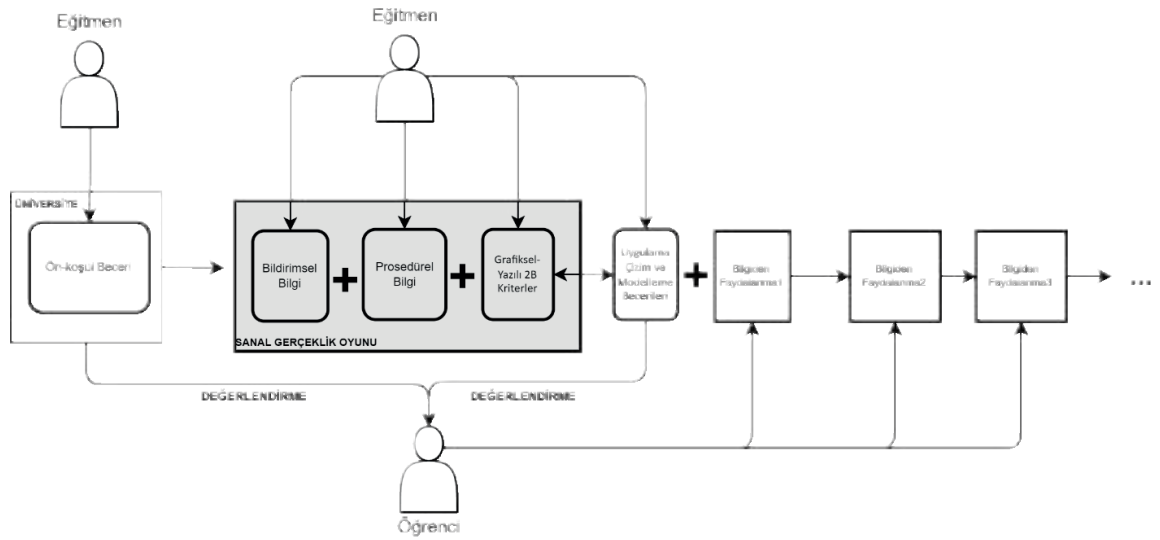
Keywords: *Architectural education, Architectural detail, Immersive virtual reality (IVR), Serious game (SG), Usability*

1. Giriş

Kavramsal tasarımdan başlayıp nihai sonuca kadar uzanan tasarım sürecinde mimarlar, 2B çizim, 3B modelleme, proje süreci koordinasyonu, ortaklaşa çalışma, proje yönetimi vb. bilgi/becerilerini kullanırlar. Bu bilgi/beceriler, mimarlıkla ilgili olguları içeren bildirimsel bilgileri, çeşitli işlemlerin nasıl yapılacağını belirleyen prosedürel bilgileri ve karmaşık fiziksel aktivitelerin gerçekleştirilmesini sağlayan psiko-motor becerileri kapsar (Savic & Kashef, 2013). Mimarlık öğrencilerinin bu bilgi/becerileri kazanmasının niteliği, mesleki eğitim ihtiyaçlarını belirleyen iç ve dış etkenlere önemli ölçüde bağlıdır. İç etkenler, mimarlığın pedagojik temellerine dayanan ve teorik bilginin pratik üretim metotlarına dönüştüğü yönleri (tasarım metotları, tasarımda bilişsel/duyuşsal faktörler vb.) içerir, dış etkenler ise yönetmelikler, müşteri istekleri, inşa yapım süreçleri ve malzeme üretim firmalarının veri kaynakları etmenlerine bağlıdır. İç etkenler üniversitelerin kendi yöntemleri doğrultusunda ilerlerken, dış etkenler çoğunlukla stajlarda ve çalışma hayatında ele alınır. Mimarlık eğitimi eleştirmeni Buchanan (1989) birçok okuldaki tasarım stüdyolarında, strüktür, detay ve yapı servislerinin, mimari formla organik olarak bütünleşmiş unsurlar olarak öğretilmediğinden bahsetmektedir. Diğer bir derleme çalışmasında, mimarlık okullarında yapı bilgi modelleme (YBM) sistemlerinin sadece 2B çizimler ve 3B modellerin yapıldığı araçlar olarak öğretildiğinden ve eğitimin bir parçası olan inşai detay üretimi ve süreç yönetimi, paydaşlarla çalışma gibi diğer becerilerin öğretilmediğinden bahsedilmektedir (Semaan et al., 2021). Abdullah & Hassanpour (2021) ise çalışmalarında, mimarlık eğitimi müfredatının mevcut yapılarının, dijital çağda mimarlık ofislerinin taleplerini karşılayamadığını göstermektedirler. Tüm bu çalışmalar mimarlık eğitiminde iç ve dış etkenleri birlikte ele alabilecek yeni bütüncül yöntemlere ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Bu ihtiyacın karşılanabilmesi için bütüncül yöntemlerin sağlanamamasını açıklayabilecek farklı etmenlerin tanımlanması gerekmektedir.

Liebing (2009), inşai tasarım ve üretim sürecinin öğretilmesinde, bu becerilerin ofislerde eğitim verilerek sağlanabileceği, okul müfredatları içerisinde öğrenilebileceği ve bu öğretimlerin stajın bir işlevi olduğu gibi farklı görüşlerin olduğunu belirtmektedir. Bu farklılığın nedeni, inşai tasarım ve üretim sürecinin öğrenimi için üniversite eğitimi ve iş yaşamındaki farklı aşamaların birlikte tecrübe edilmesinin gerekliliğidir. Bir yandan inşai tasarım ve üretim sürecinin öğrenimi sürecinde malzeme bilgisi, uygulama projesi çizimi ve 3B modelleme becerilerinin kazanılması için üniversite eğitimine ihtiyaç varken, diğer yandan inşai montaj teknikleri ve süreci öğrenimi stajlar ya da iş yaşamı aracılığıyla sağlanmaktadır. Tüm bu aşamalar ayrı yöntemlerle ve farklı zamanlardaki süreçler içerisinde öğrenciye sunulmaktadır. Diğer bir etmen ise öğrencinin detay tasarımı için öğrendiği malzeme (bildirimsel) ve montaj bilgilerini (prosedürel) dijital tasarım araç ve yöntemlerle kendi tasarımlarının 2B-3B grafiksel ifadelerine nasıl aktaracağı konusundaki zorluklardan kaynaklanmaktadır. Abdullah & Hassanpour (2021), hesaplamalı tasarım derslerinin ve araçlarının (i) yaygın olarak kullanılan ayrılmış yöntem, (ii) tam entegre yöntem ve (iii) ikincil olarak kullanılan karma yöntem olmak üzere üç biçimde eğitim müfredatlarında yer aldığını belirtmektedirler. Bu durum dijital araç ve yöntemlerin tasarım stüdyolarında verimli şekilde kullanımını doğrudan etkilemektedir. Mimarlık eğitiminde bütüncül olmayan bu yaklaşımlar karşısında, dijital çağın imkân tanıdığı eğitim araç ve metotları bütüncül ve evrensel mimarlık eğitimine olanak tanıyabilir.

Sarmalayıcı sanal gerçeklik tabanlı (SSG) simülasyonlar, sunduğu farklı olanaklılıklar nedeniyle mimarlık eğitiminde sanal öğretim uygulamaları için potansiyel taşımaktadır. SSG simülasyonları birçok alanda, (i) slaytlar, 2D videolardan farklı olarak kopyalanması zor ortamları veya durumları doğrudan deneyimleme (Hamilton et al., 2020; Parong & Mayer, 2020), (ii) karmaşık, zorlu görevleri güvenli bir ortamda tekrarlarla gerçekleştirme (Hamilton et al., 2020; Parong & Mayer, 2020), ve (iii) bilgi ve beceri kazandırmaya yardımcı olma (Hamilton et al., 2020) olanaklılıklarıyla eğitime katkıda bulunur. Mimarlık eğitiminde de SSG sistemleri, 3B kaza-risksiz ortamda bildirimsel ve prosedürel bilginin etkileşimli ve fotogerçekçi temsil uygunluğuyla sunulmasına, öğrencinin inşai uygulama süreçlerini adım adım deneyimleyebilmesine ve 2B/3B grafiksel ve yazılı temsillerin bütüncül olarak kavrayabilmesine imkan tanımaktadır. Bunun sonucu olarak da öğrenci, SSG simülasyonları aracılığıyla öğrendiği bildirimsel/prosedürel bilgiyi nitelikli bir biçimde üretebilir ve kullanabilir. Ayrıca SSG'de üretilen simülasyonlar, eğitim yaşamındaki dersler, stajlar ve çalışma yaşamındaki ayrı süreçlerde kazanılacak bilgi/becerilerin sistematik ve bütüncül bir öğretim modelinin bir parçası olarak sunulmasını sağlayabilir (**Şekil 1**). Bu simülasyonlar, inşai üretim süreçleri ve etkileşimli 2B/3B grafiksel temsilleri ve bu temsillerin etkileşimlerini içerir. Bu doğrultuda çalışmanın amacı, mimarlıkta malzeme ve detay eğitimi için ön prototip SSG ciddi oyununun (CO) tasarımını sunmak ve kullanılabilirliğini uzman görüşleri ve güvenirliği kabul edilmiş bir kullanılabilirlik ölçeği aracılığıyla sistematik biçimde incelemektir.



Şekil 1: SSG CO'nun kullanımı için öneri model (Hazırlayan: yazarlar)

1.1. SSG Sistemlerinin Mimarlık Detay Eğitiminde Kullanımı

Mimarlık ve tasarım eğitiminde SSG üzerine 2B çizim (Tüker et al., 2020), 3B modelleme (Tastan et al., 2021) ve tasarım inceleme (Fiorentino et al., 2020) üzerine çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalarda, SSG uygulamaları tasarım aracı ve proje sunum ortamları olarak kullanılmaktadır. Diğer yandan mimarlıkta detay eğitimi için literatürde kısıtlı sayıda çalışma bulunmaktadır ve bu çalışmanın yürütülmesinde oldukça yol gösterici olmuşlardır. Elgewely vd. (2021), SSG'de yapı detayının incelenebildiği, montaj adımlarının gözlemlenebildiği ve belirli bir detay tasarım problemine çözüm arandığı üç farklı uygulama üzerinden bir çalışma gerçekleştirdiler. Şahbaz (2021) detay tasarımı eğitimi için yürüttüğü çalışmada, SSG sisteminde giydirme cephenin bileşenlerinin öğrenci tarafından monte edilmesinin geleneksel eğitime göre öğrenme kazanımına katkısı çoktan seçmeli test aracılığıyla incelemiştir. Bashabsheh vd. (2019) bir binanın tasarımındaki temel bileşenlerin montajını SSG içerisinde animasyonlarla öğrenciye sunmuşlardır. Tüm bu çalışmalar bir binanın inşai sürecindeki montaj aşamalarına (prosedürel bilgi) ya da tasarlanmış olan detayın incelenebilmesine (tasarım inceleme) odaklanmaktadır. Ayrıca yürütülmüş olan bu çalışmalarda, detay montaj süreçlerinin öğrencinin detay öğrenimine nasıl katkı sağladığı da açık bir şekilde belirtilmemiştir. İlgili literatürden edinilen katkıyla bu çalışmada, kullanıcılara montaj sürecinden önce yapı bileşenlerinin malzeme bilgileri sunulmakta ve montaj sonrasında detay çizim sürecine katkı sağlayacak şekilde 2B çizimlerle kullanıcılara geri besleme (**Şekil 2**) sağlanmaktadır. Böylece detay tasarımı sürecindeki tüm aşamaların ve bilgi türlerinin, bir uygulama içerisinde sistematik ve bütüncül olarak kullanıcıya sunulması hedeflenmektedir.



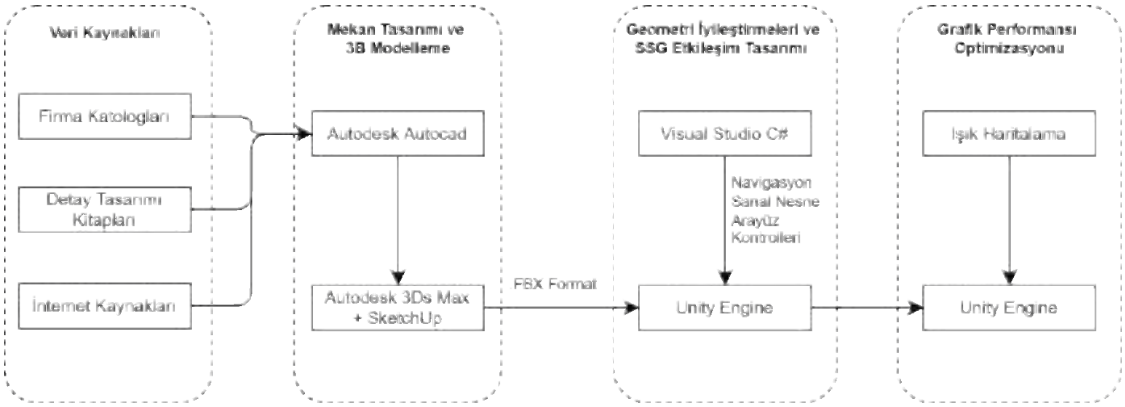
Şekil 2: SSG CO'da montaj adımları önce ve sonrasında izlenen adımlar

2. Kullanıcı Deneyi

2.1. Sisteme Genel Bakış

Bu çalışmada güncel teknoloji araçları için mimarlık öğrencilerinin davranışlarını pedagojik etmenlere göre araştırmak ve inşai üretim süreçlerinin simüle edildiği SSG tabanlı CO'nun öğrenme kazanımları üzerindeki etkisini anlamak için geliştirilen ön prototip sunulmaktadır. Önerilen prototip insan-bilgisayar etkileşimi, eğitim teknolojileri, çoklu ortamda öğrenme ve mimarlık alanlarının kesişiminde ortaya çıkmıştır.

SSG tabanlı CO'da öğretilecek konu olarak alçıpan duvar sistemleri, üretilebilen duvar sistemlerinin çeşitliliği ve tavan döşeme bileşimlerinde farklı alternatiflerin oluşturulabilmesi nedeniyle seçilmiştir. Alçıpan duvar sistem detayları, çeşitli detay tasarımı kaynaklarına (Ching, 2019; Hedges, 2017; Liebing, 2009; Plunkett, 2015) göre hazırlanmıştır. Bu çalışmadaki konu üzerinden geliştirilen SSG CO'nun sistem altyapısı, farklı yapı detay türlerine uygulanabilecek şekilde tasarlanmaktadır. Montaj işlemlerinin yapılacağı sanal mekan için farklı fonksiyonel ihtiyaçlara cevap verecek bir konut mekanı tasarlanmıştır. Tasarım aşamasından sonra CO'nun oluşturulmasında bir dizi işlem uygulanmıştır (**Şekil 3**). Bu mekanın, SketchUp ve 3Ds Max yazılımları kullanılarak modelleri oluşturulmuş, oluşturulan modeller FBX formatında Unity oyun motoruna aktarılmıştır. İşlem hattının son adımı olarak, katılımcıların sistemle ve sanal nesnelerle etkileşime girmesini sağlamak için C# komut dosyalarını kullanarak gezinme, arayüz kontrolü ve sanal nesnelerle doğrudan etkileşim dinamikleri oluşturulmuştur.



Şekil 3: SSG CO için sanal çevrenin geliştirilme aşamaları (Hazırlayan: yazarlar)

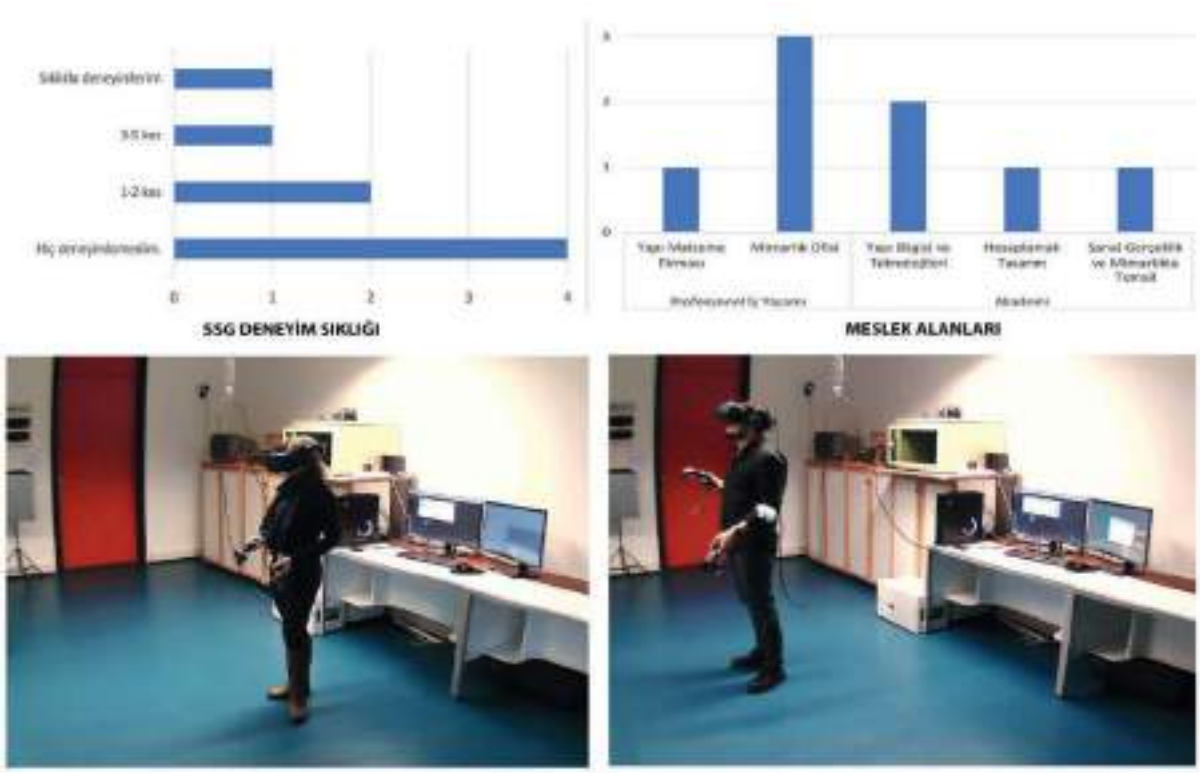
2.2. Katılımcı Grubu

Öneri prototip, 22.02.2022 ve 03.03.2022 tarihleri arasında Türkiye'deki bir mimarlık fakültesinde ilgili alan uzmanlarıyla test edildi. Katılımcılarla e-posta yoluyla iletişime geçildi ve 8 katılımcı deneye katılmak için gönüllü oldu. Alan uzmanlarının dördü profesyonel iş yaşamında beş senenin üzerinde iş tecrübesi olan mimarlarken (1 kişi yapı malzemesi firmasından, 3 kişi mimarlık ofisinden), diğer alan uzmanları yapı bilgisi (2 kişi), hesaplamalı tasarım (1 kişi) ve sanal gerçeklik (1 kişi) üzerine çalışmalar yürüten akademisyenlerdi. Deney sürecinde katılımcılar, SSG ekipmanı hakkında yapılan bilgilendirmenin ardından sisteminin nasıl kullanılacağı konusunda bir ön sahnede eğitildiler. Sonrasında katılımcılar ilgili talimatlar doğrultusunda alçıpan duvar sisteminin yapı bileşenlerinin montajını yaptıkları ve ilgili 2B detay çizimlerinden geri besleme aldıkları ana sahneyi deneyimlediler. Katılımcıların demografik bilgileri ve deney anları **Şekil 4**'te gösterilmiştir.

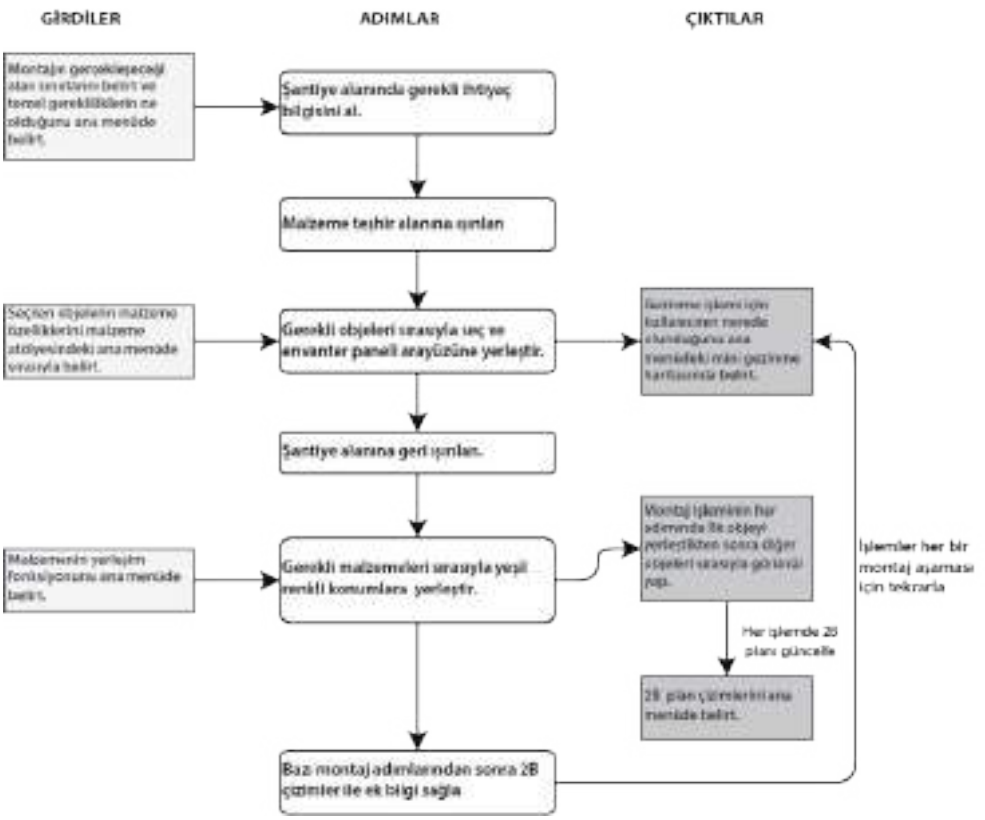
2.3. Deney Süreci

Şekil 5'te katılımcıların oyunu tamamlayabilmesi için takip etmesi gereken adımlar, girdiler ve çıktılarla gösterilmektedir. Katılımcılar ana sahnede, malzeme teşhir ve şantiye alanı olarak iki ayrı mekânda bulundular. Bu iki ayrı sanal mekân arasındaki geçişlerde ve iki sanal mekân içerisindeki uzak mesafelere ışınlanma özelliğiyle ulaştılar (**Şekil 6**). Gezinme işlemlerine ek olarak, ana menü kontrolü, envanter paneli kontrolü ve sanal nesneyi kavrama/yerleştirme işlemleri için iki ayrı el kumandası kullanıldı. Deneyim esnasında katılımcılar, önce şantiye alanında duvarın inşa edileceği alanı ve ana menüden duvar sistemleriyle ilgili problemleri inceledi (**Şekil 7-1**). Sonrasında, malzeme teşhir alanına geçerek el kumandalarından birine sabitlenmiş olan sanal envanter paneline malzemeleri yerleştirdiler (**Şekil 7-2**). Son olarak, şantiye alanına geri dönüp, envanterden ilgili malzemeleri seçerek montaj işlemini gerçekleştirdiler (**Şekil 7-3**) ve 2B detay çizimlerinden geri besleme aldılar. Tüm deney süreci

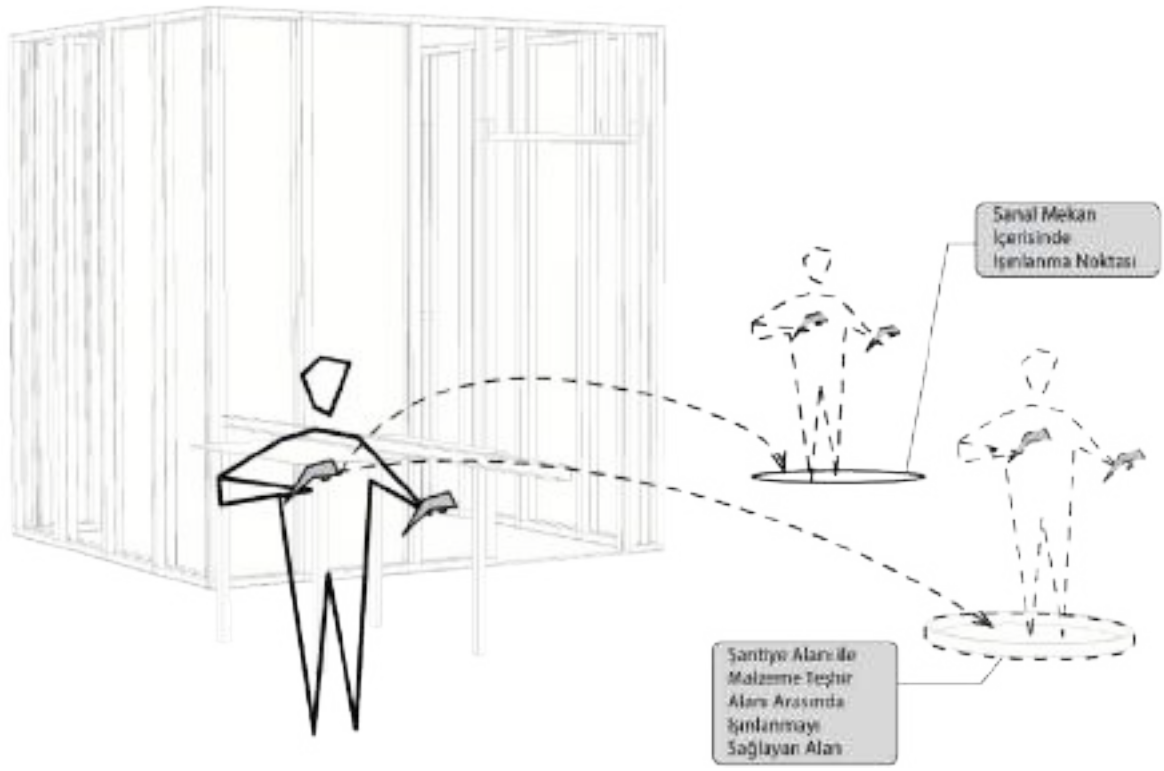
modelleme ekranının ekran görüntüleri, modelleme oturumu sırasında kullanıcıların hareketlerinin video kayıtlarıyla kaydedilmiştir. Deney sona erdiğinde, katılımcılardan demografik bilgileri, sistem kullanılabilirlik ölçeği (SKÖ) ve açık uçlu yorum sorularını (SSG deneyim değerlendirmesi) içeren bir anket doldurmaları istenmiştir.



Şekil 4: Katılımcıların demografik bilgileri ve deney anları



Şekil 5: SSG CO'nun kullanım süreci (Hazırlayan: yazarlar)



Şekil 6: Sanal mekanlar arasında ve sanal mekân içerisinde gezinme

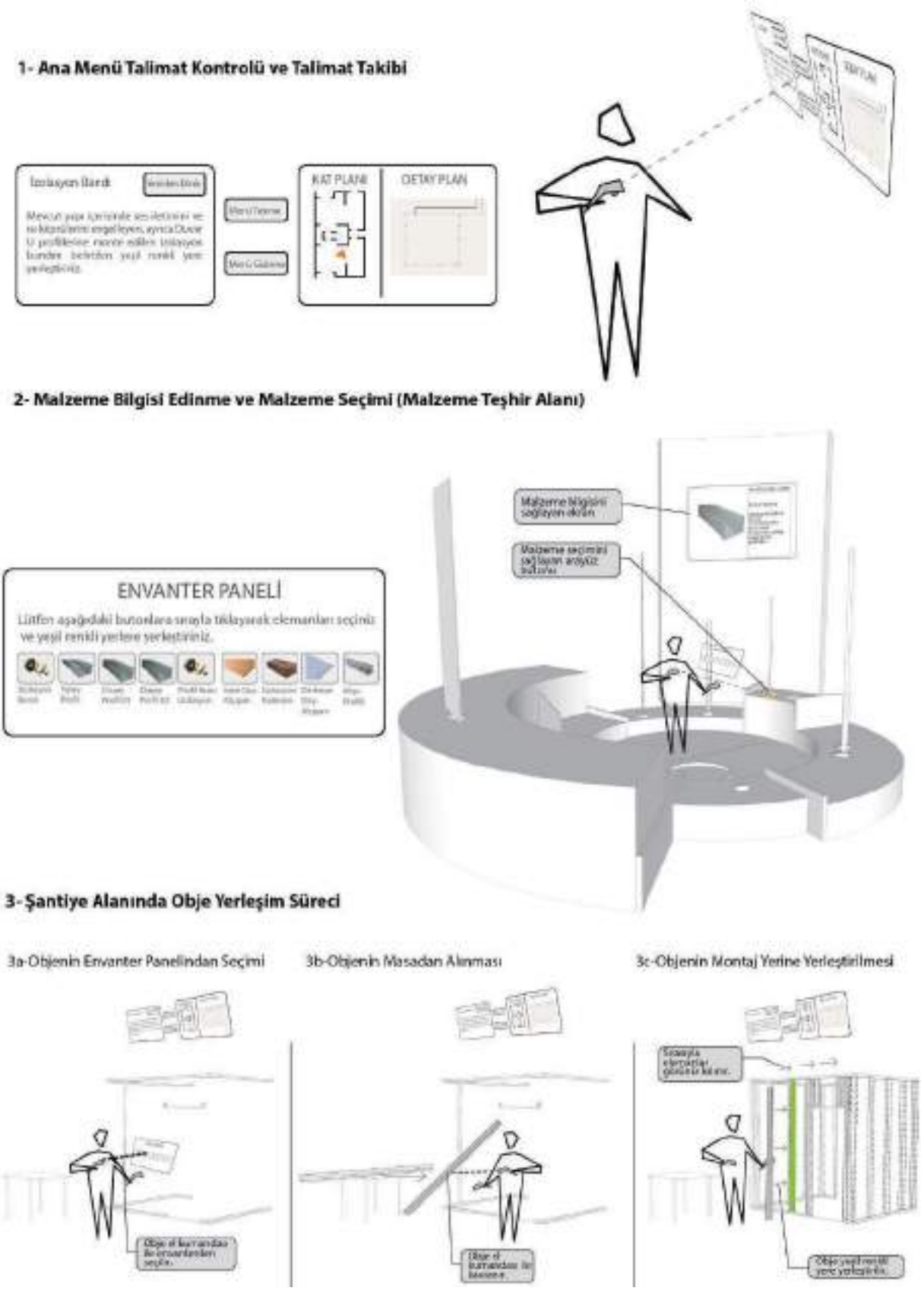
2.4. Veri Toplama Aracı

Sistem kullanılabilirlik ölçeği (SKÖ), açık uçlu sorular ve video kayıtları çalışmada veri toplamak için kullanılmıştır. SKÖ donanım ve yazılım ürünlerinin kullanılabilirliğini ölçen 10 maddeli öz-bildirim anketidir ve 5li likert ölçeğinde puanlanır. Ölçek mimarlık, mühendislik, inşaat alanlarında SSG sistemlerinin kullanılabilirliğini ölçmek için literatürde kullanılmıştır (Hsu et al., 2020; Huang et al., 2020; Huang & Lee, 2019) ve Türkçe dilinde doğrulanmıştır (Demİrkol & Şeneler, 2018). SKÖ için toplam puan, tüm maddelerin toplamının 2,5 ile çarpımıdır.

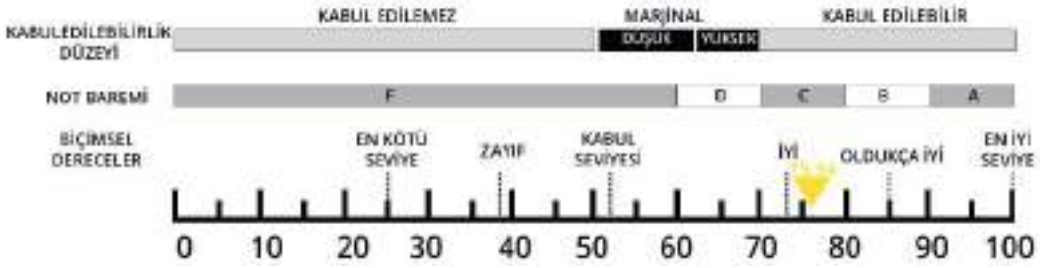
3. Sonuçlar

Bu çalışmada, 8 katılımcı için ortalama SSG CO'nun kullanılabilirlik puanı 75.94'tür. İlgili araştırma sonuçları, sistem kullanılabilirlik puanının beş dereceye bölünebileceğini göstermektedir: A: 90–100, B: 80–89, C: 70–79, D: 60–69 ve F: 0–59 (Huang & Lee, 2019). İlgili SKÖ çalışmasına göre, uygulamanın sıfat derecelendirmesi, **Şekil 8**'de gösterildiği gibi iyi seviyededir (Huang & Lee, 2019). Sonuçlar, SSG CO sisteminin değerlendirmesinin henüz çok iyi bir seviyeye ulaşmadığını göstermektedir. SKÖ'nün beş puanlık ölçek sonuçlarına göre (**Tablo 1**), kullanıcıların çoğu bu uygulamayı çok çabuk öğrenebileceğini, sıklıkla kullanmaya istekliliklerini ve fonksiyonların iyi entegre olduğunu belirttiler. Bununla birlikte, arayüzle ilgili öğrenilmesi gereken şeylere ve teknik insana ihtiyaç gibi zorluklar bulunmaktadır.

Açık uçlu sorular ve video kayıtları incelendiğinde, katılımcıların çoğunun sistemin genel akışını olumlu buldukları anlaşılmıştır. Bu genel akış, grafik kullanıcı arayüzü aracılığıyla yazılı ve sözlü aktarımı, 3B malzeme katmanlarının temsillerini ve SSG ekipmanının ergonomisini içerir. Ayrıca çoğu katılımcı, 3B modellerin öğretimsel anlatıyı oldukça desteklediğini, ilgili malzeme ve bileşim detaylarının rahatlıkla incelenebildiğini belirtmişlerdir. Diğer yandan, sonuçlar ayrıca sistemin geliştirilmesi gereken özelliklerini de ortaya çıkarmıştır. Işınlanma özelliğiyle gezinme katılımcıların ana sahnede yön bulma problemlerine neden olmuştur. SSG içerisinde farklı gezinme alternatiflerinin gezinme alan kısıtı olmadan uygulamada sunulması nedeniyle (**Şekil 6**), bazı kullanıcıların sanal mekanlarda kaybolarak montaj görevlerinden bilişsel olarak koptuğu gözlenmiştir.



Şekil 7: Ana menü, grafiksel arayüz ve sanal obje kontrolü



Şekil 8: SKÖ puan derecelemesi (Huang et al., 2020)

Tablo 1: SKÖ için değerlendirme sonuçları. Gri arka plan olumsuz sorulardır.

Sorular	Kişi sayısı	Ortalama	Standart sapma
1. Deneyimlediğim sanal gerçeklik uygulamasını sıklıkla kullanmak isteyeceğimi düşünüyorum.	8	4,13	.641
2. Deneyimlediğim sanal gerçeklik uygulamasını gereksiz bir şekilde karmaşık buldum.	8	1,88	1.126
3. Deneyimlediğim sanal gerçeklik uygulamasının kullanımının kolay olduğunu düşündüm.	8	3,75	1.165
4. Deneyimlediğim sanal gerçeklik uygulamasını kullanabilmek için daha teknik bir kişinin desteğine ihtiyaç duyacağımı düşünüyorum.	8	2,38	1.768
5. Deneyimlediğim sanal gerçeklik uygulamasındaki çeşitli fonksiyonları iyi entegre edilmiş buldum.	8	4,13	.835
6. Deneyimlediğim sanal gerçeklik uygulamasında çok fazla tutarsızlık olduğunu düşündüm.	8	1,38	.518
7. Mimarlık alanındaki birçok insanın (mimarlar ve mimarlık öğrencileri) bu sanal gerçeklik uygulamasını kullanmayı çok çabuk öğreneceğini sanıyorum.	8	4,38	.744
8. Deneyimlediğim sanal gerçeklik uygulamasının kullanımını çok elverişsiz buldum.	8	1,25	.463
9. Deneyimlediğim sanal gerçeklik uygulamasını kullanırken kendimden çok emin hissettim.	8	3,63	1.061
10. Deneyimlediğim sanal gerçeklik uygulamasında bir şeyler yapabilmek için öncelikle birçok şey öğrenmem gerekti.	8	2,75	1.282

Gezinmeyle ilgili bu bulgular, Parong & Mayer'in (2020) sarmalayıcı ortamın geleneksel ortamlara göre daha fazla dikkat dağıtıcı etmenlere sahip olduğunu gösteren bulgularıyla örtüşmektedir. Bu bulguların, uzamsal becerinin önemli olduğu mimarlık alanı için doğrulanması dikkat çekicidir. Ayrıca, menü kullanım ve gezinme özelliklerinin ayrı ön bir sahnede öğretilmiş ve sonrasında katılımcılar ana sahneye alınarak (öğretim sahnesi) öğretim uygulamasına başlamışlardır. Bundan dolayı, katılımcılar öğretim sahnesindeki sanal mekanların 3B bilgisine sahip olmadılar ve bu durum gezinme esnasındaki kaybolma ihtimallerini arttırmış olabilir. Bu nedenle, gelecek çalışmalarda SSG'de gezinme özellikleri açısından çeşitli kısıtlılıklar yaratılacak ve arayüz ön kullanımları, ayrı bir ön sahnede değil, ana sahne içerisindeki sanal mekanlarda (şantiye ve malzeme teşhir alanları) öğretilecektir. Belirtilen bir diğer olumsuz etmen, 2B grafiklerin görsel anlamda zor incelenebilmesi olmuştur. Bu durum SSG ekranlı kaskının sunduğu maksimum çözünürlük değerlerinden kaynaklanmaktadır. Bu teknik probleme, 2B çizim grafiklerinin farklı sunum teknikleri kullanılarak oluşturulmasıyla çözüm aranacaktır. Bunlarla birlikte, bazı katılımcılar gerekli yapı bileşenlerinin saklandığı envanter paneli üzerinden ilgili yapı bileşenini seçme işlemini (**Şekil7-3a**) her montaj işlemi tamamladığında unutup, bir sonraki bileşenin montaj anında bu işlemi yapması gerektiğini yeniden hatırlamaya çalıştılar. Bu durum, bir grafiksel arayüz olan envanter panelinin kullanıcı deneyimini bölen ve kafa karıştıran bir etki yarattığına işaret etmektedir ve Elgewely vd.'nin (2021) çalışmasındaki envanter panelinin kullanımıyla ilgili arayüz problemleriyle örtüşür durumdadır. Gelecek çalışmada, CO içerisindeki envanter paneli ortadan kaldırılarak farklı yöntemleri içeren tasarımlara odaklanılacaktır. Ek olarak, bazı katılımcılar bir yapı bileşenini monte ettikten sonra görünür kılınan aynı özellikteki diğer yapı bileşenlerini (**Şekil 7-3c**) ve geri besleme sağlayan 2B çizimleri (**Şekil 2, Şekil 5**) incelemeden**,** sonraki yapı bileşeninin montaj aşamasına geçmeye çalışmışlardır. Alan uzmanı katılımcılar, konuyla ilgili yeterli bilgiye sahip olduklarından dolayı sadece görevlerin kendisine odaklanarak, tüm montaj işlemlerini bilişsel ve reflekssel dürtüyle tamamlamak istemiş olabilirler. Yine de CO görevlerini otomatize ederek öğrenmeye potansiyel engel oluşturabilecek bu durum karşısında, ileri çalışmada CO'nun her bir bileşeninin montajından sonra aynı özellikteki diğer yapı bileşenleri daha uzun bir zaman dilimi içerisinde anime edilerek ekranda görünür kılınacaktır. Ayrıca, her montaj aşamasından sonra ilgili bileşenin 2B çizimlerin oluşturulması sadece bir geri besleme adımı (**Şekil 2**) olmayacak, montaj görevlerinin daha etkili bir parçası haline getirilecektir.

4. Değerlendirme

Bu çalışmada ön prototip SSG ciddi oyununun malzeme ve detay eğitimi için tasarımı ve kullanılabilirliği ele alınmıştır. Tasarlanan bu sistemin kullanılabilirliğinin, SKÖ ölçeğine göre iyi derecede olduğu görülmüştür. Ancak CO'nun bir eğitim modülü için kullanılabilirliğinin daha iyi bir seviyeye ulaşması için uzmanların belirttiği ve video kayıtlarda

gözlemlenen geliştirilmesi gereken durumlar gelecek çalışmalarda yeniden ele alınacaktır. Ayrıca bu geliştirmeler sonrasında, yeni CO'nun kullanılabilirliği daha fazla sayıda uzman görüşüyle incelenecektir. Tüm bu kullanılabilirlik testlerinin ardından öğrencilerle yapılacak deneysel çalışmalarda bu ciddi oyunun pedagojik faktörlere olan etkisinin incelenecektir.

Bilgilendirme
Bu çalışma, birinci yazarın sürdürmekte olduğu doktora tezi kapsamında üretilmiştir.

KAYNAKLAR

Abdullah, H. K., & Hassanpour, B. (2021). Digital design implications: a comparative study of architecture education curriculum and practices in leading architecture firms. *International Journal of Technology and Design Education*, *31*(2), 401–420. https://doi.org/10.1007/s10798-019-09560-2

Bashabsheh, A. K., Alzoubi, H. H., & Ali, M. Z. (2019). The application of virtual reality technology in architectural pedagogy for building constructions. *Alexandria Engineering Journal*, *58*(2), 713–723. https://doi.org/10.1016/j.aej.2019.06.002

Buchanan, P. (1989). What is wrong with architectural education. *Architectural Review*, *185*(1109), 24–26. https://www.architectural-review.com/today/1989-july-whats-wrong-with-architectural-education-almost-everything

Ching, F. D. K. (2019). *Building Construction Illustrated*. John Wiley & Sons.

Demirkol, D., & Şeneler, Ç. (2018). A Turkish translation of the system usability scale: The SUS-TR. *Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, *11*(3), 237–253.

Elgewely, M. H., Nadim, W., ElKassed, A., Yehiah, M., Talaat, M. A., & Abdennadher, S. (2021). Immersive construction detailing education: building information modeling (BIM)–based virtual reality (VR). *Open House International*. https://doi.org/10.1108/OHI-02-2021-0032

Fiorentino, M., Klose, E. M., Alemanno, M. L. V, Giordano, I., De Bellis, A., Cavaliere, I., Costantino, D., Fallacara, G., Straeter, O., & Sorrento, G. (2020). User Study on Virtual Reality for Design Reviews in Architecture. *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct*, 283–288. https://doi.org/10.1109/ISMAR-Adjunct51615.2020.00079

Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C. (2020). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: a systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. *Journal of Computers in Education*, 1–32. https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2

Hedges, K. E. (2017). *Architectural Graphic Standards Student Edition*. John Wiley & Sons.

Hsu, T.-W., Tsai, M.-H., Babu, S. V, Hsu, P.-H., Chang, H.-M., Lin, W.-C., & Chuang, J.-H. (2020). Design and initial evaluation of a VR based immersive and interactive architectural design discussion system. *2020 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, 363–371. https://doi.org/10.1109/VR46266.2020.00056

Huang, H., & Lee, C.-F. (2019). Factors affecting usability of 3D model learning in a virtual reality environment. *Interactive Learning Environments*, 1–14. https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1691605

Huang, H., Lin, C., & Cai, D. (2020). Enhancing the learning effect of virtual reality 3D modeling: a new model of learner's design collaboration and a comparison of its field system usability. *Universal Access in the Information Society*, *20*(1), 429–440. https://doi.org/10.1007/s10209-020-00750-7

Liebing, R. W. (2009). *Handbook of detailing: the graphic anatomy of construction*. Springer.

Parong, J., & Mayer, R. E. (2020). Cognitive and affective processes for learning science in immersive virtual reality. *Journal of Computer Assisted Learning*, *37*(1), 226–241. https://doi.org/10.1111/jcal.12482

Plunkett, D. (2015). *Construction and Detailing for Interior Design* (Second Edi). Laurence King Publishing.

Şahbaz, E. (2021). SimYA: A virtual reality–based construction studio simulator. *International Journal of Architectural Computing*, 14780771211041776. https://doi.org/10.1177/14780771211041777

Savic, M., & Kashef, M. (2013). Learning outcomes in affective domain within contemporary architectural curricula. *International Journal of Technology and Design Education*, *23*(4), 987–1004. https://doi.org/10.1007/s10798-013-9238-8

Semaan, J., Underwood, J., & Hyde, J. (2021). An investigation of work-based education and training needs for effective BIM adoption and implementation: an organisational upskilling model. *Applied Sciences*, *11*(18), 8646. https://doi.org/10.3390/app11188646

Tastan, H., Tuker, C., & Tong, T. (2021). Using handheld user interface and direct manipulation for architectural modeling in immersive virtual reality: An exploratory study. *Computer Applications in Engineering Education*. https://doi.org/10.1002/cae.22463

Tüker, Ç., Taştan, H., & Tong, T. (2020). Studies on Ergonomics of Immersive VR as a Design Environment with a Focus on Tools and Interfaces. In F. Angeli (Ed.), *Design for Inclusion, Gamification and Learning Experience* (p. 209). https://www.researchgate.net/publication/344014146_Studies_on_Ergonomics_of_Immersive_VR_as_a_Design_Environment_with_a_Focus_on_Tools_and_Interfaces

Kartografya Tabanlı Platform Kullanımının Çevrimiçi Tasarım Sürecine Etkilerinin Ölçümlenmesi

Muhammet Ali Heyik [1]; Cemile Gül Gürcan [2]; Togan Tong [3]; Meral Erdoğan [4]
[1]Madrid Politeknik Üniversitesi; [2,3,4]Yıldız Teknik Üniversitesi;
[1,2,3,4] avesis.yildiz.edu.tr, [1]muhammetaliheyik@gmail.com; [2]cemilegulgurcan@gmail.com; [3]togantong@yahoo.com;
[4]meral@yildiz.edu.tr

Özet

Literatürde interaktif, uzaktan ve çevrimiçi eğitim ortamları, yaklaşım ve yöntemlerine ilişkin çok sayıda çalışma yer almaktadır. Mimarlık ve tasarım eğitiminde pandemi kaynaklı kriz ortamında deneyimlenen çevrimiçi öğrenme ekosistemi, yakın geçmişin imkânsız görülen kalıplarını sorgulamaya açmaktadır. Dolayısıyla kurumsal altyapının, eğitimcilerin ve öğrencilerin hızlı bir adaptasyon geçirdiği bu kritik dönemde geliştirilen strateji ve taktiklerin bu bağlamda değerlendirilmesi önemlidir. Çalışmada, kartografya tabanlı platform (KTP) kullanımının etkileşim, fikir üretimi ve değerlendirme faktörleri üzerindeki etkileri, sınırlılıkları ve potansiyelleri incelenmektedir. Bu doğrultuda hem akademik hem de pratik açıdan mevcut hibrit öğrenme ekosistemine katkı sağlanması hedeflenmektedir. Araştırma metodolojisi KTP entegrasyonu, deneysel olarak uygulanması ve etkilerinin ölçümlenmesi çerçevesinde geliştirilmiştir. Ders içeriği ve öncül çalışmalar doğrultusunda (yeniden) kurgulanan KTP modüler olarak iki aşamada derse entegre edilmiştir. Deneysel uygulama 2021 bahar döneminde 47 farklı kentten yaklaşık 230 öğrencinin çevrimiçi derse katılımı bağlamında kurgulanmıştır. Dersin içeriğinde her öğrencinin (bireysel ya da gruplar halinde) alan çözümlemesi gerçekleştirmesi ve çözüm odaklı bir tasarım önerisi geliştirilmesi beklenmektedir. Bu süreçte öğrenciler, ders kapsamında öğrenilen sayısal tasarım araçları ve yöntemlerini kullanmaktadır. Çalışmada belirlenen temel faktörlere ve dolaylı olarak ilişkili arayüz kullanımına ilişkin ölçümlemeler süreç, çıktı ve anketlere dayanmaktadır. Toplanan anket verileri SPSS ortamında betimsel istatistikleri, olumluluk düzeyleri ve gruplar arası farklılıkları ile analiz edilmektedir. Elde edilen bulgular oldukça pratik biçimde uygulanan KTP stratejisinin kriz şartlarını fırsata çevirme potansiyelini ortaya koymaktadır. Burada her üç faktör için anlamlı düzeydeki olumlu istatistiksel veriler tespit edilmiştir. Ayrıca ders sürecini daha tanımlı hale getirmesi, diğer projeler ve yaklaşımlar hakkında bilgi verici olması, ders içi ve gruplar arası etkileşimi artırması, katılımcı ve şeffaf bir yaklaşımla değerlendirme imkânı sağlaması, uzun süreçte kullanımı ile zengin bir kaynak oluşturma potansiyeli gibi çok sayıda olumlu ifade öğrenci kritikleri arasında yer almaktadır. Diğer taraftan tespit edilen arayüz ya da içerik kaynaklı problemlere ilişkin çözümler geliştirilmektedir. Burada karşılaşılan sınırlılıklar ya da değişen öncelikler deneysel uygulamalarla tespit edilerek geliştirilebilir niteliktedir. Yürütülen ilişkili diğer çalışmalar da burada üretilen stratejinin farklı türevleri ve yaygın etkisini desteklemektedir. Dolayısıyla çalışmada test edilen KTP farklı bağlamlarda modüler ya da bütüncül kullanım potansiyeli göstermektedir. Sonuç olarak, KTP kullanımı deneysel çalışmalara dayalı iyileştirilmesi ve kullanımının sürekliliği ile ortak ve güncel bir tartışmaya katkı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Çevrimiçi, Tasarım eğitimi, Kamusal mekân, Kolektif kartografya, Covid-19*

Measuring the Effects of Cartography-based Platform on the Online Design Process

Muhammet Ali Heyik [1]; Cemile Gül Gürcan [2]; Togan Tong [3]; Meral Erdoğan [4]
[1]Technical University of Madrid; [2,3,4]Yıldız Teknik Üniversitesi;
[1,2,3,4] avesis.yildiz.edu.tr, [1]muhammetaliheyik@gmail.com; [2]cemilegulgurcan@gmail.com; [3]togantong@yahoo.com;
[4]meral@yildiz.edu.tr

Abstract

There are many studies on interactive, distance, and online education approaches, and methods in the literature. The increase in the online learning with the pandemic in architectural education has brought the patterns of the recent past which seem impossible up for discussion. Therefore, it is crucial to evaluate the strategies and tactics developed in this critical period when the institutional infrastructure, educators, and students are rapidly adapting to this context. The paper explores the limitations, and potentials of using cartography-based platform (CBP) on interaction, ideation, and evaluation factors. In this direction, it is aimed to contribute to the existing hybrid learning ecosystem both academically and practically. Research methodology is developed within the framework of integration, experimentation, and measurement. CBP, which is (re)constructed in line with the context and prior studies, has been modularly integrated into the course. The experimentation was designed with the participation of approximately 230 students from 47 different cities in the spring semester of 2021. According to the content of the course, each student (individually or in groups) is expected to perform a field analysis and develop a solution-oriented design proposal. In this process, students use the tools learned in the course. Measurements related to three main factors and indirectly related to the interface usage are based on process, output, and questionnaires. The survey data are analyzed in the SPSS with descriptive statistics, positivity levels, and differences between groups. Findings reveal the potential of the CBP strategy, which is implemented in a very practical way, to turn crisis conditions into opportunities. Here, significant positive statistics underscore three main factors. In addition, many positive statements such as making the course process more systematic, sharing about other design proposals, increasing in-class and inter-group interaction, providing the opportunity to evaluate with a transparent approach, and creating a rich archive are among the feedbacks from students. On the other hand, solutions need to be developed for the detected interface or content-related problems. The limitations or changing priorities could be improved with the ongoing experimental applications. Other related studies also support the different variants and widespread impact of the strategy created and tested here. The study shows potential for modular or holistic use in different contexts. As a result, the use of CBP contributes to an up-to-date discussion with its outputs based on empirical studies and the continuity of its use.

Keywords: *Online, Design education, Public space, Collective cartography, Covid-19*

1. Giriş

Ağustos 2020 COVID-19 raporu 190'dan fazla ülke ve 1,2 milyardan fazla öğrencinin (**Şekil 1**) salgın dolayısıyla yüz yüze eğitime ara verdiğini belirtmektedir (UNESCO, 2020). İlgili literatürde interaktif, uzaktan ve çevrimiçi eğitim ortamları, yaklaşım ve yöntemleriyle çok sayıda teorik ve pratik çalışma yer almaktadır. Araştırma kapsamda ilk sayısı 1980 yılında yayınlanan Uzaktan Eğitim Dergisi (Distance Education Journal), EDUCAUSE Horizon raporları ve Birleşik Krallık merkezli Uzaktan Tasarım Eğitimi (Distance Design Education) bloğu incelenmiştir. Burada işbirlikçi öğrenme ve etkileşim biçimleri, interaktif öğrenme ve kitlesel çevrimiçi dersler, pandemi dönemi çevrimiçi eğitim ve değerlendirme yöntemleri (2005-2022) dikkat çeken konu başlıkları arasındadır (Baggaley, 2007; Zawacki-Richter & Naidu, 2016; Conrad & Witthaus, 2021; Pelletier vd., 2021). Diğer taraftan 2021 yılında ilk sayısı yayınlanan Türk Çevrimiçi Uzaktan Eğitim Dergisi (Turkish Online Journal of Distance Education) içerisinde pandemi ortamında filizlenen tartışmalar görülmektedir. Dolayısıyla pandemi krizi, beraberindeki kısıtlama ve güçlüklerin ötesinde değişen paradigmanın katalizörü (O'Reilly, 2020), geniş çaplı dönüşümlerin pivotu (Salmon, 2020) ya da dönüm noktası (Brown, 2020) olarak özellikle eğitim alanında belirgin etkilere sahiptir (Jones & Lotz, 2021). Thomas L. Friedman'ın NY Times (2012) içerisindeki 'Come the Revolution' başlıklı yazısında belirttiği gibi büyük atılımlar, mümkün olanın umutsuzca gerekli olan ile buluştuğunda gerçekleşmektedir. Bu noktada mimarlık ve tasarım eğitiminde gelişen çevrimiçi öğrenme ekosistemi, yakın geçmişin imkânsız görülen kalıplarını sorgulamaya açmaktadır.



Şekil 1: Salgın başlangıcında yüz yüze eğitim durumu (solda), toplam kapanma süresi (sağda) (UNESCO, 2022)

Tasarımda ilk uzaktan eğitim kurslarının (Open University) gelişiminde rol alan Nigel Cross'un 1960'lardan günümüze uzanan tasarım yöntemleri ve tasarımın bilimselleştirilmesi üzerindeki tartışmaları, araştırmanın kuramsal çerçevesi için önem taşımaktadır (Cross, 2007). Özellikle son iki yıl içerisinde, farklı uygulamaların yöntem, çevrimiçi ekosistem içerisindeki aktör ve çıktılarını tartışmaya açan güncel yaklaşımlar, çalışmanın ölçümlediği ve ilişkili olduğu faktörlerin önemini desteklemektedir. Sosyal yapılandırmacılık kuramına dayanarak duyarlı ve dayanıklı bir mimarlık eğitiminin potansiyel katkılarını çözümleyen 6 pedagojik küme içerisinde; empati, aktivizm, kapsayıcılık, işbirlikçilik, değişim, dijital öğrenme ve öğretme modları vurgulanmaktadır (Morkel vd., 2021). Diğer bir çalışmada çevrimiçi öğretimin temel zorluklarını tanımlayan aktarım, etkileşim ve değerlendirme (DIA) modeli (Tregloan & Thompson, 2021) yer almaktadır. Pedagojik küme ve bileşenlerin iç içe geçmiş diyagramatik ilişkiler ağıyla, DIA modelinde belirlenen temel faktörlerin ise merkezi bir sarmal ilişki içerisinde temsil edildiği görülmektedir. Dolayısıyla öğrenme ekosistemi içerisinde odaklanılan faktörler ve etkilerinin yanı sıra bu bileşenlerin aralarındaki (diyalektik) ilişkiler de önemlidir. Bu sayede faktörlerin etkileri ayrı ayrı ve ilişkili olduğu ifade(ler) bütünü içerisinde incelenebilir. Çalışmada odaklanılan faktörler bu eksende olumlu ve olumsuz etkileri ile birlikte tartışılmalıdır.

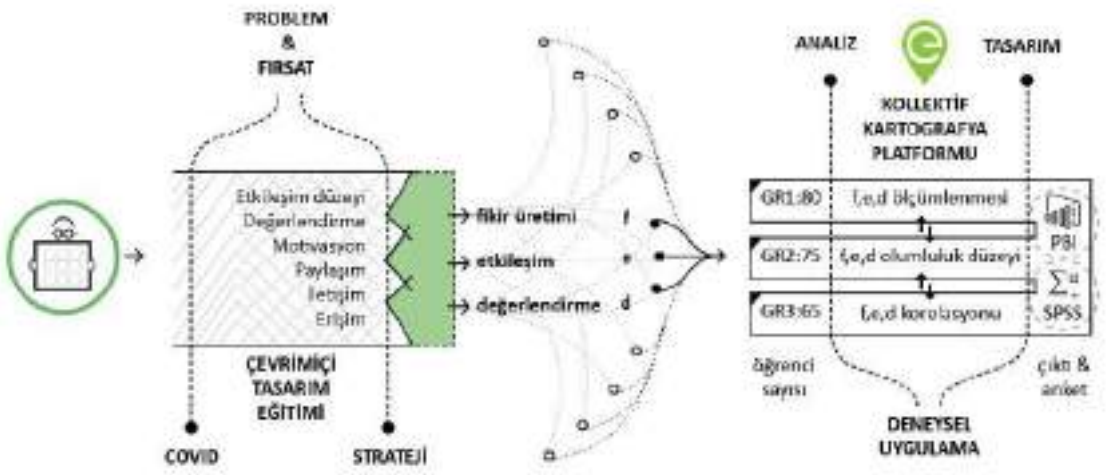
Araştırma kapsamında mimarlık ve özellikle tasarım stüdyoları içerisinde yerleşik alan gezileri, ortak çalışma, jüri ve grup etkileşimleri çevrimiçi ve hibrit eğitim ortamı içerisinde ele alınmaktadır. Problem alanı global ölçekteki rapor ve akademik araştırmaların yanısıra yürütülen öncül pilot çalışmalar ile de desteklenebilir. Örneğin, 2020 Güz dönemi Mimari Tasarıma Giriş (MTG) stüdyosunda 3 grupta (n: 36) gerçekleştirilen bir dizi deneysel çalışma ve anketler bu bağlamda önemli istatistikler sunmaktadır. Burada ölçümlenen faktörlerden biri olarak 'etkileşim düzeyi' (ED) pandemi şartlarına karşı geliştirilmesi gereken stratejilerin önemini göstermektedir. Ulaşılan 7'li likert ölçekteki grup içi ED 6,36 (m) gibi yüksek bir değerin aksine, diğer MTG gruplarıyla ED 3,75 ve üst dönem MT gruplarıyla ED 2,11 gibi düşük bir değere sahiptir. Dolayısıyla kurumsal altyapının, eğitimcilerin ve öğrencilerin hızlı bir adaptasyon geçirdiği bu kritik dönemde geliştirilen strateji ve taktikler bu bağlamda değerlendirilebilir. Özellikle de çevrimiçi sürecin verimini ve

direncini artırmak için DIA benzeri modellerin entegrasyonu, deneysel olarak uygulanması ve etkilerinin ölçümlenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda kullanılan yöntemler çevrimiçi sürecin gereksinimlerine bağlı çeşitlenmektedir.
Bu yöntemlerden biri olarak kolektif kartografya, coğrafi ve kentsel çalışmaların ötesinde katılımcı ve işbirlikçi tasarım süreçlerinde (Huybrechts, vd., 2012) ve tasarım eğitiminde (Hutzell, 2012; 2017; Santos vd., 2021) dijital ve fiziksel arayüzler ile kullanılmaktadır. Çalışmada, kartografya tabanlı platform (KTP) kullanımının belirlenen üç temel faktör (etkileşim, fikir üretimi ve değerlendirme) üzerindeki etkileri, sınırlılıkları ve potansiyelleri ile hem akademik hem de pratik açıdan mevcut hibrit öğrenme ekosistemine katkı sağlayacağı öngörülmektedir. Bu doğrultuda kurgulanan araştırma, üçlü yapıda strüktüre edilebilir.

1. İlk olarak metodoloji bölümünde kartografya tabanlı platform kullanımının çevrimiçi ekosisteme entegrasyon biçimi, uygulama sürecine dair tanımlayıcı bilgileri ve kullanılan araçlar yer almaktadır.
2. Araştırmanın metodolojisi doğrultusunda elde edilen bulgular ölçümlenmesi hedeflenen (alt) faktörler çerçevesinde ortaya konulmaktadır.
3. Son olarak, çalışma sonuçları deneysel uygulama ve ilişkili olduğu öncül ya da uluslararası yürütülen diğer çalışmalar ekseninde değerlendirilmektedir. Ayrıca devam etmekte olan çalışma sürecine yönelik potansiyeller ve sınırlılıklar gelecek projeksiyonu içerisinde tartışılmaktadır.

2. Metodoloji

Araştırma metodolojisi çevrimiçi eğitime zorunlu ve ani geçiş sürecinde gözlemlenen temel güçlüklerin aşılmasına yönelik KTP geliştirilmesi ve uygulanarak etkilerinin ölçümlenmesi çerçevesinde şekillenmektedir. Bu kapsamda geliştirilen KTP çevrimiçi ekosisteme modüler bir yaklaşımla entegre edilmektedir. Dolayısıyla platform ders sürecinde farklı aşamalarda periyodik kullanıma sahiptir. Deneysel uygulama, 2021 bahar dönemi Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde yürütülen çevrimiçi Temel Bilgisayar Bilimleri (TBB) dersi kapsamında gerçekleştirilmektedir. KTP için Coğrafi Bilgi Sistemi tabanlı Leaflet kütüphanesine bağlı açık kaynak Emapic uygulaması kullanılmaktadır. Üç gruptan toplam 220 ile 230 arasında (dönem içerisinde derse devam ile %5'lik azalma) öğrencinin katıldığı süreç analiz ve tasarım aşamaları olmak üzere ikiye (dönem ortası ve sonu) ayrılmaktadır. Ders kapsamında, öğrencilerin bulundukları ve derse çevrimiçi katıldıkları kentte belirledikleri kamusal mekânlar ele alınmaktadır. Her öğrenciden kamusal mekâna ilişkin alan çözümlemesi gerçekleştirmesi ve çözüm odaklı bir tasarım önerisi geliştirilmesi beklenmektedir. İlk analiz aşaması iki kişilik gruplar halinde, tasarım önerileri ise bireysel olarak hazırlanmaktadır. Bu süreçte öğrenciler, ders kapsamında öğrenilen sayısal tasarım araçları ve yöntemlerini kullanmaktadır.
DIA modeline benzer bir yaklaşım benimsenerek ön çalışmalarda üç temel faktör belirlenmiştir. Bunlar gruplar arası ve grup içi kısıtlı etkileşim düzeyi (1), paylaşım ve tartışma ortamının eksikliği (2) ve çevrimiçi değerlendirme problemi (3) olarak sıralanabilir. Dolayısıyla pandemi krizinin kısıtlamaları ve belirsizliğinin yarattığı boşlukta etkileşim, üretim ve değerlendirmeye dayalı KTP stratejisi ve öğrenciler tarafından kitlesel olarak üretilen (ve tüketilen) taktikler yer almaktadır (**Şekil 2**). Etkileşime açık, duyarlı, üretkenliği destekleyen, verimli ve açık erişimi ile kapsayıcı bir tasarım sürecine yönelik geliştirilen strateji için uygulama süreci ve çıktılar incelenirken, üretilen taktiklerin ve bunların etkilerinin analizi öğrencilerin deneyimleri ve kritikleri sayesinde gerçekleştirilmektedir. Bu doğrultuda platform kullanımının grup etkileşimine, fikir üretimine ve değerlendirmeye etkileri öğrenci anketleriyle ölçümlenmektedir. Belirlenen bu üç faktörün ölçeklendirilmesi ve benzer çalışmalara referans oluşturması için anket içerisinde arayüz, taktik ve deneyimlere ilişkin gerekli ifadeler de yer almaktadır.



Şekil 2: Araştırma metodolojisi içerisinde tasarlanan strateji, kullanılan platform ve uygulama aşamaları (Yazar)

Analiz aşamasında platforma öğrenciler tarafından sırasıyla çalışma alanı kategorisi, alana ilişkin tanımlanan problem(ler)in türü ve çözüm önerisi için temel yaklaşımlar yüklenmektedir. Burada gerçekleştirilen çözümlemeler diyagram ve alan resimleri ile desteklenmektedir. İkinci aşamada ise tasarım yaklaşımının süreç içerisindeki evrimi ve değerlendirilmesine yöneliktir. Yaklaşım türü için n'UNDO organizasyonunun üçlü (undo, redo, do not) yaklaşımı ve PPS (Project for Public Space) kamusal mekân tasarım parametreleri dikkate alınmaktadır. Öğrenciler verilen link üzerinden platforma erişim sağlamaktadır. İlk olarak, geçmiş yılların ve aktif olarak analiz ve proje yükleme seçeneğinin olduğu ana sayfa yönlendirici bir rol üstlenmektedir. Öğrenci aktif yükleme yapmadan, yüklenen ya da geçmiş arşivdeki projeler içerisinde gezinme fırsatına sahiptir. Ardından gerçekleştirdiği analizi ya da tasarım önerisini platformda oluşturulan strüktür çerçevesinde sisteme girmektedir (**Şekil 3**). Ayrıca çözüm önerilerinin alana katkıları belirli parametreler doğrultusunda öz değerlendirmeler ile sorgulanmaktadır.



Şekil 3: KTP ana sayfa (1), analiz (2) ve tasarım (3) veri girişleri ile platformda yüklenen verinin görüntülenmesi (4) (Yazar)

Uygulama sonrası gerçekleştirilen anket içerisindeki ölçek ve ifadeler için SPSS ortamında betimsel istatistiklerden ve tek yönlü Anova analizinden yararlanılmaktadır. Ayrıca çevrimiçi öz değerlendirmelerin analiz ve görselleştirmesi için

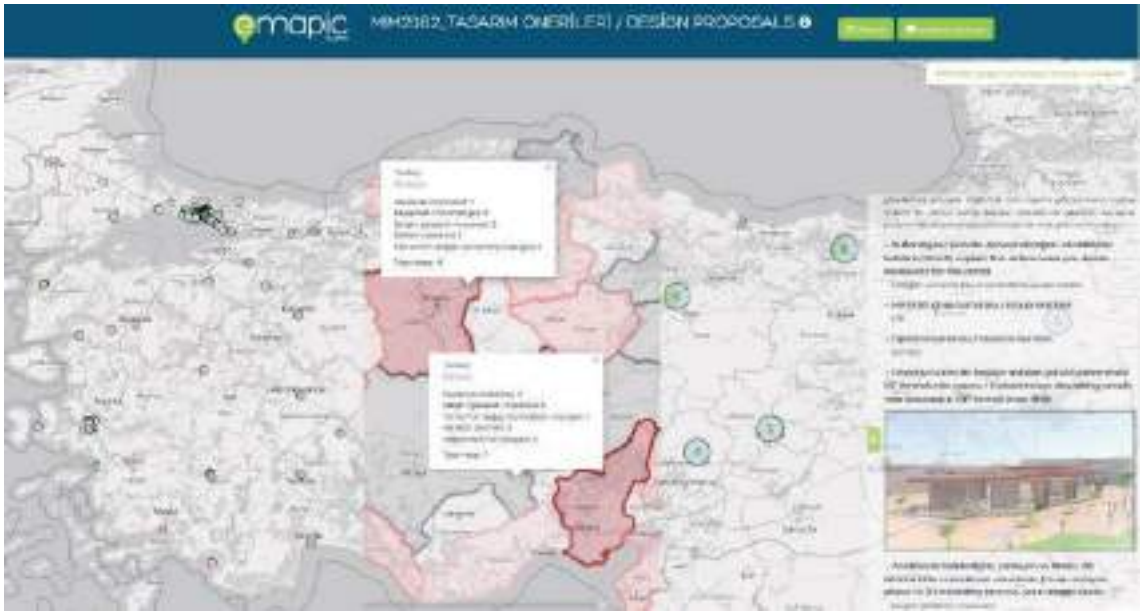
Power BI aracı kullanılmaktadır. KTP için yararlanılan Emapic kaynağı ilk uygulamalarda beta sürümü ile kullanılırken, daha sonra Coruña Üniversitesi Kartografi Mühendisliği Laboratuvarı ile iş birliği yapılarak arayüz ve içerikte birtakım özelleştirilmeler uygulanmıştır. Bu özelleştirmeler çalışmanın sürekliliği içerisinde verimi artırmak için öncül deneyimlere bağlı olarak gerçekleştirilmektedir.

3. Bulgular

Araştırmanın metodolojisi doğrultusunda elde edilen bulgular KTP uygulama süreci ve ulaşılan istatistiksel veriler olarak iki bölümde aktarılabilir. Burada süreç, çıktı ve geri dönüşlerin sistemli olarak ortaya konması sonuç bölümündeki değerlendirmelerin ilişkili ve tutarlı biçimde yapılmasını sağlamaktadır.

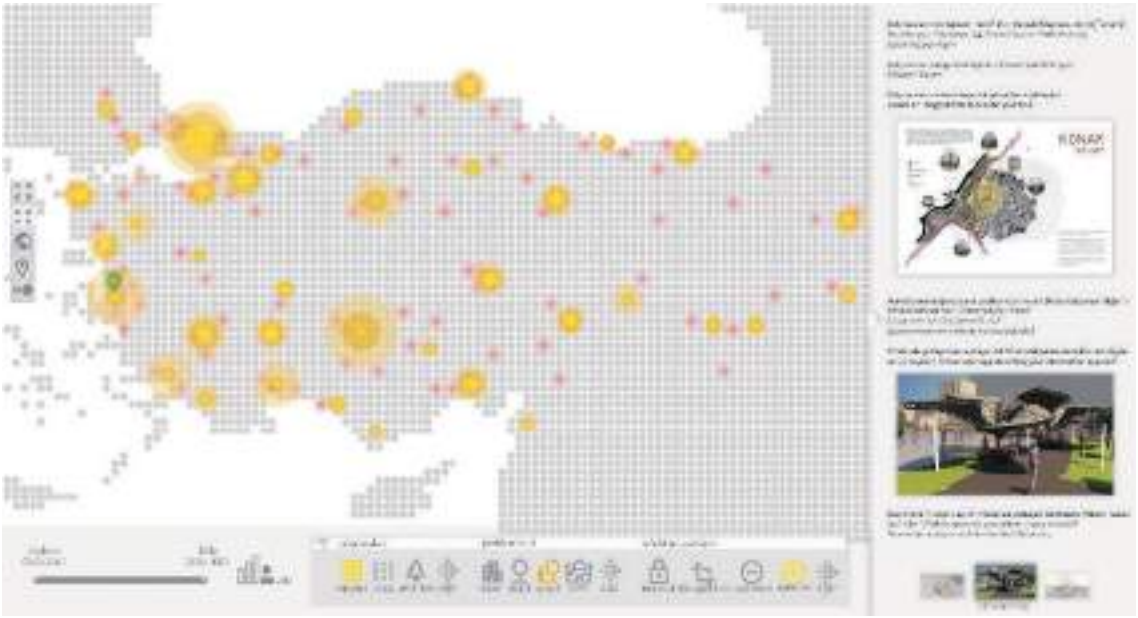
3.1. Uygulama Süreci

Deneysel uygulama süreci ve çıktıları araştırma kapsamında incelenen faktörler için doğrudan ve dolaylı veriler sağlamaktadır. Uygulamaya katılan 3 grup öğrenciden %85'i ikinci sınıf mimarlık öğrencisi olmak üzere, bu öğrencilerin %59'u kız öğrencidir. Fakat bu kategorik değişkenlere ilişkin ölçümlenen faktörlerde anlamlı bir farklılaşma görülmemektedir. İlk (analiz) aşaması sonrasında kolektif kartografya üzerindeki analiz verilerinin dağılımına bakıldığında, çevrimiçi olarak derse katılan öğrencilerin 47 farklı kent bağlamında dağılımı görülmektedir. Burada İstanbul (%40), İzmir (%7), Konya (%5) ve Ankara (%3) özellikle yoğunlaşan noktalardır. Dönem içerisinde de öğrencilerin pandemi şartlarına bağlı yer değişimleri gerçekleştiği bildirilmiştir. Fakat genel dağılımıyla çeşitli iklim ve coğrafyalardan farklı karakterde kentler platformda yer aldığı görülmektedir. Belirlenen ifade ve katmanlar üzerinden bu yoğunlaşma incelenebilir (**Şekil 4**).



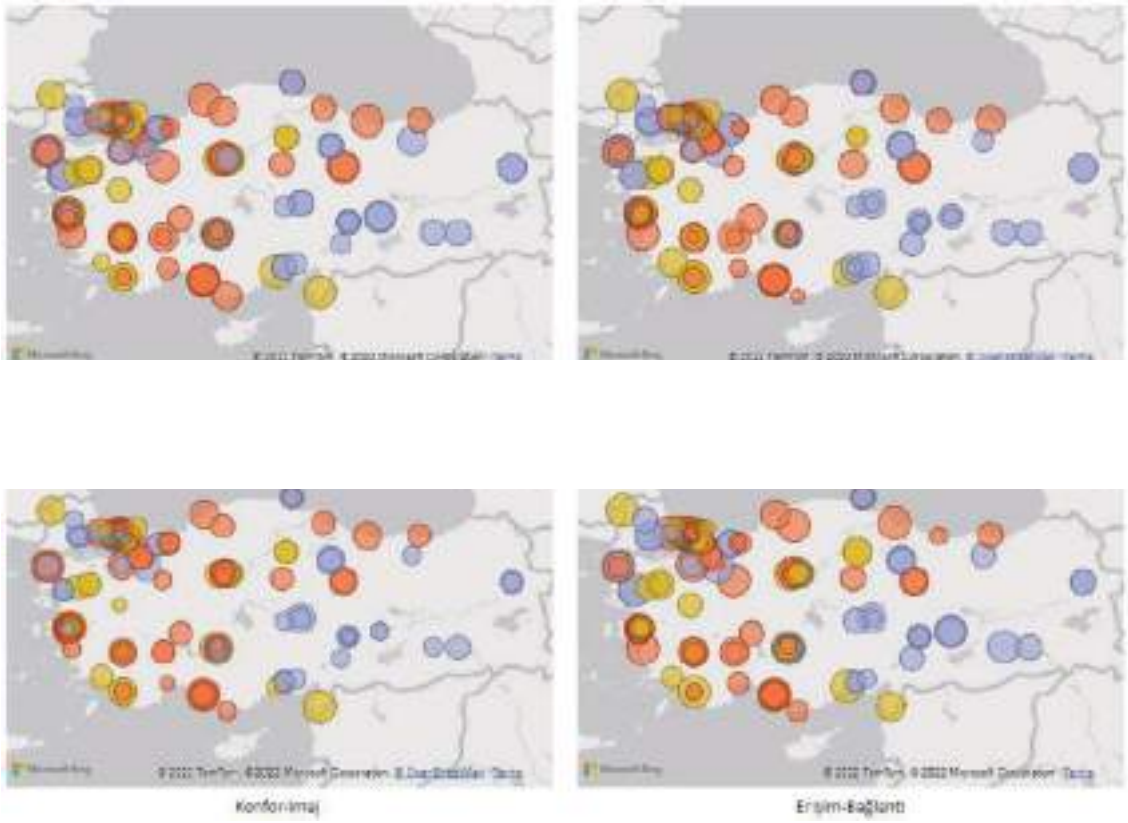
Şekil 4: Platform içerisindeki tekil, küme, genel ve proje gösterim katmanları (Yazar)

İki aşamalı KTP kullanımında bazı istatistikler öne çıkmaktadır. Burada öğrencilerin farklı kategorilerde yüklediği veriler 47 kenti kapsayan çeşitliliği desteklemektedir. Sırasıyla ilk aşamadaki alan çözümlemesi (1) ve problem türü (2), ikinci aşamadaki çözüm önerisi (3) detaylandırılmaktadır. Alan çözümlemeleri için meydan (%54), sokak (%20), park, rekreasyon ve kıyı promenadı (%17) ve pazar alanı, durak, âtıl ya da artık alanları içeren diğer kategoriler (%9) olarak dört kategoride dağılım göstermektedir. Alana ilişkin öne çıkan problem türü için sosyal (%61), yapılı (%9), doğal (%6), tarihi çevre (%3) ve diğer (birden fazla hibrit durumlar, %21) beş kategoride tespitler yer almaktadır. Çözüm önerisi olarak eklemek (%47), dönüştürmek (%21), korumak (%4), kaldırmak (%3), ve diğer (%25) müdahale biçimleri benimsenmiştir. Dolayısıyla 'meydan' (1), 'sosyal' (2) ve 'eklemek' (3) kategorileri genel dağılım içerisinde büyük çoğunluğu oluşturmaktadır (**Şekil 5**).



Şekil 5: Kolektif kartografya üzerinde filtrelenmiş veri dağılımı gösterimi (Yazar)

İkinci aşama sonrasında kolektif kartografya üzerinde hareketli görsellerle desteklenmiş (GIF) konsept tasarım fikirleri ve parametrelere bağlı değerlendirmeler yer almaktadır. Değerlendirmeler PPS organizasyonunun sistemleştirdiği kamusal mekân kalitesini etkileyen temel bileşenler doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla, analiz aşamasında belirlenen problemlere ilişkin önerilen bireysel yaklaşımlar ve tasarım fikirleri sosyalleşebilirlik, kullanım-aktiviteler, erişim-bağlantı, konfor-imaj kriterleri altında yer alan parametreler doğrultusunda öğrenciler tarafından değerlendirilmiştir. 7'li ölçek kullanılan kriterler için grupların genel dağılımları aşağıdaki gibidir (**Şekil 6**).



Şekil 6: Gruplara göre kriter değerlendirmeleri (Power BI ortamında oluşturulmuştur) (Yazar)

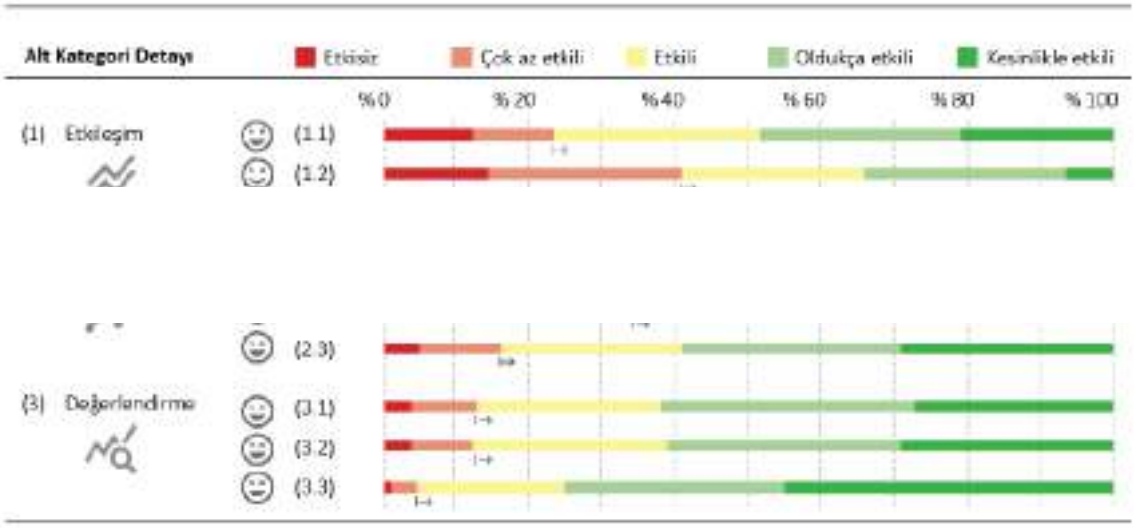
3.2. İstatiksel Bulgular

Uygulama ve değerlendirme sonrasında, platform kullanımının belirlenen üç faktör ve alt ifadeleri üzerindeki etkilerin analizi için anket sonuçları SPSS ortamına aktarılmıştır. Burada 5'li likert ölçeğe dayanan bulgular için ortalama, standart sapma ve olumluluk düzeyi gösterilmektedir. Ayrıca varyans homojenliği şartını sağlayan veri seti analizinde Tukey testinden yararlanılmaktadır. Burada gruplar arasında fikir üretimi/paylaşım ve değerlendirme ifadelerinde farklılaşma görülmektedir. Diğer ifadelerde ise anlamlı bir farklılaşma bulunmamaktadır (**Tablo 1**).

Tablo 1: Anket verilerinin analizi (Yazar)

		Öğrenci sayısı (N = 230)		Olumluluk	Anova Tukey HSD Testi			
Faktör	**Alt kategoriler**	M	SD	Düzeyi	GR1	GR2	GR3	Sig.
(1) Etkileşim	(1) Gruplar arası İletişim	3,4	1,2	% 72,8	,040	-	,040	**,048**
	(2) Derse Katılım	2,9	1,0	% 56,8	-	-	-	-
	(3) Etkileşim Biçimleri	3,8	0,9	% 89,7	-	-	-	-
				% 73,1				
(2) Fikir Üretimi	(1) Paylaşım	3,4	1,2	% 76,9	-	,020	,020	**,025**
	(2) Üretim	3,0	1,2	% 65,1	-	-	-	-
	(3) Tartışma	3,6	1,1	% 82,6	-	-	-	-
				% 74,9				
(3) Değerlendirme	(1) Değerlendirme	3,7	1,1	% 86,7	-	-	-	-
	(2) Şeffaflık	3,7	1,1	% 87,2	-	-	-	-
	(3) Açık Erişim (Arşiv)	4,1	0,9	% 93,8	-	,035	,035	**,024**
				% 89,2				
Ortalama		**3,5**		**% 79,1**				

Faktörler içerisinde yer alan ifadelerin ölçümlenmesinde kesme noktası 3 ve üzerinde olan değerlendirmeler memnun olarak kabul edilmektedir. Bu doğrultuda anlamlı farklılaşma ve aralarındaki ilişkilerin tespiti için analiz detaylandırılarak her bir ifadenin olumluluk düzeyleri incelenebilir. Bulgular içerisinde olumluluk düzeyi en yüksek 'açık erişim' (%93,8), en düşük ise 'derse katılım' (%56,8) ifadesi olduğu görülmektedir (**Şekil 7**).



Şekil 7: Anket sonuçlarında olumluluk düzeyi detaylı analizi (Yazar)

Son olarak veri girişi ve görüntülemesi için arayüz kullanımına ilişkin ölçümlenen ifadeler yer almaktadır. Burada ilk ankette (n:230) açık uçlu değerlendirmeler ön izleme, konum işaretleme gibi kategorik başlıklar altında toplanmıştır. Ardından ikinci bir anketle (n:31) bu kategoriler arasındaki istatistiksel ilişkiler ortaya konulmuştur. Öne çıkan kategoriler sırasıyla yüklenen dosya boyutu (%71), platformdaki veri gösterimi (%68), konum işaretleme (%64), veri

güncelleme ve düzeltme (%61), yüklenen dosya formatı (%55), mobil kullanımda verilerin incelenmesi (%51), grafiksel ikon benzeri temsiller (%45), veri görüntülemede tek tip format (%32), internet kesintisinde veri kaybı (%29), yorum ve kritik gibi etkileşimler (%29), arşiv özelliği (%26), ön bilgiler (%23), form çeşitliliği (%10) vd. olarak dağılım göstermektedir. Bulgular doğrultusunda öne çıkan arayüz problemlerinin birkaçı özelleştirme içerisinde yer almaktadır.

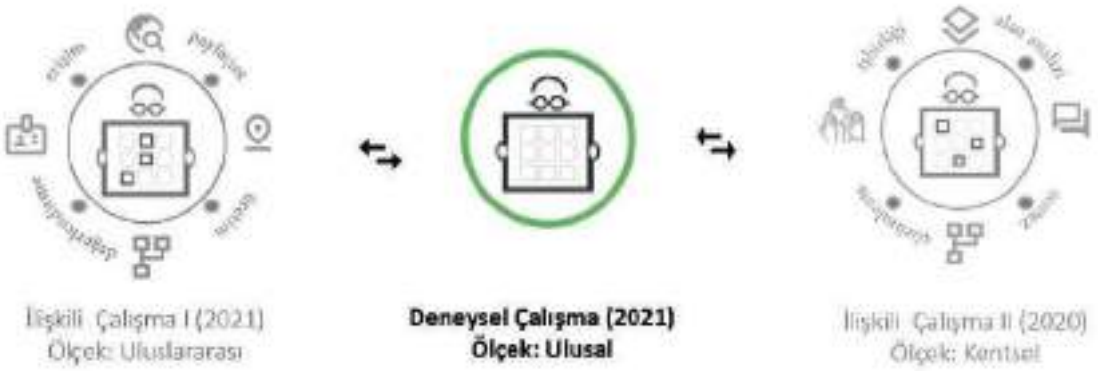
4. Değerlendirme ve Sonuç

Süreç, çıktı ve katılımcı deneyimlerinden elde edilen bulgular, sade ve uygulaması oldukça pratik biçimde kurgulanan KTP stratejisinin kriz şartlarını fırsata çevirme potansiyelini ortaya koymaktadır. Kullanılan platformun olumlu yönleri ve potansiyelleri için cevaplanan açık uçlu sorular içerisinde ders sürecini daha tanımlı hale getirmesi, diğer projeler ve yaklaşımlar hakkında bilgi verici olması, ders içi ve gruplar arası etkileşimi artırması, katılımcı ve şeffaf bir yaklaşımla değerlendirme imkânı sağlaması, uzun süreçte kullanımı ile zengin bir kaynak oluşturma potansiyeli gibi çok sayıda olumlu ifade dikkat çekmektedir. İncelenen üç temel faktöre ilişkin bulgular sırasıyla değerlendirilebilir.

1. Etkileşim faktörüne ait bulgular üç grup için pozitif etkiyi doğrulamaktadır. Diğer ifadelere kıyasla derse katılım için olumluluk düzeyinin düşük olması pandemi şartlarının getirdiği adaptasyon zorlukları gibi farklı sebeplere dayandırılabilir. Ayrıca gruplardaki öğrenci sayısının kitlesel yapısı da burada temel etken olarak irdelenebilir. Dolayısıyla birçok faktör ve ifade için katalizör konumundaki KTP tam anlamıyla derse katılıma ivme kazandırmada yetersiz kaldığı görülmektedir. Bu doğrultuda devam eden uygulamalar üzerinden karşılaştırmalı analizler yapılması daha net tespitler yapılmasını sağlayacaktır.
2. Fikir üretimi için etkileşim faktörüne yakın bir ortalamada olumluluk düzeyi (%74,9) saptanmıştır. Diğer ifadelerin aksine, paylaşım ifadesi için grup farklılığın nedeni olarak öğrenci sayısı (GR2 ve GR3 öğrenci sayısının GR1'e göre daha az olması) ya da dersin dili (GR 1 ve 2 TR; GR3 ING olması) gibi farklılıklar gösterilebilir. Fakat gruplar arası farklılık ifadelerin geneli için anlamlı düzeyde değildir. Dolayısıyla KTP kullanımının fikir üretimi için olumlu etkisi tüm gruplar için uzlaşılan bir nokta olarak değerlendirilebilir.
3. Değerlendirme faktöründe diğerlerine kıyasla daha yüksek olumluluk düzeyi (%89,2) saptanmıştır. Özellikle açık erişim ifadesinin ortak bir uzlaşı ile en yüksek değere sahiptir. KTP kullanım sürekliliğine bağlı olarak arşivin çeşitlenerek zengin bir kaynak haline dönüşmesi bu potansiyeli artıracağı öngörülmektedir. Modüler olarak derse entegre edilen platformda ikinci aşama olarak çözüm önerisinin belirlenen kriterlere (ölçütlere) göre puanlanması, dolayısıyla öz değerlendirmeyi desteklemesi de burada önemli bir potansiyel olarak değerlendirilebilir. Rubrik işlevinin geliştirilmesi de KTP geliştirme hedefleri arasında yer almaktadır.

Diğer taraftan anket çalışmaları için yaygın kullanıma sahip platformun araştırmada kullanımı özellikle arayüz ile ilişkili sınırlılıklara sahiptir. Bu doğrultuda yürütücünün katmanları organize edebilmesi ve özelleştirebilmesi, öğrencilerin düzeltme ve değerlendirme yapabilmesi, soru ve format çeşitliliği, ön izleme ve filtreleme seçenekleri, arşivde arama ve analiz gibi geliştirmelerin süreci daha verimli hale getireceği öngörülmektedir. Dolayısıyla da KTP kullanımının belirlenen faktörler üzerindeki etkisinin de artacağı savunulabilir. Ayrıca devam eden çalışmadan elde edilen bulgular ışığında farklı faktörlerin de ölçümlenerek kapsamın genişletilmesi mümkündür. Bu doğrultuda uluslararası ölçekte yürütülen çalışmalar irdelenebilir.

Araştırma sonuçları, kendi bağlamında test ettiği özgün stratejisi ile Avusturalya'da 1. sınıfların çevrimiçi tasarım stüdyosundan (Fleischmann, 2019) Slovakya'da mimarlık öğrencilerinin pandemi şartlarındaki alan gezileri ve saha çalışmalarındaki kısıtlarına (Kristianova & Joklova, 2020), Ürdün üniversitelerindeki mimarlık öğrencilerinin memnuniyet değerlendirmesine (Alnusairat vd., 2020), Nijerya genelinde çevrimiçi mimarlık eğitiminde yaşanan güçlüklerin tespitine (Abdulmajeed, 2020) kadar farklı bağlamlarda yürütülmüş çalışmalar gibi ortak ve güncel bir tartışmaya katkı sunmaktadır. Ayrıca birinci yazarın doktora teziyle ilişkili devam eden araştırma hibrit ortam ve farklı ölçeklerde (uluslararası, ulusal ve kent) test edilmektedir (**Şekil 8**). Burada incelenen faktörlerde kolektif kartografya yönteminin birlikte çalışma ve üretim üzerinden işbirlikçi tasarıma ilişkin potansiyellerinin mimarlık eğitiminin farklı bağlamlarında geliştirilmesi hedeflenmektedir.



Şekil 8: Çalışmanın farklı ölçek ve faktörler üzerinden gelişimi (Yazar)

Sonuç olarak çalışmanın tespit edilen potansiyelleri ve sınırlılıkları gelecek projeksiyonu içerisinde tartışılabilir. İlişkili çalışmalardan biri olarak yine mimarlık eğitimi içerisinde restorasyon ve tespit çalışmalarında kolektif kartografya tabanlı benzer bir yöntem test edilmektedir. Burada kırsal alanlar bağlamında öncelikler incelendiğinde özellikle çevrimdışı olarak uygulamaya veri girişi sağlanabilmesi gibi farklı özellikler öne çıkmaktadır. Benzer şekilde mimari tasarım dersi kapsamında alan çalışması için test edilen KTP için farklı katman ve formatlarda alana ilişkin verilerin toplanması ya da mobil kullanımı temel öncelik olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla çalışmada test edilen KTP farklı bağlamlarda modüler ya da bütüncül kullanım potansiyellerine sahiptir. Burada karşılaşılan sınırlılıklar ya da değişen öncelikler deneysel uygulamalarla tespit edilerek geliştirilebilir niteliktedir.

KAYNAKLAR

Abdulmajeed, K., Joyner, D.A., & McManus, C.A. (2020). Challenges of Online Learning in Nigeria. Proceedings of the Seventh ACM Conference on Learning @ Scale. DOI:10.1145/3386527.3405953

Alnusairat, S., Al Maani, D., & Al-Jokhadar, A. (2020). Architecture students' satisfaction with and perceptions of online design studios during COVID-19 lockdown: the case of Jordan universities. Archnet-IJAR: International Journal of Architectural Research. DOI:10.1108/arch-09-2020-0195

Baggaley, J. (2007). Distance Education Technologies: An Asian perspective, Distance Education, 28:2, 125-131, DOI: 10.1080/01587910701439191

Brown, J. B. (2020). From denial to acceptance: a turning point for design studio in architecture education, Retrieved Feb 15, 2022, from https://distancedesigneducation.com/2020/05/11/

Conrad, D. & Witthaus, G. (2021). Reimagining and reexamining assessment in online learning, Distance Education, 42:2, 179-183, DOI: 10.1080/01587919.2021.1915117

Cross, N. (2007). Forty years of design research. Design Studies. 28. 1-4. 10.1016/j.destud.2006.11.004

Fleischmann, K. (2019). From studio practice to online design education: Can we teach design online? | De l'enseignement pratique en studio à l'enseignement en ligne : peut-on enseigner le design en ligne ? Canadian Journal of Learning and Technology / La revue canadienne de l'apprentissage et de la technologie. DOI: 10.21432/CJLT27849

Hutzell, K. (2012). Mapping Urbanism, CHANGE, Architecture, Education, Practices, ACSA (Association of Collegiate Schools of Architecture International Conference) in Barcelona, Retrieved Feb 15, 2022, from https://www.acsa-arch.org/proceeding/change-architecture-education-practice/

Huybrechts, L., Dreessen, K., Schepers, S. (2012). Mapping design practices: on risk, hybridity and participation. DOI: 10.1145/2348144.2348155.

Jones, D., & Lotz, N. (2021). Design Education: Teaching in Crisis. Design and Technology Education: an International Journal, 26(4), 4-9. Retrieved from https://ojs.lboro.ac.uk/DATE/article/view/3135

Kristianova, K. & Joklova, V. (2020). On-site Research, Excursions, and Field Trips in Architectural Education – Constraints in the Time of COVID-19. 5677-5682. 10.21125/iceri.2020.1219

Morkel, J., Delport, H., Burton, L. O., Olweny, M., Feast, S. (2021) Towards an Ecosystem-of-Learning for Architectural Education: Reflecting on a network of six pedagogical clusters. *Charrette*, *7*(1), pp. 15-40.

O'Reilly, B. (2020). Don't Let a Good Crisis Go to Waste. Instead, Use It as a Catalyst for Innovation, Retrieved Feb 15, 2022, from https://singularityhub.com/2020/05/03/dont-let-a-good-crisis-go-to-waste-instead-use-it-as-a-catalyst-for-innovation/

Pelletier, K., Brown, M., Brooks, D. C., McCormack, M., Reeves, J., Arbino, N., ... & Mondelli, V. (2021). 2021 EDUCAUSE Horizon Report Teaching and Learning Edition.

Salmon, G. (2020). Covid-19 is the pivot point for online learning, Retrieved Feb 15, 2022, from

Santos, B., Gonçalves, J., Martins, A.M., Pérez-Cano, M.T., Mosquera-Adell, E., Dimelli, D., Lagarias, A., Almeida, P. G. (2021). GIS in Architectural Teaching and Research: Planning and Heritage. Educ. Sci. 11, 307. DOI: https://doi.org/10.3390/educsci11060307

Tregloan, K. & Thompson, J. (2021). Buckle Up! … BEL+T group learnings from a (very fast) move online. Charrette, 7 (1), pp.59-75 Retrieved from http://hdl.handle.net/11343/281089

UNESCO (2020). COVID-19 Raporu, Education in the time of COVID-19, Retrieved Feb 15, 2022, from https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374075_eng

UNESCO (2022). COVID-19 impact on education, Retrieved Feb 15, 2022, from https://en.unesco.org/covid19/educationresponse#schoolclosures

Zawacki-Richter, O. & Naidu, S. (2016). Mapping research trends from 35 years of publications in DistanceEducation, Distance Education, 37:3, 245-269, DOI: 10.1080/01587919.2016.1185079 https://wonkhe.com/blogs/covid-19-is-the-pivot-point-for-online-learning/

2. OTURUM

YAPAY ZEKA VE MAKİNE ÖĞRENMESİ

Mimarlık Öğelerinin Sentetik Olarak Yeniden Üretimi: Cephe Örneği

Şemsi Barış Terzi [1]; Özgün Balaban[2] ; Sema Alaçam[3]
[1]İstanbul Teknik Üniversitesi Mimari Tasarımda Bilişim Yüksek Lisans Programı;
[2]TU Delft; [3]İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü
[1]www.baristerzi.com, [1]baristerzitr@gmail.com; [2]www.ozgunbalaban.com, [2]ozgunbalaban@gmail.com ;
[3]https://akademi.itu.edu.tr/alacams/, [3]alacams@itu.edu.tr

Özet

Bu çalışma, yapay öğrenme tekniklerinin, tasarımın erken aşamasında bir karar destek aracı olarak kullanılabilirliğine odaklanmaktadır. Yapay öğrenme teknikleri tasarımın erken aşamalarında tasarımcının belirlediği tasarımlar, alternatifleri ya da öncül örnekler arasında bağlar kurup, sentetik tasarımlar üreterek tasarımcıya yeni ilham kaynakları sunabilir mi? Bu sorudan yola çıkılarak çalışmada, bir yapay zeka algoritması kullanılarak, belirlenen bir mimari öge üzerinde sentetik üretimlerinin yapılıp, üretilen sentetik çıktıların yorumlanmasına odaklanılmıştır. Çalışma özelinde yapay zeka modeli olarak StyleGAN, mimari öge olarak da cephe seçilmiştir. Seçilen yapay öğrenme modeli cephe görsellerinden oluşan iki farklı veri seti kullanılarak ikişer farklı seviyede eğitilmiştir. Eğitilen model ile rastgele sentetik cephe görselleri üreten, rastgele üretilen sentetik cephe görsellerinin interpolasyonu ile sentetik cephe görselleri üreten, veri setinde bulunan gerçek iki cephe görsel girdi olarak kullanılarak sentetik cephe görseli üreten ve veri setinde bulunmayan gerçek iki cephe görseli girdi olarak kullanılarak sentetik cephe görseli üreten olmak üzere dört farklı yöntemde üretimler yapılmış ve bu üretimler değerlendirilmiştir. Ayrıca bu modelin geliştirilmesi veya farklı amaçlarla kullanılması ile ortaya çıkabilecek potansiyeller tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Üretken sistemler, Yapay öğrenme, Çekişmeli üretici ağlar, Sentetik üretim, Mimari cephe*

Synthetic Reproduction of Architectural Elements: An Example of Facade

Şemsi Barış Terzi [1]; Özgün Balaban[2] ; Sema Alaçam[3]
[1]İstanbul Technical University Architectural Design Computing Graduate Program;
[2]TU Delft; [1]İstanbul Technical University Department of Architecture
[1]www.baristerzi.com, [1]baristerzitr@gmail.com; [2]www.ozgunbalaban.com, [2]ozgunbalaban@gmail.com ;
[3]https://akademi.itu.edu.tr/alacams/, [3]alacams@itu.edu.tr

Abstract

This study focuses on the usability of machine learning techniques as a decision support tool at the early stage of design. Can machine learning techniques provide new sources of inspiration to the designer by creating synthetic designs by establishing connections between the designs, alternatives or predecessor examples determined by the designer in the early stages of the design? Based on this question, the study focuses on making synthetic productions on a predetermined architectural element and interpreting the produced synthetic outputs by using an artificial intelligence algorithm. For the study, StyleGAN was chosen as the artificial intelligence model and the facade was chosen as the architectural element. The selected machine learning model was trained at two different levels using two different data sets consisting of facade images. Facades were produced with the trained model with four different methods and the produced facades were evaluated. The four methods are to produce random synthetic facade images, to produce synthetic facade images by interpolation of randomly generated synthetic facade images, to produce synthetic facade images by using two real facade visual inputs in the dataset, and to produce synthetic facade visuals with two real facade images that are not in the dataset. In addition, the potentials that may arise with the development of this model or its use for different purposes are discussed.

Keywords: *Generative systems, Machine learning, Generative adversarial network, Synthetic production, Architectural facade*

1. Giriş

Mimari tasarım çok katmanlı ve karmaşık bir süreçtir. Bu sürecin her aşamasında cevap aranan sorular ve çözülmesi gereken sorunlar vardır. Tasarım sürecinde bu soru ve sorunlara çözüm aranırken çoğunlukla mevcut mimari çözümlerden faydalanılmaktadır. Bu nedenle tasarımcılar üretilen mevcut tasarımları inceler, analiz eder ve bu tasarımlardan çıkarımlarda bulunur. Aynı zamanda mevcut tasarımlar, tasarımcılara ilham kaynağı ve tasarım motivasyonu olabilmektedir. İnternetin hayatımızda vazgeçilmez bir unsur olması ve istenilen verilere kolayca erişilebilmesi mevcut tasarımlara ulaşımımızı kolaylaştırmaktadır. Mevcut tasarımlardan oluşan büyük bir veri havuzu içinde soru ve sorunlara çözümler aramak tasarımcılar için zorluklar da oluşturmaktadır. Buna karşın tasarımcıların hayatında uzun süredir olan bilgisayar destekli tasarım yöntemleri, tasarım süreçlerini hızlandırıp kolaylaştırmaktadır. Günümüzde kullandığımız birçok yazılım ve uygulamada destek veya ana unsur olarak bulunan yapay zeka, bu büyük veri havuzu içinde tasarımcıya destek olacak bir bilgisayar destekli tasarım aracı olarak kullanılabilir mi? Tasarımın erken aşamalarında tasarımcının etkilendiği tasarımlar arasında bağlar kurulup, sentetik tasarımlar üretilerek tasarımcıya yeni ilham kaynakları sunulabilir mi? İkinci bölümde çalışmanın kavramsal çerçevesi, mimari cepheler ve yapay zeka tartışılmıştır. Üçüncü bölümde yapay zeka algoritması kullanılarak belirlenen bir mimari öge üzerinde sentetik üretimler yapılmış ve izlenilen süreç aktarılmıştır. Son bölümde ise çalışmada üretilen sonuçlar paylaşılmış, yorumlanmış ve yaklaşımın olası potansiyelleri tartışılmıştır.

2. Kavramsal Çerçeve

2.1. Mimari Öge: Cephe

Bir mimari öge olarak cephe, en genel anlamıyla bir yapıda iç ve dış ayrımını yapmakta olan bir arayüz, kamusal olan sokak ya da dış mekanla özel olan iç mekanın karşılaşma yüzeyidir. Aynı zamanda cephe, iç mekanın barındırdığı işlev, eylemler ve yaşantı hakkında da ipuçlarını dış mekana yansıtabilmektedir. Krier ve Kräftner bir binanın işlev ve anlamının aktarılmasında en gerekli mimari ögenin cephe olmasının halen geçerliliğini yitirmediğini vurgulamıştır. Düşüncesini cephenin binada yalnızca iç ve dış ayrımını gerçekleştirmekle kalmayıp binanın yapıldığı dönemdeki kültüre ait göstergeleri de barındırıyor olmasıyla desteklemiştir (Krier ve Kräftner, 1992). Cephe tanımının dönemsel farklılıklar içerdiği göz önünde bulundurulup Hasol'un (2009) "Mimarlık Cep Sözlüğü"ndeki cephe tanımlarına bakıldığında mimarlıkta genel anlamıyla cephenin "bir binanın yüzlerinden her biri; özellikle ön yüz" ve "bina yüzüne dik doğrultuda sonsuzdan bakılan görünüş" olarak tanımlandığı görülebilir.

Öztürk'ün (1978) ifade ettiği üzere kişi, çevresini saran binaların dış yüzeylerini oluşturan cepheleriyle ve çatılarıyla doğrudan ilişki kurmaktadır. Bu doğrudan ilişki çevresindeki binalarla kurduğu en çabuk ve etkin ilişkidir. Öztürk bu noktada düşüncesini Rasmussen'in (1964) "Experiencing Architecture" kitabındaki çoğu insanın mimariyi dış görünüşüne göre yargıladığı yönündeki ifadesi ile desteklemiştir. Mimarideki üslup tartışmalarının cepheden hareketle yürütülüyor olması da mimarinin dış görünüşüne göre yargılanıyor olmasını destekler niteliktedir. Bu kanıtla birlikte mimari tasarım sürecinde tasarımcının cephe tasarımının yalnızca bina kullanıcısının yargılamasına maruz kalmayacağı ve bina kullanıcısı olmayanların da yargısına açık olacağı fark edilmektedir. Sönmez'e (2011) göre cephenin niteliklerini ve anlam zenginliğini kent hayatındaki gelişmeler etkilemektedir. Çünkü bina kent içinde kullanıcısı için bir iç oluştururken aynı zamanda kentsel yapıyı oluşturan bir birim olarak da var olmaktadır. Cephe bu varlığın görünen yüzüdür. Bu durumun olağan getirisi olarak da cephe tasarımı aşaması mimari tasarım sürecinde tasarımcı için öne çıkan aşamalardan biri konumundadır.

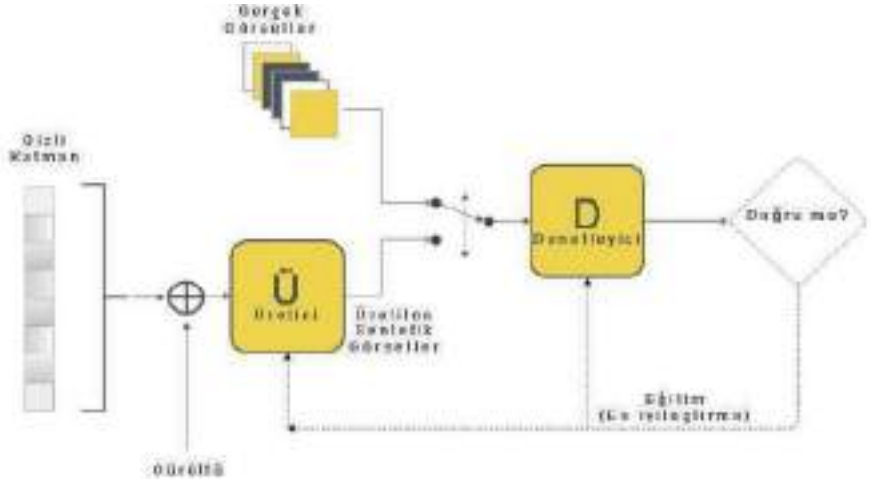
Sönmez (2011), cephenin tasarımın asal bir kaynağı olarak barındırdığı anlamlarının çok çabuk değiştiğini söylemiştir. Cephenin üzerine en çok anlam yüklenilen, her toplumsal koşula göre yeniden şekillendirilen anlam ve içerik yapısına sahip olan mimari öğe olduğunu ifade etmiştir. Bu noktadan hareketle de yüzyıllardır her toplumsal koşula göre yeniden şekillendirilen anlam ve içerik yapısına sahip cepheye günümüzün yapay zeka olanaklarıyla bakılmasının süregelen cephe tartışmalarına zenginlik katabileceği düşünülürken, çalışmada odaklanılan mimari tasarım sürecinde öne çıkan aşamalardan biri olan cephe tasarımı aşamasında tasarımcıya yapay zeka olanaklarının yeni ilham kaynakları sunma potansiyelidir.

2.2. Yapay Zeka: StyleGAN

Darthmouth Yaz Projesi'nde kavram olarak ortaya atıldığından beri yapay zeka (artificial intelligence), etkisini arttırarak hayatımıza dahil olmuştur. Bilgisayar bilimci McCarthy'e (2004) göre yapay zeka, akıllı makineler ve bilgisayarlar yapma bilimidir. Bu bilim doğal dil işleme, uzman sistemler, bilgisayarla görü, konuşma tanıma, planlama, robotik, yapay

öğrenme gibi alt dalları ile bilişim alanında hayat kolaylığımızı arttırmaktadır (Dejoux ve diğ., 2018). Yapay zekanın alt dallarından yapay öğrenme (machine learning), örnekler ve verilerle eğitilen algoritmaların veriler üzerinden çıkarımlar yaparak yeni veriler üretmesidir (Mitchell, 1997). Bu nedenle yapay öğrenme verimli sonuçlara ulaşabilmek için yüksek miktarda veriye ve bunu işleyebileceği işlem gücüne ihtiyaç duymaktadır. İnternetin yaygınlaşması ile yoğun bir biçimde artan, kolay işlenemez hale gelen veri birikimi ve son yıllarda bilgisayarların işlem ünitelerinin hızlanması, yapay öğrenme algoritmalarının hızlı gelişmesinin yolunu açmıştır. Çeşitli alt yöntemlere sahip olan yapay öğrenme ile derin öğrenme (deep learning) algoritmaları geliştirilmektedir. Derin öğrenme algoritmalarında çıkarımda bulunmak ve yeni veriler üretmek için öğrenme işleminde kullanılan verilerin birçok katmanı doğrusal olmayan bir şekilde kullanılmaktadır. Derin öğrenmede girdiler üzerindeki birden çok katmanın öğrenilmesi ve bu katmanlardan oluşturulan hiyerarşik bir düzen söz konusudur (Şeker vd., 2017). Derin öğrenme, insan beyninden ilham alarak yapay sinir ağları (artificial neural network) temelli hesaplama sistemlerine dayanmaktadır. Derin öğrenmenin temel amacı algoritmanın en az insan katkısıyla maksimum soyutlama yapmasıdır. Derin öğrenme, doğru özelliklerin veya uygun dönüşümlerin insan tarafından tanımlanmasını gerektirmez. Yeterince veri ve işlem gücü ile derin öğrenme algoritması her şeyi kendi başına keşfetmektedir (Alpaydın, 2020).

Farklı sorunlara farklı çözümler bulmaya yarayan derin öğrenme algoritmaları mevcuttur. Bu algoritmalar yapay sinir ağ katmanlarının farklılaşması, farklı biçimlerde bağlanması ile oluşur. Görüntü işleme ve üretmede kullanılan Çekişmeli Üretici Ağlar (Generative Adversarial Networks- GAN) yaygın olarak tanınan yapay sinir ağı algoritmalarındandır (Dettmers, 2015). GAN, üretici (generator) ve denetleyici (discriminator) olarak iki algoritmaya sahiptir. Üretici öğrenim verilerinden aldığı verilere benzer veriler üretmeye çalışırken, ayırıcı bu verilerin gerçek veya sahte olduğunu anlamaya çalışır. Üreticinin üretmiş olduğu veriler ayırıcı tarafından değerlendirilir ve ayırıcının üreticiye verdiği puanlar doğrultusunda üretilen yeni veriler birçok tekrar sonrasında gerçek verilere benzemeye başlar (Balcı ve diğ., 2020) (**Şekil 1**). Goodfellow vd.(2014) tarafından üretilen GAN, derin öğrenmenin görüntü işleme kabiliyetini önemli ölçüde arttırmıştır (Wason, 2018). GAN algoritmaları görsel pratiğin yüksek olduğu mimarlıkta verimli çalışmalara olanak sağlamaktadır.



Şekil 1: GAN algoritması çalışma yöntemi (Ganz, 2020)

Bu çalışmada GAN algoritması ile temellenen bir model olan StyleGAN kullanılmıştır. NVidia Labs tarafından üretilen StyleGAN görsellerin özniteliklerinin (cepheler için örneğin: kat yüksekliği, form) otomatik olarak öğrenilmesine, görüntülerdeki skolastik varyasyonların (cepheler için düşey-yatay elemanlar) denetimsiz bir biçimde katmanlanmasına olanak sağlar (Karras ve diğ., 2020a). Çalışmada kullanılan StyleGAN modeli StyleGAN2-ADA-pytorch versiyonudur (NVLabs, 2021). StyleGAN2 tabanlı bu StyleGAN versiyonu daha az ve daha düşük çözünürlüklü veri ile daha optimal sonuçlar verdiği için tercih edilmiştir (Karras vd., 2020b). Çalışmada en güncel StyleGAN versiyonu olan StyleGAN3'ün kullanılamama sebebi StyleGAN3'ün hızlı eğitim için ulaşılması daha pahalı olan Ampere mimariye sahip grafik kartlarına ihtiyaç duymasıdır.

3. Süreç

3.1. Veri Seti

GAN algoritmalarında verimli eğitilmiş bir model oluşturulabilmesi için temiz, amacına uygun ve düzenli bir veri setine ihtiyaç vardır. Veri setinde bulunan öge sayılarının fazlalığı da GAN modelinin verimliliğini arttırırken eğitim sürelerini de arttırabilmektedir. Çalışmada mimari öge olarak seçilen cephe için veri seti elde edilirken; görseldeki cephenin oranlarının korunmuş olmasına, cephenin düşey çizgilerinin görsel çerçevesinin yatay kenarına dik açıyla konumlanmışken, cephenin yatay çizgilerinin görsel çerçevesinin yatay kenarına paralel olmasına ve görsel çerçevesi içinde odaklanılması istenen cephe dışında daha az öge olmasına ya da hiç olmamasına dikkat edilmiştir.

Çalışmada kullanılan veri seti oluşturulurken önceden oluşturulmuş iki farklı veri setinden faydalanılmış ve bu veri setleri üzerinde bazı işlemler yapılmıştır. Kullanılan veri setlerinden ilki Isola vd. (2017) tarafından geliştirilen GAN algoritması olan Pix2Pix'in Labels to Facade modelini eğitmek için kullandıkları Facades (FAC) veri setidir. Söz konusu veri seti pencere, duvar, balkon gibi elemanları işaretlenmiş 506 cepheden oluşmaktadır. Veri seti kullanılırken işaretli görseller göz ardı edilerek yalnızca cephe görselleri kullanılmıştır. Görseller belirlenen veri seti kriterlerine uygun olduğu için elle müdahalede bulunulmamıştır; yalnızca tüm görsellerin aynı çözünürlükte (256x256 piksel) ve aynı renk derinliğinde (RGB) olması için bir ön işlem yapılmış, ardından StyleGAN2'nin sunduğu veri seti düzenleme aracı (dataset_tool) ile algoritmaya girdi olarak kabul edilebilecek formata çevrilmiştir (**Şekil 2**).



Şekil 2: FAC veri seti düzenleme aşamaları (yazarlar tarafından üretilmiştir)

Çalışmada faydalanılan ikinci veri seti Xu vd. (2014) tarafından mimaride stil sınıflandırması yapmayı amaçlayan bir çoklu lojistik regresyon algoritması için toplanan Architecture (ARCH) veri setidir. Bu veri setinde ise 4799 yapı görseli 25 mimari stil altında sınıflandırılmıştır. Aralarında Barok, Beaux-Art, Gotik, Paladian gibi stil başlıklarının da bulunduğu veri setinden Bauhaus, Chicago School, Deconstructivism, International ve Postmodern stil başlıkları altında bulunan ve belirlenen kriterlere uygun veya elle müdahale ile uygun hale getirilebilecek 135 görselden yararlanılabilmiştir. Görseller gerekliliklerine göre önce elle müdahale ile belirlenen kriterlere uygun hale getirilmiş, daha sonra sırasıyla aynı çözünürlükte (256x256) ve renk derinliğinde (RGB) olmaları için bir ön işleme yapılmış ve StyleGAN2'nin sunduğu veri seti düzenleme aracı (dataset_tool) ile algoritmaya girdi olarak kabul edilebilecek formata çevrilmiştir (**Şekil 3**).



Şekil 3: FAC-ARCH veri seti düzenleme aşamaları (yazarlar tarafından üretilmiştir)

Elde edilen bu veri setleri sadece FAC veri seti ve FAC-ARCH veri seti beraber olacak şekilde algoritmada kullanılmıştır. FAC veri seti 506 cephe görselinden (**Şekil 4**), FAC-ARCH veri seti 641 cephe görselinden oluşmaktadır (**Şekil 5**). FAC veri setinde bulunan cephe tipolojilerinin kendi içlerindeki benzerliği nedeniyle, FAC-ARCH veri seti farklı tipolojideki cephelerle zenginleştirilerek algoritmanın cepheler üzerindeki potansiyelinin görülebilmesi için oluşturulmuş ve kullanılmıştır.



Şekil 4: FAC veri seti bir bölümü (uyarlanmıştır)

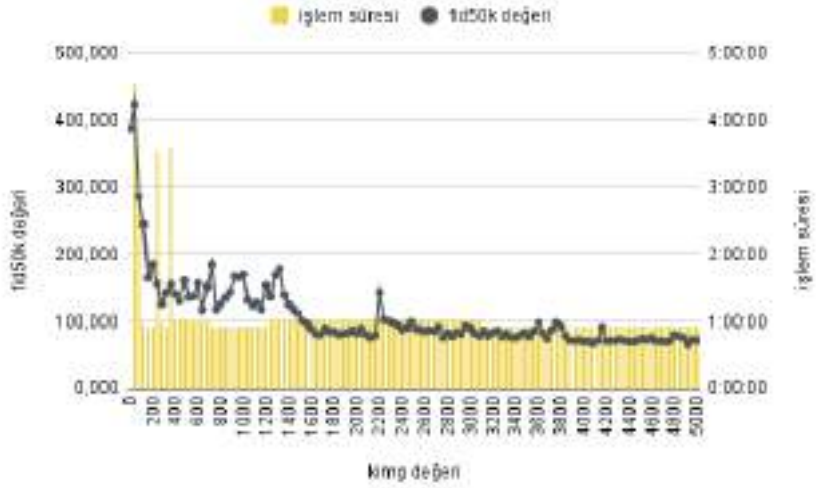


Şekil 5: FAC-ARCH veri seti bir bölümü (uyarlanmıştır)

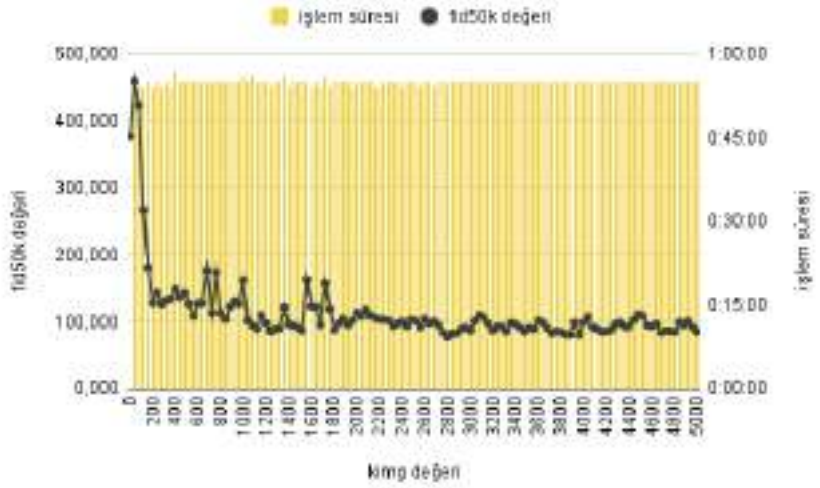
3.2. Algoritma

Çalışmanın amacı doğrultusunda belirlenen GAN modeli StyleGAN2-ada-pytorch, python programlama dili ile kodlanmıştır. NVlabs tarafından geliştirilen bu model grafik ünitelerinin CUDA çekirdeklerinden faydalanarak hızlı bir eğitim ve üretim süreci sunmaktadır. Bu çalışmada CUDA desteği olan ve gerekli güce sahip grafik ünitesi çalışma zamanı sunabilmesi nedeniyle bulut tabanlı entegre geliştirme ortamı olan Google Colab kullanılmıştır. Modelin kullanılabilmesi için gerekli algoritma oluşturulurken, grafik ünitesinin etkili biçimde kullanılabilmesi için Pytorch, modelin derlenmesini hızlandırabilmesi için Ninja ve görüntülerin işlenebilmesi için CV2 ve Imageio kütüphanelerinden yararlanılmıştır. İsmi verilen kütüphanelere ek olarak faydalanılan StyleGAN modeli de birçok dahili ve harici kütüphaneden yararlanmaktadır. Bu çalışmada eğitim süresince Google Colab'ın kullanıma sunduğu Tesla K80, T4 ve P100 grafik üniteleri kullanılmıştır. Söz konusu grafik ünitelerinin kullanım sürelerinin sınırlı olması nedeniyle model, paketler halinde eğitilmiş ve süre sınırına uğrayan paketteki eğitilen model verisi kaydedilerek bir sonraki pakette devam ettirilmiştir. Bu eğitim sürecinde StyleGAN modelinin performans kriteri olarak sunduğu fid50k değeri ve eğitim tekrarını (iterasyon-iteration) gösteren kimg değerleri kullanılmıştır. Eğitim sürecinde kimg değerleri olarak 1200-5000 ve fid50k değeri olarak 100'ün altı hedeflenmiştir. Bu hedefler belirlenirken StyleGAN'ın ön eğitimli modeli olan Flickr-Faces-HQ veri seti kullanılarak 256x256 piksel çözünürlüğünde 10 bin görsel ile eğitilmiş FFHQ-10k referans alınmıştır (NVLabs, 2021).

Ayrı ayrı eğitilen iki veri setinden ilki FAC Colab'ın sunduğu üç grafik ünitesinin de farklı sıralamalarla kullanılmasıyla 16 pakette yaklaşık 134 saatte eğitilebilmiştir. 1200 kimg değerinde en az 117,492 fid50k, 5000 kimg değerinde en az 66,236 fid50k değerine ulaşılabilmiştir (**Şekil 6**). İkinci veri seti olan FAC-ARCH ise sadece Colab'ın sunduğu iki grafik ünitesinin de farklı sıralamalarla kullanılmasıyla 10 pakette yaklaşık 115 saatte eğitilebilmiştir. Bu veri setinin daha az paket sayısı ve daha kısa sürede eğitilebilmesi, veri setinden ziyade kullanılan grafik ünitesinin performansından kaynaklanmaktadır. 1200 kimg değerinde en az 85,528 fid50k, 5000 kimg değerinde en az 77,092 fid50k değerine ulaşılabilmiştir (**Şekil 7-8**).



Şekil 6: FAC veri seti kimg-fid50k değeri ve eğitim süreleri (yazarlar tarafından üretilmiştir)



Şekil 7: FAC-ARCH veri seti kimg-fid50k değeri ve eğitim süreleri (yazarlar tarafından üretilmiştir)

veri seti	kimg	fid50k (en az)	eğitim süresi	paket
FAC 506 görsel	1200	117,492	29:47:00	11
	5000	66,236	133:20:00	16
FAC-ARCH 614 görsel	1200	85,528	17:23:00	4
	5000	77,092	114:26:00	10

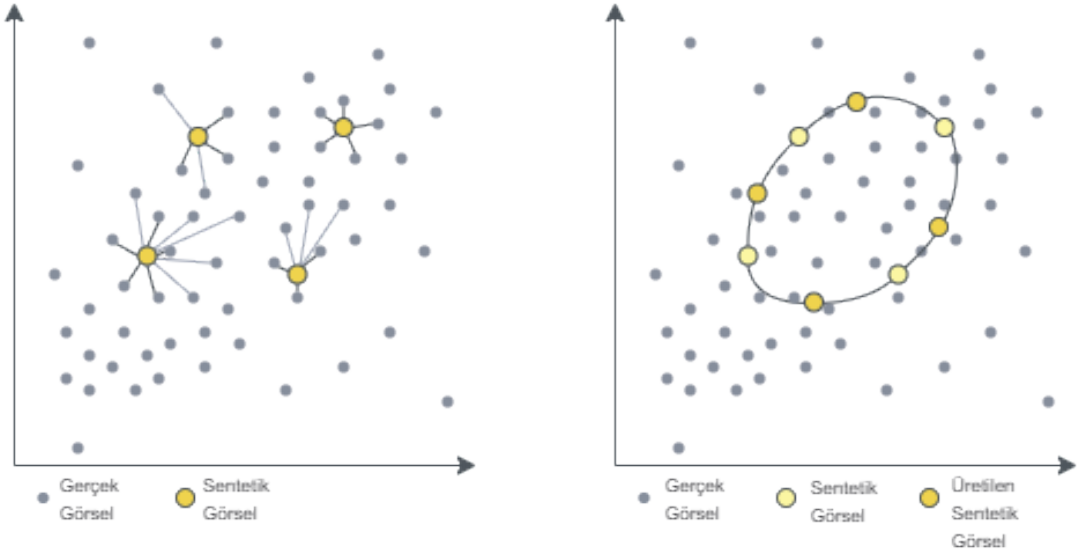
Şekil 8: Eğitim süreci ve değerler (yazarlar tarafından üretilmiştir)

Kullanılan StyleGAN modeli, eğitim veri setindeki görselleri GAN vektörlerine dönüştürmekte ve bu GAN vektörlerinden oluşan gizli vektör uzayını oluşturmaktadır. Kayıt edilmiş her eğitilen model verisi bu vektör uzayından faydalanarak en iyileştirilmiş ve gürültü görsellerden sentetik görsellere dönüştürülmüş rastgele görseller de kayıt etmektedir (**Şekil 9**). Eğitim süreci tamamlanan model ile dört farklı yöntemle sentetik cephe üretimi yapılmıştır. Bunlardan ilki modelin rastgele sentetik cephe görselleri ürettiği rGEN (random generate), ikincisi rastgele üretilen sentetik cephe görsellerinin interpolasyonu ile üretilen sentetik cephe görselleri rINT(random interpolation), üçüncüsü veri setinde bulunan gerçek iki cephe görseli ile üretilen cephe görseli aGEN (available data generate), sonuncusu ise veri setinde bulunmayan gerçek iki cephe görseli ile üretilen cephe görselidir sGEN (stranger data generate) olarak tanımlanmıştır (**Şekil 10-11**). rGEN, gizli vektör uzayından yararlanarak farklı rastgelelik değeriyle rastgele görseller üretmektedir. rINT, üretilen rastgele sentetik görseller arasında vektörel olarak dolaşmakta ve verilen katsayılarla görseller arasındaki interpolasyonla üretilmiş sentetik görselleri kaydetmektedir. aGEN ve sGEN girdi olarak alınan görseli GAN vektörüne çevirmekte ve bu vektörler arasında dolaşarak verilen katsayılarla görseller arasındaki interpolasyonla üretilmiş

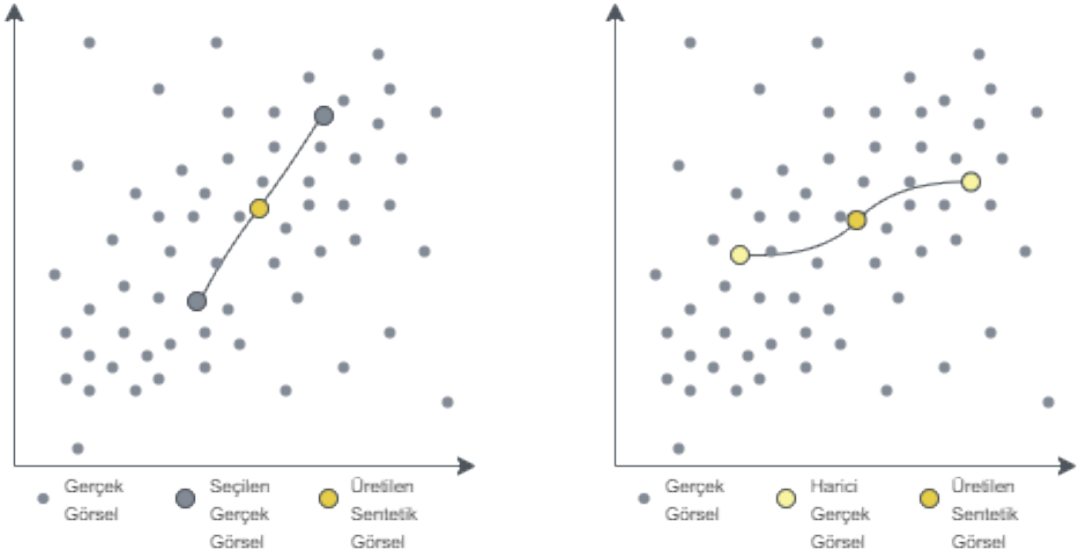
sentetik görselleri kaydetmektedir. Bu dört farklı sentetik cephe üretim yöntemi iki veri seti için de uygulanmıştır. Bu dört üretim yönteminin her birinde iki veri setinin karşılaştırılabilmesi için aynı/yakın girdiler, rastgelelik değerleri ve katsayılar kullanılmıştır.



Şekil 9: FAC veri seti ile üretilmiş sentetik görsellerin bir bölümü (kimg:1200, fid50k:117,492) (yazarlar tarafından üretilmiştir)



Şekil 10: Vektörel gizli uzayda sentetik görsel üretim yöntemleri. Sol: rastgele üretilen sentetik görsel (rGEN), Sağ: sentetik görsellerin interpolasyonu ile üretilen sentetik görseller (rINT) (yazarlar tarafından üretilmiştir)



Şekil 11: Vektörel gizli uzayda sentetik görsel üretim yöntemleri. Sol: veri setinde bulunan gerçek görseller ile üretilen sentetik görsel (aGEN), Sağ: veri setinde bulunmayan gerçek görseller ile üretilen sentetik görsel (sGEN) (yazarlar tarafından üretilmiştir)

4. Sonuç

4.1. Bulgu ve Çıktılar

StyleGAN yapay zeka modeli ile temellendirilmiş algoritmayla iki ayrı veri seti eğitilmiştir. Eğitilen model ile dört farklı yöntemle birçok sentetik görsel üretilmiştir. Üretilen sentetik görseller ve bu görsellerin üretilebilmesi için kullanılan girdiler tablo haline getirilmiştir.

rGEN yöntemi ile üretilen sentetik görseller her iki veri seti için de veri setinde bulunan farklı tipolojilerin çizgilerini yansıtmaktadır. Cephelerin kat yüksekliklerinin her iki veri setinde de fazla olması nedeniyle model çok katlı sentetik cephe görselleri üretmeye eğilimlidir. FAC veri seti için üretilen sentetik görsellerde 1200 kimg değerli model, katlardaki pencere sayılarını arttırmış ve pencereleri tek tipleştirmiştir. FAC veri seti 5000 kimg değerli model ve FAC-ARCH veri seti için pencerelerdeki tek tipleşme söz konusu değildir. FAC veri seti 1200 kimg değerli modeli katlar için de tek tipleştirmeye eğilimlidir. rINT yöntemi ile girdi olarak kullanılan rGEN yöntemiyle üretilen sentetik cepheler arasında interpolasyon kullanılarak geçişler sağlanmış ve belirli katsayılar kullanılarak kaydedilmiştir. Katsayılar 0 ile 1 arasında belirlenmiş, 0 ve 1 girdi olarak kullanılan görselleri temsil etmektedir. Her iki veri seti için de girdi cepheler arasında doğrusal bir geçiş söz konusu değildir. FAC veri seti 5000 kimg değerli modelde eğitim setinde eğrisel cephe çizgileri olmamasına rağmen cephelerdeki döşeme çizgileri eğrisel üretilmiştir. FAC-ARCH veri setinde üretilen geçiş görselleri daha fazla çeşitliliğe sahiptir, böylece tasarımcıya daha farklı fikirler sunabilme potansiyeli taşımaktadır. FAC veri seti için 1200 kimg değerli, FAC-ARCH veri seti için iki modelin cephe üretim ve interpolasyon yaklaşımları birbirine benzerdir. Bu duruma yakın fid50k değerlerine sahip olmasının neden olduğu düşünülmektedir (**Şekil 12-13-14-15**).

aGEN yöntemi sentetik görseller üretmeden önce girdi olarak kullanılan veri setinde mevcut gerçek görseli GAN vektörüne çevirmektedir. Çevirme sürecinde cephe karakteristiğini kaybetmese de rGEN yönteminde bulunan tektipleştirme cephenin detayları için söz konusudur. aGEN yöntemi ile FAC veri seti 1200 kimg değerli model için GAN vektörüne dönüştürülürken cephe kat ve düşey birimlerinin sayısı arttığı gözlemlenmiştir. GAN vektörleri arasındaki interpolasyon sürecinde cephedeki düşey ve yatay çizgiler arasındaki geçiş görsel olarak farklılıklar oluştursa da bunun tasarımsal olarak etkili olmadığı düşünülmektedir (**Şekil 16-17**). FAC-ARCH veri seti için 1200 kimg değerli modelde GAN vektörüne dönüşüm sürecinde cephenin düşey ve yatay çizgileri daha fazla korunmaktadır. Bu durum girdi olarak seçilen görselin veri setindeki cephelerin genel düşey ve yatay çizgilerinin yoğunluğuna yakın olduğu için olabilir. 5000 kimg değerli modelde ise cephelerin lineer çizgileri bozulmaktadır. Bu durumun fazla eğitim (over train) kaynaklı olması muhtemeldir. Yine bu veri seti için de interpolasyon sürecinde cephedeki düşey ve yatay çizgiler arasındaki geçiş görsel olarak farklılıklar oluştursa da bunun tasarımsal olarak etkili olmadığı düşünülmektedir (**Şekil 18-19**).



Şekil 12: FAC veri seti ile rGEN ve rINT yöntemi ile üretilen sentetik görseller (kimg:1200, fid50k:117,492) (yazarlar tarafından üretilmiştir)



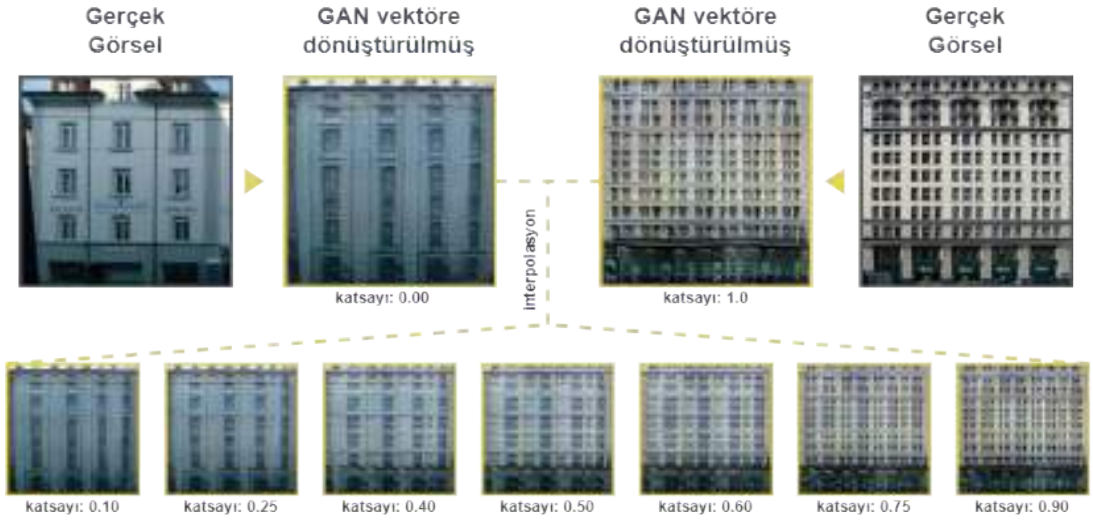
Şekil 13: FAC veri seti ile rGEN ve rINT yöntemi ile üretilen sentetik görseller (kimg:5000, fid50k:66,236) (yazarlar tarafından üretilmiştir)



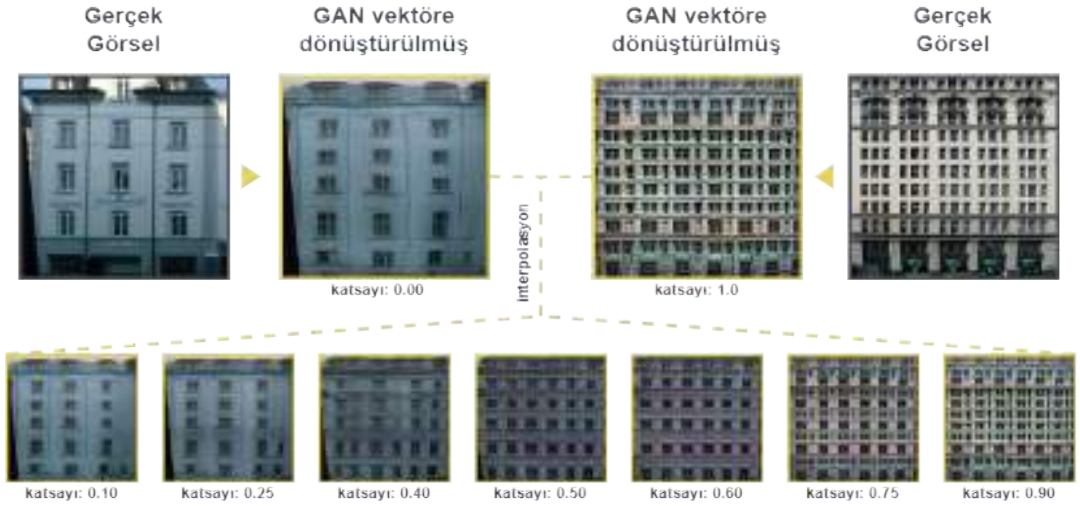
Şekil 14: FAC-ARCH veri seti ile rGEN ve rINT yöntemi ile üretilen sentetik görseller (kimg:1200, fid50k:85,528) (yazarlar tarafından üretilmiştir)



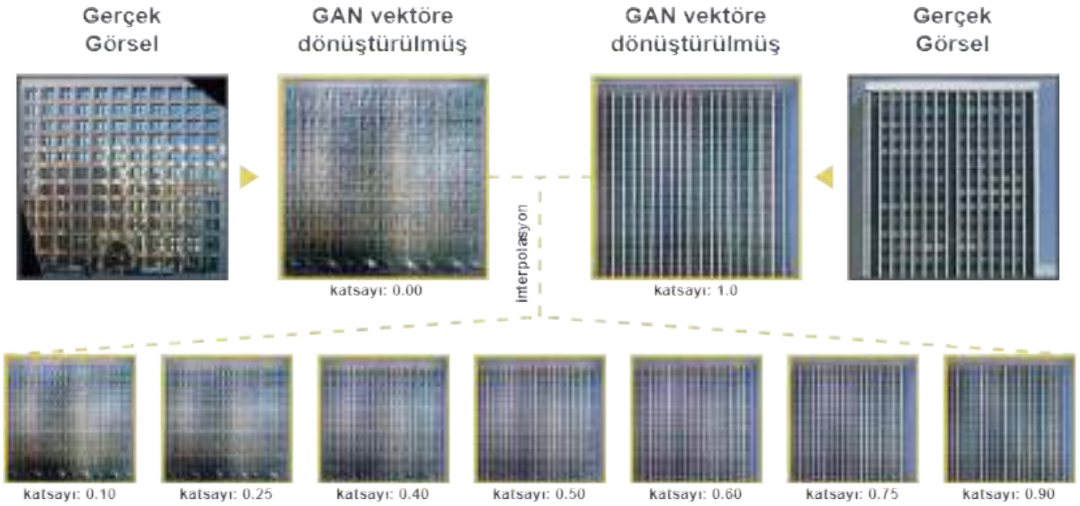
Şekil 15: FAC-ARCH veri seti ile rGEN ve rINT yöntemi ile üretilen sentetik görseller (kimg:5000, fid50k:77,092) (yazarlar tarafından üretilmiştir)



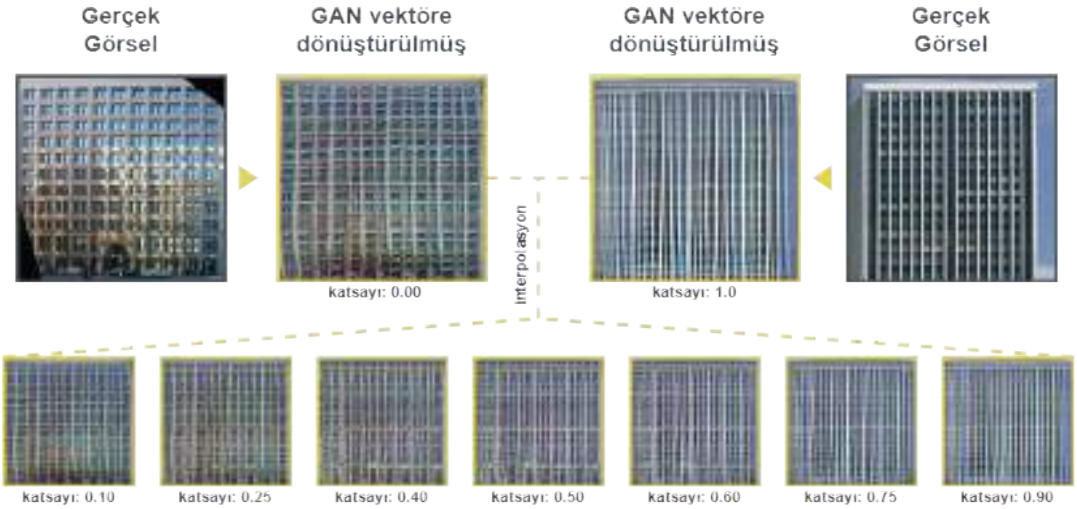
Şekil 16: FAC veri seti ile aGEN yöntemi ile üretilen sentetik görseller (kimg:1200, fid50k:117,492) (yazarlar tarafından üretilmiştir)



Şekil 17: FAC veri seti ile aGEN yöntemi ile üretilen sentetik görseller (kimg:5000, fid50k:66,236) (yazarlar tarafından üretilmiştir)

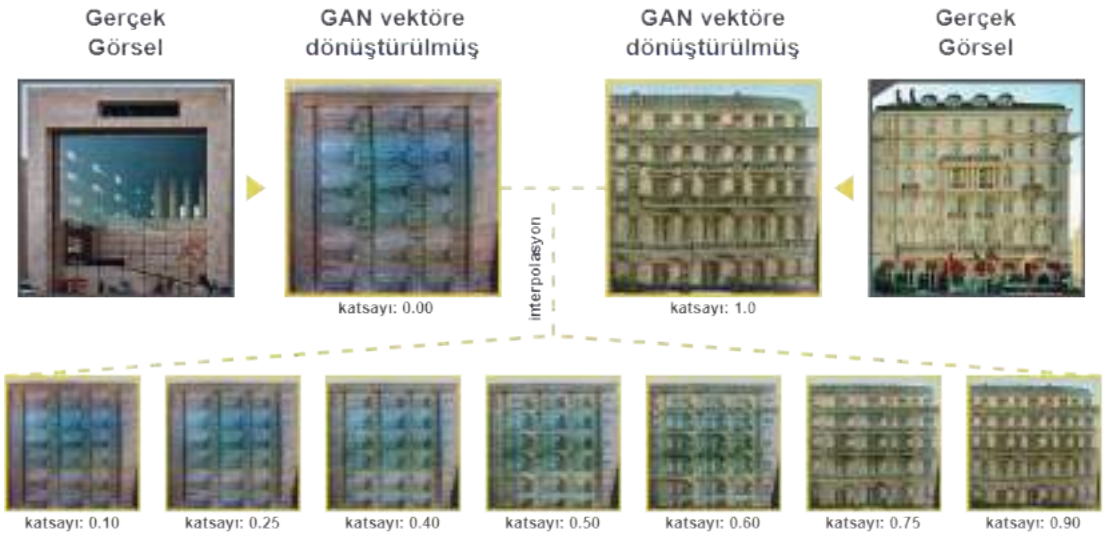


Şekil 18: FAC-ARCH veri seti ile aGEN yöntemi ile üretilen sentetik görseller (kimg:1200, fid50k:85,528) (yazarlar tarafından üretilmiştir)

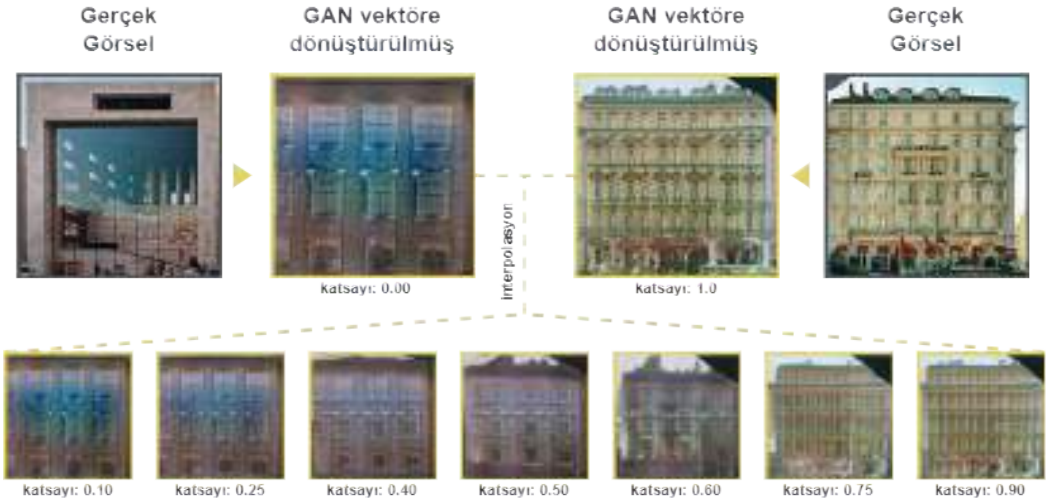


Şekil 19: FAC-ARCH veri seti ile aGEN yöntemi ile üretilen sentetik görseller (kimg:5000, fid50k:77,092) (yazarlar tarafından üretilmiştir)

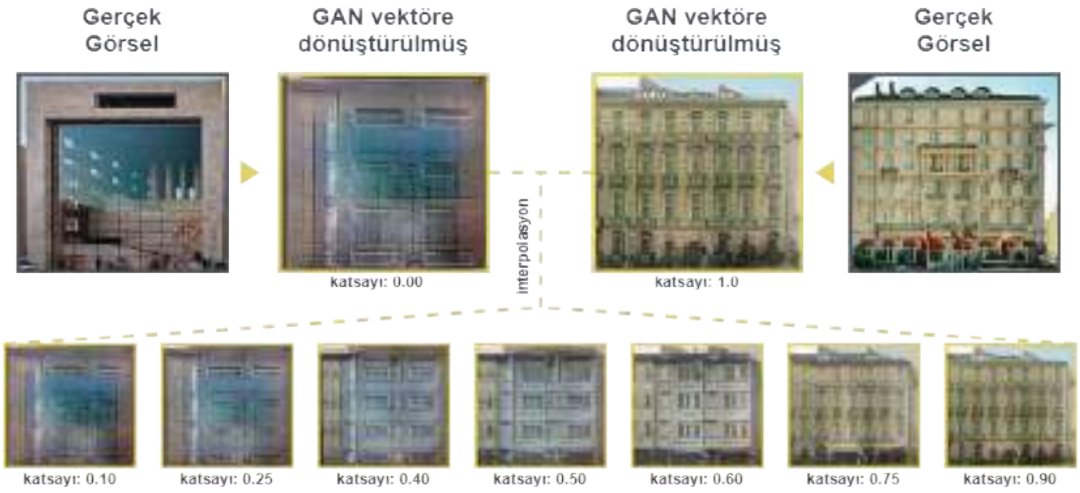
sGEN yönteminde de gerçek görselin GAN vektörüne dönüşümü söz konusudur. Bu yöntemde veri setinde bulunmayan farklı dönemlere ait iki farklı cephe girdi olarak seçilmiştir. Seçilen girdilerden ilki görece sade ve net çizgilere sahip olan Yapı Kredi Kültür Sanat binası cephesi, ikincisi ise daha kalabalık cephe ögelerine sahip Pera Palas binası cephesidir. FAC veri seti için 1200 kimg değerli modelde ilk girdi görsel GAN vektörüne dönüştürülürken cephe karakteristiğini ve formunu kaybetmektedir, ikinci girdi ise formunu ve karakteristiğini kaybetmese de cephe detaylarında değişiklikler gözlemlenmektedir (**Şekil 20**). FAC veri seti için 5000 kimg değerli modelde ise yine ilk girdi görsel GAN vektörüne dönüştürülürken cephe karakteristiğini ve formunu kaybetmekte, ancak ikinci girdi formunu, karakteristiğini ve cephe detaylarını daha fazla korumaktadır (**Şekil 21**). FAC-ARCH veri seti için 1200 kimg değerli modelde ilk girdi görsel GAN vektörüne dönüştürülürken cephe formunu kaybetmese de karakteristiğini kaybetmektedir, ikinci girdi ise yine formunu ve karakteristiğini kaybetmese de cephe detaylarında değişiklikler gözlemlenmektedir (**Şekil 22**). FAC-ARCH veri seti için 5000 kimg değerli modelde ise her iki girdi görsel de cephe karakteristiğini ve formunu kaybetmektedir (**Şekil 23**). Her iki veri seti için de interpolasyon sürecinde cephedeki düşey ve yatay çizgiler arasındaki geçiş görsel olarak farklılıklar oluşturmakta ve aGEN yöntemine göre daha fazla tasarımsal potansiyele sahip olduğu düşünülmektedir.



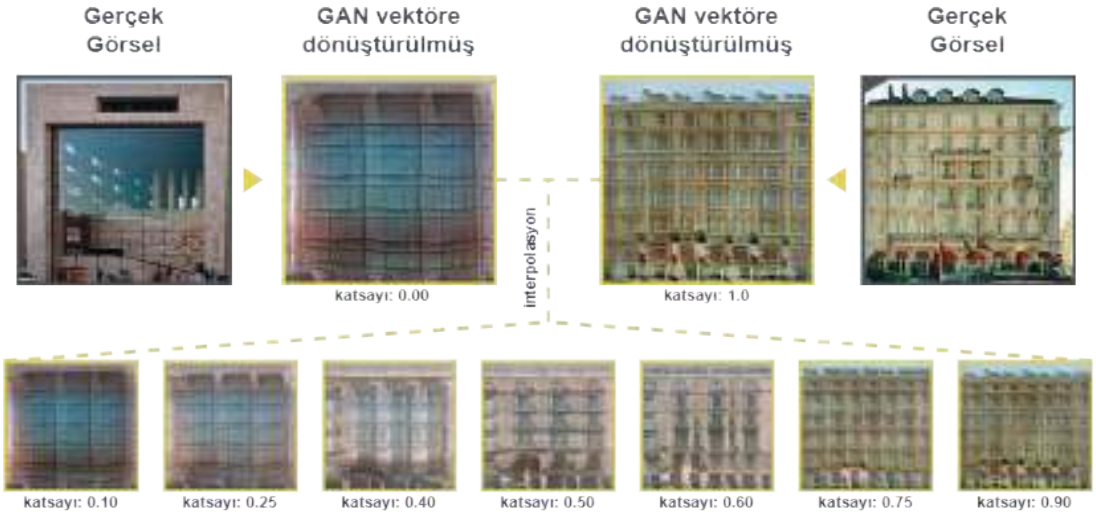
Şekil 20: FAC veri seti ile sGEN yöntemi ile üretilen sentetik görseller (kimg:1200, fid50k:117,492) (yazarlar tarafından üretilmiştir)



Şekil 21: FAC-ARCH veri seti ile sGEN yöntemi ile üretilen sentetik görseller (kimg:1200, fid50k:85,528) (yazarlar tarafından üretilmiştir)



Şekil 22: FAC-ARCH veri seti ile sGEN yöntemi ile üretilen sentetik görseller (kimg:1200, fid50k:85,528) (yazarlar tarafından üretilmiştir)



Şekil 23: FAC-ARCH veri seti ile sGEN yöntemi ile üretilen sentetik görseller (kimg:5000, fid50k:77,092) (yazarlar tarafından üretilmiştir)

4.2. Potansiyel

Eğitilen model daha fazla görsele sahip, daha farklı tipolojiler içeren ve daha yüksek çözünürlüklü bir veri seti ile eğitilirse tasarımsal anlamda daha fazla çeşitliliğe olanak sağlayabilir ve tasarım sürecinde tasarımcıya daha fazla katkıda bulunabilir. Daha zengin bir veri seti ile beraber daha fazla kimg değeriyle de bu modelin veriminin arttırılması mümkündür. Fakat mevcut veri seti ile daha fazla kimg değerindeki üretim olumlu sonuçlar üretmekte yetersiz kalmıştır. Ayrıca zengin veri seti ve daha fazla kimg değeri eğitim süresini de uzatacaktır. Oluşturulan algoritma tasarımcıların kullanımına sunulup geri bildirimler alınarak mimari tasarım sürecinde daha verimli olabilecek biçimde dönüştürülebilir. Aynı zamanda bu model, sentetik üretim sürecinde oluşan karakteristik bozulmaların önüne geçebilmek için cephelerin öznitelikleri ve alt elemanları katmanlandırılarak-sınıflandırılarak oluşturulan bir veri seti ile eğitilebilir.

Bu ve benzeri yapay zeka modelleri ile farklı dönemlere ait yapılar arasında sentetik üretimler yapılarak dönemler arası kaybolan ya da hiç var olmamış üsluplar ortaya çıkarılabilir. Yüzyıllardır her toplumsal koşula göre yeniden şekillendirilen cephelerin anlam ve içerik yapısı yapay zeka modelleri geliştikçe farklı veri seti, model, versiyona bağlı olarak yeni anlam, içerik ve üslup değişkenleri oluşturabilir. Söz konusu durum yalnızca cepheler için geçerli olmamakla birlikte diğer mimari ögeler için de uygulanabilir. Böylece yapay zeka modelleri mimari tasarım sürecinde sadece üreten veya tasarımcıya destek olan bir bilgisayar destekli tasarım aracı olarak kalmayıp mimari tartışmaları zenginleştirebilecek bir aktör konumuna da yerleşebilir.

KAYNAKLAR

Alpaydın E. (2020). Yapay Öğrenme: Yeni Yapay Zeka. Tellekt Yayınevi

Balcı, O., Terzi, Ş. B., & Balaban, Ö. (2020). Çekişmeli Üretici Ağlar (GAN) İle Harita Üretimi ve Manipülasyonu. Journal of Computational Design, 1(3), 95-114.

Dejoux C., Léon E. (2018). Métamorphose des managers. 1st edition. France:Pearson.

Dettmers T. (2015). Deep Learning in a Nutshell: History and Training, NVidia Developer Blogs.12 Mart 2022 tarihinde şuradan alınmıştır: https://developer.nvidia.com/blog/deep-learning-nutshell-history-training/

Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., ... & Bengio, Y. (2014). Generative adversarial nets. Advances in neural information processing systems, 27.

Hasol, D. (2009). Mimarlık cep sözlüğü. Yapı Endüstri Merkezi.

Isola, P., Zhu, J. Y., Zhou, T., & Efros, A. A. (2017). Image-to-image translation with conditional adversarial networks. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 1125-1134).

Karras, T., Aittala, M., Hellsten, J., Laine, S., Lehtinen, J., & Aila, T. (2020a). Training generative adversarial networks with limited data. Advances in Neural Information Processing Systems, 33, 12104-12114.

Karras, T., Laine, S., Aittala, M., Hellsten, J., Lehtinen, J., & Aila, T. (2020b). Analyzing and improving the image quality of stylegan. In Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition (pp. 8110-8119).

Krier, R., & Kräftner, J. (1992). Elements of architecture. London: Academy Editions

McCarthy, J. (2004). What is artificial intelligence. URL: http://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai.html

Mitchell, T. M. (1997). Machine Learning. New York, McGraw-Hill Science. isbn: 0070428077

NVlabs (2021, Oct28). StyleGAN2-ADA — Official PyTorch implementation. 12 Mart 2022 tarihinde şuradan alınmıştır:https://github.com/NVlabs/stylegan2-ada-pytorch

Öztürk, K. (1978). Mimarlıkta -tasarım sürecinde- cephelerin estetik ağırlıklı sayısal/nesnel değerlendirilmesi için bir yöntem araştırması.

Rasmussen, S. E. (1964). Experiencing architecture (Vol. 2). MIT press.

Şeker, A., Diri, B., & Balık, H. H. (2017). Derin öğrenme yöntemleri ve uygulamaları hakkında bir inceleme. Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi (GMBD), 3(3), 47-64.

Wason, R. (2018). Deep learning: Evolution and expansion. Cognitive Systems Research, 52, 701-708. doi: https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2018.08.023

Xu, Z., Tao, D., Zhang, Y., Wu, J., & Tsoi, A. C. (2014, September). Architectural style classification using multinomial latent logistic regression. In European Conference on Computer Vision (pp. 600-615). Springer, Cham.

Derin Evrişimli Sinir Ağları ile Uydu Görüntülerinin Sınıflandırılması ve Mimariye Etkisi

Fadime Diker [1]; İlker Erkan [2]
[1, 2]Süleyman Demirel Üniversitesi
[1]fadimediker@gmail.com; [2]ilkererkan@sdu.edu.tr

Özet

Geleneksel makine öğrenme yöntemlerinden farklı olarak resim, video, ses ve metinlere ait verilerden öğrenebilen derin öğrenme yöntemlerinin özellikle son zamanlarda donanım gücünün artması ile başarısı da artmaktadır. Artan verilerle birlikte derin öğrenme yöntemlerinin birçok farklı alanlarda elde ettiği başarı ve faydalar göz önüne alındığında mimaride de benzer etkiler beklenmektedir. Bu çalışmada genel görüntülerden ziyade özelere inerek dokulara odaklanılmıştır. Bu doğrultuda da derin evrişimli sinir ağları kullanılarak geliştirilen modelde bulut, çöl, yeşil alan ve su kütlelerine ait toplam 4500 uydu görüntüsünü sınıflandırılmıştır. Geliştirilen derin evrişimli sinir ağlarının tasarımı, 4 çift evrişim katmanından ve 4 kez tekrarlanan maksimum havuzlama katmanından, ardından bir düzleştirme katmanından ve 4 yoğun bağlantılı katmandan oluşmaktadır. Tüm evrişimli katmanlar için çekirdek boyutu 3 × 3'tür ve tüm maksimum havuzlama katmanları için çekirdek boyutu 2 × 2'dir. Gizli katmanlarda bir etkinleştirme işlevi olarak ReLU (Rectified Linear Unit) aktivasyon Fonksiyonu kullanılmıştır. Çıktı katman 4 farklı sınıfa olduğu için aktivasyon fonksiyonu olarak Softmax fonksiyonu kullanılmıştır. Geliştirilen modelde daha önce kullanılmayan test verilerinin sınıflandırılmasında (675 görüntü) bulut görselleri için 0.97; çöl görselleri için 0.98; yeşil alan görselleri için 0.96 ve su kütleleri görselleri için 0.98 doğruluk elde edilmiştir. Bulut ile çöl görsellerinin ve yeşil alan ile su kütlelerine ait görsellerde benzerlik bulunmasına rağmen dokularda bu başarının elde edilmesi mimari malzemelerin tespitinde, analiz edilmesinde ve sınıflandırılmasında başarılı olabileceğini göstermektedir. Derin evrişimli sinir ağları ile mimari malzeme ve ögelerin başarılı şekilde tanınması, analiz edilmesi ve sınıflandırılması mimari tasarım sürecinde özellikle bilgi toplama aşamasında birçok veri arasında şekil tanıma ile uygun ve yararlı verilerin elde edilmesini kolaylaştırabilecektir. Böylece manuel veri analizinden elde edilemeyecek daha kapsamlı verilerin elde edilmesi ile daha doğru kararların alınmasına yardımcı olabilecektir. Derin evrişimli sinir ağlarında verilerin sınıflandırılması için ayırt edici özelliklerinin öğrenilmesi mimari tasarım farklılıklarını ve benzerliklerini de açıklar. Bu durum tasarımlardaki gizli ilişkiyi ortaya çıkarır ve böylece mimarlara yaratıcı ve özgün tasarım yapmasına imkan sunabilir.

Anahtar Kelimeler: *Derin öğrenme, Derin evrişimli sinir ağı, Görüntü sınıflandırması, Malzeme dokularının tespiti, Mimarlık*

Classification of Satellite Images with Deep Convolutional Neural Networks and Its Effect on Architecture

Fadime Diker [1]; İlker Erkan [2]
[1, 2]Suleyman Demirel University
[1]fadimediker@gmail.com; [2]ilkererkan@sdu.edu.tr

Abstract

Unlike traditional machine learning methods, deep learning methods that can learn from image, video, audio, and text data, especially recently with the increase in hardware power, are also increasing in success. Considering the success and benefits of deep learning methods in many different fields with increasing data, similar effects are expected in architecture. In this study, we focused on textures by going down to specifics rather than general images. In this direction, a total of 4500 satellite images belonging to cloud, desert, green areas and water bodies were classified in the model developed using deep convolutional neural networks. The design of the developed deep convolution neural networks consists of 4 pairs of convolution layers and a maximum pooling layer repeated 4 times, followed by a flattening layer and 4 densely connected layers. The kernel size for all convolutional layers is 3×3, and the kernel size for all maximum pooling layers is 2×2. ReLU (Rectified Linear Unit) activation Function is used as an activation function in hidden layers. Since the output layer has 4 different classes, the Softmax function has been used as the activation function. In the developed model, 0.97 accuracy for cloud images, 0.98 accuracy for desert images, 0.96 accuracy for green areas images and 0.98 accuracy for water bodies images were obtained in the classification of previously unused test data (675 images). Although there are similarities in the images of cloud and desert, and images of green areas and water bodies, this success in textures shows that it can be successful in detecting, analyzing, and classifying architectural materials. Successful recognition, analysis and classification of architectural materials and elements with deep convolutional neural networks will be able to facilitate the acquisition of appropriate and useful data through shape recognition among many data, especially at the information collection phase in the architectural design process. Thus, it will help to take more accurate decisions by obtaining more comprehensive data that cannot be obtained from manual data analysis. Learning the distinctive features for classification of data in deep convolutional neural networks also explains architectural design differences and similarities. This situation reveals the hidden relationship in the designs and thus can offer architects the opportunity to make creative and original designs.

Keywords: *Deep learning, Deep convolutional neural network, İmage classification, Detection of material textures, Architecture*

1. Giriş

Mimari tasarım süreci verilerin ve deneyimlerin kullanılması ile tasarım problemlerini çözme ve karar verme sürecidir. Günümüzde bilgisayar teknolojilerinin ve donanımlarının gelişimiyle mimari tasarım araçları ve süreçleri de gelişmekte ve değişmektedir. Dolayısıyla mimarlar veya tasarımcılar tarafından kullanılan bu araç ve yöntemler mimari tasarım sürecini de etkilemektedir. Teknolojinin sürekli gelişmesi ve ilerlemesi ile veriler de hızlı bir şekilde artmaktadır. Bu artan verileri tanımak, analiz etmek, bu verilerden öğrenmek ve öğrendiği bilgiler doğrultusunda karar vermek için bilgisayar bilimlerinin alt dalına ait bir yapay zeka uygulaması olan makine öğrenme algoritmaları kullanılmaktadır. Makine öğrenmesi, geleneksel programlama yöntemleri kullanılmadan matematiksel ve istatistiksel işlemler kullanılarak bilgisayarın çıkarımlar yapmasını ve çeşitli algoritmalar ile öğrenme yeteneğini kazanmasını sağlayan bir yapay zeka yöntemidir. Çeşitli alanlarda kullanılan makine öğrenimi bir insanın inceleyebileceğinden çok daha fazla veriyi analiz edip daha iyi sonuçlar çıkarmaktadır ve böylece daha doğru tahminlerde bulunabilmektedir. Aynı zamanda sıradan görevleri otomatikleştirmeye ve karar verme süreçlerinde yardımcı olmaya katkıda bulunmaktadır.

İlk defa Hinton ve Salakhutdinov (2006) derin sinir ağları ile hiyerarşik olarak verinin özelliklerini öğrenebilen algoritmaları önermesiyle derin öğrenme kavramı ortaya çıkmıştır. Derin öğrenme çok katmanlı yapay sinir ağlarını kullanan bir yapay zeka yöntemi olup makine öğrenmesi yöntemlerinin alt dalıdır. Derin öğrenme, artan verileri işleyebilecek donanım gücü (Grafik işlemci birimlerinin (Graphics processing unit – GPU) ve işlem gücünün artması) ile günümüzde kullanımı hızla artmaktadır. Geleneksel makine öğrenme yöntemlerinden farklı olarak resim, video, ses ve metinlere ait verilerden de öğrenebilmektedir. Ayrıca geleneksel makine öğrenmenin aksine derin öğrenmede öznitelik çıkarımını bilgisayarlara çok az veya hiç müdahale olmadan kendisi yapabilmektedir. Makine öğrenmesinin alt dalı olan derin öğrenme ile artan verilerin tanımlanması, sınıflandırılması ve işlenmesi daha kolay hale gelmiştir. Makine öğrenmesinin çeşitli alanlarda gösterdiği başarı ve faydalar göz önünde bulundurulduğunda mimarlık disiplininde benzer başarı ve faydalar sağlanması beklenilmektedir.

Mimari tasarımlar ve öğeleri görsel olarak bilgisayarla görme teknikleriyle sınıflandırmak için çeşitli makine öğrenmesi yöntemleri kullanılmaktadır. Sınıflandırma için ayırt edici özeliklerin öğrenilmesi tasarım farklılıklarını ve benzerliklerinin açıklanmasını da sağlamaktadır. Yoshimura vd., (2019) 34 farklı mimara ait eserleri sınıflandırmak için derin bir evrişimli sinir ağı (Deep Convolutional Neural Networks - DCNN) modeli kullanmışlardır ve bu model algoritma tarafından ölçülen görsel benzerliklere bağlı olarak görselleri sınıflara ayırmıştır. Llamas vd., (2017) mimari miras görüntülerinin sınıflandırılması için evrişimli sinir ağlarını (Convolutional Neural Networks - CNN) kullanmışlardır ve bu tekniklerin uygulanmasının mimari mirasın dijital dokümantasyonuna önemli ölçüde katkı sağlayabileceğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde Obeso vd., (2017) Meksika kültür mirasının dijital fotoğraflarında binaların mimari tarzlarının sınıflandırılması için evrişimli sinir ağını kullanmışlardır ve bu teknikle stil tanımlamasının, özellikle kültür mirasların otomatik dokümantasyonunda olmak üzere video açıklama görevlerinde geniş bir katkı sağlayabileceğini belirtmişlerdir.

Sınıflandırma işlemi mimari tasarım aşamasında bazı işleri otomatikleştirmek içinde kullanılmaktadır. Teknolojinin gelişmesi ile 3 boyutlu modellemelerde bina sofistik hale geldikçe mimari eleman sayısı artmaktadır ve bu yüzden mimarlar şematik çizimlerin ilk aşamasında daha hızlı modellemek için genellikle taslak model bittikten sonra her bir geometriyi anlamsal olarak doğru katmanlara ayırırlar. Geometrileri ayrı ayrı katmanlara ayırma ve etiketleme işi özel bilgi gerektirmeyen sıradan bir iştir. Yetiş vd., (2018) mimarların ve tasarımcıların bu iş yükünü azaltmak ve çalışma performansını iyileştirmek için bu işi otomatik hale getirmeyi amaçlamışlardır. Bu amaç doğrultusunda çeşitli parametrik tasarım ortamlarında (Rhinoceros, Grasshopper, Grasshopper Python ve Grasshopper Python Remote), mimari unsurları etiketlemek için lojistik, K en yakın komşu algoritması (K-Nearest Neighbors Algorithm - KNN), Destek vektör makineleri (Support Vector Machines - SVM), Naive Bayes ve karar ağaçları olmak üzere 5 makine öğrenme modellerini uygulayıp karşılaştırmışlardır.

Sınıflandırma işlemi mimari tasarım sürecinde kullanılarak tasarım sonrası değiştirilmesi mümkün olmayan veya zor olan durumların tasarım sürecinde düzeltilmesi için de kullanılabilmektedir. Diker ve Erkan (2022) çalışmasında dersliklerin pencere tasarım verimliliklerini yapay zeka yöntemi olan bulanık mantık yöntemi ile 7 sınıfa ayırmışlardır. Geliştirilen modelin erken tasarım aşamasında kullanılması ile tasarım öncesi bilgi sahibi olarak dersliklerde yeterli görsel konforu sağlayan pencere tasarımların oluşmasına olanak sağlayabileceğini belirtmişlerdir. Mimari tasarım sürecinde taşıyıcı sistem için verilen bazı kararlar da ilerde düzeltmelere ihtiyaç duyabilir ve bu durum hem zaman hem

maliyet olarak kayıplara neden olur. Bingöl vd., (2020) bu tür problemleri mimari tasarımın erken aşamasında çözebilmek için derin öğrenme ve görüntü işleme yöntemleri kullanarak mimarlara taşıyıcı sistem kararlarının deprem yönetmeliğine uygunluğu hakkında genel bilgiler verebilecek bir Düzensizlik Kontrol Asistanı oluşturmuşlardır. Oluşturdukları Düzensizlik Kontrol Asistanı ile mimari tasarımın erken aşamasında doğru kararlar alınmasına imkan sağlayacağını ve uygulama projesi aşamasında gerçekleşebilecek düzeltmeleri azaltabileceğini belirtmişlerdir.

Artan verileri işleyebilecek donanım gücünün gelişmesi görsel verilerin işlenmesine imkan sağlamaktadır. Bu gelişme özellikle mimari verilerinin işlenmesinde önemli rol oynayacaktır. Yapılan çalışmaların aksine bu çalışmada kullanılan görüntüler daha genel görüntüden (işlev temelli, tasarım stili ve bina türüne bağlı görüntüler) ziyade daha özele inilerek dokulara (pattern) odaklanmaktadır. Bu doğrultuda bu çalışmada doğaya ait farklı dokulara sahip uydu görüntülerini derin sinir ağları kullanılarak sınıflandırılmasındaki başarısı değerlendirilmiştir. Derin evrişimli sinir ağların farklı özelliklere sahip uydu görüntülerini sınıflandırılması sonucu elde edilen performansıyla mimari yapılara ait görsellerde görüntü işleme kullanılmasının malzemelerin tespitine ve sınıflandırılmasına farklı bir bakış açısı sağlaması beklenmektedir. Böylece mimari tasarımlar, elemanlar ve malzemeleri görsel olarak bilgisayarla görme teknikleriyle sınıflandırmak için çeşitli derin öğrenme yöntemleri kullanılabilecektir. Ayrıca modelin doğruluğu için dengeli bir veri seti kullanılması amacıyla bulut (1125), çöl (1125), yeşil alan (1125) ve su kütlelerine (1125) ait toplam 4500 uydu görüntüsü kullanılmıştır.

2. Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenme

Makine öğrenimi, bilgisayarlara açıkça programlamadan deneyimlerden otomatik olarak öğrenme ve geliştirme yeteneği sağlayan bir yapay zeka (AI) uygulamasıdır. Deneyim yoluyla öğrenme doğrultusunda Mitchell (1997) makine öğrenmesini şu şekilde tanımlamaktadır: Bir bilgisayar programının, P (performance-performans) ile ölçülen T (task-görev)'deki görevlerdeki performansı E (experience-deneyim) deneyimiyle artarsa, bazı görev sınıfı T ve performans ölçüsü P ile ilgili olarak E deneyiminden öğrenir. Bu yüzden makine öğrenimi, verilere erişebilen ve bunları öğrenmek için kullanabilen bilgisayar programlarının geliştirilmesine odaklanmaktadır. Geleneksel programlamanın çalışma mantığı, giriş verilerinden çıkış verileri elde edilmesine yöneliktir ve bu yüzden çıkış verilerinin elde edilebilmesi için problem türüne uygun program veya yazılım kullanılması gerekirken makine öğrenmesi çalışma mantığında ise giriş ve çıkış verileri ile makine eğitilerek problem türüne uygun program veya yazılım elde edilir (Kavuncu, 2018). Bu doğrultuda makine öğrenmesinin birincil amacı bilgisayarların insan müdahalesi veya yardımı olmadan otomatik olarak öğrenmesini sağlamak ve eylemleri buna göre ayarlamaktır. Makine öğrenmesi, geçmişteki deneyimlerini dayanarak, şimdi veya gelecekte daha doğru çıkarım yapmasını sağlamaktadır ve böylece makineler, doğru kararlar almaya yardımcı olabilmektedir.

Derin öğrenme, yapay sinir ağları olarak adlandırılan beynin yapısı ve işlevinden esinlenen algoritmalarla ilgili makine öğreniminin bir alt alanıdır. Derin öğrenmede çok katmanlı derin sinir ağları kullanılmaktadır. Derin sinir ağları algoritmaları, insan beyninden ilham alınarak geliştirilen yapay sinir ağlarının çok katmanlı şeklidir. Derin sinir ağları, giriş katmanı, çıkış katmanı ve birden çok gizli katmanı olan bir sinir ağı olarak ifade edilmektedir. Derin sinir ağlarında her katmanda öğrenilen veriler kendisinden sonraki katman girdi verisini oluşturmaktadır ve böylece ilk katmandan son katmana kadar özniteliklerin öğrenildiği bir ağ yapısı oluşmaktadır. Derin sinir ağlarının yapısında bulunan nöronlar ağırlık değerlerine, sapma (bias) ve aktivasyon fonksiyonuna sahiptirler. Nöronlar giriş değeri ve ağırlıkların çarpılmasından sonra, sapma değeri eklenerek bir çıkış değeri elde edilir. Elde edilen bu çıkış değerini kontrol etmek için (nöronun aktif olup olamayacağına karar vermek için) çeşitli aktivasyon fonksiyonları (tanh, sigmoid, relu) kullanılmaktadır.

3. Metodoloji

3.1. Derin Evrişimli Sinir Ağları (Deep Convolutional Neural Network-DCNN)

Derin evrişimli sinir ağları, evrişim, ortaklama ve tam bağlantı olmak üzere 3 temel katmandan ve bunların yanında adım kaydırma (stride), piksel ekleme (dolgulama - padding), filtre (çekirdek), aktivasyon fonksiyonları gibi bazı hiperparametreler içermektedir.

3.1.1. Evrişim (Konvolüsyon) Katmanı (Convulation Layer)

Bir girdi görüntüsünden farklı özellikleri çıkarmak için kullanılan ilk katmandır. Bu katmana sunulan giriş görüntüsü matris olarak işlem görür. Katmanda, belirli sayıda filtre uygulanarak görüntünün özellikleri elde edilir (Narın ve Onur,

2021). Filtreler görüntülerin üzerinde hareket ettirilerek matris çarpımlarını gerçekleştirir. Çarpımlardan elde edilen değerler toplanır ve sonuç değeri ortaya çıkarılır.

3.1.2. Havuzlama (Ortaklama) Katmanı (Pooling Layer)

Görüntü evrişim katmanından sonra havuzlama katmanına aktarılır. Havuzlama katmanı gelen veriyi kullanarak daha küçük ve anlamlı bilgiyi içeren bir çıkış vektörü oluşturmaktadır. Havuzlama katmanında belirlenen boyutta bir boyutlandırma matrisi uygulanır. Bu boyutlandırma matrisi görüntü üzerinde adım kaydırma değerine göre uygulanır. Farklı havuzlama işlemleri mevcuttur. Genel olarak maksimum havuzlama ve ortalama havuzlama kullanılmaktadır. Matris içerisinde yer alan maksimum değerler alınırsa maksimum havuzlama veya değerlerin ortalaması alınırsa ortalama havuzlama yöntemi uygulanmış olur. Bu katmanda temel amaç ağdaki parametre sayısının azaltılmasıdır (Önal vd., ,2020). Bu katman sonucunda boyutta azalma olduğu için bilgi kaybı oluşur. Oluşan bilgi kaybı, sinir ağı için bir sonraki ağ katmanlarında daha az hesaplama yükü oluşturması ve sistemin ezberlemesini önlediği için faydalıdır (İnik ve Ülker, 2017; Ergün vd., 2021). Parametrelerin azaltılması ağdaki uyumsuzluk kontrolünü de sağlamaktadır.

3.1.3. Tam Bağlantılı Katman (Fully Connected Layer)

Evrişimli sinir ağları mimarilerinde birbiri ardına gelen evrişim ve havuzlama katmanlarından edilen matrislerin tam bağlı katmanda kullanılması için bu katmandan önce düzleştirme (flatten) işlemini uygulanır. Düzleştirme işlemi sonucunda tam bağlı katmanın giriş verileri hazır hale gelir. Gizli katmanlardan gelen katsayılar üzerinde işlemler gerçekleştirilir. Katsayı işlemlerinden sonra veriler seçilen yoğunluk fonksiyonu ile bağdaştırılırlar ve çıkış değeri üretirler (Yamashita vd., 2018). Ağın çıkış katmanı sonuç değerlerinin etiketlendiği kısımdır. Bu katmanda nöronlar kendinden sonra gelen her nörona birebir bağlanır ve bu nedenle bu katman tam bağlı katman olarak adlandırılır. Tamamen bağlantılı katmanın amacı, giriş görüntüsünü eğitim veri setine dayalı olarak çeşitli sınıflara sınıflandırmak için bu üst düzey özellikleri kullanmaktır.

3.1.4. Sınıflandırma Katmanı (Classification Layer)

Sınıflandırma problemleri için uygulanan derin evrişimli sinir ağları modelinin son katmanıdır. Bu katman sınıflandırma işleminin yapıldığı katman olduğu için çıkış değerlerinin sayısı modelde kullanılan verilerin sınıf sayısına eşittir. Derin evrişimli sinir ağların mimarisinde genel olarak bu katmanda softmax sınıflandırıcısı kullanılmaktadır (Bozkurt ve Yağanoğlu, 2021). Bu katmanda sınıflandırıcı her bir sınıf için 0 ile 1 arasında olasılık değerleri tahmin eder ve sonuç olarak en yüksek olasılık değerine sahip olan sınıf modelin tahmin ettiği sınıf olur (Mining, 2006).

3.2. Performans Değerlendirme Ölçütleri

Geliştirilen modellerin başarısının ölçülmesi ya da modelin iyi bir model olup olmadığına karar vermek için modellerin performansın değerlendirilmesi gerekmektedir. Denetimli öğrenmede sınıflandırma için kullanılan farklı performans değerlendirme yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada performans değerlendirme ölçütleri olarak hata matrisi, doğruluk, kesinlik, duyarlılık ve F1-skor oranları kullanılmıştır.

3.2.1.Hata Matrisi (Confusion Matrix)

Bir sınıflandırıcının farklı sınıf etiketlerini ne oranda sınıflandırabildiğini gösteren bir analiz aracıdır. Başka bir deyişle bir sınıflandırma modeli tarafından elde edilen sonuçları gerçek sonuçlarla karşılaştırılarak, yapılan doğru ve yanlış tahminlerin sayısını gösteren n*n'lik bir matristir. Veri setindeki sınıf etiketi sayısı n adet ise matris boyutu da n*n şeklinde oluşmaktadır. Sınıflandırma tahminleri için şu dört değerlendirmeler kullanılmaktadır (Uğuz,2019):

I. Doğru Pozitif (True Positive – TP): Model tarafından doğru tahmin edilmiş pozitif sınıf etiketleridir.
II. Doğru Negatif (True Negative – TN): Model tarafından doğru tahmin edilmiş negatif sınıf etiketleridir.
III. Yanlış Pozitif (False Positive – FP): Model tarafından yanlış tahmin edilmiş pozitif sınıf etiketleridir.
IV. Yanlış Negatif (False Negative – FN): Model tarafından yanlış tahmin edilmiş negatif sınıf etiketleridir.

3.2.2. Doğruluk (Accuracy)

Modelde doğru olarak yapılan tahminlerin tüm tahminlere oranı olarak ifade edilmektedir (**Denklem 1**).

$$Doğruluk = \frac{Doğru\ Pozitif + Doğru\ Negatif}{Doğru\ Pozitif + Doğru\ Negatif + Yanlış\ Pozitif + Yanlış\ Negatif} \quad (1)$$

3.2.3.Kesinlik (Precision)

Modelde Pozitif olarak tahmin edilen tüm örneklerin gerçekte kaç tanesinin doğru sınıflandırıldığı gösteren bir başarı ölçütüdür (**Denklem 2**).

$$Kesinlik = \frac{Doğru\ Pozitif}{Doğru\ Pozitif + Yanlış\ Pozitif} \quad (2)$$

3.2.4. Duyarlılık (Recall, Sensitivity)

Pozitif durumların ne kadar başarılı tahmin edildiğini gösteren bir ölçüttür (**Denklem 3**).

$$Duyarlılık = \frac{Doğru\ Pozitif}{Doğru\ Pozitif + Yanlış\ Negatif} \quad (3)$$

3.2.5.F1 Skorlama (F1 Score, F Score)

Kesinlik ve duyarlık ölçütlerin harmonik ortalamasıdır (**Denklem 4**).

$$F1\ Skorlama = 2 * \frac{Duyarlılık * Kesinlik}{Duyarlılık + Kesinlik} \quad (4)$$

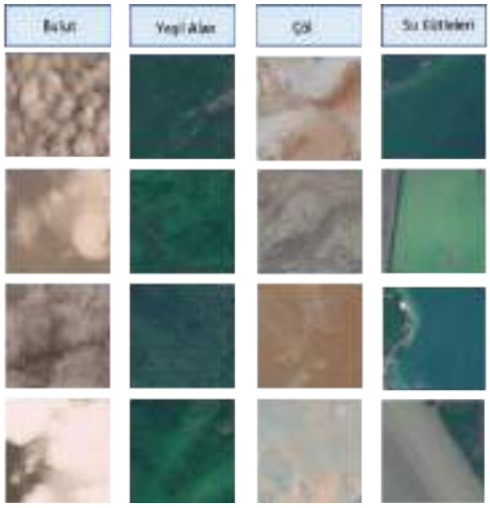
3.3. Geliştirilen Model

Modelde "Kaggle" platformunda "Uydu görüntüsü Sınıflandırma Veri Kümesi-RSI-CB256" olarak paylaşılan veri seti kullanılmıştır. Bu veri setinde sensörler ve google harita anlık görüntüsünden karıştırılmış bulut (1500), çöl (1131), yeşil alan (1500) ve su kütlelerine (1500) ait toplam 5631 uydu görüntüsü mevcuttur. Ancak dengeli veri seti kullanılmak amacıyla her sınıfa ait 1125 görüntü kullanılmıştır (**Şekil 1**).



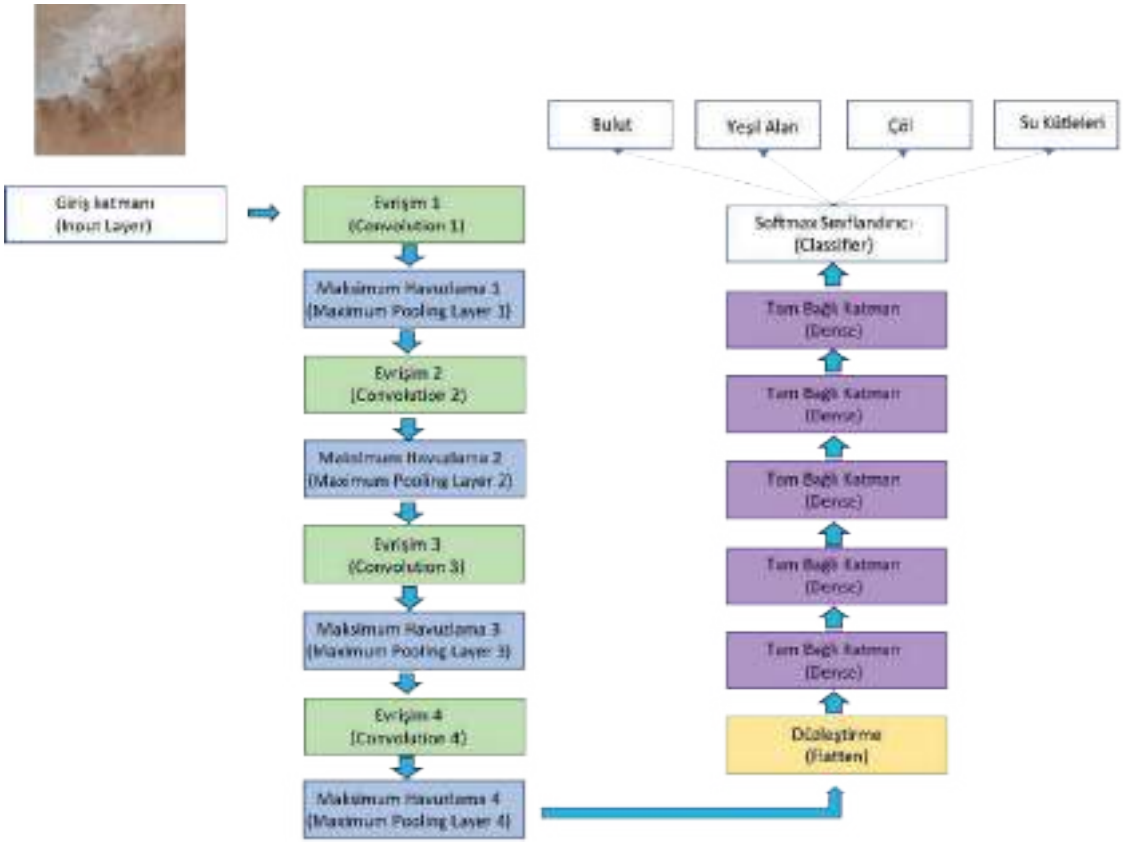
Şekil 1: Her sınıf için kullanılabilir veri sayısı

Kullanılan veri setinden sınıflara ait bazı örnek görseller **Şekil 2**'de gösterilmektedir.



Şekil 2: Kullanılan uydu görüntülerinin veri seti örnekleri

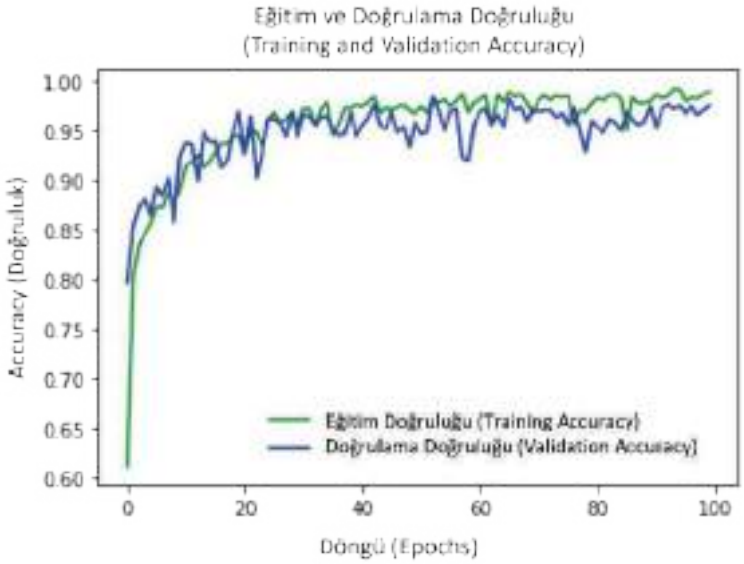
Geliştirilen derin evrişimli sinir ağlarının tasarımı, 4 çift evrişim katmanından ve 4 kez tekrarlanan maksimum havuzlama katmanından, ardından bir düzleştirme katmanından ve 4 yoğun bağlantılı katmandan oluşmaktadır. Tüm evrişimli katmanlar için çekirdek boyutu 3 × 3'tür ve tüm maksimum havuzlama katmanları için çekirdek boyutu 2 × 2'dir. Gizli katmanlarda bir etkinleştirme işlevi olarak ReLU (Rectified Linear Unit) aktivasyon Fonksiyonu kullanılmıştır. Çıktı katman 4 farklı sınıfa olduğu için aktivasyon fonksiyonu olarak Softmax fonksiyonu kullanılmıştır. Geliştirilen derin evrişimli sinir ağı modeli için Python programlama dili ile Google tarafından ücretsiz olarak sunulan Google Colaboratory programı kullanılmıştır. Geliştirilen derin evrişimli sinir ağı modelinin genel mimarisi **Şekil 3**'te gösterilmektedir.



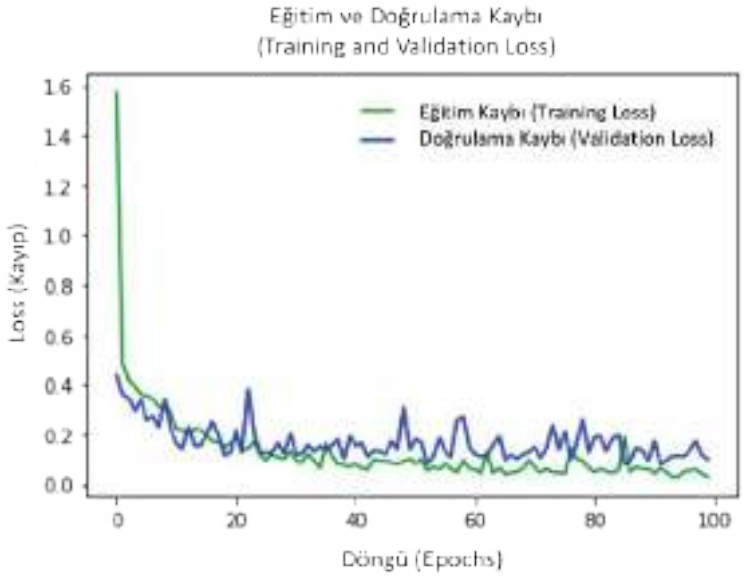
Şekil 3: Geliştirilen Derin Evrişimli Sinir Ağı mimarisi

3.4. Modelin Sonuçları

Veri setinin %75'i eğitim için, %15'i test için, kalan %15 ise doğrulama için kullanıldı. Geliştirilen modelin eğitilmesinde 100 döngü (epochs), 0.0001 öğrenme oranı ve Adam optimizasyon algoritması kullanılmıştır. Döngü süresince eğitim ve doğrulamada doğruluk ve kayıp oranları **Şekil 4-5**'te gösterilmektedir.

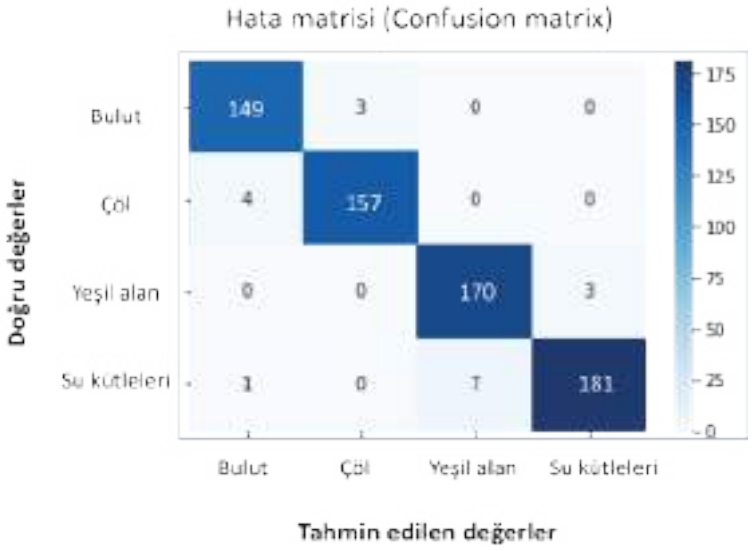


Şekil 4: Geliştirilen modelden elde edilen eğitim ve doğrulama doğruluk grafiği



Şekil 5: Geliştirilen modelden elde edilen eğitim ve doğrulama kaybı grafiği

Geliştirilen derin evrişimli sinir ağı modelinin performansı farklı değerlendirme ölçütleri kullanılarak yapılmıştır. Doğruluk (accuracy), kesinlik (precision), duyarlılık (recall) ve F1-skoru olmak üzere dört farklı performans değerlendirme ölçütü kullanılarak modelin tahmin verimliliği değerlendirilmiştir. Bu değerler, her bir sınıf için hata matrisleri üzerinden hesaplanır. Geliştirilen modelden elde edilen hata matrisi **Şekil 6**'da ve bu matrise göre değerlendirilen performans ölçütlerinin sonuçları ise **Tablo 1**'de gösterilmektedir.



Şekil 6: Geliştirilen modelden elde edilen hata matrisi

Tablo 1: Geliştirilen modelin performans sonuçları

	Bulut	Çöl	Yeşil alan	Su kütleleri
Doğruluk (Accuracy)	0.97	0.98	0.96	0.98
Kesinlik (Precision)	0.97	0.98	0.96	0.98
Duyarlılık (Recall, Sensitivity)	0.98	0.98	0.98	0.96
F1 skorlama (F1 score, F score	0.97	0.98	0.97	0.97

4. Sonuçlar ve Öneriler

Teknolojinin sürekli gelişmesi ve ilerlemesi ile artan verileri tanımak, analiz etmek, bu verilerden öğrenmek ve öğrendiklerine göre karar vermek için bilgisayar bilimlerinin alt dalına ait bir yapay zeka uygulaması olan makine öğrenme algoritmaları kullanılmaktadır. Makine öğrenmesi yöntemlerinden özellikle donanım gücünün artması ile derin öğrenme ile görsel verilerin işlenebilmesi mimari tasarım sürecinde özellikle bilgi toplama aşamasında birçok veri arasında şekil tanıma ile uygun ve yararlı verilerin elde edilmesi kolaylaştırabilir. Ayrıca daha kapsamlı bilgilerin elde edilmesi (manuel aramalarda gözden kaçırabilecek bilgilerinde elde edilmesi) ile daha doğru kararların alınmasına yardımcı olabilir. Geleneksel yöntemlerle tutarsız ve yanlış sonuçlar elde edilebilirken makine öğrenmesi yöntemlerinin kullanımı ile hata oranı azaltılabilir.

Derin evrişimli sinir ağları ile geliştirilen model sonucu uydu görüntüleri başarılı bir şekilde sınıflandırılmıştır. Çöl ile bulut görüntüleri birbirine benzerlik gösterse bile test verilerinde (675 görüntü) 8 görsel hariç hepsi doğru sınıflandırılmıştır. Bu 8 görselin sadece biri su kütlesi olarak sınıflandırılmıştır. Benzer şekilde yeşil alan ve su kütlelerine ait görüntüler de benzerlik göstermesine rağmen 10 görsel hariç tüm görüntüler doğru sınıflandırılmıştır. Bu durum mimari yapılarının görsel işlenmesinde başarılı sonuçlar elde edilebileceğini göstermiştir. Ayrıca diğer çalışmaların aksine dokularda bu başarının elde edilmesi mimari yapıların görsellerinde bulunan mimari malzemelerin tespitine, analiz edilmesine ve sınıflandırılmasında başarılı olabileceğini göstermiştir. Makine öğrenmesinde verilerin sınıflandırılması için ayırt edici özelliklerinin öğrenilmesi tasarım farklılıklarını ve benzerliklerini de açıklar ve böylelikle tasarımlardaki gizli ilişkiler ortaya çıkarmaktadır. Bu durum mimarlara ve tasarımcıya daha yaratıcı ve özgün tasarımlar yapmasına olanak sunacaktır. Bunlara ek olarak görsel verilerin işleyebilmesi mimari tasarım sürecinde özellikle bilgi toplama aşamasında birçok veri arasında şekil tanıma ile uygun ve yararlı verilerin elde edilmesini kolaylaştırabilmektedir ve böylece daha kapsamlı bilgilerin elde edilmesi ile daha doğru kararların alınmasına yardımcı olabilecektir.

Sınıflandırma işlemi mimari tasarım aşamasında bazı işleri otomatikleştirmek içinde kullanılabilir. Örneğin teknolojinin gelişmesi ile 3 boyutlu modellemelerde bina sofistik hale geldikçe mimari eleman sayısı artmaktadır ve bu yüzden mimarlar şematik çizimlerin ilk aşamasında daha hızlı modellemek için genellikle taslak model bittikten sonra her bir geometriyi anlamsal olarak doğru katmanlara ayırırlar. Sınıflandırma ile mimari tasarım sürecinde bazı monoton işlerin otomatikleşmesiyle mimarların ve tasarımcıların iş yükünü azaltabilir ve çalışma performansını iyileştirebilir. Ayrıca sınıflandırma ile gittikçe artan verilerin (mimari eserler, binaların stilleri vb.) arşivlenmesi için kullanılabilmektedir. Bu durum dijital dokümantasyonda iş yükünü azaltır ve otomatikleştirilmesine katkı sağlar. Bu çalışmada kullanılan model ile mimari elemanların sınıflandırılması, ayrıştırılması hatta ayırt edici özelliklerinin belirlenmesi gerçekleştirilebilecektir. Mimari elemanlarının sayısının artması, gelişen teknoloji ile birlikte yapım sistemlerinin çeşitliliği sınıflandırma işlemlerinin önemini ortaya koymaktadır. Çalışma ile geliştirilen modelde başarı ile sınıflandırılan uydu görüntülerinden esinlenerek bile cephe uygulamaları, malzeme sınıflandırılması hatta veri arşivlemesi yapılabileceği öngörülmektedir. Ek olarak tasarımcılara farklı bakış açıları kazandıracağı manuel veriler ile elde edilemeyen verilerin elde edilmesi ile ek tasarım parametrelerinin de ortaya çıkabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Bingöl, K., Aslı, E.R., Örmecioğlu, H.T., Arzu, E.R. (2020). Depreme dayanıklı mimari tasarımda yapay zeka uygulamaları: Derin öğrenme ve görüntü işleme yöntemi ile düzensiz taşıyıcı sistem tespiti. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 35(4), 2197-2210.

Bozkurt, F., Yağanoğlu, M. (2021). Derin Evrişimli Sinir Ağları Kullanarak Akciğer X-Ray Görüntülerinden COVID-19 Tespiti. Veri Bilimi, 4(2), 1-8.

Diker, F., Erkan, İ. (2022). The Fuzzy Logic Method in Assessing Window Design for the Visual Comfort of Classrooms at the Early Design Stage. Journal of Architectural Engineering, 28(2), 04022013.

Ergün, G. B., Güney, S., Ergün, T. G. (2021). Köpeklerdeki Uzun Kemiklerin Evrişimsel Sinir Ağları Kullanılarak Sınıflandırılması. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 33(1), 125-132.

Hinton, G. E., Salakhutdinov, R. R. (2006). Reducing the dimensionality of data with neural networks. Science, 313(5786), 504-507.

İnik, Ö., Ülker, E. (2017). Derin öğrenme ve görüntü analizinde kullanılan derin öğrenme modelleri. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, 6(3), 85-104.

Kavuncu, S.K., 2018. Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenme: Nesne Tanıma Uygulaması. Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 157s, Kırıkkale

Llamas, J., M. Lerones, P., Medina, R., Zalama, E., Gómez-GarcíaBermejo, J. (2017). Classification of Architectural Heritage Images Using Deep Learning Techniques, Applied Sciences, 7(10), 992.

Mining, W. I. D. (2006). Data mining: Concepts and techniques. Morgan Kaufinann, 10, 559-569.

Mitchell, T. (1997). Machine learning. McGraw-Hill. doi: 10.1007/978-3-540- 75488- 6_2.

Narın, D., Onur, T. Ö. (2021, June). Investigation of the Effect of Edge Detection Algorithms in the Detection of Covid-19 Patients with Convolutional Neural Network-Based Features on Chest X-Ray Images. In 2021 29th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU) (pp. 1-4). IEEE.

Obeso, A. M., Vázquez, M. S. G., Acosta, A. A. R., & Benois-Pineau, J. (2017, June). Connoisseur: classification of styles of Mexican architectural heritage with deep learning and visual attention prediction. In Proceedings of the 15th international workshop on content-based multimedia indexing (pp. 1-7).

Önal, M. K., Avci, E., Özyurt, F., Orhan, A. (2020, October). Classification of Minerals Using Machine Learning Methods. In 2020 28th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU) (pp. 1-4). IEEE.

Uğuz, S., 2019, Makine Öğrenmesi Teorik Yönleri ve Python Uygulamaları ile Bir Yapay Zeka Ekolü. Nobel Akademik Yayıncılık, 298s, Ankara.

Yamashita, R., Nishio, M., Do, R. K. G., & Togashi, K. (2018). Convolutional neural networks: an overview and application in radiology. Insights into imaging, 9(4), 611-629.

Yetiş, G., Yetkin, O., Moon, K., Kılıç, Ö. (2018). A Novel Approach for Classification of Structural Elements in a 3D Model by Supervised Learning. In Proceedings of the 36th eCAADe Conference.

Yoshimura, Y., Cai, B., Wang, Z., Ratti, C. (2019), July. Deep learning architect: classification for architectural design through the eye of artificial intelligence. In International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management (pp. 249-265). Springer, Cham.

Demystifying Machine Learning for Architecture Students

Arzu Gönenç Sorguç [1]; Müge Kruşa Yemişcioğlu [2]; Ozan Yetkin [3]
[123]Middle East Technical University
[123]dds.archweb.metu.edu.tr; [1]arzug@metu.edu.tr; [2]mugek@metu.edu.tr; [3]oyetkin@metu.edu.tr

Abstract

With the developments in technology, mass data, new approaches/tools, and the increasing inclusion of machine learning applications, the necessity to teach these concepts and their applications have emerged in all research areas including architecture. In this context, a new course named "machine learning applications in architecture" containing lectures on data, data literacy, patterns, and various kinds of models along with a project conducted by the students was developed and started to be taught in spring'2020. Conducting a class on relatively new subjects for students was a great challenge. Yet, with a well-defined problem-based learning approach, the adaptation of students to the subject took place immediately. It is important to note that as students are equipped with information on machine learning concepts and applications with the given lectures, they were free to choose the project topics of their own which are believed to be one of the reasons for the success of the end results. As a result of this class, the project topics varied widely as coloring a given painting, predicting the era of a building, interpreting 2d drawings for 3d modeling, optimizing daylight gain, analyzing distinctive features of data in a city, and visualizing data to represent various aspects in data. The outcomes of the class are documented and analyzed to show how information in different fields such as computer science, engineering, statistics, and so on can broaden their thinking of how to attack problems in the architectural design domain. Finally, topics such as data, data literacy, pattern recognition, and intelligent models are projected to play a key role in the future of design education since it provides an interdisciplinary ground to think about problems at hand from a distinct perspective.

Keywords: *Machine learning, Architecture education, Data literacy, Data-model matching*

Mimarlık Öğrencileri için Makine Öğrenmesinin Gizemini Ortadan Kaldırmak

Arzu Gönenç Sorguç [1]; Müge Kruşa Yemişcioğlu [2]; Ozan Yetkin [3]
[123]Orta Doğu Teknik Üniversitesi
[123]dds.archweb.metu.edu.tr; [1]arzug@metu.edu.tr; [2]mugek@metu.edu.tr; [3]oyetkin@metu.edu.tr

Özet

Teknolojideki gelişmeler, verilerin artışı, yeni yaklaşımların benimsenmesini kolaylaştıran araçlar ve makine öğrenmesi uygulamalarının mimariye artan oranda dahil olması öğrencilerin bu alanlara ve uygulama çalışmalarına olan ilgilerini artırmaktadır. Yapay zekâ ve makine öğrenimi her alan için bir "moda kelime" haline geldiğinden, bu kavramların ve uygulamalarının öğretilmesinin gerekliliği, mimari dahil tüm araştırma alanlarında ortaya çıkmıştır (Khean vd., 2018). Bu kapsamda, öğrenciler tarafından yürütülecek bir proje ile birlikte veri, veri okuryazarlığı, örüntüler ve çeşitli modellerle ilgili konuların yer aldığı "mimaride makine öğrenmesi uygulamaları" adlı yeni bir ders geliştirilmiş ve 2020 bahar döneminde verilmeye başlanmıştır. Öğrenciler için nispeten yeni olan bir konuda ders yürütmek büyük bir zorluk olsa da iyi tanımlanmış bir probleme dayalı öğrenme yaklaşımı ile öğrencilerin konuya adaptasyonu kısa sürede gerçekleşti. Öğrencilerin verilen derslerle birlikte makine öğrenmesi kavramları ve uygulamaları hakkında bilgi sahibi haline gelmesi ve bu bilgiyi kullanarak proje konularını seçmekte özgür olmalarının nihai sonuçların başarısını olumlu etkileyen nedenlerden biri olduğu düşünülmektedir. Bu dersin sonucundaki proje konuları; verilen bir resmi renklendirmek, bir binanın çağını tahmin etmek, 3 boyutlu modelleme için 2 boyutlu çizimleri analiz etmek, gün ışığı kazanımını optimize etmek, bir şehirdeki verilerin ayırt edici özelliklerini analiz etmek ve verileri görselleştirmek gibi büyük bir çeşitlilik göstermiştir. Dersin çıktıları; bilgisayar bilimi, mühendislik, istatistik gibi farklı alanlardaki bilgilerin mimari tasarım alanındaki sorunlara yaklaşımları nasıl değiştirebileceğini göstermek için belgelenmiş ve analiz edilmiştir. Son olarak, veri, veri okuryazarlığı, örüntü tanıma ve akıllı modeller gibi konuların, öğrencileri eldeki problemler hakkında farklı bir perspektiften düşünmeye iten disiplinler arası bir zemin sağlaması sebebiyle bu konuların tasarım eğitiminin geleceğinde önemli bir rol oynayacağı öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Makine öğrenmesi, Mimarlık eğitimi, Veri okuryazarlığı, Veri-model eşlemesi*

1. Introduction

Advances in technology, the abundance of data mass, tools easing the adopting new approaches, and increasing involvement of machine learning applications in architecture increase the interests of students in these areas and application studies. Ever since artificial intelligence and machine learning became a 'buzzword' for every domain, the necessity to teach these concepts and their applications have emerged for all research areas including architecture (Khean et al., 2018). With the increasing involvement of computational design, data becomes the main input, and data visualizations have already turned into forms with algorithms/models developed or compiled by designers. Today, considering that form finding has started becoming an archaic term, data itself and data visualization are taking its place for design disciplines, especially for architecture.

In education, computational design and then machine learning become key topics with offered courses in various universities such as "Machine Learning for Creative Design" at Massachusetts Institute of Technology (Mueller & Danhaive, 2019), "Artificial Intelligence in Architecture" at Institute for Advanced Architecture of Catalonia (León, 2021), "A.I., Machine Learning, and the Built Environment" at Harvard Graduate School of Design (Lopez, 2022), "Data Science for Construction, Architecture and Engineering" at National University of Singapore (Miller, 2022), and so on. Therefore, it can be easily observed that the field of computational design started to focus more on trending subjects in computation that are machine learning, artificial intelligence, and data science.

In this context, a new course named "machine learning applications in architecture" offering lectures on data, data literacy, patterns, and various kinds of models along with a project that is planned to be conducted by the students was developed and started to be taught in spring'2020. Then, in spring'2021 term, the course is offered to graduate students in the department of Architecture. With these experiences, we would like to share not only our teaching experience or outcomes but also the "to do" and "not to do" lists for future classes.

2. Data Literacy

At the beginning, conducting a class on relatively new subjects for students was a great challenge. Yet, with a well-defined problem-based learning approach, the adaptation of students on the subject took place immediately. In this period, terms, data literacy, and the concepts of data mining, labeling, and matching are introduced to the students. In this vein, along with the concepts of data science, the importance of domain knowledge is worth mentioning considering the specific knowledge of students of the department of architecture related to visualization, representation, and classification. Hence, it can be said that coming from an architectural background helped students to understand and implement data visualization and having knowledge on computational design aided them to comprehend mathematical concepts behind machine learning models. Based on that, it should be noted that data literacy and domain knowledge have filled a critical gap when it comes to implementing machine learning algorithms to specific problems observed and defined by the students.

Analyzing the projects completed in the scope of the course, the process of each project can be summarized with four main steps that are: formulating the problem, acquiring and processing the data, determining the model, and visualization of results. Yet, it can be observed that each project focused on different steps of the overall process. For example, in one project aiming to predict the corresponding three-dimensional (3D) model of a tree based on a given two-dimensional (2D) drawing, it can be observed that labeling the acquired data and determining the model architecture was the focus. On the other hand, in another project aiming to enhance the visual connection between interior and exterior of a building provided by visibility prediction based on 2D plan layout data, it can be said that formulating the problem and visualization of results was the focus. Therefore, exemplified by these two projects, outputs of each project completed in the scope of this course have shown diversity. For comparison, the data preparation phase of projects; 3D tree model prediction from 2D drawings (**Figure 1**), and the study analyzing and aiming to enhance the visual connection between interior and exterior (**Figure 2**) are presented below.

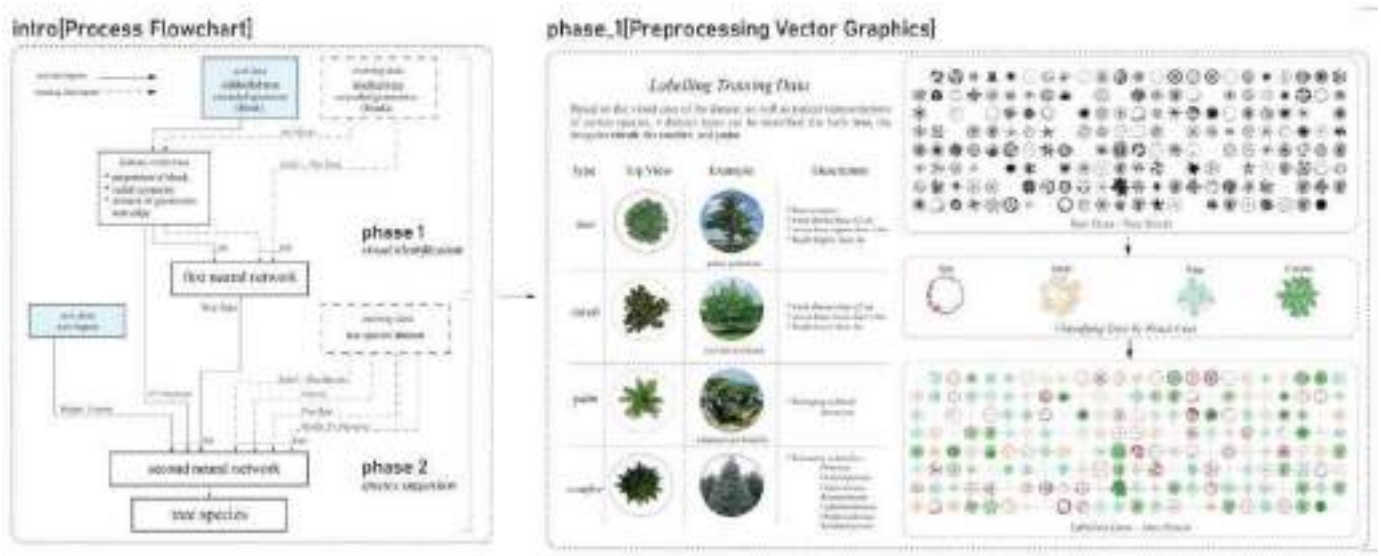


Figure 1. Data Preparation for 3D tree model prediction from 2D drawings (developed by Hammad Haroon)

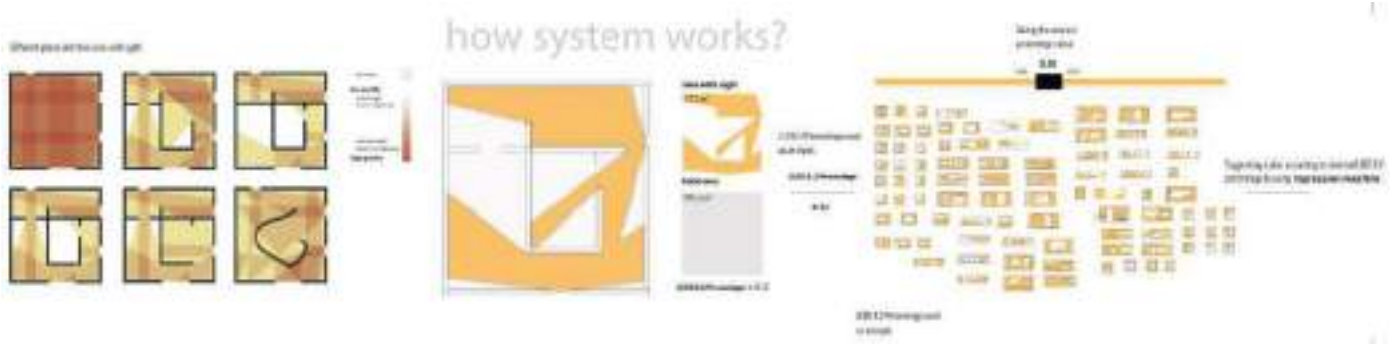


Figure 2. A Case on sight of a space (developed by Nilra Ayşegül Zoraloğlu)

3. Data and Model Matching

Following the data preparation processes, it is seen that matching data with the design process in terms of form, function, generation process is found valuable to be explored in architecture with many examples and in-class assignments. In the two semesters that the course is offered, different approaches are embraced. For the first term, students are asked to locate, collect, or create their own datasets depending on their problem definition. Then, for the second term, New York City Database (https://opendata.cityofnewyork.us/data/) is assigned considering the wide variety of data sets included that can serve for a wide variety of problems.

As a result of this difference, students were able to adapt themselves in terms of the tools used for the project, data processing strategies, model selection, and data visualization techniques. For example, when the students are asked to find or generate their own datasets, most of the students tend to use the tools that they already know such as Grasshopper; but when the case is switched in the next term where students were assigned the New York City Database, students tend to learn new tools such as Python. Moreover, data processing techniques were switched from feature extraction from geometry to statistical methods in general depending on the difference between terms. Furthermore, model selection is also affected since available methods and community behind tools differ greatly. Yet, the switch from expecting datasets from students to assigning a predefined dataset created a difficulty in terms of producing visual outcomes of the models. Finally, problem definitions, datasets and used models for two terms are presented in the **Table 1** below in order to provide a general picture.

Table 1. Matrix of problem definitions, data sets and selected models (developed by the authors based on student projects)

Problem Definition	Term	Data Set	Main Strategy	Model	Main Tool
Visibility Analysis	s'2020	2D Plan Layouts and Wall Locations (Generated)	Geometry Processing	Regression	Grasshopper
Tree Suggestion	s'2020	2D Tree Drawings and Names of Species (Collected)	Geometry Processing	Classification	Grasshopper
Date Prediction	s'2020	Building Photographs and Construction Dates (Collected)	Image Processing	Classification	C# (.NET)
Data Visualization	s'2020	Climate Data and Corresponding Locations (Obtained)	Data Clustering	Regression	Grasshopper
Image Coloring	s'2020	Painting Images of Famous Painters (Collected)	Image Processing	Regression	Python
Direction Control	s'2020	Wind Directions and Intensions (Generated)	Geometry Processing	Regression	Grasshopper
Air Quality Prediction	s'2021	Air Pollution and Particles in the Air (Obtained)	Statistical Analysis	Regression	Python
Vehicle Safety Prediction	s'2021	Vehicle Collisions and Crash Reports (Obtained)	Statistical Analysis	Classification	Python
Mapping of Constructions	s'2021	Construction Jobs and Locations (Obtained)	Data Clustering	Classification	Grasshopper
Energy Score Prediction	s'2021	Energy and Water Usage (Obtained)	Statistical Analysis	Regression	Python
Incident Prediction	s'2021	Incidents and Crime Reports (Obtained)	Statistical Analysis	Regression	Python

4. Results

As students are equipped with information on machine learning concepts and applications with the given lectures, and hands-on workshops, they were free to choose the project topics of their own which are believed to be one of the reasons for the success of the end results. The project topics varied widely as coloring a given painting, predicting the era of a building, interpreting 2D drawings for 3D modeling, optimizing daylight gain, analyzing unique features of data in a city, and visualizing data to represent different aspects in data. The outcomes of the class are documented and analyzed to show how information in such a different field such as computer science, engineering, statistics can broaden their thinking of how to attack problems in the architectural design domain. Finally, topics such as data, data literacy, pattern recognition, and intelligent models are projected to play a key role in the future of design education since it provides an interdisciplinary ground to think about problems at hand from a different perspective.

This result can be observed in project results in different aspects. For example, in one of the examples completed in spring'2020, the problem is defined as predicting the era of a building from its photograph (**Figure 3**). Since the dataset was limited compared to other well-known image processing examples like classifying objects or animals, data augmentation was implemented by rotating, scaling, and cropping the images and adding them as new samples to enlarge the limited dataset which inevitably increased the accuracy of the model. Hence, it can be said that available approaches in other domains (such as computer engineering) were successfully discovered and implemented to overcome challenges of the architectural domain (such as lack of available data).

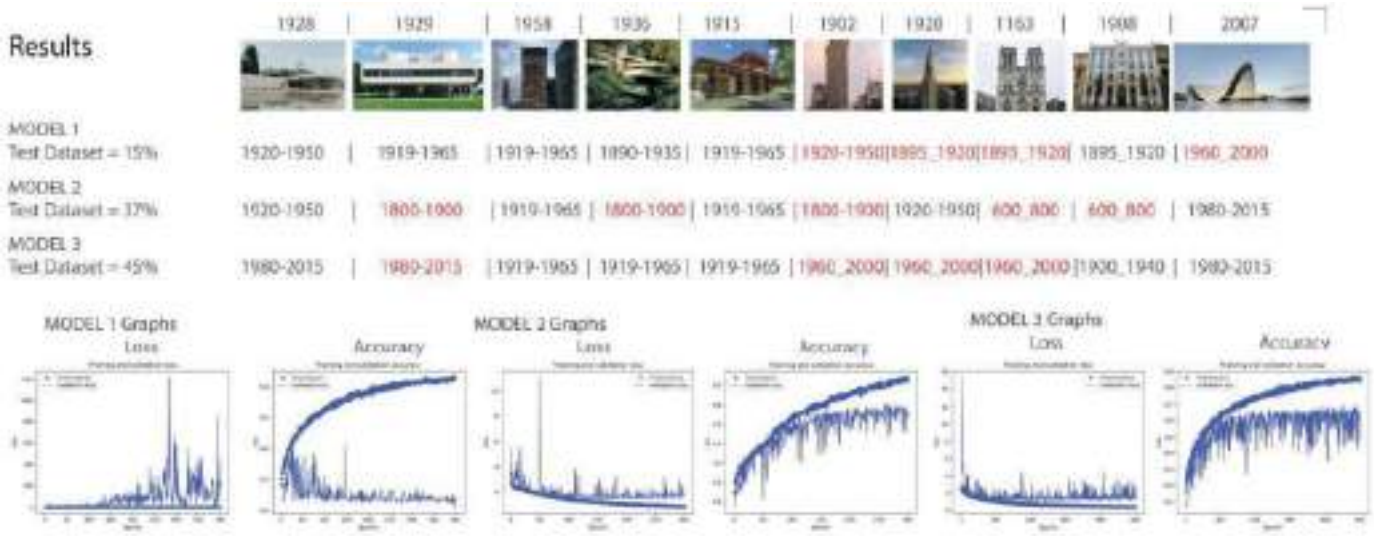


Figure 3. Results of Multiclass Architectural Period Classification Model (developed by İsmet Berke Çakır)

Similarly, in another example from the same term, image processing was used in a different way to the defined problem of coloring a given black and white image (**Figure 4**). In this project, the dataset is curated in a way to provide different coloring strategies, unlike available approaches in other domains that also aim to color the given image. Hence, the project was able to color the given image with the color palettes of famous artists such as Vincent van Gogh, Raphael, Frida Kahlo, Edgar Degas, Pablo Picasso, and Amadeo Modigliani. Therefore, it can be said that the project successfully transformed the well-known problem with a touch of domain knowledge and proposed a novel approach.

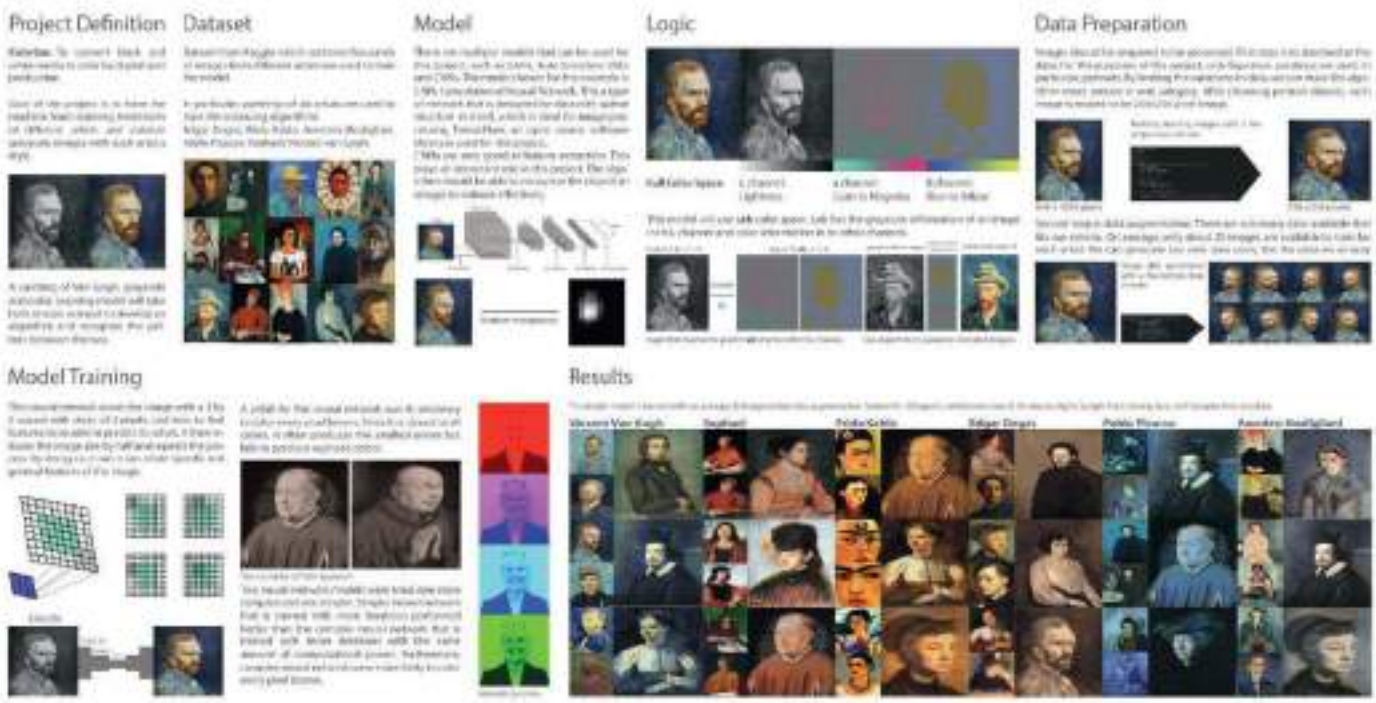


Figure 4. Colorizing with Painting (developed by Ege Doğan)

Moreover, when the works developed in spring'2021 are analyzed, it is possible to see that the focus was more on the engineering side since the source of the data is already provided. For example, in the example of predicting energy star score from energy and water usage data, pairwise feature visualizations and a correlation matrix were used to demonstrate and select which features of the given data affect the energy score more. In another example from the

same term, data were analyzed by means of a tree structure so that features of data were put in a hierarchical way from general to specific and construction works in NYC are visualized accordingly.

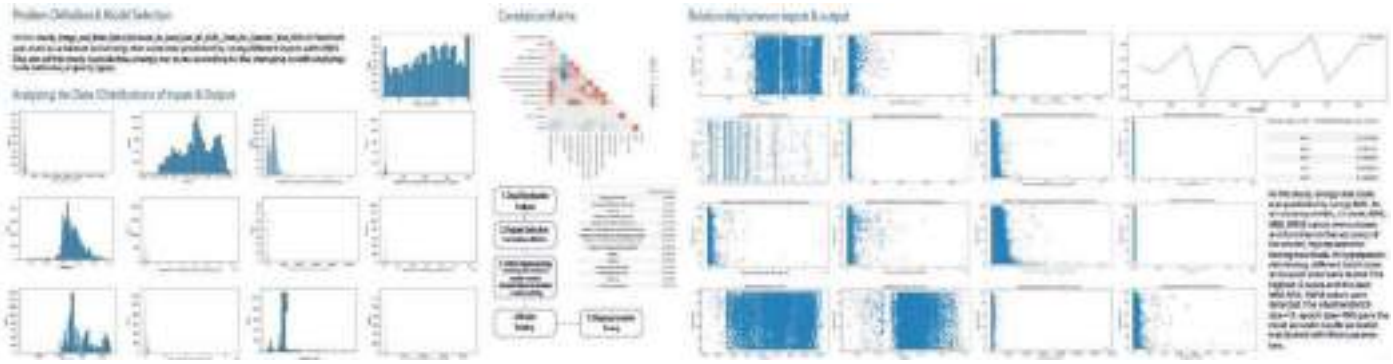


Figure 5. Results of Energy Star Score Prediction Model (developed by İlkim Canlı)

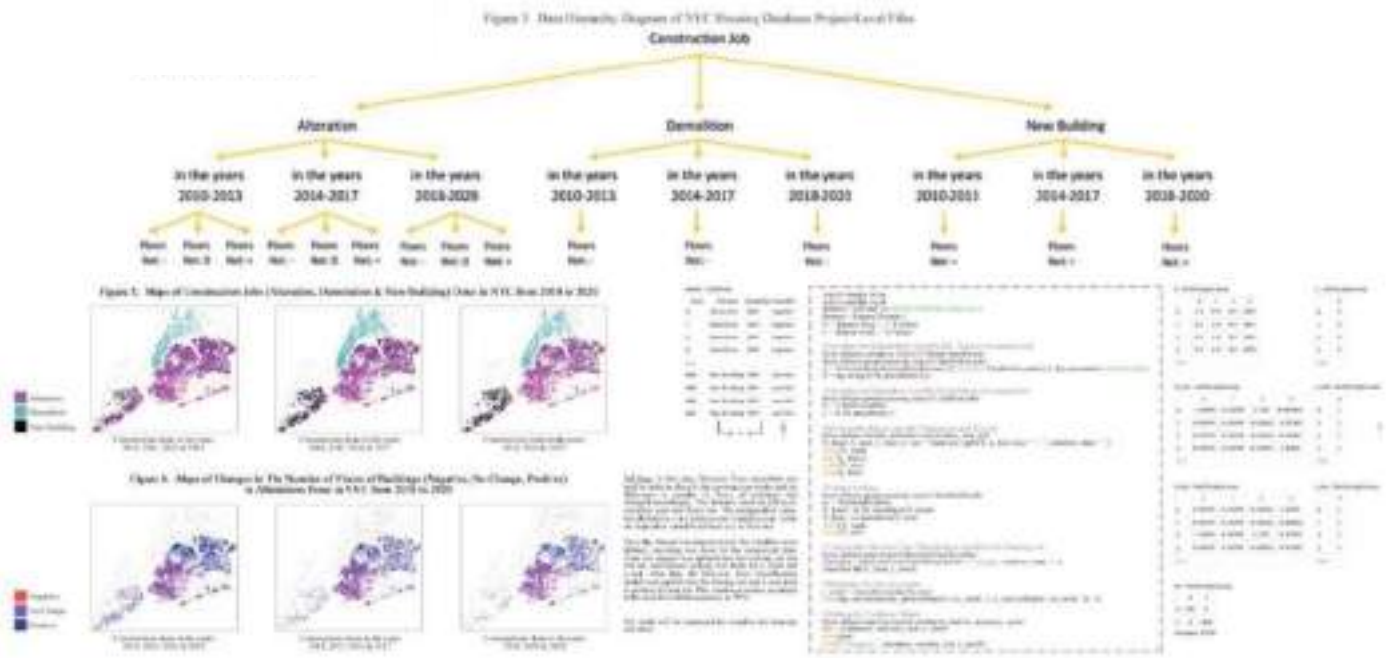


Figure 6. Model Understanding and Mapping Construction Works in NYC (developed by Hatice Hilal Topuz)

5. Discussions

In the first semester, students are asked to find or provide their own datasets, then in the second term, New York datasets are provided to be worked on. In each semester, the synthetic nature of the datasets and the role of augmentation are discussed. In both cases, they were free to choose their problem according to their curiosity. It is believed that defining the question and finding their curiosity which is what they want to learn is crucial instead of what they can do with the obtained data and the models. Yet, while constructing their questions, considering these exercises are their first encounter with ML models, students are directed toward quantifiable issues instead of topics like perception, creativity, and so on.

While structuring datasets provides students more control over their data and choosing a model, provided datasets lead them to find cross relations and merging different datasets as well as exploring different models. For both cases, it is seen that, when the obtained/collected/generated data are too complex, it becomes hard for students, who are

new to the subject, to find the correlations and thus, understand and assess the models and results. Although there are many sources providing ML models, it is believed that fundamental statistical knowledge including manual calculations of probability, ANN etc. is crucial.

In each semester, students are offered tutorials on Python and Lunchbox add-on of Rhino-Grasshopper [1]. Based on the background and existing skills of students, they either developed their own model, or use Python models provided in databases like GitHub [2]. Although the models that are developed by students were less complicated than others, it is seen that at the end, they had more control and knowledge about how it works, and their results.

6. Conclusion

In this paper, the outcomes of the course "Machine Learning in Architecture" class are presented with the conduction of the terms and the lessons learned throughout the two semesters. The first point to mention is the importance of data literacy and adapting to the changing role of data visualization in computational design. Then, the introduction of machine learning's fundamental topics like probability, statistics, feature extraction, labeling is found vital for the conduction. As the most critical part, the importance of the domain knowledge, which is architectural knowledge in this case, has played a crucial role throughout the term. The specific knowledge of any domain is important for any ML application in that domain considering the fine tasks like data preparation, labeling and model selection.

Above all course objectives, at the end of the semester, students are expected to accept that ML is merely a tool for understanding, modeling, and predicting, and therefore no more mystical than any computational tool. Considering the literacy between data and information is being lost, it is aimed to re-establish this relation again for students. Hence, it is very important for students to understand the following: ML is neither a magical tool that only takes data and handles the rest by itself nor a very complicated one that needs to be analyzed and structured to its every bit.

7. Acknowledgements

We would like to thank and acknowledge our students who experienced this journey with us in Machine Learning Applications in Architecture course: Ege Doğan, Hammad Haroon, Handan Akyürek, İsmet Berke Çakır, Nilra Ayşegül Zoraloğlu, Seren Ertan, Burcu Atakul, Şevval Simruy Baygül, İlkim Canlı, Aslı Zeynep Doğan, Mehmet Burak Kaya, Dilara Keçeci, Atike Yağmur Köseoğlu, Mehmet Oğuz Nas, Bekir Enes Özel, Zeynep Şan, and Hatice Hilal Topuz.

REFERENCES

Carpo, M. (2017). *The Second Digital Turn - Design Beyond Intelligence*, MIT Press, Cambridge City of New York (n.d.). NYC Open Data. Retrieved April 22, 2022, from https://opendata.cityofnewyork.us/data

Alpaydin, E. (2020). *Introduction to Machine Learning*. Cambridge, MA: The MIT Press.

Khean, N., Fabbri, A., & Haeusler, M. H. (2018). Learning Machine Learning as an Architect, How to? *Proceedings of the 36th eCAADe Conference - Volume 1*, Lodz University of Technology, Lodz, Poland, 19-21 September 2018, pp. 95-102

León, D. A. (2021, August 5). Artificial Intelligence in Architecture: MaCAD Students Learning How to Radically Innovate the AEC Sector. *IAAC*. Retrieved April 22, 2022, from https://iaac.net/artificial-intelligence-macad

Lopez, J. L. G. del C. y. (2022, January 10). *A.I., Machine Learning, and the Built Environment*. Retrieved April 22, 2022, from https://pll.harvard.edu/course/ai-machine-learning-and-built-environment

Miller, C. (2022). *Data Science for Construction, Architecture and Engineering*. edX. Retrieved April 22, 2022, from https://www.edx.org/course/Data-Science-for-Construction-Architecture-and-Engineering

Mueller, C., & Danhaive, R. (2019). *Special Subject: Building Technology - Machine Learning for Creative Design | MIT Architecture*. Retrieved April 22, 2022, from https://architecture.mit.edu/subject/spring-2019-4s42

[1] https://apps.provingground.io/lunchbox accessed on 03.05.2022

[2] https://github.com accessed on 03.05.2022

Derin Öğrenmeye Dayalı Nesne Tanıma Modeli: Antik Yunan Sütunları

Habibe Şenkal [1]; Sema Alaçam[2]
[1,2]İstanbul Teknik Üniversitesi
[1]senkalhabibe@gmail.com; [2]alacams@itu.edu.tr

Özet

Görüntü işleme ve nesne tanıma algoritmaları pek çok disiplinde olduğu gibi mimarlık alanında da yaygınlaşmaktadır. Görüntü işleme algoritmalarının derin öğrenme teknikleriyle bir arada ele alınması ise bu alanda yeni araştırma olanakları sunmaktadır. Verili bir görüntünün nasıl alt parçalara ayrıldığı, verinin nasıl temsil edildiği ve işlendiği ise, ele alınan problem tanımı ve problemin bağlamı ile yakından ilişkilidir. Bu çalışma kapsamında, bir nesne tanıma algoritması olan YOLO v4'ü kullanan bir model önerilmekte ve bu model kültürel miras eserlerinden olan Antik Yunan dönemi sütun başlıklarını tanıması problemine odaklanmaktadır. Çalışmanın amacı, Dor, İyon ve Korint tiplerinin derin öğrenmeyle bilgisayara öğretilmesi, eğitilen modele yüklenen fotoğraf üzerinden sütun tiplerinin tanınarak doğru şekilde sınıflandırılıp sınıflandırılamayacağının araştırılmasıdır. Eğitilen modelin tanınan nesneyi bir çerçeve içine alıp, sütun tipi tahmininin yüzdelik oranıyla belirtilmesi hedeflenmiştir. Model, manuel olarak etiketlenen 272 imaj ve 834 etiket bilgisinin veri çoğaltma yöntemiyle verinin yansıtılması, döndürülmesi, bulanıklaştırılması ve renk tonu değiştirilmesiyle genişletilmesinden oluşturulan 2720 imaj ve 8340 etiket bilgisi verisinin eğitilmesiyle oluşturulmuştur. Eğitim işlemi Python kodlama diliyle oluşturulan fonksiyonlar, YOLO v4 algoritması, Darknet sinir ağları ve OpenCV kütüphanesi kullanılarak, Google Colaboratory platformunda gerçekleştirilmiştir. Modelin başarısı hata matrisi metodu kullanılarak kesinlik, duyarlılık, doğruluk ve F1 skoru parametrelerine göre hesaplanmıştır. Çalışmanın, mimarlık çalışmalarında son birkaç yılda yaygınlaşan derin öğrenme çalışmalarına katkı sağlayacağı, farklı mimari elemanların veri seti oluşturularak tanınmasını sağlayacak potansiyelleri barındırdığı, mimarlık, sanat tarihi ve arkeoloji alanındaki çalışmalar ve araştırmalar için tespit, analiz, yorumlama ve öğrenme konularında yararlı olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Antik Yunan sütun başlıkları, Derin öğrenme, Evrişimli sinir ağları, Nesne tanıma.*

Object Recognition Model Based on Deep Learning: Ancient Greek Columns

Habibe Şenkal [1]; Sema Alaçam[2]
[1,2]İstanbul Teknik Üniversitesi
[1]senkalhabibe@gmail.com; [2]alacams@itu.edu.tr

Abstract

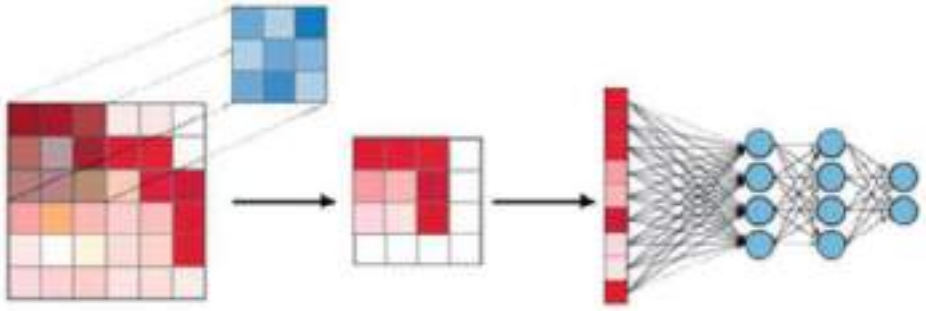
Image processing and object recognition algorithms are becoming widespread in the field of architecture as well as in many disciplines. Combining image processing algorithms with deep learning techniques offers new research opportunities in this field. A given image is subdivided, how the data is represented and processed is closely related to the problem definition and the context of the problem. Within the scope of this study, a model using YOLO v4, an object recognition algorithm, is proposed and this model focuses on the problem of recognizing the column headings of the Ancient Greek period, which are cultural heritage works. The aim of the study is to teach the Doric, Ionic and Corinthian types to the computer with deep learning, and to investigate whether the column types can be recognized and classified correctly through the photograph loaded on the trained model. It is aimed that the trained model will put the recognized object in a frame and indicate the column type estimation with a percentage ratio. The model was created by training 2720 images and 8340 tag information data, which were created by expanding the manually labeled 272 images and 834 label information by data duplication by reflecting, rotating, blurring and changing the color tone. The training process was carried out on the Google Colaboratory platform, using functions created with Python coding language, YOLO v4 algorithm, Darknet neural networks and OpenCV library. The success of the model was calculated using the error matrix method according to the parameters of precision, sensitivity, accuracy and F1 score. It is thought that the study will contribute to the deep learning studies that have become widespread in the last few years in architectural studies, have the potential to enable the recognition of different architectural elements by creating a data set, and will be useful for detection, analysis, interpretation and learning for studies and research in the fields of architecture, art history and archeology.

Keywords: *Ancient Greek column headings, Deep learning, Convolutional neural networks, Object recognition.*

1. Giriş

İnsanlar öğrendikleri nesnelerle yeniden karşılaştıklarında çoğunlukla kendiliğinden anımsamakta ve tanımaktadır. Nesneleri tanıma edimi bilgisayarlar için çok daha karmaşıktır. Bilgisayarların nesneleri öğrenmesi ve tekrar karşılaştığında tanıması bağlamında, görüntü işleme ve nesne tanıma algoritmaları yaygın olarak kullanılmaktadır. Görüntü işleme algoritmaları görüntü, ses ve metin dosyalarını anlamlandırma; araç plaka tespiti, yüz tanıma ve hastalık teşhisi alanlarında uzun zamandır kullanılmaktadır (Luo vd., 2014). Bu algoritmaların yerini zaman içerisinde güçlü öğrenme yeteneği, yüksek doğruluk oranı sağlayan derin öğrenme yöntemleri almıştır. Derin öğrenme yöntemi, endüstri, güvenlik, tıp, havacılık gibi pek çok alanda kullanılmaktadır (Tan vd., 2021). Ancak mimarlık alanında derin öğrenmenin kullanımı (As vd., 2018; Newton, 2019; Shaghaghian ve Yan, 2019) göreceli olarak daha kısıtlıdır.

Derin öğrenme yöntemlerinden biri olan evrişimli sinir ağları (CNN), insan öğrenme ve sınıflandırma yöntemini temel almaktadır (LeCun ve Bengio, 1995; Çağıl ve Yıldırım, 2020). Yaygın olarak görsel bilgiyi analiz etmekte kullanılmaktadır. Resim, video veya kamerayla eş zamanlı tanımayla görsel veriyi sınıflandırmaktadır (Tan vd., 2021). Evrişimli sinir ağları mimarisi temel olarak (Şekil 1) en ve boy değerlerine sahip bir girdi, saklı katmanlar ve en ve boy değerlerine sahip bir çıktıdan oluşmaktadır (O'Shea ve Nash, 2015). Mimarlık alanında ise plan, görünüş, kesit gibi 2 boyutlu mimari tasarım temsillerinin alt bileşenlerine ayrılmasında kullanıldığı örneklere rastlanmaktadır (Li vd., 2020; Zhu vd., 2020).



Şekil 1: Evrişimli sinir ağı mimarisi ve filtreleme yöntemi (Amidi ve Amidi, 2019).

Bu çalışmada bir nesne tanıma algoritması olan YOLO v4'e (Bochkovskiy vd., 2020) dayalı olan bir nesne tanıma modeli önerilmekte ve önerilen modelin Antik Yunan dönemi sütun başlıklarını tanıma probleminde kullanım potansiyeli araştırılmaktadır. Antik Yunan dönemi sütun tipleri Dor, İyon, Korint şeklindedir. Genellikle, Dor sütunları Toskana, Korint sütunları ise Kompozit sütunlarla karıştırılmaktadır. Çalışma kapsamında, Antik Yunan dönemi sütun tiplerinin derin öğrenmeyle bilgisayara öğretilmesi, eğitilen modele yüklenen fotoğraf üzerinden sütun tiplerinin tanınarak doğru şekilde sınıflandırılıp sınıflandırılamayacağının araştırılması amaçlanmıştır. Modelin tanınan nesneyi bir çerçeve içine alıp, sütun tipi tahmininin yüzdelik oranıyla belirtilmesi hedeflenmiştir. Geliştirilen modelin mimarlık ve sanat tarihi öğrencilerinin öğrenme sürecini kolaylaştıracağı ve turistik gezilerde bilgilendirici olacağı düşünülmektedir.

2. Arka Plan

2.1. Kültürel Miras

Varinlioğlu vd. (2014) sualtı kültürel mirasının dijital bir veri havuzunda toplaması, eserlerin parça bütün ilişkisi bağlamında çözümlenmesi ve 3 boyutlu (3B) modellerinin oluşturulması aracılığıyla arkeologların analiz ve yorumlamalarına yönelik yordamsal (procedural) bir araç sunmaktadır. Ahmad ve Chase (2007), çalışmalarında biçim gramerleri yöntemiyle geliştirdikleri kural setleriyle Yunan tapınak cephe tiplerini temsil etmekte ve kuralların üslup özelliklerini belirten açıklama şemasını sunmaktadır. Castro e Costa vd. (2012), Alberti'nin ilkelerine göre sütun ve kilise tasarımına odaklanan iki biçim grameri geliştirmiş ardından sütun gramerlerinin parametrik programlama araçlarıyla dijital hesaplamalı ve CNC taş freze yöntemiyle Korint başlığının fiziksel modelini üretmiştir. Konecny vd. (2016), Antik Yunan dönemi sütun tiplerinin detaylı incelemesine yer veren çalışmalarında; oyunlar ve sanal ortamlar için kullanılabilecek, yordamsal yaklaşımla doğru ve gerçekçi Yunan ve Roma dönemi İyon düzeni tapınak modelleri oluşturulmasına olanak sağlayan, eğri yüzeylere dayalı şekil noktalarını hesaplamak için geliştirilmiş geometrik algoritmalar sunmaktadır.

Bahsedilen çalışmalarda kültürel miras eserleri parça bütün ilişkisi, yordamsal oluşturma, parametrik tasarım, biçim gramerleri ve üç boyutlu modelleme bağlamında ele alınmaktadır. Bu çalışmada ise ilişki bağlamlarına bakılmaksızın fotoğraf girdisi üzerinden, fotoğrafın tanınması ve sınıflandırılmasını hedeflemektedir.

2.2. Nesne Tanıma

Nesne tanıma modelleri, denetimli makine öğrenmesiyle yöntemi olan sınıflandırmayı kullanmaktadır. Başarımlı bir veri sınıflandırması ve nesne tanıma modeli oluşturma kriterlerinden biri veri setinin büyüklüğüdür. Veri setinin büyüklüğü ise oluşturulan modelin kullanım amacına göre değişiklik göstermektedir. **Tablo 1**, YOLO v4 nesne tanıma algoritmasını kullanan, farklı amaçlar için geliştirilmiş modellerin bağlamı, veri seti oluşturma yöntemi, veri setinin boyutu, veri çoğaltma ve Google Colab kullanım durumu, modelin yineleme (iterasyon) sayısını ve F1 skor değerini içermektedir. Magalhães vd. (2021), domatesin tespitine odaklanmaktadır. Model, çektikleri videodan elde ettikleri 297 domates meyvesi fotoğrafını, veri çoğaltma (augmentation) yöntemiyle 5365 fotoğrafa arttırarak, 50.000 yinelemeyle Google Colab üzerinden eğitilmiş; yapılan değerlendirme sonucunda 0.859 F1 skor değerine ulaşılmıştır. Gai vd. (2021), kiraz meyvelerinin tespiti için geliştirilen model, çekilen 400 fotoğraftın manuel olarak etiketlenmesinden oluşan veri setinin, çoğaltma yöntemiyle genişletilmesi ve 39.000 yinelemeyle eğitilmesiyle oluşturulmuştur; oluşturulan model 400 fotoğraf ile test edilerek 0.947 F1 skoruna ulaşmıştır. Tran & Jeon (2020), geliştirdikleri modelle gerçek zamanlı trafik lambası tespitini sağlamaktadır. Hyundai veri setinin 6.774 fotoğrafına veri çoğaltma yöntemi uygulanmış ve 20.000 yinelemeyle geliştirilen model, 0.951 F1 skor değerine ulaşmıştır. Yu & Zhang, RMFD ve MaskedFace-Net veri setlerinden, kendi fotoğraflarını kullanma ve tarama yöntemiyle 10.855 fotoğraftan oluşan veri setine sahip model 50 epoch ile eğitilmiş, 0.87 F1 skor değerine sahiptir. Jiang vd. (2021), yüksek hızda hareket eden hafif gemilerin tespiti için geliştirilen model, SSDD veri setinin 1160 fotoğrafından oluşmaktadır ve 150 epochs ile eğitilen model 0.96 F1 skor değerine ulaşmıştır. Fan vd. (2021), kendi kendine giden arabalar için geliştirilen sensör modeli, Pascal Voc ve KITTI veri setinin 33.043 fotoğrafından oluşmaktadır. Model eğitim sonunda 0.847 F1 skoruna ulaşmıştır.

Tablo 1: Mevcut çalışmalar üzerinden veri setlerinin incelenmesi.

Yazarlar	Bağlam	Veri Seti	Veri Seti Boyutu	Çoğaltma	Google Colab	Yineleme	F1 Skoru
Magalhães, S. A., Castro, L., Moreira, G., Dos Santos, F. N., Cunha, M., Dias, J., & Moreira, A. P. (2021).	Domates	Videodan Fotoğraf elde etme	297	+	+	50	0,859
Gai, R., Chen, N. & Yuan H. (2021)	Kiraz meyveleri	Fotoğraf	400	+	-	39	0,947
Jiang, J., Fu, X., Qin, R., Wang, X. & Ma, Z. (2021)	Yüksek Hızda Hafif Gemi	SSDD	1,160	-	-	150 yığın sayısı	0,96
Tran, T. H. P. & Jeon, J. W. (2020)	Gerçek zamanlı trafik lambası	Hyundai data seti	6,774	+	-	20.000	0,951
Yu, J & Zhang, W. (2021)	Yüz maskesi giyme	Fotoğraf	10,855	-	-	50 yığın sayısı	0,87
Fan, YC., Yelaandala, C.M., Chen,T.W. & Huang, C.J. (2021)	Araba sensörü	Pascal Voc & KITTI 1024	33,043	-	-		0,847

İncelenen mevcut çalışmalar (**Tablo 1**), veri setinin, modelin tanıması istenen nesnenin hareketli olması (araç, insan vb), tanıma işleminin gerçek zamanlı ve çok değişkenli nesneler için yapılacak olması durumlarında arttığı değişken

sayısı daha az olan nesnelerin tespiti çalışmalarında ise azaldığı görülmektedir. Antik Yunan sütun tiplerini fotoğraflar üzerinden tanımayı hedefleyen, bu çalışmada ise önerilen modelin veri seti, 272 imajın genişletilmesi sonucu oluşan toplam 2720 imaj ve bu imajlarda yer alan toplam 8120 nesneden oluşmaktadır.

3. Model

3.1. Veri Seti

Çalışmanın veri seti üç Antik Yunan Sütun tipine (Dor, İyon, Korint) odaklanmaktadır. Sütun tipleri imajları, internet tarayıcısı üzerinden kültürel miras eserlerinin fotoğrafları, 3B modellemeleri ve çizim fotoğraflarının manuel olarak indirilmesi ve etiketlemesi yoluyla oluşturulmuştur. İndirilerek etiketlenen imajlar modelin eğitim, test ve değerlendirme aşamasında kullanılmak üzere **Tablo 2**'de gösterildiği şekilde üçe ayrılmıştır.

Tablo 2: Önerilen modelin veri seti boyutu.

	Eğitim Seti		Test Seti		Değerlendirme Seti	
	İmaj	Nesne	İmaj	Nesne	İmaj	Nesne
Dor	77	260	22	63	14	35
İyon	78	173	22	32	11	12
Korint	108	262	21	34	12	20
Tuskan	5	5	1	1	1	1
Kompozit	3	3	1	1	1	1
Tanımlanmayan					10	22
Toplam	220+51	703	52+15	131	31+8	91

Eğitim seti toplam 220 imajdan ve bu imajlarda etiketlenmiş olan 703 nesneden oluşmaktadır. Dor sütun tipinin yer aldığı 55 imajda 228 etiketlenmiş nesne bulunmaktadır. Bu imajlar; 47 fotoğraf ve bu fotoğraflarda 217 etiketlenmiş nesne, 3 üç boyutlu model fotoğrafında 5 nesne, 5 Dor sütunu çizim fotoğrafında 6 nesneden oluşmaktadır. İyon sütun tipinin yer aldığı 54 imajda 139 etiketlenmiş nesne bulunmaktadır. Bu imajlar; 36 fotoğraf ve bu fotoğraflarda 120 etiketli nesne, 3 üç boyutlu model fotoğrafında 3 nesne, 15 İyon sütunu çizim fotoğrafında 16 nesneden oluşmaktadır. Korint sütun tipinin yer aldığı 87 imajda 238 etiketlenmiş nesne bulunmaktadır. Bu imajlar; 57 fotoğraf ve bu fotoğraflarda 213 etiketli nesne, 12 üç boyutlu model fotoğrafında 13 nesne, 18 Korint sütunu çizim fotoğrafında 18 nesneden oluşmaktadır. Ayrıca, İyon veri setindeki 4 fotoğrafta 10 dor sütunu etiketi vardır. İki ana sütun tipinin yer aldığı 5 imajda 17 etiketlenmiş nesne bulunmaktadır. Bu imajlarda; 1 Dor, 10 İyon, 4 Korint, 1 Kompozit ve 1 Tuskan nesnesi yer almaktadır. Üç ana sütun tipinin yer aldığı 19 imajda; 21 Dor, 24 İyon, 20 Korint, 2 Kompozit ve 4 Tuskan nesnesi yer almaktadır.

Test seti toplam 52 imaj ve bu imajlarda etiketlenmiş olan 131 nesneden oluşmaktadır. Dor sütun tipinin yer aldığı 15 imajda 52 etiketlenmiş nesne bulunmaktadır. Bu imajlar; 13 fotoğraf ve bu fotoğraflarda 48 etiketlenmiş nesne ve 3 Dor sütunu çizim fotoğrafında 4 nesneden oluşmaktadır. İyon sütun tipinin yer aldığı 15 imajda 19 etiketlenmiş nesne bulunmaktadır. Bu imajlar; 10 fotoğraf ve bu fotoğraflarda 14 etiketli nesne, 2 üç boyutlu model fotoğrafında 3 nesne, 2 İyon sütunu çizim fotoğrafında 2 nesneden oluşmaktadır. Korint sütun tipinin yer aldığı 15 imajda 26 etiketlenmiş nesne bulunmaktadır. Bu imajlar; 10 fotoğraf ve bu fotoğraflarda 15 etiketli nesne, 1 üç boyutlu model fotoğrafında 1 nesne, 3 Korint sütunu çizim fotoğrafında 10 nesneden oluşmaktadır. İki ana sütun tipinin yer aldığı 1 imajda 4 etiketlenmiş nesne bulunmaktadır. Bu imajlarda; 2 Dor ve 2 İyon nesnesi yer almaktadır. Üç ana sütun tipinin yer aldığı 6 imajda; 9 Dor, 11 İyon, 8 Korint, 1 Kompozit ve 1 Tuskan nesnesi yer almaktadır.

Eğitim ve test aşamasında kullanılacak veri setinin boyutu 272 ve 834 nesnedir. Veri seti boyutu bu imajların veri genişletme yöntemiyle; yatay, düşey ve yatay-düşey çevirme, 45-90-135-225º döndürme, bulanıklaştırma ve renk tonu değişikliğiyle genişletilmesi sonucu toplam 2720 imaj ve 8340 nesneye ulaşmıştır (**Şekil 2**).

Değerlendirme seti 42 imajdan oluşmaktadır. Dor sütun tipi 33 nesnenin yer aldığı 11 imaj ile test edilmiştir. Bu imajlar; 9 fotoğrafta 24 nesne, 2 çizim fotoğrafında 8 nesne, 1 üç boyutlu model fotoğrafında 1 nesneden oluşmaktadır. İyon sütun tipi 9 nesneden oluşan 8 imaj ile test edilmiştir. Bu imajlar; 5 fotoğrafta 6 nesne ve 3 çizim fotoğrafında 3 nesneden oluşmaktadır. Korint sütun tipi 17 nesnenin yer aldığı 9 imaj ile test edilmiştir. Bu imajlar;

7 fotoğrafta 13 nesne, 1 çizim fotoğrafında 1 nesne, 1 üç boyutlu model fotoğrafında 3 nesneden oluşmaktadır. Ayrıca, üç ana sütun tipinin bir arada olduğu 3 imaj ve modele öğretilmeyen sınıfların yer aldığı 10 imaj da test aşamasında kullanılmıştır.



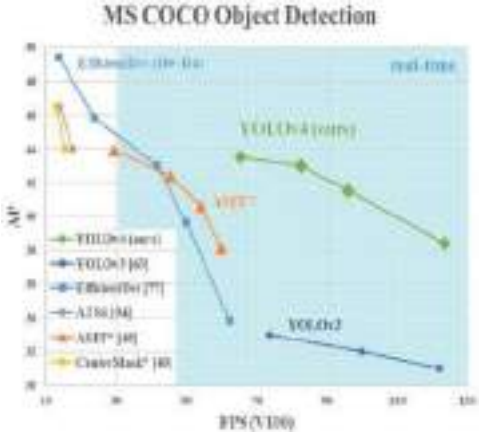
Şekil 2: Genişletme işlemi uygulanmış veri seti (yazarlar tarafından üretilmiştir).

3.2. Nesne Tanıma Modelinin Çalışma Yöntemi

Nesne tanıma için bilgisayarın eğitilmesi işlemi, yüksek grafik işlemci birimi (GPU) ve merkezi işlem birimi (CPU) gibi gelişmiş bilgisayar donanımları, büyük veri setleri gerektiren, uzun süren zorlu bir işlemdir.

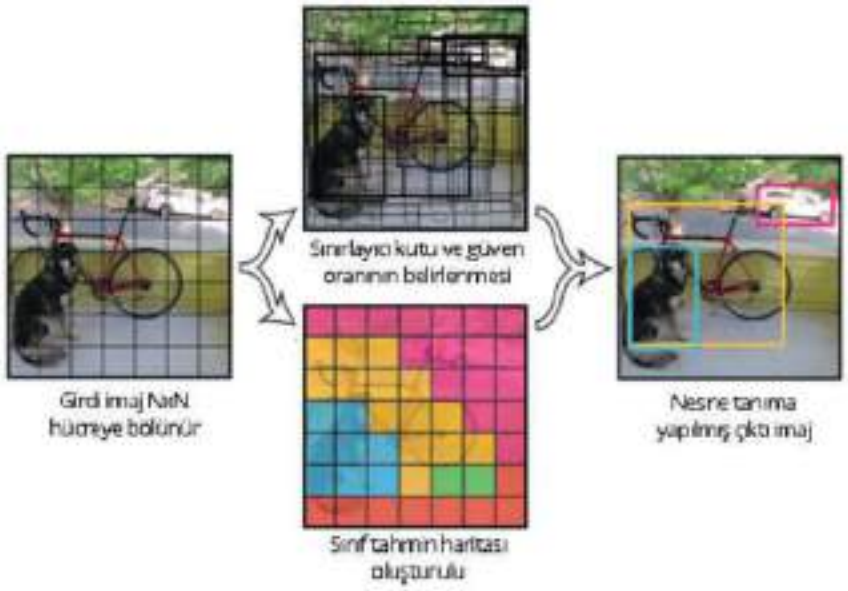
Google Colaboratory (Colab) bulut sistemi üzerinden yüksek GPU-CPU ile çalışma imkânı sağlamaktadır. Python yazılım diliyle oluşturulan kodlar Colab'la daha hızlı çalıştırılabilmekte, eğitim ve test süreleri kısalmaktadır. Ayrıca, Google Drive'la etkileşim kurması veri giriş-çıkışı kolaylığı sağlanmaktadır. Bu sebeple, çalışmada Google Drive'a kaydedilen veri setleri ve kodlar Colab platformu üzerinde işlenmiştir. Nesne tanıma işleminde Yolov4 algoritması, Python programlama dili, OpenCV kütüphanesi ve Darknet sinir ağı kullanılmıştır.

You Only Look Once (YOLO), Redmon vd. tarafından 2016 yılında önerilen CNN tabanlı gerçek zamanlı bir nesne tanıma algoritmasıdır. Nesne algılama probleminde; görüntü pikselleri, sınırlayıcı kutu koordinatları ve olasılık sınıflarını tek bir regresyon sorunu olarak çözümlemektedir. 2017 yılında Bilgisayarlı Görme ve Örüntü Tanıma Konferansı'nda algoritmanın hızını, duyarlılık ve doğruluk oranını iyileştiren YOLO v2 yayınlanmıştır (Redmon ve Farhadi, 2017). 2018 yılı nisan ayında, algoritmanın nesne tanıma performansı daha da geliştirilerek Yolov3 yayınlanmıştır (Redmon ve Farhadi, 2018). YOLO v3 ile karmaşık, küçük, yoğun ve üst üste çakışan nesneler üzerine algoritmanın algılama yeteneği geliştirilmiştir. 2020 yılında ise çok daha hızlı ve doğru sonuç veren YOLO v4 sürümüyle algoritma performansı iyileştirilmiştir (Bochkovskiy vd, 2020). Güncel nesne tanıma algoritmalarının YOLO v4 algoritmasıyla performans karşılaştırması **Şekil 3**'de sunulmaktadır.



Şekil 3: YOLOv4 ve diğer güncel nesne tanıma algoritmalarının karşılaştırması. Karşılaştırılabilir performansla YOLOv4 EfficientDet'ten iki kat daha hızlı çalışır (Bochkovskiy vd, 2020: sayfa 1).

Yolo algoritmasıyla nesne tanınması işleminde girdi olarak eklenen imaj NxN sayıda hücrelere ayrılır (Redmon vd.,2016; Du, 2018; Çağıl ve Yıldırım, 2020). Ayrılan hücreler içinde tanımlanması hedeflenen nesnenin merkezi hangi hücredeyse bu hücre o nesneyi algılamaktan sorumludur (Redmon vd., 2016). Algılama işleminde ilk hücre kontrol edilir, nesne burada değilse diğer hücreye geçilir. Nesne buradaysa nesnenin merkez noktasının bu hücrede olup olmadığı kontrol edilir. Merkez noktası burada değilse diğer hücreye geçilir. Merkez noktası buradaysa nesnenin başlangıç-bitiş noktaları algılanarak sınıfı, yüksekliği, genişliği ve nesnenin bu hücrede olduğundan ne kadar emin olduğunu belirten güven oranı tahmin edilir (Redmon vd., 2016; Çağıl ve Yıldırım, 2020).



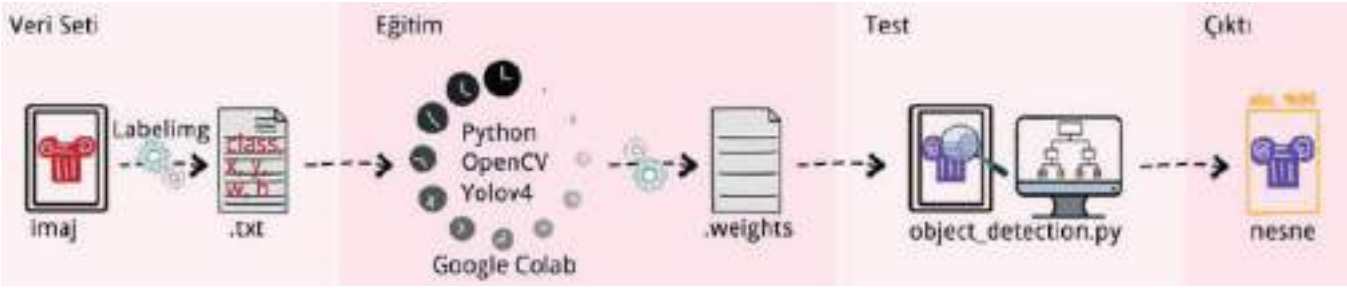
Şekil 4: YOLO algoritmasının akış şeması (Redmon vd., 2016: sayfa 780).

Yolo algoritması Darknet sinir ağı modelini kullanır. Darknet, C ve CUDA'yla yazılmış açık kaynaklı bir sinir ağı çerçevesidir. Hızlıdır, kurulumu kolaydır ve CPU-GPU hesaplamasını destekler (Du, 2018; Çağıl ve Yıldırım, 2020).

Açık kaynak kodlu bağımsız bir görüntü işleme kütüphanesi olan OpenCV, Windows, Mac Os, iOS ve Android gibi farklı platformlarda çalışabilmekte, farklı programlama dillerini desteklemekte, 2500'den fazla algoritmaya yer vermektedir (Pişkin, 2017).

Bilgisayara yeni bir sınıf nesnesinin öğretilmesi **Şekil 5**'de tanımlandığı gibi; veri seti oluşturulması, eğitim işlemiyle veri setinden ağırlık dosyası elde edilmesi, ağırlık dosyalarıyla test işleminin yapılması aşamalarından oluşur ve bu aşamaların ardından model geliştirilmiş olur. Öğretilmesi hedeflenen Dor, İyon, Korint sütun tiplerinin çizim, fotoğraf ve 3D modellerinden oluşan imajlarla veri seti oluşturulmuştur. Veri setinin çeşitliliği, farklı açılardan, farklı arka

planlarda imajlardan oluşması öğrenme işlemi için önemli konulardan biridir. Öğretilmek istenen sütunların bir imaj üzerinde bir arada etiketlenmesi, birbirine yakın görünüme sahip ve karıştırılabilecek sütun tiplerinin birlikte olduğu imajların veri setinde yer alması öğrenme aşamasını geliştirir; test aşamasında modelin doğruluk oranını arttırır. Bu sebeple, çoğunlukla karıştırılan Dor-Toskana sütun tipleriyle Korint-Kompozit sütun tiplerinin aynı imajda olduğu verilerle veri seti geliştirilmiştir.

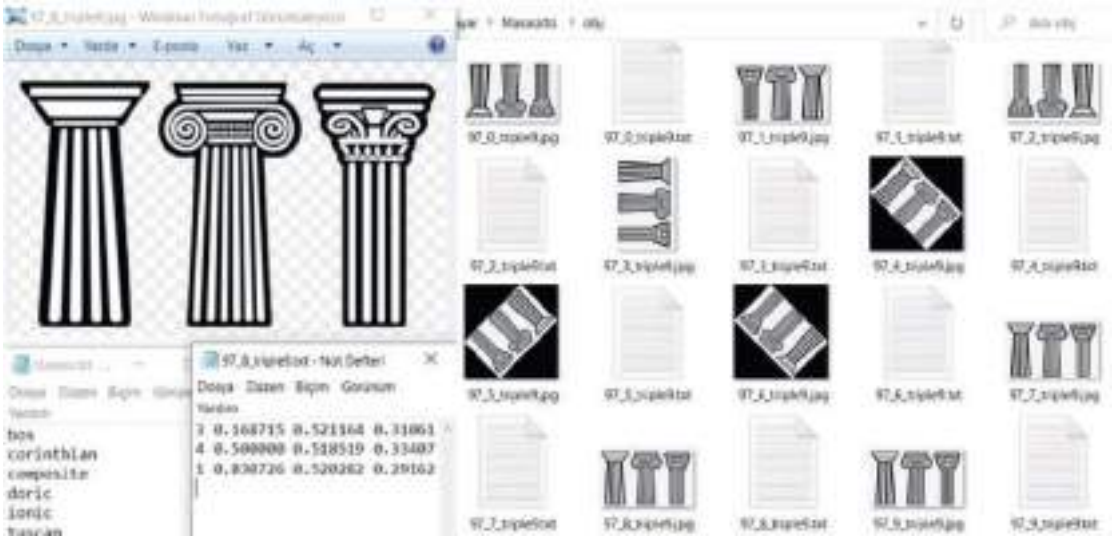


Şekil 5: Nesne tanıma modeli akış şeması (yazarlar tarafından üretilmiştir).

Bilgisayar sayısal verilerle eğitilmektedir. Dolayısıyla, veri setinin sayısal verilere dönüştürülmesi gerekmektedir. Sınırlayıcı kutular ile etiketleme işlemiyle veri setindeki sütun tipleri sınıflandırılır, bu sınıflandırma ve sınırlayıcı kutu bilgisi sayılar veriye dönüştürülür. Etiketleme işlemi için "LabelImg" kullanılmıştır (**Şekil 6**). LabelImg kullanımı kolay arayüzü sahiptir; "Open" aracı ile etiketlenecek veri seti açılır, etiketlenen nesne verisinin uyumlu olacağı algoritma (YOLO veya PascalVOC) seçilir, "Create RectBox" aracı ile nesne sınırlayıcı kutu içerisine alınır, açılan pencerede nesnenin sınıf adı yazılarak etiketleme işlemi tamamlanır. LabelImg'le etiketlenen sınıfın ID numarası, etiketlemek için kutu içine alınan alanın başlangıç noktası x ve y, kutunun genişlik ve uzunluk bilgileri ".txt" dosyası olarak program tarafından sayısal veriye dönüştürülmektedir (**Şekil 7**).



Şekil 6: "LabelImg" ile nesnenin etiketlenmesi (yazarlar tarafından üretilmiştir).



Şekil 7: "LabelImg" ile etiketlenen nesnelerin sayısal veri setine dönüşmesi (yazarlar tarafından üretilmiştir).

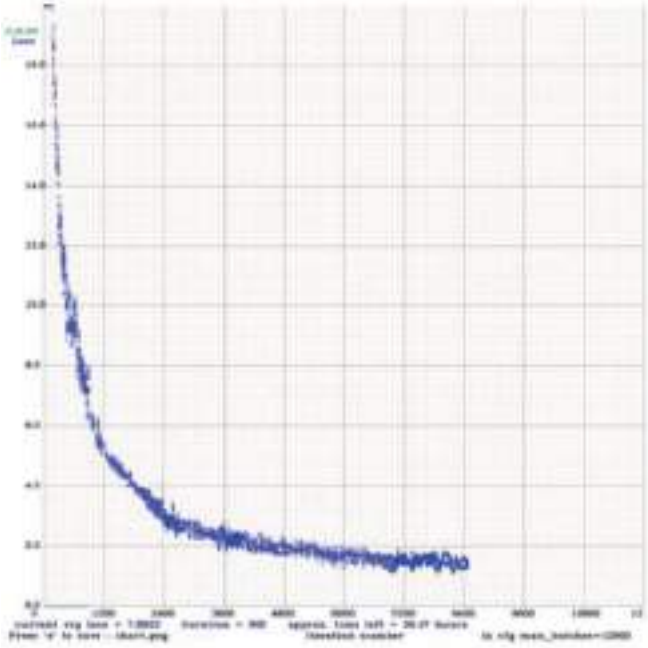
4. Modelin Geliştirilmesi

4.1. Ön Hazırlık

Google Colab platformunda Nvidia GPU tanımlaması yapılır. Github üzerinden Darknet klonlanır. OpenCV, GPU, Cuda etkinleştirilir. Fotoğrafların gösterilmesi, indirilmesi ve yüklenmesi için yardımcı fonksiyonlar tanımlanır. Oluşturulan veri setleri Google Drive hesabında yolov4 isimli klasör içerisine yüklenir. Colab ile Drive birbirine bağlanır; Drive hesabında bulunan "test.zip" ve "obj.zip" isimli sıkıştırılmış veri dosyaları Colab'da açılır. Önceden oluşturulmuş eğitim için gerekli Yolo fonksiyonlarını barındıran konfigürasyon "config(.cfg)" dosyası, "obj.name" ve "obj.data" dosyaları Drive'dan Colab'a yüklenir. "Config" dosyas; yığın sayısı (batch size) 64, alt bölümler (subdivisions) 16, imaj boyutu 416x416, itme (momentum) 0.949, bozulma (decay) 0.0005, öğrenme oranı (learning_rate) 0.001, maksimum yığın sayısı (max_batches) 12000 ve filtreler (filters) 32 değerlerini içermektedir. Python yazılım dilinde yazılan "Eğitim" ve "Test" fonksiyonları tanımlanır. Fonksiyon tanımlarından sonra eğitim sürecine geçilir.

4.2. Eğitim Süreci

Makine öğrenmesinde geliştirilen modelin eğitim süresi, veri setinin büyüklüğüne bağlı olarak artmakta, veri setinin büyük ve çeşitli olmasına bağlı olaraksa modelin başarı oranı artmaktadır. Başarı oranını etkileyen bir diğer konu ise eğitim sürecindeki ortalama hata oranıdır (average loss rate). YOLO algoritması yaptığı tahminler için hata kontrolü yaparak bu hataları minimize etmeye çalışır. Hata oranını hesaplamak için hata fonksiyonunu (loss function) kullanılır. Bu çalışma kapsamında önerilen nihai modele, farklı veri seti büyüklüğü ve ortalama kayıp değeriyle sonuçlanan üç deneme eğitiminde sonra ulaşılmıştır. İlk deneme eğitiminde, modelin çalışıp çalışmadığını görmek sadece Korint sütun tipi eğitilmiştir. Bu eğitimde 128 imaj 1 saat 42 dakika eğitilmiş. Eğitimin 1046. yinelemesinde 0.70 ortalama kayıp değeri elde edilmiştir ve eğitim bu aşamada durdurularak model nicel olarak değerlendirilmiştir. İkinci deneme eğitimde üç sütun tipinin yer aldığı 273 imaj 5 saat 58 dakika eğitilmiş. Bu süre sonunda, 1.94 ortalama kayıp değerine ulaşılmış ve bu aşamada Colab'ın erişim kısıtlaması engeli nedeniyle eğitim sonlandırılmak zorunda kalınmıştır. Colab uzun süreli eğitimlerde kısıtlama uygulamakta ve tanımladığı ücretsiz GPU desteğini kesmektedir. GPU'nun kesilmesi başta Darknet olmak üzere tüm bağlantıları koparmıştır. Dolayısıyla, modelin performansı test edilememiş; sonuçlar değerlendirilememiştir. Üçüncü deneme eğitiminde, modelin daha değerlendirilebilmesi için üç sütun tipi sınıfı 106 imaj kullanılarak 3 saat 40 dakika eğitilmiştir. 1922 yineleme sonunda 1.80 ortalama kayıp değerine ulaşılmış ve eğitim manuel olarak durdurularak sonuçlar nicel olarak değerlendirilmiştir. Deneme eğitimleri sayesinde, veri setinin arttırılması, daha fazla yinelemeyle daha düşük ortalama kayıp değerine ulaşana kadar eğitime devam edilmesi gerektiği ve Colab kısıtlaması yüzünden eğitimin kesildiği durumlarda ağırlık verileri kullanılarak eğitime devam ettirilmesi gerektiği anlaşılmıştır. Önerilen modelin, 2720 imaj ve 8340 etiketli nesnenin yer aldığı veri seti 24 saat 52dk sonunda manuel olarak durdurulmuştur. Bu sürede 8500 yinelemeyle model, eğitilmiş ve test edilmiştir. Model, eğitim süresi sonunda 1.42 ortalama kayıp değeri değerine ulaşmıştır (**Şekil 8**).



Şekil 8: Modelin, yineleme sayısına bağlı kayıt değeri değişimi (yazarlar tarafından üretilmiştir).

4.3. Hata Süreci

Nesne tanıma veri seti oluşturulurken kullanılan LabelImg'de, yeni tanımlanan sınıf, mevcut tanımlanmış sınıfların altına eklenir. Eğitim aşamasında önceden tanımlanmış nesneler kullanılmayacağından mevcut sınıflar modele yük oluşturur, eğitim süresinin uzamasına sebep olur. Bu sorunu çözmek için sınıflara karşılık gelen sıra numaraları yenilenmiştir.

Her sınıfa 0'dan başlayarak bir sayı verilir. Bu sayı sınıfın hem kimlik(ID) numarasını hem de sınıf listesindeki sıra numarasını temsil eder. Sıra numaraları değiştirilirken sıfırdan başlandığı unutulduğundan sistem hata vermiştir (**Şekil 9**). Sorun, 0 ID numaralı ilk satıra "bos" isimli boş bir sınıf atanarak çözülmüştür. Bu durum, "maxbatch" ve "filtre" değerleri arttırmış; eğitim süresini uzatmıştır.



Şekil 9: Kimlik tanıma hatası (yazarlar tarafından üretilmiştir).

4.4. Modelin Değerlendirmesi

Nesne tanıma modelinin değerlendirmesi hata matrisi yöntemiyle sağlanmıştır. Hata matrisine göre sınıflandırmada dört durum söz konusudur. Modelin başarısını arttıran doğru pozitif ve doğru negatif olmak üzere iki durum vardır. Bu iki durum dışında ise yanlış pozitif ve yanlış negatif durumları vardır. Bu çalışmada; doğru pozitif tanımlanan sınıflara ait nesneleri modelin doğru tahmin etmesi, doğru negatif tanımlanmayan sınıflar için modelin tahmin yapmaması, yanlış pozitif tanımlanmayan sınıfları tanımlanan sınıflardan biri olarak tahmin etmesi, yanlış negatif ise tanımlanan sınıf nesnesi için modelin tahmin yapmaması veya yanlış tahmin yapmasıdır. Model; 11 Dor, 8 İyon, 9 Korint, 3 üç tipinde yer aldığı ve 10 öğretilen sınıflar haricinde nesneleri içeren imajlardan oluşan toplam 41 imajla ve bu imajlarda yer alan 91 etiket ile test edilmiştir (**Şekil 10**). Dor, İyon ve Korint sütunları için hata matrisi ayrı ayrı hesaplanmış, hesap sonuçları **Tablo 3**'de sunulmuştur. Tanımlanan 67 nesnenin 45'i doğru, 22'si yanlış tahmin edilmiştir. Tahminlerin 4 tanesinde aynı ise nesne iki kere etiketlenmiştir. Tanımlanmayan 24 nesnenin 17'si doğru, 7'si yanlış tahmin edilmiştir.



Şekil 10: Modelin değerlendirmesinde kullanılan veri seti ve sonuçlar (yazarlar tarafından üretilmiştir).

Tablo 3: Sınıfların hata matrisine göre sonuçları.

HATA MATRİSİ		TAHMİN EDİLEN SINIF (+)	TAHMİN EDİLEN SINIF (-)
GERÇEK SINIF (DOR)	(+)	DOĞRU POZİTİF 20	YANLIŞ NEGATİF 15
	(-)	YANLIŞ POZİTİF 2	DOĞRU NEGATİF 5

HATA MATRİSİ		TAHMİN EDİLEN SINIF (+)	TAHMİN EDİLEN SINIF (-)
GERÇEK SINIF (İYON)	(+)	DOĞRU POZİTİF 12	YANLIŞ NEGATİF 2
	(-)	YANLIŞ POZİTİF 1	DOĞRU NEGATİF 5

HATA MATRİSİ		TAHMİN EDİLEN SINIF (+)	TAHMİN EDİLEN SINIF (-)
GERÇEK SINIF (KORİNT)	(+)	DOĞRU POZİTİF 17	YANLIŞ NEGATİF 2
	(-)	YANLIŞ POZİTİF 3	DOĞRU NEGATİF 5

Hata matrisi yöntemiyle elde edilen değerler kesinlik (precision), duyarlılık (recall), doğruluk (accuracy) ve F1 skoru formülleri kullanılarak değerlendirilmiştir. **Şekil 11**'de belirtilen formüllerle hesaplanmıştır. Kesinlik değeri doğru pozitif / (doğru pozitif + yanlış pozitif) formülü ile hesaplanmıştır. Bu hesaba göre sınıflara göre kesinlik değerleri; Dor 0.90, İyon 0.92, Korint 0.85'dir. Duyarlılık değeri doğru pozitif/(doğru pozitif + yanlış negatif) formülüyle hesaplanmış sonuçlar; Dor 0.57, İyon 0.85, Korint 0.89'dur. Doğruluk değeri sonuçları doğru tahminler/toplam tahmin formülüyle; Dor 0.59, İyon 0.85, Korint 0,81 olarak bulunmuştur.

$$\text{Kesinlik (Precision)} = \frac{\text{Doğru Pozitif}}{(\text{Doğru Pozitif} + \text{Yanlış Pozitif})} \quad \text{Duyarlılık (Recall)} = \frac{\text{Doğru Pozitif}}{(\text{Doğru Pozitif} + \text{Yanlış Negatif})} \quad \text{Doğruluk (Accuracy)} = \frac{\text{Doğru Tahminler}}{\text{Toplam Tahminler}}$$

Şekil 11: Kesinlik, duyarlılık ve doğruluk değerlerinin hesaplama formülleri.

F1 skor değeri F1=2x(kesinlik x duyarlılık)/(kesinlik+duyarlılık) harmonik bir ortalama formülü ile hesaplanmıştır. Hesap sonuçları Dor 0.69, İyon 0.88, Korint 0.86 şeklindedir.

Model eğitiminde kullanılan veri setinde, Dor ve İyon imaj sayısı Korint imaj sayısından azdır. Fakat, Dor ve Korint imajlarında bulunan nesne sayısı birbirine yakındır. İyon nesne sayısı ise diğer iki tipten azdır. Eğitim setinde ise imaj sayıları birbirine yakın olmasına rağmen en çok Dor nesnesi vardır. Değerlendirme setinde ise imaj sayıları birbirine yakındır fakat en çok Dor nesnesi en az ise İyon nesnesi vardır (**Tablo 2**). En çok Dor sınıfının eğitildiği modelde en düşük doğruluk ve duyarlılık oranının Dor sınıfı için çıkmış olmasının nedeni Dor nesnelerinin yer aldığı imajların kalitesi olduğu düşünülmektedir. En düşük kesinlik oranının Korint nesnesinde çıkması tanımlanmayan nesnelerde çoğunlukla Korint tahmininin yapılmasından kaynaklanmaktadır.

5. Sonuçlar ve Değerlendirme

Bu araştırma literatürdeki çalışmalardan, kültürel miras eserlerinden olan Antik Yunan sütun tiplerinin nesne tanıma algoritmalarıyla tanınması ve sınıflandırılmasına odaklanması, farklı mimari elemanların veri seti oluşturularak tanınmasını sağlayacak potansiyelleri barındırması, mimarlık, sanat tarihi ve arkeoloji alanındaki çalışmalar ve araştırmalar için tespit, analiz, yorumlama ve öğrenme konularında katkı sağlama potansiyeli ile farklılaşmaktadır. Ayrıca, geliştirilen modelin, kamera erişimiyle gerçek zamanlı spesifik nesne tespiti özelliği eklenerek geliştirilmesi ve basit arayüzlü bir uygulamaya dönüşmesinin çalışmayı zenginleştireceği düşünülmektedir. Gelişim potansiyelleri ilerleyen çalışmalar için hedefler oluşturmaktadır.

KAYNAKLAR

Ahmad, S., & Chase, S. C. (2007). Transforming grammars for goal driven style innovation. eCAADe 25, Predicting the Future, Session 19: Generative Design, page, 879-886.

Amidi A. ve Amidi S. (2019, Nisan 30). CS230-Derin Öğrenme, Evrişimli Sinir Ağları El Kitabı. Stanford Üniversitesi (A. Kızrak ve Y. Kömeçoğlu Çev.). 19 Şubat 2022 tarihinde, https://stanford.edu/~shervine/l/tr/teaching/cs-230/cheatsheet-convolutional-neural-networks adresinden erişildi.

As, I., Pal, S., & Basu, P. (2018). Artificial intelligence in architecture: Generating conceptual design via deep learning. International Journal of Architectural Computing, 16(4), 306-327.

Bochkovskiy, A., Wang, C. Y., and Liao, H. Y. M. (2020). Yolov4: Optimal speed and accuracy of object detection. arXiv preprint arXiv:2004.10934.

Castro e Costa, E., Coutinho, F., Duarte, J. P., & Krüger, M. (2012). Modelling Alberti's column system: Generative modelling and digital fabrication of classical architectural elements.

Çağıl G. ve Yıldırım B. (2020). Bir Montaj Parçasının Derin Öğrenme ve Görüntü İşleme ile Tespiti. Zeki Sistemler Teori ve Uygulamaları Dergisi, 3(2) 2020, 31-37. DOI: 10.38016/jista.710144

Du, J. (2018). Understanding of object detection based on CNN family and YOLO. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1004, No. 1, p. 012029). IOP Publishing.

Fan, Y. C., Yelamandala, C. M., Chen, T. W., & Huang, C. J. (2021). Real-Time Object Detection for LiDAR Based on LS-R-YOLOv4 Neural Network. Journal of Sensors.

Gai, R., Chen, N., & Yuan, H. (2021). A detection algorithm for cherry fruits based on the improved YOLO-v4 model. Neural Computing and Applications, 1-12.

Jiang, J., Fu, X., Qin, R., Wang, X., & Ma, Z. (2021). High-speed lightweight ship detection algorithm based on YOLO-v4 for three-channels RGB SAR image. Remote Sensing, 13(10), 1909.

Konecny, R., Syllaiou, S., & Liarokapis, F. (2016). Procedural modeling in archaeology: approximating ionic style columns for games. In 2016 8th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES) (pp. 1-8). IEEE.

LeCun, Y., & Bengio, Y. (1995). Convolutional networks for images, speech, and time series. The handbook of brain theory and neural networks, 3361(10), 1995.

Luo, W., Xing, J., Milan, A., Zhang, X., Liu, W., Zhao, X., Kim, T.-K. (2014). Multiple Object Tracking: A Literature Review. Computer Vision and Pattern Recognition, doi: 10.1016/j.artint.2020.103448.

Magalhães, S. A., Castro, L., Moreira, G., Dos Santos, F. N., Cunha, M., Dias, J., & Moreira, A. P. (2021). Evaluating the single-shot multibox detector and YOLO deep learning models for the detection of tomatoes in a greenhouse. Sensors, 21(10), 3569.

Newton, D. (2019). Generative deep learning in architectural design. Technology| Architecture+ Design, 3(2), 176-189.

O'Shea, K., & Nash, R. (2015). An introduction to convolutional neural networks. arXiv preprint arXiv:1511.08458.

Pişkin, M. (2017). OpenCV ile Görüntü İşleme. Şubat 2022 tarihinde, http://mesutpiskin.com/blog/wp-content/uploads/2017/01/OpenCV%20Kitap.pdf adresinden erişildi.

Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R. and Farhadi, A. (2016) You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Las Vegas, 27-30 June 2016, 779-788. https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.91

Redmon, J. and Farhadi, A. (2017) YOLO9000: Better, Faster, Stronger. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Honolulu, 21-26 July 2017, 6517-6525. https://doi.org/10.1109/CVPR.2017.690

Redmon, J. and Farhadi, A. (2018) YOLO v3: An Incremental Improvement. arxiv:1804.02767v1 [cs.CV], Unpublished.

Shaghaghian, Z., & Yan, W. (2019). Application of deep learning in generating desired design options: Experiments using synthetic training dataset. arXiv preprint arXiv:2001.05849.

Tan, F.G., Yüksel, A.S., Aydemir, E. ve Ersoy, M. (2021). Derin Öğrenme Teknikleri ile Nesne Tespiti ve Takibi Üzerine Bir İnceleme. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (25), 159-171. DOI:10.31590/ejosat.878552

Tran, T. H. P., & Jeon, J. W. (2020, November). Accurate real-time traffic light detection using YOLOv4. In 2020 IEEE International Conference on Consumer Electronics-Asia (ICCE-Asia) (pp. 1-4). IEEE.

Yi, Y. K., Zhang, Y., & Myung, J. (2020). House style recognition using deep convolutional neural network. Automation in Construction, 118.

Yu, J., & Zhang, W. (2021). Face mask wearing detection algorithm based on improved YOLO-v4. Sensors, 21(9), 3263.

Varinlioglu, G., Balaban, O., & Yekta Ipek, S. A. (2014). Parametric Modeling of Archaeological Heritage in the Age of Digital Reconstruction.

Zhu, R., Shen, J., Deng, X., Walldén, M., & Ino, F. (2020, February). Training strategies for CNN-based models to parse complex floor plans. In *Proceedings of the 2020 9th International Conference on Software and Computer Applications* (pp. 11-16).

Kaynak Kod, URL-1:< https://github.com/theAIGuysCode/YOLOv4-Cloud-Tutorial>, Şubat 2020 tarihinde erişildi.

3. OTURUM

SAYISAL FABRİKASYON VE ROBOTİK

Robota Entegre Pnömatik 3B Kil Baskı Deneyimi

Serbülent Vural [1]; Selin Oktan[2]; A. Nesligül Çevik[3]
[1,2,3]Karadeniz Teknik Üniversitesi
[1,2,3]www.ktu.edu.tr/ktucodefab, [1]svural@ktu.edu.tr; [2]oktanselin@gmail.com; [3]aysenesli.cevik@gmail.com

Özet

Çalışma kil malzemenin davranışı üzerine fikir edinme, üretim sürecinin planlanmasına yönelik deneyim kazanma, malzeme akış miktarı ile robotun hızı arasındaki ilişkiyi görme, karşılaşılan problemlere çözüm üretme ve bu süreci paylaşma motivasyonu ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma, baskı sürecinin detaylı bir tartışmasını içermesi yönüyle ulusal sayısal fabrikasyon ortamı için özgün bir nitelik taşımaktadır. Çok eksenli üç boyut baskı tekniği için bir ön çalışma niteliği taşımaktadır.

Çalışmanın hedefi robota entegre üç boyutlu pnömatik baskı teknolojisini çok eksenli üretim sürecine hazır hale getirmek üzere üç eksenli üretim sürecini yeniden deneyimlemektir. Araştırmanın kapsamı, pnömatik enjeksiyonlu üç boyutlu baskı sistemde modelin yazılım programında hazırlanış süreci, kil karışımının farklı oranlardaki davranışının irdelenmesi, modelin basınçlı sistem ile üç boyutlu basım süreci ve bu süreçlerin değerlendirmeleri olarak belirlenmiştir. Amaç; baskı sistemi ile ilgili süreç içinde karşılaşılan sorunları irdelemek, kayıt altına almak ve sistemin avantaj ve dezavantajlarını belirlemektir. Çalışma sürecinde kullanılan baskı sistemi "kendin yap" mantığı ile üretilmiştir. Bu kapsamda atık durumdaki pleksi borular kullanılmış ve ihtiyaç duyulan diğer parçalar ise modellenerek üç boyutlu yazıcı ile PVA malzeme kullanılarak üretilmiştir. Pnömatik sistem KTU CODE FAB Laboratuvarında kullanılmakta olan 1,6 HP motora sahip ve 1-8 bar ayarlanabilir basınçlı hava çıkışı sağlayabilen kompresör ile oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında üç boyutlu kil baskı denemelerini gerçekleştirmek üzere kurulan pnömatik baskı sistemi üzerine deneyimler paylaşılmıştır. Bu bağlamda, farklı baskı sistemi prototipleri, farklı kil tipleri ve karışımları, farklı basınç değerleri ile denenmiştir. Çalışmada bu denemelere ilişkin sonuç ürünler üzerinde tartışılmıştır. Karışımlar seramik çamuru döküm toz malzemenin farklı oranlarda su ile birleştirilmesi ile elde edilmiştir. Çalışmanın sonucunda; takım yolunun oluşturulması sürecinde kullanılan yazılımın önemli olduğu, kullanılan enjektörün kesitinin üretimin kalitesine etki ettiği gözlenmiştir. Denenmiş olan kil karışımları içerisinde en idealinin 1 birim su ve 3,5 birim seramik çamuru döküm tozu oranı ile elde edilmiştir. İlerleyen süreçte bu karışım oranı kullanılarak denemeler yapılmaya devam edilecektir.

Anahtar Kelimeler: *Robotik üretim, 3B kil baskı, Pnömatik sistem, Sayısal fabrikasyon, Eklemeli üretim.*

Robot Integrated Pneumatic 3D Clay Print Experience

Serbülent Vural [1]; Selin Oktan[2]; A. Nesligül Çevik[3]
[1,2,3]Karadeniz Technical University
[1,2,3]www.ktu.edu.tr/ktucodefab, [1]svural@ktu.edu.tr; [2]oktanselin@gmail.com; [3]aysenesli.cevik@gmail.com

Abstract

The study's motivation is to become experienced about the behaviour of the clay material, to gain experience in planning the production process, to see the relationship between the amount of material flow and the speed of the robot, to find solutions to the problems encountered and to share this process. The study is unique for the national digital fabrication environment as it includes a detailed discussion of the printing process. It is a preliminary study for the multi-axis three-dimensional printing technique. The aim of the study is to re-experience the three-axis production process in order to make the robot-integrated pneumatic three-dimensional printing technology ready for the multi-axis production process. The scope of this research is focused on the preparation process of the model in the software program, the observation of the behaviour of the clay mixture at different rates, the three-dimensional printing process of the model with the pneumatic system and the evaluations of these printing processes. The aim is to examine and record the problems encountered in the process related to the printing system and to determine the advantages and disadvantages of the system. The printing system used in this study process was produced by "do it yourself". In this context, waste plexy pipes were used and other parts needed were modelled and produced using PVA material with a three-dimensional printer. The pneumatic system has been created with a compressor that has a 1.6 HP engine and can provide 1-8 bar adjustable compressed air output, which is used in the KTU CODE FAB Laboratory. Within the scope of the study, pneumatic printing system experiences were shared. In this context, various printing system prototypes, various clay types and mixtures were tested with various pressure values. In the study, the results of these trials were discussed within the context of the products. The mixtures were obtained by combining the ceramic mud casting powder material with water in different proportions. As a result of the study; it has been observed that the software used in the process of creating the tool path is important and the cross-section of the injector used affects the quality of the production. Among the clay mixtures that have been tried, the most ideal one was obtained with the ratio of 1 unit of water and 3.5 units of ceramic mud casting powder. Experiments will continue to be made using this mixing ratio in the future.

Keywords: *Robotic fabrication, 3D clay print, Pneumatic system, Digital fabrication, Additive manufacturing.*

1. Giriş

Üç boyutlu baskı teknolojisi başta küçük ölçekli ürünlerin üretilmesine olanak sağlayabilen bir kapasiteye sahipken; günümüzde bütünleştirildiği sisteme bağlı olarak yapı üretimi ölçeğinde bile baskı yapabilme özelliği kazanmıştır. Katmanlı baskı tekniği malzemenin olanak verdiği ölçüde hem üç eksenli hem de çok eksenli üretime olanak sağlayabilmektedir. Günümüzde üç eksenli üretimlerle ilgili ilerleme kaydedilmiş olup, çok eksenli üretime yönelik denemeler yapılmaya başlanmıştır. Bu çalışma çok eksenli üç boyut baskı tekniği için bir ön çalışma niteliği taşımaktadır. Çalışma kil malzemenin davranışı üzerine fikir edinme, üretim sürecinin planlanmasına yönelik deneyim kazanma, malzeme akış miktarı ile robotun hızı arasındaki ilişkiyi görme, karşılaşılan problemlere çözüm üretme ve bu süreci paylaşma motivasyonu ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma, baskı sürecinin detaylı bir tartışmasını içermesi yönüyle ulusal sayısal fabrikasyon ortamı için özgün bir nitelik taşımaktadır.

Çalışmanın hedefi robota entegre üç boyutlu pnömatik baskı teknolojisini çok eksenli üretim sürecine hazır hale getirmek üzere üç eksenli üretim sürecini yeniden deneyimlemektir. Araştırmanın kapsamı, pnömatik enjeksiyonlu üç boyutlu baskı sistemde modelin yazılım programında hazırlanış süreci, kil karışımının farklı oranlardaki davranışının irdelenmesi, modelin basınçlı sistem ile üç boyutlu basım süreci ve bu süreçlerin değerlendirmeleri olarak belirlenmiştir. Amaç; baskı sistemi ile ilgili süreç içinde karşılaşılan sorunları irdelemek, kayıt altına almak ve sistemin avantaj ve dezavantajlarını belirlemektir.

Çalışma kapsamında üç boyutlu kil baskı denemelerini gerçekleştirmek üzere kurulan pnömatik baskı sistemi üzerine deneyimler paylaşılmıştır. Bu bağlamda, farklı baskı sistemi prototipleri, farklı kil tipleri ve karışımları, farklı basınç değerleri ile denenmiştir. Çalışmada bu denemelere ilişkin sonuç ürünler üzerinde tartışılmıştır.

Çalışma sürecinde kullanılan baskı sistemi “kendin yap” mantığı ile üretilmiştir. Bu kapsamda atık durumdaki pleksi borular kullanılmış ve ihtiyaç duyulan diğer parçalar ise modellenerek üç boyutlu yazıcı ile PVA malzeme kullanılarak üretilmiştir. Pnömatik sistem KTU CODE FAB Laboratuvarında kullanılmakta olan 1,6 HP motora sahip ve 1-8 bar ayarlanabilir basınçlı hava çıkışı sağlayabilen kompresör ile oluşturulmuştur.

2. Literatür Çalışması

Üç boyutlu baskı teknolojisi mekanik, elektronik, mekatronik ve robotik disiplinleri arasında gelişen bir üretim aracıdır (Abramovic, Glynn, & Achten, 2017). Üç boyutlu baskı sisteminin çalışma prensibi, malzeme katmanlarını doğrudan istifleyerek montaj gerektirmeyen nesneler oluşturmaktır (Jasveer & Jianbin, 2018). Bu noktada, üç boyutlu baskı teknolojisinin diğer disiplinlere etkisi üretimin yöntemlerini ve süreçlerini değiştirmek olmuştur. Üç boyutlu yazıcı makineleri temelde baskı sırasında kullanılan yöntemlerin ve malzemelerin değişimi ile kendi içinde çeşitlenirken; günümüzde donanım elemanlarının değişimi ile robota entegre üç boyutlu baskı makineleri olarak geliştirilmektedir (Pham, Lim, & Pham, 2016). Üç boyutlu eklemeli sistemler baskı yöntemleri sıcaklık, su ve gaz basıncı (pnömatik) ile çalışan sistemler üzerinden temellendirmektedir (Nall & Bhounsule, 2019). Jasveer ve Jianbin’e (2018) göre üç boyutlu yazıcıların farklı yöntemlerle kullanımına bağlı çeşitleri **Tablo 1**’de özetlenmiştir.

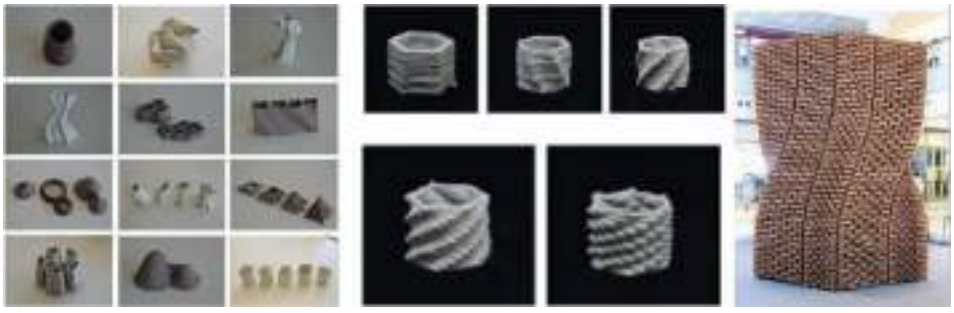
Tablo 1. Üç boyutlu yazıcıların farklı kullanım biçimleri (Jasveer ve Jianbin, 2018)

	Stereolithografi (SLA)	Dijital Işık İşleme (DLP)	Ergiyik Katmanlı Modelleme (FDM)	Selective Laser Sintering (SLS)	Seçici Lazer Ergitme (SLM)	Elektron Hüzme Ergitmesi (EBM)	Katmanlı Ürün Üretimi (LOM)
Malzeme	Fotopolimer (filament)	Reçine Fotopolimer (filament)	Termo Plastik Malzeme	Toz Malzeme (plastik,cam, seramik)	Toz Malzeme (Metal)	Metal, Toz Metal	Kağıt, Plastik, Metal Laminant
Yöntem	Isı-ultraviyole ışık(lazer ile) kullanılır. Eritilen malzeme reçine kabında sertleşir.	Isı- ultraviyole ışık (projektör ile) kullanılır	Isı | Eritilen malzeme ekstrüzyon başlığından geçer.	Isı ve Basınç – Toz malzeme molekülleri birbirine kaynaştırılır.	Isı-ultraviyole ışık(lazer ile) kullanılır.	Isı (elektron demeti ile) ve Basınç	Isı ve Basınç | Malzeme kaynaştırma işlemi ardından lazer bıçak ile kesim yapılır.
Eklenebilir Donanım Elemanı				Robot Kol			

Baskı işleminde hangi üç boyutlu yazıcı türünün kullanılacağı kararı çoğunlukla sonuç nesnenin malzemesine, boyutlarına ve işlevine bağlıdır (Jasveer & Jianbin,2018). Yazdırılan nesnenin, üç boyutlu yazıcının haznesi içinde ve yazıcı başlığının hizası boyunca oluşuyor olması mimarlıkta konstrüksiyon işleminde ve bina ölçeğinde sınırlayıcı olmaktadır (Pham,Lim, & Pham, 2016). Üç boyutlu yazıcının robotik kola entegre edilmesi bu sınırlamaları aşmak için kullanılan bir donanımsal değişimdir.
Robot tabanlı üç boyutlu baskı sistem hafif yapılar üretme potansiyeli, geometrik açıdan özgürlük, parça birleştirme ve tasarım optimizasyonu gibi avantajları beraberinde getirmektedir (Velu, Vaheed & Raspall, 2018). Geleneksel üç boyutlu yazıcılar ile robota entegre üç boyutlu baskı arasında karşılaştırma yapan Keating ve Oxman'a (2013) göre, robot kol ile çalışan üç boyutlu baskının üç avantajı vardır:

1. Baskı alanının daha geniş çaplı olabilir,
2. Baskı sistemleri kolayca yeniden yapılandırılabilir, değiştirilebilir ve çeşitlendirilebilir,
3. Robot kolların ekstra eksenleri olması ve çok eksenli çalışabilmesi yeni keşiflere yol açabilir (Keating & Oxman,2013).

Literatür araştırmaları ışığında bu çalışmanın araştırma konusu pnömatik sistem temelli robota entegre üç boyutlu baskı sisteminin kil malzeme üzerinden deneyimlenmesi olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında kurulan sistem prensip olarak, gaz basıncını pnömatik aktüatör yardımı ile mekanik enerjiye dönüştürerek çalışır. Pnömatik sistemde, bu hareketin ardından malzeme dökümü Arşimet burgusundan geçerek döküm veya doğrudan olmak üzere iki şekilde gerçekleşebilir (Valkenaers, Jansen, Voet, Van Gysel, & Ferraris, 2014). Her iki döküm şekli basılacak malzemeye ve tasarımın amacına bağlı tercih edilebilir. Otomasyon süreci ise, tasarımın yazılım programı ile hazırlanması ve üç boyutlu pnömatik baskı robotu arasında gerçekleşmektedir (Yap, Ng., & Yeow, 2016). Üç boyutlu baskı otomasyonu ile malzemeden ve zamandan tasarruf sağlanmış, sonuç ürün kalitesi ve çeşitliliği artmıştır. Bu bağlamda, günümüzde mimarlık disiplini üç boyutlu pnömatik sistemi bir yapı teknolojisi olarak kullanmaktadır (Mathur, 2016).
Robota entegre üç boyutlu baskı teknolojisi, mimari tasarımda ve uygulamada kullanılmak üzere akademik alanda geliştirilmeye çalışılan güncel bir alandır. Uluslararası çeşitli çalışmalar bu teknolojinin mimaride kullanımı için denemeler üretmektedir. Bu denemeler genelde farklı aşamalarda ilerlemektedir: Çok sayıda varyasyona sahip üç boyutlu nesne üretimi (Farrokhsiar & Gürsoy, 2020; Gürsoy 2018), çeşitli parametrelere bağlı farklı paneller üretmek (Rosenwasser, Mantell & Sabin, 2017; Emerging Objects, 2016), üç boyutlu çok değişkenli modül prototipleri üretmek (Shi vd., 2019; Seibold vd., 2018) ve yapı ölçeğinde üretim (Lange, Holohan & Kehne, 2018) üzerine çalışmalar yapılabildiği görülmektedir (**Şekil 1**).



Şekil 1: Farklı ölçekleri baskı tekniklerine ilişkin literatür örnekleri (Gürsoy, 2018; Farrokhsiar & Gürsoy, 2020; Lange, Holohan & Kehne, 2018).

Robota entegre üç boyutlu pnömatik baskı teknolojisi üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, yapı ölçeğinde tasarım ve mimari uygulama saha çalışmalarından önce prototip üretmenin, deneyimlemenin ve sistemi geliştirmenin ortak hedef olduğu gözlenmiştir. Bu bağlamda çalışmalar yapılarak, süreç ve sonuç ürünlere yönelik değerlendirmeler aşağıda paylaşılmıştır.

3. Pnömatik 3 Boyutlu Baskı Sistemi Denemeleri

Sistemin kurulması kapsamında öncelikle KTU CODE FAB - KTÜ Mimarlıkta Sayısal Tasarım ve Fabrikasyon Laboratuvarı'nda mevcut cihazlar kullanılarak baskı sistemi prototipleri üzerinde çalışılmıştır. Sistem kendin yap mantığı içerisinde ele alınmış olup, ilk denemeler için üç farklı baskı sistemi prototipi denenmiştir. Bu prototiplerin

temel çalışma mantığı aynı olup, malzemenin konulduğu tüp, enjektör, robota bağlantıyı sağlayan parçalarda tespit edilen sorunlara yönelik değişimler yapılmıştır.

Üç boyutlu pnömatik baskı sistemini 1,6 HP motora sahip ve 1-8 bar ayarlanabilir basınçlı hava çıkışı sağlayabilen kompresör beslemektedir. Denemesi yapılan üç prototip için de aynı kompresör cihazı kullanılmıştır. İlk denemede oluşturulan sistemin **(Şekil 2)** tüm parçaları üç boyutlu yazıcı ile PVA malzeme kullanılarak üretilmiştir. Sistem konik biçimli olarak kurgulanmıştır. Sistemin çalışıp çalışmayacağını test etmek amacı ile yapıldığı için malzeme kapasitesi düşük tutulmuştur.



Şekil 2: İlk deneme için üretilen sistem prototipi ve kil baskı örneği (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır).

İlk denemede **(Şekil 2)** sistemin hava kaçırması, akış hızının robotun hareket hızı ile uyumlu olmaması, malzemenin dökülme sürecinde yer yer hava boşluklarının oluşması gibi sorunlarla karşılaşılmıştır. Basınçlı hava doğrudan konik tüpün içindeki malzemeye uygulandığı için malzeme yüzeylere yapışmış ve bu nedenle malzeme zayiatı çok olmuştur. Ancak bu sorunlara rağmen sonuç ürünün kalitesi beklentinin üzerinde olmuştur. Bu nedenle sistemin geliştirilmesine karar verilmiştir.

İkinci prototipin geliştirilmesi sürecinde KTÜ Makine Mühendisliği Bölümü ile disiplinler arası bir çalışma yürütülmüştür. Bu süreçte pnömatik sistemin tasarımı tamamen değiştirilmiştir. İlk prototipte yaşanan malzeme zayiatını engellemek üzere konik tasarımdan vazgeçilmiştir. Böylelikle malzemenin tüpün içerisine konulan bir cisim yardımıyla ittirilmesi sağlanmıştır. İkinci prototipin parçaları atıl durumdaki pnömatik haberleşme sistemi ve atık su borusu parçaları birleştirilerek elde edilmiştir. Malzemenin doldurulacağı akrilik boru yaklaşık 10 cm çapında ve 100 cm yüksekliğindedir. Yine sistemin bir parçası olan haberleşme tüpünün ölçüleri akrilik boru ile tam uyumlu olduğu için düzgün bir malzeme akışı elde edilebileceği öngörülmüştür.



Şekil 3: İkinci deneme için üretilen sistem prototipi, haberleşme tüpü ve sonuç ürün (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır).

İkinci üretilen sistemde kil baskı sürecinde hava kaçırma, malzeme akış homojenliğinin sağlanamaması gibi durumlarla karşılaşılmıştır. Bu sorunlara rağmen tasarlanan obje genel hatları ile üretilebilmiş ve ilk baskı prototipinden daha iyi bir görsel sonuç elde edilebilmiştir **(Şekil 3).**
İkinci üretimden elde edilen deneyimler sonucunda üçüncü sistem prototipi kurulmuştur. İkinci sistemin enjektör ve akrilik boru ile bağlantı sağlayan parçası üç boyutlu yazıcı ile PVA malzeme kullanılarak yeniden üretilmiştir. Bu sistemin kurulması sürecinde, sistemin temizliğinin kolay bir biçimde yapılabilmesi için sökülebilir bir yapıya sahip olmasına dikkat edilmiştir. Sistemin çok parçalı olması nedeniyle basınçlı havanın içerde tutulabilmesini sağlamak için hava sızdırmaz malzemeler ile önlem alınmıştır. Parçalı olan bu sistem, aynı zamanda farklı ölçülerde enjektörlerin (nozzle) kullanılabilmesine de olanak sağlamaktadır **(Şekil 4)**. Böylelikle üretilmek istenen sonuç ürüne uygun enjektörle çalışılabilecektir.



Şekil 4: 3B kil baskı sistemi ve robot ile bağlantısı ve 3B baskı ile üretilmiş olan farklı ölçülerdeki enjektörler (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır).

4. Üretim Sürecine İlişkin Değerlendirmeler ve Öneriler

4.1. Üretime Hazırlık Sürecine İlişkin Değerlendirmeler

Üç boyutlu baskı üretim süreci; tasarlanan ürüne ilişkin takım yolunun oluşturulması, robotik üretim sürecinin simülasyonu, kil karışımının hazırlanması olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Takım yolunun hazırlanması sürecinde kullanılan yazılımın üç boyutlu baskı için uygun bir çıktı vermesi önem taşımaktadır. Bu bağlamda, üç boyutlu baskıyı destekleyen modülün yer almadığı yazılımlarda takım yolu frezeleme yöntemi ile oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu durum teknik birtakım sorunları beraberinde getirmiştir.

Yapılan ilk denemelerde üç boyutlu baskıların üretim süreci “MasterCAM” veya “RhinoCAM” yazılımları ile planlanmıştır. Bu aşamada yaşanan en önemli sorun, bu yazılımların üç boyutlu baskı özelinde takım yolu oluşturma seçeneği sunmamasıdır. Frezeleme işlemi için kullanılan takım yolu stratejileri ile baskı işi yapılmaya çalışıldığında problem yaşanmaktadır. Frezeleme işlemi sırasında bıçağın kırılmasının önlenmesi amacıyla köşe noktalara gelindiğinde hareket yavaşlamaktadır. Bu strateji baskı sürecinde kullanıldığında köşe noktalarda malzeme birikmesine ve sonuç ürünün kalitesinin düşmesine neden olmaktadır. Bu soruna ek olarak robotik simülasyon sürecinde her katmanda robotun duruş pozisyonu değişmektedir. Bu durum da baskı sürecinde duraklamaya yol açmakta ve yine malzemenin birikimine sebep olmaktadır. Bu bağlamda sorunu çözebilmek için farklı CAM programları denenmiştir. Bu programlardan “SprutCAM XV Robot” yazılımı ile yapılan denemelerde programın kendi bünyesinde katmanlı üretime uygun modül barındırması sayesinde üretim sürecinin sorunsuz bir şekilde planlanabilmesi sağlanmıştır.



Şekil 5: Takım yolunun oluşturulması ve simülasyon süreci (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır).

Üretim sürecinde 8 mm çapında daire kesitli enjektör kullanılmıştır. Daire kesitli enjektörün en büyük avantajı yönsüz bir üretim sağlaması ve bu nedenle de robotun yaklaşma açısının üretime etki etmemesidir. Köşeli bir enjektör kullanılıyor olsaydı enjektörün açısının robotun hareket yönüne paralel kalmasının sağlanması gerekirdi. Bu durum da üretimin planlanması sürecinde bir değişkenin daha göz önünde bulundurulması gerekliliğini getirirdi. Daire kesitli enjektörün en büyük dezavantajı ise katmanların birleşimlerinde noktasal ilişki kurulması ve bu durumun katmanlar

çoğaldıkça çökme riskini artırmasıdır. Bunu engelleyebilmek için 7 mm yüksekliğinde katmanlar oluşturulmuş ve baskı sırasında malzemenin ezilmesi sağlanmıştır.

Üretime hazırlık sürecinde deneyimlenen bir diğer değişken ise kil karışımının farklı oranlarla hazırlanmasıdır. Bu aşamada dikkat edilen en önemli unsur malzemenin pnömatik üretime uygun bir akışkanlığa sahip olabilmesini sağlamak olmuştur. Bu aşamada reçete çok büyük önem taşımaktadır. Optimum bir karışım değerinin bulunması hem kesintisiz bir akışın sağlanabilmesi hem de sonuç ürünün deforme olmadan ortaya çıkarılabilmesi açısından önemlidir.

4.2. Üretimin Kalitesine İlişkin Değerlendirmeler

Kil karışımları, baskı basıncı ve sonuç ürüne ilişkin veriler **Tablo 2**'de paylaşılmıştır. Yapılan denemelerde seramik çamuru döküm toz malzeme kullanılmıştır. Bütün denemelerde kullanılan malzeme sabit değerdir. 1 numaralı üretim sürecinde baskı düzeneğinde ortaya çıkan sorunlar çıktı kalitesini etkilese de katmanların biraz daha hızlı kuruyabilmesi ve dayanımının artırılması adına toz malzeme miktarının artırılmasının iyi olabileceği gözlenmiştir.
2 numaralı üretim sürecinde su miktarı daha az olan bir karışım hazırlanmıştır. Bu süreç ikinci deneme olmasına karşın, sonuç ürün beklenenden iyi bir yapıya sahip olmuştur. Bu süreçte malzeme akış sırasında yer yer tıkanmış veya hava boşlukları oluşmuştur. Bu durum katmanın kalınlığının farklılaşmasına ve biçimin deforme olmasına yol açmıştır.
3 numaralı denemede ilk iki denemeye göre daha akışkan bir kil karışımı üzerinde çalışılmıştır. Bu aşamada yalnızca iki boyutlu bir baskı yapılmış ve kilin akış niteliği test edilmiştir. Bu aşamadan elde edilen olumlu sonuçlar neticesinde benzer bir karışım oranı ile 4 numaralı üretim bu sefer üç boyutlu bir yüzey üzerinde denenmiştir.

Tablo 2: Malzemeye ilişkin verilerin karşılaştırılması

Deneme No	Ürün Görseli	Malzeme Cinsi	Malzeme Miktarı	Su Miktarı	Basınç	Üretim Hızı
1		Seramik çamuru	3 birim	1 birim	2 bar	....
2		Seramik çamuru	4,4 birim	1 birim	2 bar	4 birim
3		Seramik çamuru	2,5 birim	1 birim	1,5 bar	4 birim
4		Seramik çamuru	2,75 birim	1 birim	2 bar	4 birim
5		Seramik çamuru	3,5 birim	1 birim	2 bar	1 birim

4 numaralı üretim sürecinde kil akışının diğer denemelere göre daha iyi olduğu gözlenmiştir. Ancak katmanlar çoğaldıkça malzeme alt katmanlara daha fazla yük uygulamaya başlamış ve bu nedenle de sistemde çökme meydana gelmiştir **(Şekil 6).**



Şekil 6: 4 numaralı denemeye ilişkin süreç (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır).

5 numaralı denemede bir öncekine göre 1,3 kat daha katı bir karışım hazırlanmıştır. Karışımın akışkanlığı azaldığı için akış debisi de azalmıştır. Bu nedenle robotun hızı dörtte birine düşürülmüştür. Bu süreç başından itibaren ısıtıcı ile desteklenerek katmanların daha hızlı kuruması sağlanmıştır. 5 numaralı denemenin en önemli sorunu akış sürecinde meydana gelmiştir. Kesintisiz bir akış sağlanamadığı için kopmalar olmuş ve ürün deforme olmuştur.



Şekil 7: 5 numaralı denemeye ilişkin süreç (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır).

5 numaralı denemede üretim hızının düşmesi, karışımdaki su oranın azaltılması ve üretimin ısıtıcı ile desteklenmesi katmanların daha hızlı kurumasını sağlamıştır. Ancak pnömatik sistem akışın kesintisiz sağlanması için yetersiz kalmıştır. Sistem bu parametrelerle Arşimet burgusu ile desteklenirse ürünün kalitesinin istenen seviyelere ulaşabileceği öngörülmektedir .

5. Sonuçlar

Çalışma kapsamında robota entegre pnömatik üç boyutlu baskı süreçlerine ilişkin denemeler yapılmış, üretime hazırlık süreci ve üretim süreci ile ilgili deneyimler paylaşılmıştır. Süreçten edinilen deneyimler şu şekilde özetlenebilir:

- Takım yolunun oluşturulması sürecinde kullanılan yazılımın özellikleri ürünün kalitesine doğrudan etki etmektedir. Bu nedenle katmanlı üretime olanak sağlayan yazılımların kullanılması homojen bir hareket sağlayabildiği için tercih edilmelidir.
- Daire kesitli bir enjektör yerine köşeli enjektör kullanımı malzemenin birleşim yüzeyini artıracağı için dayanımı da yükseltecektir.
- Denenmiş olan kil karışımları içerisinde en idealinin 1 birim su ve 3,5 birim seramik çamuru döküm tozu oranı ile elde edildiği gözlenmiştir. İlerleyen süreçte bu karışım oranı kullanılarak denemeler yapılmaya devam edilecektir.

Yapılmış olan bütün denemelerde akış süreci yalnızca hava basıncı ile sağlanmıştır. Bu durum malzeme akışının heterojen bir düzen içinde gerçekleşmesine yol açmaktadır. Sistemin iyileştirilmesine yönelik ilk adımda pnömatik sistemin Arşimet burgusu ile bütünleştirilmesi sağlanacaktır. Bu bağlamda sistem servo veya step motor ile desteklenecek ve kil malzeme Arşimet burgusundan geçirilerek akışı sağlanacaktır. Bu sayede malzemenin içerisindeki havanın alınması ve sürekli standart miktarda bir akışın sağlanabilmesi mümkün olabilecektir. Bu sisteme ilişkin ilk deneme yapılmış ve akışın beklendiği gibi homojen olarak gerçekleştiği gözlenmiştir **(Şekil 8).**



Şekil 8: Sistemin Arşimet burgusu ile bütünleştirilmesine ilişkin ilk çalışma ve sistemi oluşturacak parçalar (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır).

Sisteme ilişkin bir diğer çözülebilecek konu ise hava basınç valfinin elle açılıp kapatılması ve basınç değerinin de elle ayarlanmasıdır. Baskının homojen olabilmesi için düzeneğin robot ile haberleşmesinin sağlanmasının ve robotun hızına uygun olarak basınç değerinin otomatik olarak değiştirilmesinin bir çözüm olabileceği öngörülmektedir.
Bu çalışma, baskı sisteminin ve sürecinin deneyimlenmesi açısından önem taşımaktadır. Bu çalışmada elde edilen deneyimler ışığında sistem daha da geliştirilerek çok eksenli üretim süreçleri kapsamında çalışmaların yapılması planlanmaktadır. Böylelikle güncel bir tartışma alanı tanımlayan bu konuda özgün çalışmaların yapılması hedeflenmektedir.

Teşekkür
Baskı sisteminin hazırlanması sürecindeki desteği için KTÜ Makine Mühendisliği Bölümü'nden Arş. Gör. Dr. Mustafa Yavuz Coşkun'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Abramovic, V., Glynn, R., & Achten, H. (2017, September 20-22). ROAMNITURE-Multi-Stable Soft Robotic Structures. 35th International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe (eCAADe), Rome, Italy. (pp.87-96) http://ecaade.org/downloads/ecaade2017_volume2_screen.pdf

Emerging Objects. (2016). Seed Stitches. Retrieved from Emerging Objects: http://www.emergingobjects.com/project/seed-stitch/

Farrokhsiar, P., & Gürsoy, B. (2020). Robotic Sketching: A Study on Robotic Clay 3D Printing. http://papers.cumincad.org/data/works/att/sigradi2020_43.pdf

Gürsoy, B. (2018). From control to uncertainty in 3D printing with clay. http://papers.cumincad.org/data/works/att/ecaade2018_104.pdf

Jasveer, S., & Jianbin, X. (2018). Comparison of different types of 3D printing technologies. *International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP)*, *8*(4), 1-9. http://dx.doi.org/10.29322/IJSRP.8.4.2018.p7602

Keating, S., & Oxman, N. (2013). Compound fabrication: A multi-functional robotic platform for digital design and fabrication. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, *29*(6), 439-448. https://doi.org/10.1016/j.rcim.2013.05.001

Lange, C., Holohan, D., & Kehne, H. (2018). Ceramic Constellation| Robotically Printed Brick Specials. Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design. Cham (pp. 434- 44).

Mathur, R. (2016). 3D printing in architecture. *International journal of innovative science, engineering & technology*, *3*(7), (pp.583-591). https://doi.org/10.3390/act8040072

Nall, C. L., & Bhounsule, P. A. (2019, December). A miniature 3D printed on-off linear pneumatic actuator and its demonstration into a cartoon character of a hopping lamp. In *Actuators* (Vol. 8, No. 4, p. 72). Multidisciplinary Digital Publishing Institute. https://doi.org/10.3390/act8040072

Seibold, Z., Hinz, K., García del Castillo y López, J. L., Martínez Alonso, N., Mhatre, S., & Bechthold, M. (2018). Ceramic Morphologies. Precision and control in paste-based additive manufacturing.

Shi, J., Cho, Y., Taylor, M., & Corre, D. (2019). Guiding InstabilityA craft-based approach for modular 3D clay printed masonry screen units. eCAADeSIGraDi. https://doi.org /10.5151/proceedings-ecaadesigradi2019_522

Pham, T. H., Lim, J. H., & Pham, Q. C. (2016, May). Robotic 3D-printing for building and construction. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Progress in Additive Manufacturing (Pro-AM 2016)* (pp. 300-305).

Rosenwasser, D., Mantell, S., & Sabin, J. (2017). Clay non-wovens: robotic fabrication and digital ceramics.

Valkenaers, H., Jansen, D., Voet, A., Van Gysel, A., & Ferraris, E. (2014). Additive manufacturing for concrete: a 3D printing principle. In *Proceedings of the 14th euspen International Conference* (Vol. 1, pp. 139-142). Euspen,Dubrovnik,Hrvatska. https://lirias.kuleuven.be/1461285?limo=0

Velu, R., Vaheed, N., & Raspall, F. (2018). Design and robotic fabrication of 3D printed moulds for composites. In *2018 International Solid Freeform Fabrication Symposium*. University of Texas at Austin.

Yap, H. K., Ng, H. Y., & Yeow, C. H. (2016). High-force soft printable pneumatics for soft robotic applications. *Soft Robotics*, *3*(3), (pp.144-158). https://doi.org/10.1089/soro.2016.0030

From Stitches to Digits and Back: Computational Crocheting of Branching Geometries

Özgüç Bertuğ Çapunaman [1]; Cemal Koray Bingöl[2]; Benay Gürsoy[3]
[1 3] The Pennsylvania State University; [2]İstanbul Teknik Üniversitesi
[1]okc5048@psu.edu; [2]bingolck@itu.edu.tr; [3]bug61@psu.edu

Abstract

Crocheting is a hands-on craft that involves repetitive manipulation of a single continuous thread with a hook-like tool to generate surfaces and 3D forms. In a previous study, we have presented a parametric model (Çapunaman et al., 2017) *that generates crochet patterns of NURBS surfaces using a 10-stitches-by-10-rows swatch to account for all the physical variables that affect the crocheted object (i.e., yarn thickness, hook size, crafter's grip). The dimensions of the previously crocheted tension swatches were used as the inputs of the crochet pattern generator algorithm, alongside the desired NURBS geometry, to generate individualized crochet patterns. These crochet patterns are text-based representations, similar to g-code in additive manufacturing, enabling the documentation and communication of the step-by-step hands-on crocheting process. Following these crochet patterns, the users can crochet physical objects with the same dimensions and form as their digitally modeled counterparts. This paper presents the second stage of this research in which we expanded this computational framework to enable crocheting of parametric branching geometries with multiple components by multiple crafters. While the components of the branching geometries can be crocheted by a single user, it is also possible to have different users crochet the components since the tension swatch can capture crafter-specific variables. As a proof-of-concept, a branching structure made of 14 unique components is designed and crocheted by two students of architecture as part of the Advanced Digital Fabrication course at the Pennsylvania State University. The students each crocheted 7 components based on their individual inputs while maintaining the dimensions and form of the digitally designed branching geometry. The findings suggest the possibility of a collective and distributed crocheting platform which can be used to create crocheted artifacts in various scales. This can be considered an alternative way to transition from the digital to the physical without relying on digital fabrication tools.*

Keywords: Digital craft, Computational making, Crocheting, Soft fabrication, Digital fabrication.

İlmeklerden Sayılara, Sayılardan İlmeklere: Çatallanan Geometrilerin Hesaplamalı Olarak Örülmesi

Özgüç Bertuğ Çapunaman [1]; Cemal Koray Bingöl[2]; Benay Gürsoy[3]
[1 3] The Pennsylvania State University; [2]İstanbul Teknik Üniversitesi
[1]okc5048@psu.edu; [2]bingolck@itu.edu.tr; [3]bug61@psu.edu

Özet

Tığ işi örgü, tek bir ipliğin tığ ile tekrar eden ilmekler atılarak yüzeyler ve 3-boyutlu geometrilere dönüştürülmesine dayanmaktadır. Önceki bir çalışmamız, sayısal ortamda tasarlanmış NURBS yüzeylerini tığ işi örgü modellerine çeviren bir algoritma sunmaktadır (Çapunaman et al., 2017). *Bu algoritma, 10 ilmeğe 10 ilmeklik örgü örnekleri kullanarak farklı örüm ve örgü parametrelerini (iplik kalınlığı, tığ kalınlığı, örgü sıkılığı, vb.) hesaplama sürecine dahil edip kişiselleştirilebilen yazılı örgü modelleri üretmektedir. Bu yazılı örgü modelleri, tıpkı dijital üretimde kullanılan g-code konvansiyonu gibi, üretim sürecinde atılması gereken adımların ören kişiye aktarılmasını sağlamaktadır. Bu yazılı örgü modeller, dijital olarak tasarlanmış geometrilerin ölçeğine ve formuna uygun bir şekilde elle örülerek üretilmesini mümkün kılmaktadır. Bu makale, bahsedilen algoritmanın parametrik olarak üretilen çatallanan geometriler üzerinde uygulanması ve bu çok parçalı geometrinin farklı kişiler tarafından dijital modelde belirlenen ölçeklere sadık kalacak şekilde üretimini araştırmaktadır. Üretilen tüm yazılı örgü modeller tek bir kişi tarafından örülebileceği gibi, 10 ilmeğe 10 ilmeklik örgü örneklerinin sağladığı esneklik bir çok kişinin örgü sürecine katılımına olanak sağlamaktadır. Bu olanağın geçerliliğini test etmek için Penn State Üniversitesi'nde Advanced Digital Fabrication dersi kapsamında 14 parçadan oluşan bir strüktür tasarlanıp, gönüllü 2 mimarlık lisans öğrencisi tarafından üretilmiştir. Öğrencilerin her biri 7 farklı parçayı kişiselleştirilmiş yazılı örgü modellerini kullanarak dijital olarak tasarlanmış geometrinin uzunluk ve formunu koruyacak şekilde başarılı bir şekilde üretmiştir. Bu makalede, sunulan algoritmanın kolektif ve dağıtılmış üretim potansiyelleri ve dijital olarak tasarlanan geometrilerin fiziksellestirilmesi sürecine nasıl bir alternatif sunduğu tartışılmaktadır.*

Anahtar Kelimeler: *Sayısal zanaat, Dijital üretim, Hesaplamalı tasarım, Tığ örgüsü.*

1. Introduction

Crocheting is a hands-on craft that involves repetitive manipulation of a single continuous thread with a hook-like tool to generate surfaces and 3D forms. The step-by-step stitching procedure in crocheting can be associated with algorithms of which the steps are defined through crochet patterns (Bernasconi et al., 2007; Kenning, 2008; Taimina & Baurmann, 2013; Worden, 2011). Crochet patterns are text-based representations, similar to g-code in additive manufacturing. They enable the documentation and communication of the step-by-step hands-on crocheting process. In a previous study, we have explored the development of a computer algorithm that generates crochet patterns of single 3D objects modeled in CAD software (Çapunaman et al., 2017). In this computational framework, the users first crochet a 10-stitches-by-10-rows swatch. The dimensions (width and length) of the swatch are used as the main inputs of the algorithm, combining all the physical variables that have an effect on the crocheted object (i.e. yarn thickness, hook size, crafter's grip). Based on these dimensions, the algorithm subdivides the 3D modelled objects into nodes, and outputs a crochet pattern in the conventional text-based form. In other words, the algorithm generates unique crochet patterns based on each individual's crocheted swatch. Following these crochet patterns, the users are able to crochet physical objects with the same dimensions and form as their digitally modelled counterparts.

This paper presents the second stage of this research in which we expanded this computational framework to enable crocheting of parametric branching geometries with multiple components. As a proof-of-concept, a branching structure made of 14 unique components is designed and crocheted. The findings suggest the possibility of a collective and distributed crocheting platform which can be used to create crocheted artifacts in various scales. This can also be considered an alternative way to transition from the digital to the physical, one that allows precise, circular, and sustainable materialization of digitally modelled objects.

2. Crocheting: A Soft Fabrication Method

Crocheting is a textile craft that originated in the 19th century and is similar to knitting. While crocheting as a soft fabrication method in design has not been extensively explored beyond traditional crafts, there are research on delineating the algorithmic nature of crocheting and the potentials of this technique for making architectural artifacts (Kenning, 2008; Kucukoglu & Colakoglu, 2013; Taimina & Baurmann, 2013; Worden, 2011). Architectural potentials of knitting, specifically industrial knitting, on the other hand, have been widely explored through various large-scale projects (Ahlquist & Menges, 2013; Baranovskaya, 2016; McKnelly, 2015; Oghazian & Vazquez, 2021; Sabin et al., 2018; Thomsen, 2016). Researchers have also recently explored the use of knitted textiles as formworks for concrete structures in various scales (Pal et al., 2020; Popescu et al., 2018, 2021). These studies can be considered a testimony for the architectural potentials of crocheting and the need to further explore the causal relations between form and pattern generation to design the crocheted forms in a more controlled way.

The fundamental difference between crocheting and knitting is in the way the stitches are constructed. While knitting stitches are "interlocking loops," which can make the knitted surfaces multidirectional and flexible, crochet stitches are "knots," which make the crocheted objects more solid and sturdy. Also, crocheting is done one stitch at a time as opposed to knitting, where all the stitches stay active on the needles until the rows are completed, making the knitted surfaces more susceptible to unravelling. With both techniques, it is possible to make planar surfaces and alter their shapes by increasing and decreasing the number of stitches. While with standard knitting, 3D geometries can be made by joining various planar knitted panels together or by introducing more needles in the process; by working in the round in crocheting, it is possible to make 3D geometries without the need for additional hooks or a panel construction (Spiers, 2021). As a matter of fact, in addition to Euclidean geometries, non-Euclidean geometries can be made with crocheting. Several mathematicians have used the crocheting technique to physically represent complex mathematical models and theories (Henderson & Taimina, 2001; Osinga & Krauskopf, 2004).

Existing studies that explore computer-aided crochet pattern generation for 3D objects, such as the Crochet Lathe (Avtanski, 2016), and Knittink's Amigurumi Pattern Generator (Monroe, 2010), enable the users to manipulate 2D profile curves to generate crochet patterns for revolved surfaces. In both crochet pattern generators the outcomes are limited with axially symmetric 3D objects. In a previous study, we have presented the computational framework to generate custom crochet patterns for various non-symmetric 3D objects (Çapunaman et al., 2017). This paper builds

on this previous study and expands this framework to generate crochet patterns for branching structures with multiple components.

In addition to the formal complexity that can be achieved through crocheting, as a soft fabrication method, crocheting can enable more circular and sustainable fabrication scenarios. Yarns used in crocheted artifacts can be unraveled and reused multiple times to generate various artifacts. The potential to use crocheted textiles as lightweight structures or flexible formworks in architecture can as well open up sustainable construction possibilities.

3. Crochet Patterns for Parametric Branching Geometries

Branching structures are based on geometric systems that "expand through bifurcation without returning to form closed cells," and can be used as tension or compression systems in architecture. Various methods have been developed to generate branching geometries since the initial studies by Frei Otto from the early 1960's (Von Buelow, 2007). In the computational framework that we propose in this paper, branching geometries are generated in three stages. The digital workflow starts with the generation of point clouds in the 3D space (**Figure 1a**). These points are connected with single line segments to create branching line networks (**Figure 1b**), which are then transformed into continuous tubular surfaces (**Figure 1c**). These tubular surfaces are subdivided into branches (**Figure 1d**) and custom crochet patterns are generated for each branch based on the user inputs (**Figure 1e-f**).

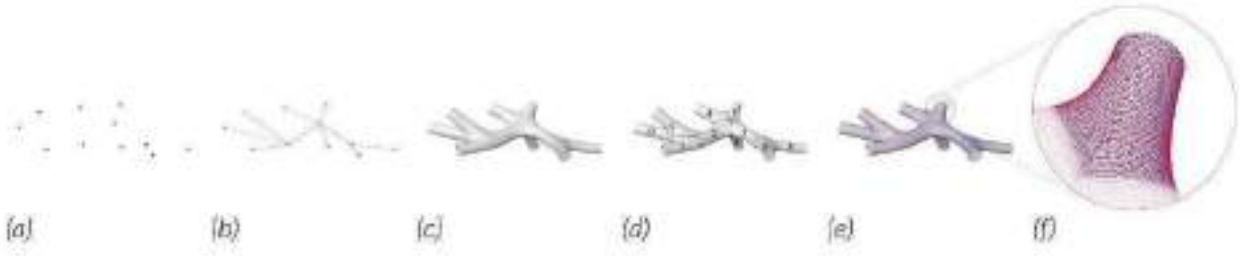


Figure 1: Process to generate branching geometries and crochet patterns simplified and illustrated in steps.

3.1. From Point Clouds to Line Networks

In the computational workflow, we defined three strategies to generate point clouds in the 3D space: a) random points within bounding solids, b) 3D grid-based ordered points, and c) points created on a surface by surface division (Figure 2). Each cluster of point clouds can be varied with parametric inputs that control the dimensions of the geometries and the number of points generated. Random point clouds have the potential to generate more irregular branching geometries. Whereas with grid-based ordered points, it is possible to obtain complexity through repetition. Points generated on surfaces, on the other hand, enable the creation of branching geometries that are constrained on surfaces.



Figure 2: Point cloud generation: a) random points in/on a bounding solid, b) 3D grid, and c) points on surface.

The second stage in the process is to connect the points with single-line segments. While this can be done manually, we employed two algorithmic strategies to facilitate the exploration of variations. The first method uses the distances between each node, the maximum number of nodes that can be connected, and the number of iterations for the spread of branches (**Figure 3b**). The algorithm uses the closest points to the volumetric centroid as the seed point to

spread out at each iteration of branching. It searches the point cloud to find the number of closest points to each point, then checks the number of possible points within a parameterized proximity. To further increase the control over branching and spread, a starting point for the algorithm is introduced. This is done to help the users see the volumetric centroid of the point cloud and select the closest point to this point within the point cloud for an initial branch. By defining the initial point, the users are able to see the branching at each step.

The second algorithm is developed and shared by Petras Vestartas at McNeel forums (Vestartas, 2019). The algorithm connects point pairs in the point cloud regarding their proximity and generates points at the middle of each point pair (**Figure 3a**). The generated middle points are connected with line segments until there are no remaining points to connect. The connected point pairs then get relaxed by the physics engine of the Kangaroo, an add-on of Grasshopper. The relaxed branching structure generates line connection points where the angles between the lines are almost equal and close to 120 degrees. This relaxed geometry allows the construction of surfaces with more uniform curvatures in the subsequent stages, compared with the non-relaxed state and the former algorithm. **Figure 3** illustrates how these two algorithms work to generate line networks using the three point cloud examples from **Figure 2** as inputs.

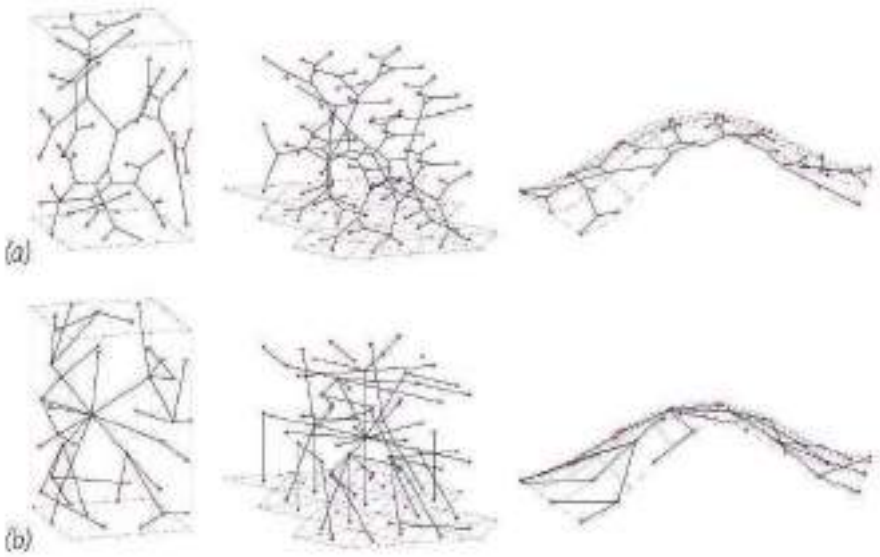


Figure 3: Line networks generated using two different algorithms using the point clouds in **Figure 2**.

3.2. From Line Networks to "Multipipes"

In the last stage, the "MultiPipe" component implemented within Rhinoceros 7 with the recent updates is used to create "SubD pipe frames with smooth conjunctions from intersected curves" (*MultiPipe*, 2021). With the Multipipe component, it is possible to vary the thicknesses of the branches and nodes, and generate smooth connections between the branches. **Figure 4** exemplifies some Multipipes created using the line networks from **Figure 3**.



Figure 4: MultiPipe surfaces generated based on the line networks in **Figure 3**.

The crochet pattern generation algorithm that we have previously developed was based on the NURBS geometry class. SubD is a new geometry class in Rhinoceros 7 that "combines free-form accuracy while allowing quick editing" (*SubD*, 2021). Since Multipipe is a SubD component, we needed to develop a method to convert SubD geometries to NURBS geometries. This conversion resulted in branches with multiple SubD surfaces that needed to be restructured as a single NURBS polysurface (**Figure 5a**) because the crochet pattern generation algorithm works best with single NURBS surfaces. This reconstruction is done in multiple steps. First, cylinders are generated around the branching curves to test whether the centroids of the SubD surfaces are within the cylinders or not (**Figure 5b**). This allowed the data structure of the branching structure to be mapped on each branching curve. SubD surfaces that are within the cylinders are grouped together. To reconstruct these as NURBS surfaces, planes are arrayed rotationally around branching curves and intersected with the grouped surfaces (**Figure 5c**). The emerging intersections are combined with the edge curves to create precise NURBS surfaces using the network surface command (**Figure 5d**). The reconstruction method also serves to check the crochetability of the geometries.

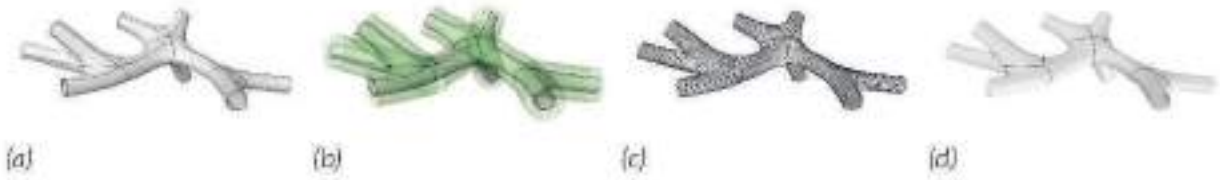


Figure 5: SubD to NURBS surface reconstruction: a) discrete SubD surfaces, b) cylinders around branching curves, c) intersection curves, (d) reconstructed NURBS surfaces.

3.3. From "Multipipes" To Crochet Patterns

Following successful reconstruction of individual branches within the larger structure, these NURBS surfaces are further processed to generate crochet patterns. As previously mentioned, the algorithm to generate crochet patterns from NURBS surfaces is based on the approach presented in our previous work. Together with the 10-stitches-by-10-rows swatch inputs by the users to approximate stitch width and height, this algorithm estimates a graph network of individual stitches which can later be used to export a series of crocheting instructions for each row, customized for the crafter. To achieve this graph network, the algorithm performs a series of geometric decomposition steps on the input NURBS surface. These steps are (b) generation of a spiral conformed to the NURBS surface, (c) division of the spiral into rows, (d) division of the rows into crochet nodes, and lastly (e) generation of the graph network between crochet nodes, as shown in **Figure 6**.

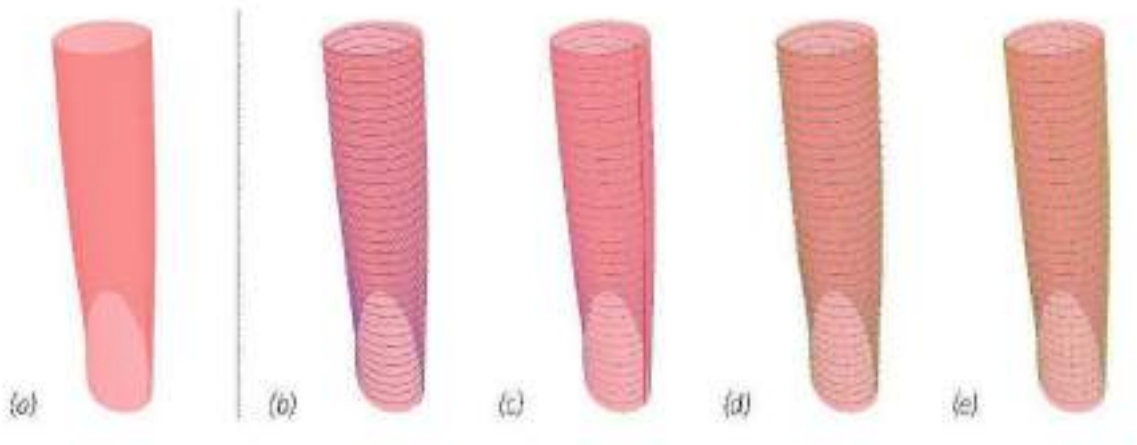


Figure 6: Computational stages of the pattern generation algorithm: (a) input surface, (b) generating the conformal spiral, (c) splitting the spiral into rows, (d) calculating crochet nodes, and (e) generating the graph network.

In the first step, a conformal spiral is drawn on the NURBS surface using UV isocurve intersections sampled based on the calculated stitch height. Following this step, the generated spiral is first split into rows using UV(0,0) isocurve and then divided into crochet nodes that are spaced out per the calculated stitch width. Once the nodes are generated, every node in a layer is compared to the nodes of the subsequent row. This is achieved by first establishing the node pairs between row_n and row_{n+1} by searching for closest nodes in row_{n+1} for each node in row_n. In cases where this proximity pairing results in unmatched nodes, meaning that the surface geometry is bulging out locally or globally between layers in the direction of crocheting, another proximity pairing is carried out. In contrast to the first pairing, however, the order of rows is reversed, searching for closest nodes in row_n for all unmatched nodes in row_{n+1}.

Using this approach, the graph network of node connectivity between layers results in one of the three different stitches: single stitch (st), increase stitch (inc), decrease stitch (dec). By drawing lines based on the connectivity between nodes in row_n and row_{n+1}, this graph network is visualized for the user. Furthermore, by counting the number of nodes in row_{n+1} that diverge from a node in row_n and the number of nodes in row_n that converge into a node in row_{n+1} a text-based representation of the crochet pattern can also be exported by the user.

Although the computational approach to generating crochet patterns closely follows the approach detailed in our previous work, numerous changes were made to the script to address various issues we have identified. One major intervention to the script was to implement the algorithm in IronPython to enable more efficient computation of the crochet pattern. This was achieved mainly by switching to a dictionary-based connectivity graph which enables efficient storage and lookup of each individual node as opposed to geometrically calculating the number of lines connected to each node. In addition to computational efficiency, the other area of focus was to improve how the generated information is presented and communicated to the users. For this, a simple graphical user interface (GUI) was integrated into the script that allows users to preview and isolate the generated crochet pattern for (a) entire geometry, (b) a single branch and (c) single row (**Figure 7**). Additionally, exporting the text-based crochet pattern was also reworked allowing the users to select between a verbose or simplified version exemplified in **Figure 8**.

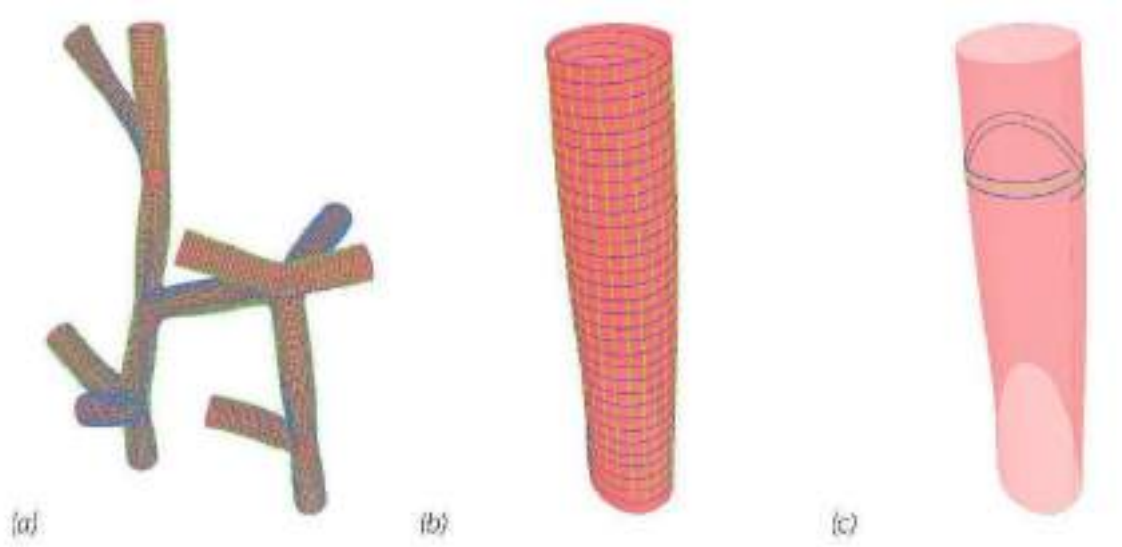


Figure 7: Implemented visualization modes: (a) global, (b) single branch, and (c) single row visualization.

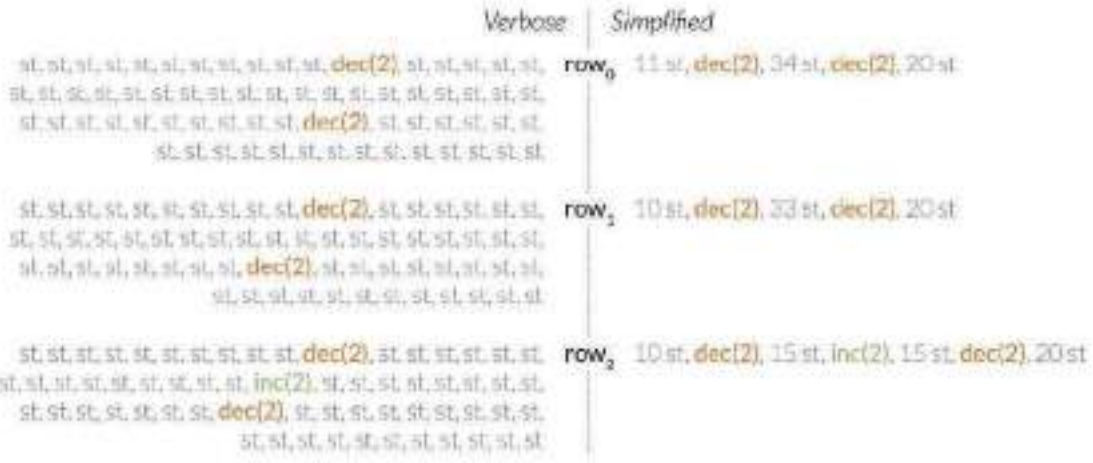


Figure 8: Verbose and simplified text based crochet pattern outputs.

3.4. Proof-Of-Concept Crocheted Branching Structure

A proof-of-concept branching structure is crocheted by two students of architecture as part of the Advanced Digital Fabrication course at XXX University. The students generated the branching geometry shown in **Figure 7a** following the computational framework outlined above, for an exhibition to showcase various works from the course. **Figure 9** shows the final crocheted structure as part of the course exhibition. The students first crocheted 10-stitches-by-10-rows swatches. The dimensions of these individual swatches were used as the inputs of the crochet pattern generator algorithm to generate individualized crochet patterns for each user. This way, the students were able to each crochet 7 components based on their individual inputs while maintaining the dimensions and form of the digitally designed branching geometry. These components were crocheted together, filled with polyester fibers, and attached to / placed within acrylic boxes via crocheting. Both students had little experience in crocheting. They reported that they have spent around 1 hour to crochet each component, totalling to around 7 hours of collective work to crochet the branching structure. The students also reported that the text-based crochet patterns were easy to follow along with the digital interface that visualizes the stitches on each row.



Figure 9: Proof-of-concept crocheted prototype as part of an exhibition and a close up view.

4. Discussion and Conclusions

This paper's focus is on the expanded computational framework that allows the users to generate individual crochet patterns for parametric branching geometries and the user interface developed to allow easy tracking of the stitches and rows on each component. While the components of the branching geometries can be crocheted by a single user, it is also possible to have different users crochet the components. In an upcoming publication, we will present the process and outcomes of an online design research workshop that we conducted with 20 participants from different locations around the world who collectively designed a branching structure and individually crocheted its components. This shows that the computational framework outlined in this paper can be used as a collective and distributed crocheting platform that allows the creation of large-scale crocheted artifacts.

Both crocheting and knitting are sustainable soft fabrication methods. Instead of ending up in landfills, the artifacts created through crocheting and knitting can be unraveled and yarns can be reused to generate new artifacts. Construction industry can also benefit from the circularity of these fabrication techniques. Both crocheting and knitting can be used to create lightweight tension structures and flexible formworks in architectural scales. While there are prominent examples of such applications in architecture with knitted textiles, crocheting as an architectural soft fabrication method is not explored yet. This is partly due to the possibility to automate knitting with industrial knitting machines. Industrial knitting machines that automate the knitting process can knit large and complex surfaces at once. However, there is no crochet machine developed to date to automate the crocheting process, and all crocheted artifacts are currently hand made. One reason behind this is the difficulty of simulating the complex and simultaneous hand movements necessary in crocheting stitches, so that it can be replicated by a machine. One possibility of automating the crocheting is through the integration of robotic arms in the process. We believe our research on computationally generating the crochet patterns can inform the robotic automation of the crocheting process.

Another future goal is to develop an open web-based user interface that can allow users who do not have access to (or are not proficient in) CAD software to easily generate 3D forms and obtain custom crochet patterns. Similar platforms exist to generate custom g-codes for FDM printing and paste extrusion (i.e. Potterware, SliceUp). This way, crocheting can become an alternative way to precisely transition from the digital to the physical without relying on digital fabrication tools.

REFERENCES

Ahlquist, S., & Menges, A. (2013, October 22). Frameworks for Computational Design of Textile Micro-Architectures and Material Behavior in Forming Complex Force-Active Structures.

Avtanski, A. (2016). Crochet Lathe. http://avtanski.net/projects/crochet/lathe/

Baranovskaya, Y. P. M. D. M. and M. A. (2016). Knitflatable Architecture—Pneumatically Activated Preprogrammed Knitted Textiles. Undefined. https://www.semanticscholar.org/paper/Knitflatable-Architecture-Pneumatically-Activated-Baranovskaya/350a1dd3129b17052b3569325158c40156d73c0a

Bernasconi, A., Bodei, C., & Pagli, L. (2007). Knitting for Fun: A Recursive Sweater. In P. Crescenzi, G. Prencipe, & G. Pucci (Eds.), Fun with Algorithms (pp. 53–65). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-72914-3_7

Çapunaman, Ö. B., Bingöl, C. K., & Gürsoy, B. (2017). Computing Stitches and Crocheting Geometry. In G. Çağdaş, M. Özkar, L. F. Gül, & E. Gürer (Eds.), Computer-Aided Architectural Design. Future Trajectories (pp. 289–305). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5197-5_16

Henderson, D. W., & Taimina, D. (2001). Crocheting the hyperbolic plane. The Mathematical Intelligencer, 23(2), 17–28. https://doi.org/10.1007/BF03026623

Kenning, G. (2008). Crochet Lace as Expression of Digital Culture.

Kucukoglu, J. G., & Colakoglu, B. (2013). Algorithmic Form Generation for Crochet Technique. https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A3007af37-cb84-4bcf-a922-0c3fa2ad798a

McKnelly, C. L. (2015). Knitting behavior: A material-centric design process [Thesis, Massachusetts Institute of Technology]. https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/99249

Monroe, A. (2010, October 5). Knittink's Amigurumi Pattern Maker Falls Short. https://audreymonroe.wordpress.com/2010/10/05/knittinks-amigurumi-pattern-maker-falls-short/

MultiPipe. (2021). Rhino Help. https://docs.mcneel.com/rhino/7/help/en-us/commands/multipipe.htm

Oghazian, F., & Vazquez, E. (2021). A Multi-Scale Workflow for Designing with New Materials in Architecture: Case Studies across Materials and Scales - Case studies across materials and scales. A. Globa, J. van Ameijde, A. Fingrut, N. Kim, T.T.S. Lo (Eds.), PROJECTIONS - Proceedings of the 26th CAADRIA Conference - Volume 1, The Chinese University of Hong Kong and Online, Hong Kong, 29 March - 1 April 2021, Pp. 533-542. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/caadria2021_213

Osinga, H., & Krauskopf, B. (2004). Crocheting the Lorenz Manifold. The Mathematical Intelligencer, 26. https://doi.org/10.1007/BF02985416

Pal, A., Chan, W. L., Tan, Y. Y., Chia, P. Z., & Tracy, K. J. (2020). Knit Concrete Formwork. D. Holzer, W. Nakapan, A. Globa, I. Koh (Eds.), RE: Anthropocene, Design in the Age of Humans - Proceedings of the 25th CAADRIA Conference - Volume 1, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, 5-6 August 2020, Pp. 213-222. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/caadria2020_363

Popescu, M., Reiter, L., Liew, A., Van Mele, T., Flatt, R. J., & Block, P. (2018). Building in Concrete with an Ultra-lightweight Knitted Stay-in-place Formwork: Prototype of a Concrete Shell Bridge. Structures, 14, 322–332. https://doi.org/10.1016/j.istruc.2018.03.001

Popescu, M., Rippmann, M., Liew, A., Reiter, L., Flatt, R. J., Van Mele, T., & Block, P. (2021). Structural design, digital fabrication and construction of the cable-net and knitted formwork of the KnitCandela concrete shell. Structures, 31, 1287–1299. https://doi.org/10.1016/j.istruc.2020.02.013

Sabin, J., Pranger, D., Binkley, C., Strobel, K., & Liu, J. (2018). Lumen. ACADIA // 2018: Recalibration. On Imprecisionand Infidelity. [Proceedings of the 38th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA) ISBN 978-0-692-17729-7] Mexico City, Mexico 18-20 October, 2018, Pp. 444-455. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/acadia18_444

Spiers, M. (2021). Knitting vs. Crochet: What's the difference? Gathered. https://www.gathered.how/knitting-and-crochet/crochet/crochet-vs-knitting-difference/

SubD. (2021). www.Rhino3d.Com. https://www.rhino3d.com/features/subd/

Taimina, D., & Baurmann, G. (2013). Crocheting Algorithm. Cornell Journal of Architecture.

Thomsen, M. R. T. (2016). Knit as bespoke material practice for architecture. ACADIA // 2016: POSTHUMAN FRONTIERS: Data, Designers, and Cognitive Machines [Proceedings of the 36th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA) ISBN 978-0-692-77095-5] Ann Arbor 27-29 October, 2016, Pp. 280-289. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/acadia16_280

Vestartas, P. (2019, February 9). Minimal Path Networks. McNeel Forum. https://discourse.mcneel.com/t/minimal-path-networks/57158/32

Von Buelow, P. (2007, December 3). A Geometric Comparison of Branching Structures in Tension and in Compression versus Minimal Paths.

Worden, A. (2011). Emergent Explorations: Analog and Digital Scripting [Thesis, Virginia Tech]. https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/32543

Geleneksel ve Yenilikçi Yöntemler: V-Puzzle Pavyonuna Retrospektif Bir Bakış

Burak Delikanlı [1]; Fatih Uzun[2]
[1;2]İstanbul Teknik Üniversitesi
[1]avesis.itu.edu.tr/delikanli18; [2]avesis.itu.edu.tr/uzunfa17
[1]burak.delikanli@itu.edu.tr; [2]uzunfa17@itu.edu.tr

Özet

Pavyonlar, güncel tasarım ve üretim teknolojilerinin uygulandığı, test edildiği ve sergilendiği araştırmalar olarak yenilikçi mimariyi beslemektedir. Ayrıca mimarlar ve tasarımcılar olarak pavyonları tasarlarken ve inşa ederken yenilikçi yöntemleri geleneksel yöntemlerle birlikte farklı aşamalarda kullanmaktayız. Bu etkileşimi incelemek, yaklaşımların tasarım süreci üzerindeki etkisine dair erken bir kavrayış sağlayabilir. Ayrıca dijital fabrikasyon araçlarının sıklıkla kullanıldığı bu gibi çalışmalar mimarlık öğrencileri, tasarımcılar ve üreticiler için bütüncül bir yaklaşımı mümkün kılmaktadır. Tasarım eğitimindeki faydalarını incelenen tasarla-yap stüdyoları bu gibi araştırmalara öncülük etmektedir. Ayrıca bu stüdyolarda karmaşık geometrilerin malzeme, maliyet ve karmaşıklık sorunları dijital teknolojilerle aşılabilmektedir. Bu stüdyolar bu nedenle yenilikçi mimari ve hesaplamalı tasarım için en umut vadeden araştırma alanlarından biridir. Bu bildiri, 2017 yılında "Mimarlıkta Modelleme Yöntemleri" lisans dersi kapsamında gerçekleştirilen bir proje olan pavyonun tasarım ve üretim sürecini inceler. V-Puzzle Pavyonunun tasarım, üretim ve montaj sürecinin incelenmesi, geleneksel ve yenilikçi yaklaşımların üretim ve malzeme sistemlerini nasıl etkileyebileceğini göstermektedir. Ayrıca bildiri, pavyonun üretim sürecini ayrıntılı olarak açıklamakta ve sezgisel ve hesaplamalı tasarım yaklaşımlarını kullanarak bu aşamaları sunmaktadır. Bu nedenle çalışma, süreçlerdeki yaklaşımlar arasındaki işbirliğini ortaya koyacak geriye dönük araştırmalar önermektedir. Yazarlar olarak iki farklı bakış açısı sunmaktayız. Birincisi, lisans eğitiminde pavyonu tasarlayan ve inşa eden mimarlık öğrencilerinin retrospektif bakışıdır. İkincisi ise, hesaplamalı tasarım alanında lisansüstü eğitimlerine devam eden genç araştırmacıların bakış açısıdır. Pavyonu bu iki farklı kimlikle incelenmek; çalışmanın, sürecin, öğrencilerin ve eğitmenlerin incelenmesini; ve masanın karşı tarafından bir bakışı içerir.

Anahtar Kelimeler: *Voronoi diyagramları, Hesaplamalı tasarım, Dijital fabrikasyon, Form bulma, Pavyon tasarımı*

Combining Traditional and Innovative Approaches: A Retrospective View of The V-Puzzle Pavilion

Burak Delikanlı [1]; Fatih Uzun[2]
[1;2]Istanbul Technical University
[1]avesis.itu.edu.tr/delikanli18; [2]avesis.itu.edu.tr/uzunfa17
[1]burak.delikanli@itu.edu.tr; [2]uzunfa17@itu.edu.tr

Abstract

Pavilions fuel innovative architecture as research where new design and manufacturing technologies are applied, tested, and exhibited. Besides, as architects and designers, we combine innovative methods with traditional methods at several stages when designing and building pavilions. Studying this collaboration may provide a preliminary understanding of the influence of methods on the design process. Also, these kinds of studies, in which digital fabrication tools are frequently used, make a holistic approach possible for architecture students, designers and manufacturers. Therefore, design-build studios, which are examples of their benefits in design education, lead this research. In addition, material, cost and complexity problems of complex geometries can be overcome with digital technologies in these studios. Therefore, it is one of the state-of-the-art research areas for innovative architecture and computational design. This paper is about the design and fabrication process of the pavilion, a project realized in the context of an undergraduate course, Modeling Methods in Architecture, in 2017. The examination of the V-Puzzle Pavilion's design, fabrication, and assembly process shows how traditional and innovative approaches can inform fabrication and material systems. Besides, the paper explains the fabrication process of the pavilion in detail and presents the stages using heuristic and computational design approaches. Thus, the study proposes retrospective research that will reveal the collaboration between the approaches in the processes. As authors, we offer two different perspectives. The first is the retrospective view of the architecture students who designed and built the pavilion in undergraduate education. The second one is the perspective of young researchers who continue their graduate education in computational design. Examining the pavilion with these two different identities includes assessing the work, process, students, and tutors; and criticism from the opposite side of the table.

Keywords: *Voronoi diagrams, Computational design, Digital fabrication, Form-finding, Pavilion design*

1. Introduction

Pavilions, which are small-scale architecture applications, have an important place in the history of architecture as a public structure (Varinlioğlu et al., 2019). Permanent or temporary pavilions allow for various activities and feature open or closed spaces. Today, they are structures that are dependent or independent with the data of the place they are designed, refer to their surroundings, or have a manifest mission developed in the intellectual infrastructure. They also can be in an interactive relationship with the user or just a monumental structure. It can also be used as a manifest in experimental and avant-garde architecture. The Serpentine Gallery Pavilions has turned into an architectural showroom designed by a world-famous architect every year (Jung & Park, 2022; Craven, 2020). Moreover, Mies van der Rohe's German Pavilion design for the 1929 Barcelona World Exhibition and Buckminster Fuller's Montreal Biosphere (US Pavilion) design for the 1967 Montreal World Expo are among the most famous examples (Roth, 2013).

Furthermore, they can be used as a learning tool in architectural education (Carpenter, 1997). The design-build studios (**Figure 1**) in architectural education assisted by digital methods are examples of these studies (Gutai & Palaiologou, 2021; Riether & Wit, 2015). In addition to intuitive design methods, computational design tools are also used effectively in pavilion designs. With these design tools, pavilions have started to become studies in which interdisciplinary multidimensional thinking is modeled through algorithms. Furthermore, Lee et al. (2013) stated that digital technologies are essential tools that reveal hidden creativity and take the form-finding efforts of designers beyond their creativity with various script languages (Yazıcıoğlu, 2014). Also, Carlos (2011) states that it is possible to explore the relationships between digital technologies and design inputs through geometric formation. In many different sources that support these statements in the literature, it is seen that digital design tools and technologies have the potential to be significantly effective in form-finding studies. Moreover, fabrication tools (Gershenfeld, 2012) are elementary in carrying out a holistic process from design to build. In this context, there are findings on the benefits of these tools that encourage students to learn by doing in architectural education (Delikanlı & Yalçınkaya; 2020). BUGA wood and fiber pavilion exemplifies this holistic and integrated approach (Knippers et al., 2021).



Figure 1: Different design-build studios; ICD/ITKE Research Pavilion, Säie Pavilion, Infiloolion (AD Editorial Team, 2018; 2019)

This study is a retrospective of the V-Puzzle Pavilion designed and produced in a semester in the Modeling Methods in Architecture course at Suleyman Demirel University in 2017. This retrospective aims to reveal the heuristic and computational processes and examine their relationships. In addition, the study aims to examine the combination of traditional and innovative methods and the search for solutions in the process through the V-Puzzle Pavilion (**Figure 2**). It also aims to transfer the know-how gained from this process to future digital fabrication studies.

1.1. Design Task

The learning outcomes of the Modeling Methods in Architecture course are modeling exercises, increasing the control of digital tools and developing the coordination of design and production processes. In line with these purposes, the south façade of the Faculty of Architecture has been determined as the application area. The pavilion must be at least three meters high and direct the circulation. It is expected that a pavilion consisting of 3D Voronoi cells will be designed and built in the 9 m^2 area selected by the design crew. Among the learning outcomes of the course are objectives such as modeling exercises, increasing the command of digital tools, and ensuring the coordination of production and design processes. The system should be designed as modular, and the connection details should be designed following the modular system.

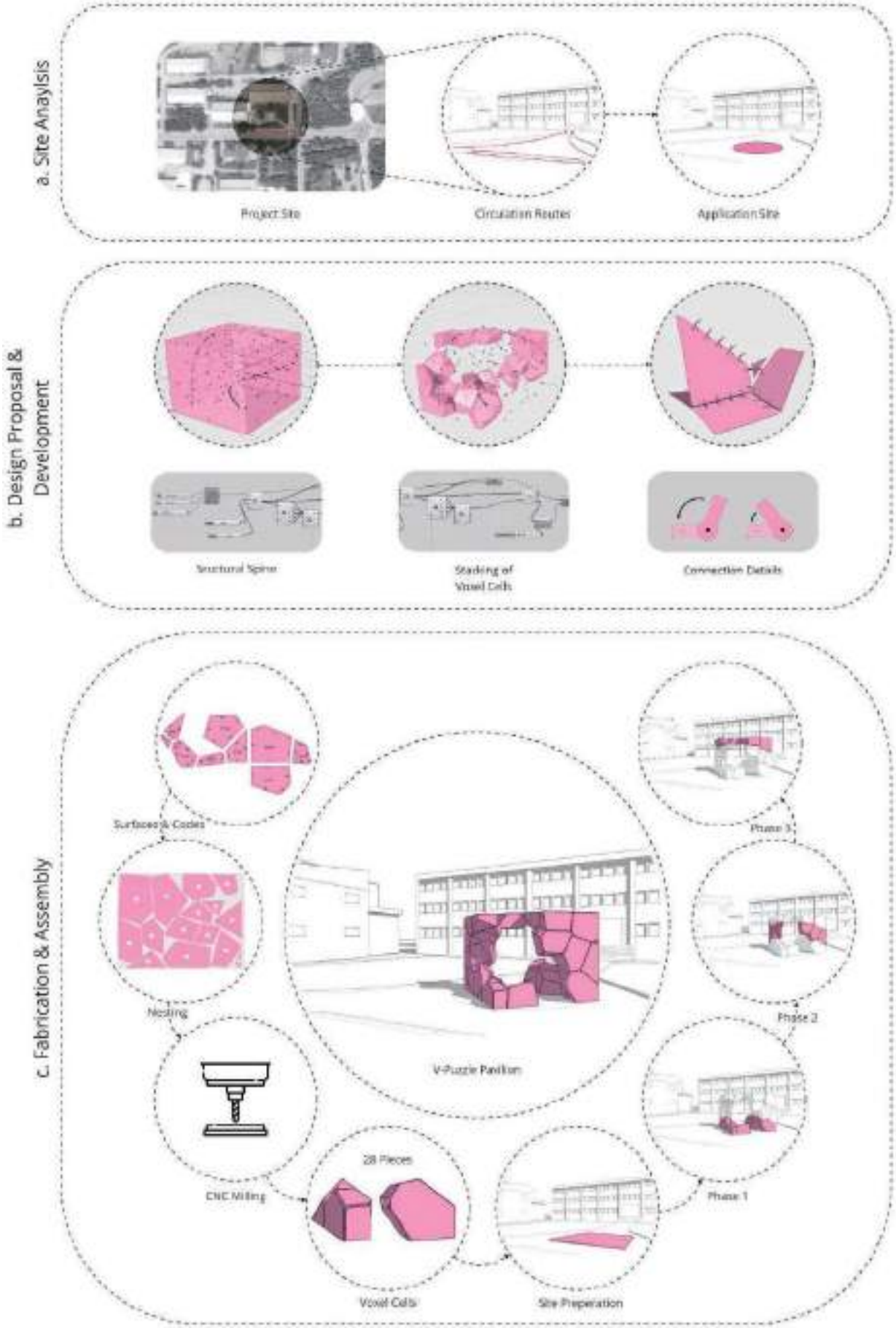


Figure 2: Design, fabrication and assembly processes of the V-Puzzle Pavilion (illustrated by Authors)

2. Method

This research, which can generate forms according to variable dimensions using mass customization of Voronoi cells and rapid manufacturing techniques, brings out the V-puzzle Pavilion. This section reveals the combination of traditional and innovative methods that fuel research throughout all processes of the pavilion, from design to build (**Figure 2**). During the design proposal phase, the fundamental decisions were made with the heuristic approach of the design crew. Besides, digital tools began to be used with the revealed size variations, spacing orientations, and material options. During the design development phase, some findings from prototyping caused minor changes in the final design, and this phase proved that the usefulness of the computing capacities of digital tools is undeniable. The fabrication phase examines the meeting of digital and physical with the digital fabrication tools such as laser cutting and CNC milling. Also, it offers suggestions for facilitating assembly methods.

2.1. Design Proposal

Circulation routes were determined on the south façade of the Faculty of Architecture, which was determined as the application area. The nodal point of these routes was the central element in positioning the pavilion (as illustrated in **Figure 2.a**). Random points were put in the 9m^2 working area inside the cube-shaped design area of 27 m^3 that served as the boundary, and some of these points were merged to create a curvilinear spine. The spine was calculated using the circulatory paths as a reference, and the "Voronoi cells" that were the workshop's topic were put around the spine. Each Voronoi cell had at least one surface in common with the Voronoi cells, and the surface's edge lengths decided the number of details. The system is linked to the ground in two locations and to the Voronoi cells at the top via a bridge.

The study's scope and goal are to assist in creating the "V-Puzzle" project using the capabilities of digital design tools. The emphasis is on determining the shape, the carrier system's pattern, and the connection of space. Some case studies with comparable creation phases and methodologies were examined, and the application stages of the "V-Puzzle" project. This work has been used in computer environment computational design tools (Rhino5 and Grasshopper) to design irregular surfaces and carrier elements connecting surfaces, making them ready for production (as illustrated in **Figure 2.b**). The surfaces and connection details that make up the cells were produced using a CNC workbench.

2.2. Design Development

With the proposals of the design crew about form and structure design, the design development phase started. Although there was not much change about the form after this stage, many details were decided to give the pavilion its unique identity. Material selection is one of the most significant factors determining the form. In the beginning, there were two options: Voronoi cells filled with material or empty. The deciding factor in this was structural concerns. If it was full, Voronoi cells could be created from the block foams by wire cutting, which would increase the cost considerably. Therefore, the design team chose to fabricate and assemble the surfaces of the Voronoi cells from cuttable plates. In material selection, PMMA (Acrylic), PVC (Forex), Aluminum, Plywood, and MDF board options were considered. The factors affecting the choice were cost, flexibility, and weight. MDF material was chosen because it has a margin of error, and its cost is much more affordable than other materials.



Figure 3: Connection detail, Voxel cell, ⅕ prototype (illustrated by Authors)

The connection of each surface at different angles and the connection of some joints to the three surfaces eliminated the chance of a modular detail design. In order to eliminate this problem, the design team proposed a detail design that can adapt to joints at different angles. This design is inspired by the traditional hinge design. The surfaces of the voxel cells are offset to allow for detail interlocking. Detail leaves are attached diagonally to the surfaces forming the voxel cells. After the detail leaf is attached to all surfaces, it is combined with a bolt and Butterfly Nut that act as a pin for interlocking (as illustrated in **Figure 3**). In this way, a hinge detail that can adapt to all angles is obtained. In addition, it was decided to produce the details with MDF material. It has been sized considering the stretching and compression allowances for the correct functioning of the interlocking mechanism.

With the material selections and the finalization of the detail design, the prototyping phase was started. An experimental method was used to measure the erosion of the material by laser cutting and CNC milling by digital measurements. At this stage, ⅕ ratio models of two Voronoi cells were prototyped. Since the material thickness did not change, only the dimensions of the surfaces were scaled, and the detail dimensions were not changed. Findings at this stage provided us with precise detail measurements according to the fabrication method we used in the detail design. In addition, it revealed that it is necessary to leave appropriate gaps since human hands will tighten these details at the assembly stage (as shown in **Figure 3**).

2.3. Fabrication

In the system consisting of 28 cells in total, each cell is named, and the mutual connection surfaces are numbered to combine the system correctly. The designed product was produced on a CNC bench using MDF plates, and each cell surface is stacked to fit on 280x210 cm MDF plates for cutting. After cutting, the surfaces were classified according to the names of the Voronoi cells. Cells are ordered according to their relationship with other cells with a face connection (as illustrated in **Figure 2.c, Figure 4**).



Figure 4: CNC milling, attaching detail sheets, grouping Voxel cells (Authors' archive)

2.4. Assembly

After cutting the surfaces and detail leaves that makeup all the voxel cells, the assembly crew first attached the detail leaves to the surfaces. Instead of assembling all the surfaces in place, Voronoi cells were first created in a controlled environment, and the entire pavilion was assembled in place in 7 pieces (as illustrated in **Figure 2.c, Figure 4**). The biggest reason for this is that the common surfaces of the Voronoi cells are single plates. Thus, the pavilion was gradually erected with rigid parts.

After the fabrication process, 2780 detail sheets were attached to 119 surfaces of 28 Voronoi cells. A rubber mallet was used to attach these detail sheets. If angular force is applied instead of diagonal while attaching the details, cracks may occur in the details. Hairline cracks in the details may cause unwanted errors during on-site assembly. After all the detail leaves were attached, the parts were transferred from the fabrication facility to a facility close to the pavilion location. Then, all the surfaces that make up the Voronoi cells are interlocked by attaching a bolt and butterfly nut. Each cell unit is completed by covering the surfaces and is made ready for the connection they will form with each other. These 28 Voronoi cells were divided into seven groups and combined.



Figure 5: Process of varnishing and assembly (Authors' archive)

A platform has been placed where the V-Puzzle Pavilion will be built to level the ground. Cells in contact with the ground are positioned. When it was erected upwards from the floor pieces, some deteriorations occurred in its structural structure (as shown in **Figure 5**). Since the outer surfaces of the Pavilion are made of monolithic plates and the inner surfaces of fragmented plates, It was observed that the structure tended to close inward. For this reason, a deflection problem was encountered in the assembly of the junction piece of the two legs (**Figure 6**).



Figure 6: The final scene of the V-Puzzle Pavilion (Authors' archive)

3. Results and Reflection

This retrospective shows that computational design tools can change the design process and space positively. Because testing the form in a digital environment allows us to evaluate the relationship that the design product establishes with its context. In addition, considering the nature of the material and production techniques is one of the elements that feed the design process. All of these remind us of the importance of prototyping in architectural education during the design development phase. Especially design-build projects are especially instructive for architecture students. The designed product may be different from the product after production, and this requires reviewing the entire process to detect the error. Students learn debugging as they achieve a design that works and is buildable. It also develops a specialty in the digital design tools that make this possible. In addition, ways of constructing a unique design are experienced through experimental studies on complex geometries. As a result, the authors state that the developing computational tools have a great potential to produce a wide variety of products in form-finding, structural system design, and spatial relations, and they are instrumental in architectural education.

Consequently, this research revealed that heuristic methods are pretty powerful in the early design phase but cannot compete with computational methods in the design development phase. Possible structural problems were foreseen in the pavilion design, but the deflection and torsion problems were not foreseen. This problem, which emerged in the pavilion assembly, could have been detected earlier if the structural strength simulation had been carried out. In this case, the heuristic approach of the design crew caused a significant problem. Moreover, it was a problem that yacht varnish, which is the finishing material of the pavilion against external weather conditions, could not be applied due to weather conditions. Combining these two problems, the details swelled with water, and the pavilion soon collapsed from the snow load. Computational approaches such as structural analysis and material strength tests could have been used at an earlier stage. Despite the collapse of the pavilion, its retrospective teaches a lot about combining traditional and innovative methods.

Acknowledgements
The authors wish to thank the entire team that has worked on the development of the V-Puzzle Pavilion: Assoc. Prof. Dr. İlker Erkan (Course Coordinator), Ali Berkay Avcı (Course Assistant) Design and Fabrication Team: Fatih Uzun, Burak Delikanlı, Şemseddin Karabulut, Veysel Can Oto, Eyyüp Doğan, Mustafa Melih Mert, Betül Uzun, Hasan İrgin, Aydın Özdemir, Bekir Ak, Arda Korkmaz, and our industrial partners who solve many of our problems: Üsame Ceylan (Digital Fabrication Specialist), Mustafa Gösteren (Mechanical Engineer). In addition, we would like to express our special thanks to the presenters of the "Architecture and Math: Designing Spaces with Voronoi" seminar organized within the scope of the Course: Prof. Dr. Birgül Çolakoğlu (ITU), Prof. Dr. Şebnem Yalınay Çinici (IBUN), Prof. Dr. Mustafa Emre İlal (IZTECH).

REFERENCES

AD Editorial Team. (2019, February 5). The Best Student Work Worldwide: ArchDaily Readers Show Us their Studio Projects. ArchDaily. Retrieved May 4, 2022, from https://www.archdaily.com/771146/the-best-student-work-worldwide-archdaily-readers-show-us-their-studio-projects

AD Editorial Team. (2018, March 27). The Best Student Design-Build Projects Worldwide 2017. ArchDaily. Retrieved May 4, 2022, from https://www.archdaily.com/875689/the-best-student-design-build-projects-worldwide-2017

Carlos, B. (2011). Parametric Affordances: What? When? How? In Integration through Computation: Proceedings of the 31st Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture, ACADIA, 203–207.

Carpenter, W. J. (1997). Learning by Building: Design and Construction in Architectural Education (1st ed.). Wiley.

Craven, J. (2020, January 7). Today's Architects Turn Heads in London Every Year. ThoughtCo. Retrieved March 18, 2022, from https://www.thoughtco.com/summer-pavilions-london-serpentine-gallery-178169

Delikanlı, B., & Yalçınkaya, S. (2020). Current Trends and Approaches on the Digital Fabrication Technologies in Architecture Students in Turkey. XIV. Computational Design in Architecture National Symposium Proceedings.

Gershenfeld, N. (2012). How to make almost anything: The digital fabrication revolution. Foreign Aff., 91, 43.

Gutai, M., & Palaiologou, G. (2021). Pavilions in Architecture Studio—Assessment of Design-Build Approach in Architecture Education. Architecture, 1(1), 38–55. https://doi.org/10.3390/architecture1010005

Jung, H., & Park, S. (2022). Pavilion as an architecture of new placeness : a case of Serpentine Pavilion project. Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 1–12. https://doi.org/10.1080/13467581.2021.2024197

Knippers, J., Kropp, C., Menges, A., Sawodny, O., & Weiskopf, D. (2021). Integrative computational design and construction: Rethinking architecture digitally. Civil Engineering Design, 3(4), 123–135. https://doi.org/10.1002/cend.202100027

Lee, J. H., Gu, N., Ostwald, M. J., & Jupp, J. (2013). Understanding Cognitive Activities in Parametric Design. Communications in Computer and Information Science, 38–49. https://doi.org/10.1007/978-3-642-38974-0_4

Riether, G., & Wit, A. J. (2015). Redefining the parametric pedagogy: Reflections on a digital design build studio. Iberoamerican Society of Digital Graphics (SIGRADI). https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1546.2883

Roth, L. M. (2013). Understanding Architecture: Its Elements, History, and Meaning (3rd ed.). Routledge.

Varinlioğlu, G., Turhan, G. D., & Alaçam, S. (2019). Pavilion Design as a Digital Fabrication Tool. Yapı, 446, 36–41.

Yazıcıoğlu, D. A. (2017, June). Bir Kamusal Strüktür Olarak Pavyon Yapılarının Dijital Teknolojilerle Yeniden Biçimlenişi. VIII. National Symposium on Computational Design in Architecture Proceedings, 21–32.

Tasarım, Uygulama, Araç İlişkisinde Endüstri 4.0 Devriminden Endüstri 2.0 Devrimine Mimarlıkta Hesaplamalı Tasarım

Esranur Karacif
İstanbul Teknik Üniversitesi
demirtase17@itu.edu.tr

Özet

Endüstri 3.0'ı izleyen ve elektronik nesneler arasındaki iletişimin arttığı Endüstri 4.0 çağında üretilen araçların, tekniği ve teknolojiyi baz alarak ilerleyen mimari tasarım uygulamalarına etkisi olmuştur. Bu araçlar aynı zamanda çeşitli teorilerin üretimine imkân sağlayan nesnelerdir. Mimari tasarımda bilişim alanında Sutherland'in 1963'te geliştirdiği SketchPad ile başlayan dönüşümü, CAD (Computer Aided Drafting-Bilgisayar Destekli Çizim), CAAD (Computer Aided Architectural Design-Bilgisayar Destekli Mimari Tasarım), AutoCAD, Microstation, CATIA, ArchiCAD gibi iki ve üç boyutlu çizimler ve modellemeler yapılabilen yazılımlar izlemiştir. 1998 yılında NURBS tabanlı tasarımların oluşturulabildiği Rhinoceros piyasaya sürülmüş ve serbest formların üretiminde bir aracı olmuştur. Son olarak ise bahsedilen programlar ve daha fazlası ile çalışabilen betik diller mimari tasarımda bilişim araçlarının giderek verimli ve tasarıma odaklı kullanımına olanak sağlamıştır. Bir yandan bu araçlar gelişirken diğer yandan bu araçlar yardımıyla tasarım ürünlerinin sayısal olarak ifade edilebilmesi ve rasyonelleştirilebilmesiyle üretimlerde "dosyadan fabrikaya" geçiş hızlandırılmıştır. Mimari tasarım ürünlerinin sayısallaştırılabilmesi ile mimari tasarımda çeşitli teoriler de ortaya atılabilmiştir. Dijital teknolojiler bu aşamada itici bir güç olmuştur. Bu çalışmada bahsedilen tarihi seyir, geçmişten günümüze doğrusal bir analizin aksine geriye dönük olarak analiz edilecektir. Bu geriye doğru araştırma yönteminin kuramsal altyapısı aşina olunan ve daha iyi bilinen bir 'şimdi'nin ışığında uzak olunan bir 'geçmiş'i de anlama, anlamlandırma çabasında yatmaktadır. Bu bağlamda zaman aralıkları üç endüstriyel devrim baz alınarak üç ayrı aşamada ele alınmıştır. Bunlardan ilki 2021-2011 tarihleri arasında gerçekleşen Endüstri 4.0 devrimidir. Bu tarih aralığında otomasyon, bulut bilişim, simülasyon, büyük veri, veri madenciliği gibi etmenlerin etkisindeki bilişim teknolojilerindeki gelişmeler mimarlıkta hesaplamalı tasarım uygulamaları ve kuramları bağlamında çıkış noktaları ve öncü örnekler üzerinden değerlendirilmiştir. İkinci aşamada 20. yüzyılın sonlarında ortaya çıkan Endüstri 3.0 devriminin, son aşamada ise 20. yüzyılın başlarında gerçekleştiği kabul edilen Endüstri 2.0 devriminin mimarlıkta hesaplamalı tasarım yaklaşımlarına etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak 'şimdi' ve 'geçmiş' izdüşümleriyle geleceğe bakılacak olursa, süreç içerisinde gelişen teknolojilerin esneklikleri arttıkça ve mimarlar bu teknolojileri verimli bir şekilde kullandıkça mimarlıkta hesaplamalı tasarım teori ve pratikleri de yaratıcı bir şekilde gelişme gösterecektir.

Anahtar Kelimeler: *Hesaplamalı yaklaşımların evrimi, Hesaplamalı tasarım uygulamaları, Hesaplamalı tasarım araçları, Mimari tasarımda hesaplamalı yaklaşımlar.*

.

Computational Design Approaches in Architecture in Relation to Design, Application and Tool, Starting Points and Leading Examples

Esranur Karacif
Istanbul Technical University
demirtase17@itu.edu.tr

Abstract

The tools produced in the age of Industry 4.0 had an impact on architectural design practices that progressed based on technique and technology. The transformation in the field of computation in architectural design, which started with SketchPad developed by Sutherland in 1963, has led to the transformation of technologies such as CAD (Computer-Aided Drafting/Drawing), CAAD (Computer Aided Architectural Design), AutoCAD, Microstation, CATIA, ArchiCAD, which enable two and three-dimensional drawings and models. In 1998, Rhinoceros, where NURBS-based designs can be created, was launched and became a tool in the production of free forms. Finally, scripting languages that can work with the aforementioned programs and more have enabled the efficient and design-oriented use of information tools in architectural design. While these tools are developing, the transition from file to factory in production has been accelerated by the ability to express and rationalize design products digitally with the help of these tools. With the digitization of architectural design products, various theories in architectural design have been put forward. Digital technologies are a driving force at this stage. The historical course mentioned in this study will be analyzed retrospectively, as opposed to a linear analysis from the traditional past to the present. The theoretical basis of this regressive research method lies in the effort to understand and make sense of a distant 'past' in the light of a familiar and better known 'present'. In this context, time intervals are discussed in three different stages based on three industrial revolutions. The first of these is the Industry 4.0 revolution, which takes place between 2021-2011. In this date range, developments in information technologies under the influence of factors such as automation, cloud computing, simulation, big data, data mining are evaluated through the starting points and pioneering examples in the context of computational design practices and theories in architecture. In the second stage, the effects of the Industry 3.0 revolution, which emerged at the end of the 20th century, and the Industry 2.0 revolution, which is accepted to have taken place at the beginning of the 20th century, on the computational design approaches in architecture were examined. As a result, if we look at the future with the projections of the 'present' and the 'past', as the flexibility of the developing technologies in the process increases and architects use these technologies efficiently, computational design theory and practices in architecture will improve creatively, as well.

Keywords: *Applications in computational design, Computational design approaches in architecture, Computational design tools, Evolution of computational design.*

1. Giriş

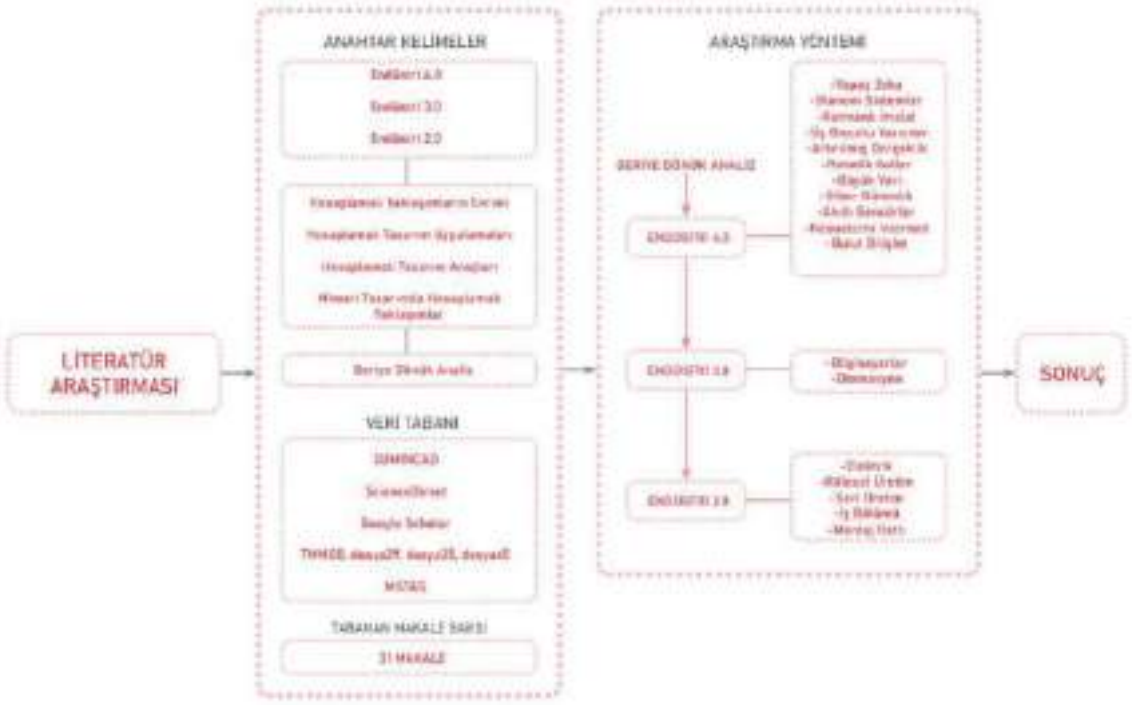
Endüstri devrimleri üretim yöntemlerinde verimlilik ve üretim ivmesinin artması gibi yenilikler getirmiştir. Mimarlık ve inşaat alanlarında da bu devrimlerin etkileri kullanılan malzemeler ve teknikler bağlamında dönüşüme uğramıştır.

Bu çalışmanın amacı Endüstri 4.0'dan başlayarak, Endüstri 2.0'ın hâkim olduğu 20. yüzyılın başlarına doğru **(Şekil 1),** mimarlıkta hesaplamalı tasarım yaklaşımlarının çıkış noktalarını öncü örneklerle, tasarım, uygulama ve araç ilişkisinde değerlendirmektir. Çalışmanın hipotezi, mimarların dönüşen teknolojilere adaptasyonunun yaratıcı tasarım ve üretim süreçlerine de katkı sağlayacağı yönündedir. Bu kapsamda çalışma "Gelişen teknolojiler mimarın teorik ve kuramsal üretimlerini süreç içerisinde nasıl şekillenmiştir?" araştırma sorusu doğrultusunda yapılandırılmıştır.



Şekil 1: Endüstri devrimleri ve dönemleri (Sarıcıoğlu vd, 2021).

Bu çalışmanın giriş bölümü araştırma sorusunu, çalışmanın amacını, kapsamını ve hipotezlerini içermektedir. Literatür araştırması "Hesaplamalı Yaklaşımların Evrimi, Hesaplamalı Tasarım Uygulamaları, Hesaplamalı Tasarım Araçları, Mimari Tasarımda Hesaplamalı Yaklaşımlar" anahtar kelimeleri ile yapılmıştır. Üçüncü bölümde araştırma yöntemi olarak geriye dönük analiz yöntemi sırasıyla üç önemli kırılma noktası olan Endüstri 4.0, Endüstri 3.0 ve Endüstri 2.0 üzerinden yapılandırılmıştır. Sonuç kısmında endüstri devrimleri arasındaki ilişki, mimarlıkta hesaplamalı tasarım yaklaşımları, öncü örnekler ve çıkış noktaları bağlamında tartışılmıştır (**Şekil 2**).



Şekil 2: Çalışmanın yazar tarafından oluşturulan ana çerçevesi.

2. Literatür Araştırması

Araştırma kapsamında ScienceDirect, Google Scholar ve Cumincad veri tabanlarından toplam 31 adet makale incelenmiştir. Cumincad veri tabanı "Association for Computer Aided Design In Architecture (ACADIA)" ve kardeş kuruluşları olan "Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe (eCAADe)", "CAAD Futures", "Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA)", "The Arab Society for Computer Aided Architectural Design (ASCAAD)", "La Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital (SIGRADI)", "International Journal of Automation and Computing (IJAC)" dergi ve konferanslarının veri tabanını içeren bir kümülatif indekstir. Bunlara ek olarak TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi tarafından yayınlanan "Hesaplamalı Tasarım", "Mimarlıkta Sayısal Fırsatlar: Bilgisayarlar Mimarlığın Neresinde?" ve "Gelecek, Teknoloji ve Mimarlık" sayılarının yanı sıra Mimarlıkta Sayısal Tasarım Ulusal Sempozyumlarındaki (MSTAS) bildirileri incelenmiştir.

Araştırma neticesinde mimari tasarım yaklaşımının evrimi kapsamındaki makalelerin doğrusal olarak geçmişten günümüze bir analiz şeklinde yazıldıkları görülmüştür. Buna ek olarak makalelerdeki sınıflandırmalar; ortaya çıkan kavramlar, önemli tarih aralıkları veya kırılma noktaları gibi çeşitli çıkış noktalarına göre yapılmıştır. Bu çalışmada önemli tarih aralıkları endüstri devrimleri temel alınarak sınıflandırılmıştır.

2.1. Mimarlıkta Hesaplamalı Tasarım Kavramı, Araçlar ve Uygulamalar

Teknik ve teknoloji mimari tasarım kuramlarını dönüştüren araçlar olmuştur. Endüstri 2.0 ile başlayan ve günümüze kadar uzanan süreçte özellikle bilişim teknolojileri ve hesaplama kuramları mimarlığı sanal ve soyut yönüyle olduğu gibi somut ve üretim olanakları açısından da dönüştürmüştür.

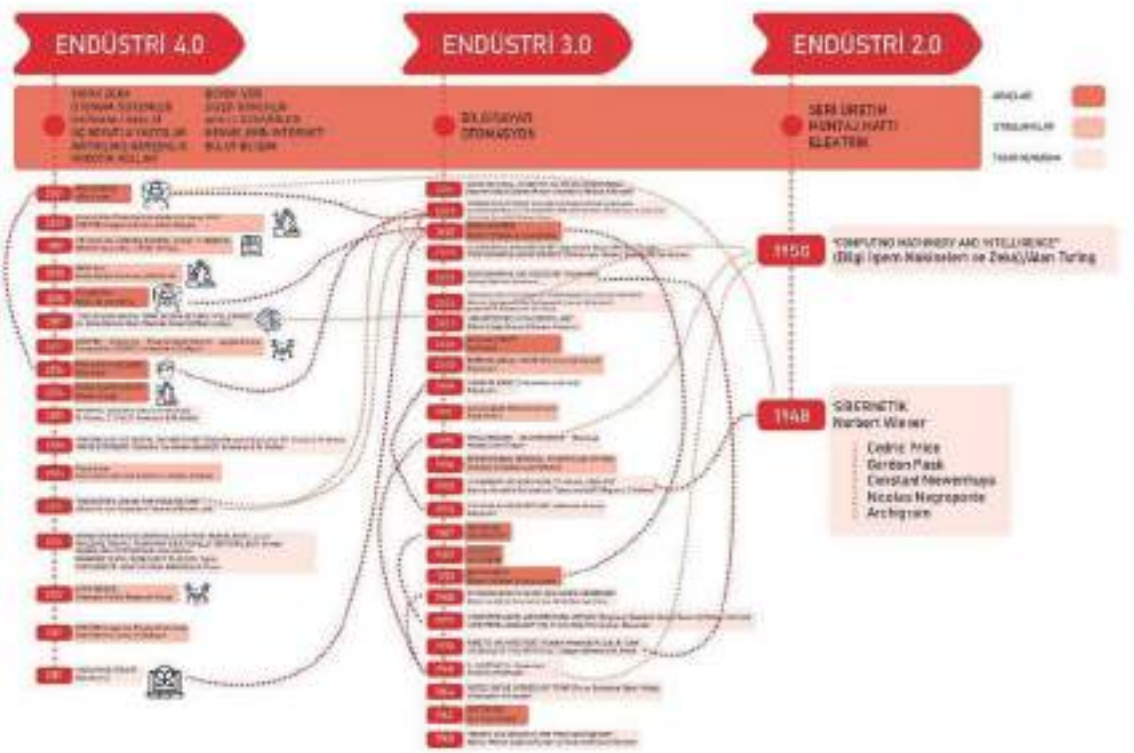
Mimarlıkta ve mühendislik alanlarında yapılan tasarımlar ve bilimsel araştırmalar hesaplamalı düşünme yeteneğinin birer ürünüdür. Hesaplamalı düşünme, çözüme ulaşmak için matematiksel ve mantıksal işlemlere ve süreçlere dayalı algoritmik bir düşünme yolu, bir problem çözme sürecidir (Çağdaş vd., 2015). Hesaplamalı düşünce bağlamında ortaya çıkan kuramların çoğunda da bu algoritmik düşünce tabanlı yaklaşımı gözlemlemek mümkündür. Algoritmik düşünce yöntemi ile problem parçalara ayrılarak karmaşık kurgusundan koparılır ve böylece karmaşık olduğu düşünülen problemler de indirgeme ve soyutlama yoluyla çözümlenebilir.

Hesaplamalı tasarım matematik ve bilgisayar bilimi, gelişim ve evrim biyolojisi, sistem bilimi ve felsefe gibi pek çok bilim dalı ile ilgilidir. Hesaplamalı tasarım, sistemler teorisi ve sibernetikten başlayarak, morfogenesise kadar uzanan çok katmanlı bir süreci izler. Simülasyon temsilin yerine geçer ve nesnelerle etkileşim tasarımcı tarafından yazılan hesaplama süreçleri aracılığıyla entegre sistemlerin oluşturulmasına doğru ilerlemektedir (Menges ve Ahlquist, 2011). Burada teknolojik belirlenimcilik teorisinde olduğu gibi mimarlık alanında da kültürel bir değişimin varlığından söz etmek mümkündür. Mimarların geleneksel yöntemlerin yanı sıra teknolojik yöntemlere adapte olabilmesi ve bu araçları da tasarım süreçlerine dahil etmeleri yaratıcılık konusunda mimarlara önemli avantajlar sağlayacaktır.

Endüstri 3.0'dan itibaren dağarcığımıza giren teknolojik araçlar yapay zekâ sistemleriyle veriler doğrultusunda karar vermemizde destek sağlayabilmekte, üretken araçlarla tasarımın çeşitli varyasyonlarını üretebilmektedir. Aynı zamanda yapı bilgi modelleme yazılımları ile farklı paydaşlar arasında koordinasyonun sağlanmasıyla verimlilik artmaktadır. Ayrıca çağdaş üretim araçları uygulama aşamasında en aza indirgenmiş atıkla çalışabilmemize ve günümüzün temel problemlerinden olan sürdürülebilir üretimler yapmamıza imkân sağlayabilmektedir.

3. Araştırma Yöntemi

Endüstri devrimleri pek çok alanda olduğu gibi mimarlıkta hesaplamalı tasarım alanında da bir itici güç olarak görülmüş ve bu çalışmanın kritik noktaları olarak ele alınmıştır. Endüstri 4.0'dan Endüstri 2.0'a doğru bir geri okuma yöntemi ile mimarlıkta hesaplamalı tasarım yaklaşımlarının değerlendirmesi yapılmıştır (**Şekil 3**).



Şekil 3: Araç, uygulama, tasarım ve teori bağlamında yazar tarafından kurgulanan ilişkisellik şeması.

3.1. Mimarlıkta Hesaplamalı Tasarımın Günümüzden Geçmişe Doğru Geri Okuması

Bu çalışmada geriye doğru okuma yönteminde Fransız Tarihçi Marc Bloch'un geriye doğru tarih yöntemi (regressive method) baz alınmıştır (Bloch, 1970). Marc Bloch'un Annales ekolüne getirdiği histoire regressive, (geriye doğru tarih) alışılmış şekliyle geçmişten bugüne (bilinenden bilinmeyene), yakın zamana veya incelenen merkezi döneme uzanan klasik tarihyazım tarzından uzaklaşıp, bunun yerine bugünden ya da yakın zamandan yola çıkıp geçmişe uzanılması yani adeta tarihin tersten okunmasıdır (Fransızca: lire l'histoire à rebours) (Dağ, 2018).

3.2. Endüstri 4.0 Devrimi ile Birlikte Kullanılan Dijital Teknolojilerin Tasarım Uygulama ve Teorilerine Etkileri

Endüstri 4.0 devrimi 2011 yılında Hannover Fuarı'nda gündeme gelmiş olup, devrimin amacı geleneksel endüstriyel süreçlerin bilişim teknolojisi ile entegre olarak dijitalleşmesidir (Sarıcıoğlu vd., 2021). Endüstri 4.0 yapay zekâ, otonom sistemler, katmanlı imalat, artırılmış gerçeklik, siber güvenlik, akıllı sensörler, büyük veri, nesnelerin interneti, bulut bilişim gibi yenilikleri beraberinde getirmiştir. Bu sistemlerle üretimde verimlilik artmış, mimarlık alanında da birçok gelişme ortaya çıkmıştır. Endüstri 4.0'ın en temel özelliklerinden biri, her alanda "daha iyiyi üretme/inşa etme isteği" olarak tanımlanabilir. Bu isteğin imalat ve fabrikasyon teknolojilerine yansıması ise birlikte işlerlik (interoperability), birimsellik (modularity), sayısal ikiz (digital twin), esneklik (flexibility) olarak özetlenebilecek kavramların teknolojiyi ve üretme eylemlerini dönüştürmesidir (Sorguç ve Yemişçioğlu, 2020). Bu dönemin araçları etkileşime ve iletişime kolaylık sağladığından bunun yansıması mekanlarda da görülür. Deneysel mekân üretimlerini pavillion denilen yarı açık mekansal enstalasyonlarda görmek mümkündür.

2021 yılının kasım ayında insanların sosyalleşebileceği, çalışabileceği ve oyun oynayabileceği sanal bir dünya olarak Metaverse'ün tanıtımı yapılmıştır. Dünyanın ilk dijital NFT (non-fungible token ya da Türkçe Değiştirilemez Jeton) evi olan Mars House, 500.000 dolardan fazla bir fiyata satılmıştır (Kolirin, 2021). Metaverse kavramı ilk kez Neal Stephenson'ın 1992 yılında yayımladığı bilimkurgu romanı Snow Crash'te yer almıştır, ancak bu kavramı içerik açısından sibernetik kavramı üzerinden de okumak mümkündür. Önümüzdeki süreçte mimarların geçmişte de yaptıkları bu tür üretimlerde daha yoğun olarak yer alabileceği söylenebilir. Geriye doğru bir okumaya devam edilecek olursa, robotik kolların da pavillion türü üretimlerin dışında kullanıma imkân sağladığı görülmüştür. Bu üretim süreçlerine artırılmış gerçeklik uygulamaları, yapay zekâ, insansız hava araçları entegre edilerek hibrit sistemlerden üretilen tasarımlar elde edilebilir. Mimari tasarımın yanı sıra kentsel ölçekte yapay zekanın karar destek sistemleri olarak kullanımıyla ya da görüntü işleme ve makine öğrenmesi ile, nesnelerin interneti ve sensörler yardımıyla şehirler daha akıllı hale

gelebilmektedir. Ancak bunların kullanımı ekonomik nedenlerle henüz yaygınlaşmamıştır. Yaygın olmaları durumunda daha verimli sonuçlar ortaya çıkabilecektir. Birçok deneysel çalışmaya imza atan ICD/ITKE Grubunun, sayısal tasarım ve üretim teknolojilerinin kullanımı ile ahşabın gerek biçim gerekse performansının sınırlarını zorlayan Urbach Kulesi, ETH Zürih kökenli Block Araştırma Grubu tarafından hafif konstrüksiyon ve sürdürülebilir yapı örneklemesi için kullanılan NEST binasında, ön gerilimli kablo ve tekstil kalıp kullanılarak yapılmış olan ince beton kabuk HiLo, Superpool tarafından tasarlanan ve robot yardımı ile şekillendirilen beton kabuk TaylorCrete ve Mexico City'de evsizliği azaltmak üzere üç boyutlu yazıcılar ile üretilmiş konutlardan oluşan bir mahalle dönemin önemli örnekleri arasındadır (Sorguç ve Yemişçioğlu, 2020).

Endüstri 4.0'dan 3.0'a doğru bir geri okuma yapıldığında mimarlıkta hesaplamalı tasarım alanında kuram üretiminin Endüstri 3.0'a kıyasla Endüstri 4.0 döneminde daha az olduğu, ancak araç ve uygulamalı üretimlerin daha fazla olduğu söylenebilir.

3.3. Endüstri 3.0 Devrimi ile Birlikte Kullanılan Dijital Teknolojilerin Tasarım Uygulama ve Teorilerine Etkileri

Dijital devrim olarak anılan Endüstri 3.0 devrimi yirminci yüzyılın son yarısından Endüstri 4.0'ın başlangıcı olarak kabul gören Hannover Fuarı'nın yapıldığı 2011 yıla kadar uzanmaktadır. Endüstri 4.0 devriminde çeşitli üretim araçlarının kullanımı hakimken, Endüstri 3.0'da baskın olarak bilgisayarlar sayısallaştırma aracı olarak kullanılmıştır ve otomasyon bu dönemde ortaya çıkmıştır.

Endüstri 3.0 devrimi ile mimarlıkta hesaplamalı tasarım kuramlarının ve kavramsal tasarımların üretimi açısından verimli bir dönem geçirilmiştir. Bu dönemde çeşitli yazılımların da ortaya çıkmasıyla tasarımda biçim kuramları, animasyona dayalı tasarım, evrimsel tasarım, performatif tasarım, morfogenetik tasarım, parametrik tasarım gibi önemli kavramlar geliştirilir. Buna ek olarak yazılımlar tasarımların rasyonelleştirmesini de sağlamıştır. Simülasyon araçlarıyla performans testleri yapılabilmiştir. Dönemin önemli örneklerinden bazıları biyomimikriden esinlenilen Waterloo Uluslararası Terminali, CATIA yazılımıyla rasyonalleştirilerek üretimi gerçekleştirilebilen Bilbao'daki Guggenheim Müzesi ve Greg Lynn'in Embriyolojik Konutu'dur.

3.4. Endüstri 2.0 Devrimi ile Birlikte Kullanılan Teknolojilerin Tasarım Uygulama ve Teorilerine Etkileri

İlk endüstri devrimi su ve buhar gücünden yararlanan mekanik sistemlerle ortaya çıktı. İkinci endüstri devriminin ayırt edici özelliği ise elektrik ve kitle üretimi ile iş bölümü idi. Sibernetik ve yapay zekâ gibi kavramların üretimi bu dönemde görülmüştür. Üretilen bu kavramlardan yapay zekanın aynı dönem içerisinde mimarlıkta hesaplamalı tasarım alanına etkisi gözlenmese de Endüstri 3.0 ve 4.0 dönemine önemli ölçüde etkisi olmuştur. Sibernetik kavramı ise Constant Niewenhuys'un New Babylon'u, Cedric Price'ın Eğlence Sarayı, Archigram'ın Plugin City, Computer City, Instant City, Walking City yorumları gibi çeşitli ütopyaların üretimine altlık sağlamıştır. Bu ütopyalarda baskın bir diğer kavram ise etkileşim kavramıdır. Etkileşim kavramının pratiğe doğrudan yansıması yine bu dönem içerisinde gözlenmese de Endüstri 4.0'da kavramın pratiğe etkileri elektronik cihazların ve sensörlerin kullanımı ile görünür olmuştur.

4. Sonuçlar

Günümüzden 20. yüzyıl başlarına doğru mimarlıkta hesaplamalı tasarım yaklaşımlarına dair bir geri okuma yapıldığında, günümüzde yapılan çalışmaların yoğunluklu olarak uygulama odaklı olduğu ve geçmişe doğru gidildikçe soyutluk düzeyinin arttığı gözlenmiştir. Kolarevic'in (2003: 53) ifadesiyle "dosyadan fabrikaya" anlayışı mimarlık ürünlerinin dijital üretimiyle fiziksel üretimi arasındaki akışı hızlandırmıştır. Bunun etkileri mimarlıkta hesaplamalı tasarım kuramlarına da yansımıştır.

Endüstri 4.0 devrinde pratikten teoriye doğru düşünce üretimi gözlenmiştir. Endüstri 3.0'da yoğunluklu olarak bilgisayar ortamında sanal üretimler üzerinden kuramlar üretilmiştir. Endüstri 2.0'a gelindiğinde ise kuramlar üzerinden ütopik üretimler gerçekleştirilmiştir. Endüstri 2.0'da hâkim olan sibernetik ve yapay zekâ gibi kavramlar Endüstri 3.0 ve 4.0'da daha somut olarak kullanılmıştır.

Günümüzden geçmişe yapılan bu analizle mimarların dönüşen teknolojilere adaptasyonunuyla ve bu teknolojileri yaratıcı bir şekilde kullanımıyla tasarım ve üretim süreçlerindeki yaratıcılığının da olumlu bir şekilde etkileneceği söylenebilir. Yazılımlara entegre edilmiş Python, Dynamo, Grasshopper gibi eklentiler dışında çeşitli kodlama

yazılımlarında yapılacak üretimlerle mimar, kendi hesaplamalı aracını da üretebilir. Bu yazılımlar daha esnek düşünce ortamları sağlayabilecek ve esneklik tasarımlara ve üretimlere yansıyacaktır.

KAYNAKLAR

Bloch, M. (1970). *French Rural History: An Essay on Its Basic Characteristics.* University of California Press.

Caetano, I., & Leitão, A. (2019). Architecture meets computation: an overview of the evolution of computational design approaches in architecture. Architectural Science Review, 165-174.

Çağdaş, G., Bacınoğlu, Z., & Çavuşoğlu, Ö. H. (2015). Mimarlıkta Hesaplamalı Yaklaşımlar. TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi, Dosya 35, 33-42.

Dağ, M. (2018). Tarihyazımında Geriye Doğru Yöntemin Kullanımı. Yeditepe Üniversitesi Tarih Bölümü Araştırma Dergisi, Cilt 2, Sayı 5, 31-45.

Kolarevic, B. (2003). *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*. Londra: Taylor & Francis.

Kolirin, L. (2021). Erişim Tarihi: 19.12.2021. CNN, https://edition.cnn.com/style/article/digital-nft-mars-house-scli-intl/index.html.

Menges, A., & Ahlquist, S. (2011). *Computational Design Thinking*. UK: Wiley.

Sarıcıoğlu, P., İlerisoy, Z. Y., & Soyluk, A. (2021). Mimarlık ve Endüstri 4.0 Eşleşmesi. Yapı Dergisi, 12-17.

Sorguç, A. G., & Yemişçioğlu, M. K. (2020). Mimarlıkta Fabrikasyon Teknolojileri ve Endüstri/Mimarlık 4.0. TMMOB Mimarlar Odası Ankara Şubesi, Dosya 45, 6-15.

4. OTURUM

PERFORMANSA DAYALI TASARIM 1

Parametrik Tabanlı Bir Yeşil Çatı Sistem Modeli Önerisi

Cemre Akalın Er [1]; Togan Tong[2]
[1,2]Yıldız Teknik Üniversitesi
[1]akalincemre@hotmail.com; [2] https://avesis.yildiz.edu.tr/tong, [2] togantong@yahoo.com

Özet

Yeşil çatıların; sadece estetik amaçlı olarak kullanılan sistemlerden, iklimsel değişimleri iyileştirici, enerji verimliliğini destekleyici farklı düzenlemelerine göre şekillendiği sistemler olarak yön değiştirmesiyle artan uygulamaları sonucunda bilimsel çalışma ve kaynak sayısı günden güne artsa da, özellikle tasarım sürecinde yeşil çatı sistem seçeneklerine ihtiyaç duyulduğu saptanmıştır. Multidisipliner çalışma ortamı gerektiren yeşil çatı tasarımının çok fazla değişkene sahip olmasından ve çözümlenmesi gereken çokça detay içerdiğinden ve bunlara ek olarak yeşil çatı sistemlerinin çeşitli özelliklere göre farklılaşıp özelleşen karmaşık sistemler olmasından dolayı kullanıcıların bu sistemi tasarımlarında pek tercih etmedikleri görülmüştür. Saptanan bu soruna çözüm önerisi olarak bir yeşil çatı sistem modeli ortaya konmuştur. Bu çalışma kapsamında uygulama çeşidine göre yerinde inşa edilen yeşil çatı tipini oluşturan bileşenler, ayrı ayrı ele alınarak parametrik bir yaklaşımla tasarımı yönlendiren girdiler ilişkilendirilmiştir. Detaylandırılan katman bileşenleri ile yeşil çatıları etkileyen genel tasarım girdileri ilişkilendirilerek, sistem modelinin seçim parametreleri elde edilmiştir. Elde edilen çıkarımlar sonucunda saptanan sistemsel veriler, model oluşumuna yönelik tasarım parametrelerini oluşturmuştur. Mevcut yeşil çatı detayları modelde önerilen adımlara göre filtrelenmiştir. Model önerisi 7 ana adımdan ve bunların alt başlıklarından oluşmaktadır. İlk olarak, yeşil çatının oluşturulacağı yüzey seçilmektedir. Daha sonra; bölge (ve şehir), bitki tipi, eğim, havalandırma durumu ve yalıtım sırası seçilerek seçim parametreleri tamamlanmaktadır. Bu seçim parametreleri doğrultusunda oluşturulan modelin algoritması kurgulanıp, sistem parametrizasyonu sağlanmış ve sistem modeli oluşturulmuştur. Çalışma sonunda ortaya konulan model önerisinin; sistem kesitinin verildiği grafik çıktısına sahip olan; bilgi, ipucu ve karşılaştırma içeren bir sistem olarak kurgulanması amaçlanmıştır. Bu sayede oluşturulan modelin; çeşitli uzmanlık alanlarını kapsadığı için erken tasarım sürecine dahil edilmeyen yeşil çatıların, istenen parametrelere göre seçim imkânı sunan kurgusu sayesinde, tasarımı destekleyen bir karar destek mekanizması olarak rol oynaması amaçlanmıştır. Ayrıca bu çalışmanın, özellikle ön tasarım aşamasında ihtiyaç duyulan yeşil çatı sistem seçenekleri eksikliğini gidereceği ve kavramın çok disiplinli çalışma ortamı gereksiniminin dezavantajlarını azaltacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada mevcut çalışmalardan farklı olarak, yeşil çatı tasarımı için kullanılabilecek parametrik bir sistem modeli önerisi oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yeşil çatı, sistem, Sistem modeli, Yeşil çatı sistem tasarımı, Yeşil çatı sistem modeli, Parametrik yeşil çatı modeli, Karar destek sistemi

A Parametric Based Green Roof System Model Proposal

Cemre Akalın Er [1]; Togan Tong [2]
[1,2]Yıldız Teknik Üniversitesi
[1] akalincemre@hotmail.com; [2] https://avesis.yildiz.edu.tr/tong, [2] togantong@yahoo.com

Abstract

As a result of the increasing applications of green roofs as systems where they are shaped according to different regulations that improve climate change and endorse energy efficiency, although the number of scientific studies and resources increased day by day it has been determined that green roof system options are needed especially in the design process. It has been observed that users do not prefer this system in their designs because the green roof design, which requires a multidisciplinary working environment, and has too many variables and contains many details that need to be resolved, and in addition to these, green roof systems are complex systems that differ and customize according to various features. A green roof system model has been put forward as a solution to this identified problem. Within the scope of this study, the components that make up the green roof type built on site according to the type of application are handled separately and the inputs that direct the design are associated with a parametric approach. The selection parameters of the system model were obtained by associating the detailed layer components with the general design inputs affecting the green roofs. The systematic data determined as a result of the inferences obtained formed the design parameters for model formation. Existing green roof details have been filtered according to the suggested steps in the model. The model proposal consists of 7 main steps and their sub-titles. First, the surface on which the green roof will be created is selected. Later on; The selection parameters are completed by choosing the region (and city), plant type, slope, ventilation condition and insulation order. The algorithm of the model created in line with these selection parameters was designed, the system parameterization was provided and the system model was created. The model proposal put forward at the end of the study; which has a graphic output where the system section is given; It is aimed to be constructed as a system that includes information, hints and comparisons. In this way, the model created; It is aimed that green roofs, which were not included in the early design process because they cover various fields of expertise, play a role as a decision support mechanism that supports the design, thanks to its fiction that offers the possibility of selection according to the desired parameters. In addition, it is thought that this study will eliminate the lack of green roof system options, especially in the preliminary design phase, and reduce the disadvantages of the concept's need for a multi-disciplinary working environment. In this study, unlike the existing studies, a parametric system model proposal that can be used for green roof design has been created.

Keywords: *Green roof, System model, Green roof system design, Green roof system model, Parametric green roof model, Decision support system*

1. Giriş

Teknolojinin her geçen gün ilerlemesi ve hızla artan nüfus sonucunda değişen şehir yapısı; geçmişte sadece estetik ve keyif amaçlı tasarlanan yeşil çatıların, iklimsel değişimleri iyileştirici ve enerji verimliliğini destekleyici farklı düzenlemelere göre şekillendiği sistemler olarak yön değiştirmesine sebep olmuştur. Yeşil çatılar, kentsel ısı adası etkisini azaltmak, karbon salınımını dengelemek ve sel riskini azaltmak için verimli bir araçtır. Sürdürülebilirlik kavramını destekleyici ve bina ölçeğinde etkin bir öneme sahip olan yeşil çatılar ile ilgili Türkiye'de diğer ülkelere göre kısıtlı sayıda yapılan tasarım ve uygulamalarda çeşitli hasar ve sorunlar olduğundan yaygınlaşamadığı görülmüştür (Külekçi, 2017). Yeşil çatıların sürdürülebilirlik alanındaki katkılarına ek olarak potansiyellerinin tam anlamıyla keşfedilmemiş olması, onu araştırılması ve geliştirilmesi gereken bir konu haline getirmektedir (Kaymak, 2014). Yeşil çatıların potansiyel faydalarını değerlendirmek ve tasarım sürecine yardımcı olmak için geliştiriciler ve mimarlar tarafından kullanılabilecek kapsamlı tasarım araçlarına artan bir ihtiyaç vardır (Sailor, 2008). Bilimsel çalışma ve kaynak sayısı günden güne artsa da özellikle tasarım sürecinde yeşil çatı sistem seçeneklerine ihtiyaç duyulduğu saptanmıştır. Yeşil çatılar; çok yönlü bir yapıya sahip olması ve çeşitli disiplinleri kapsaması sebebiyle ortak çalışma ilişkileri gerektirmektedir (Osmundson, 1999).

Genel anlamda intensif ve ekstansif olmak üzere ikiye ayrılan yeşil çatı tiplerini belirleyen en önemli kriter bitkilendirme çeşididir. Bu etmenin değişmesi yeşil çatının yapısal özelliklerini de etkilemektedir (Erbaş, 2011). Uygulama çeşidine göre ise, yeşil çatılar yerinde inşa edilen tam sistemler, modüler sistemler ve önceden ekili bitki battaniyeleri olmak üzere üç ana başlığa ayrılmaktadır. Tam sistemler; yeşil çatı düzeneğinin çatı yüzeyi üzerine malzemelerin yerleştirilmesiyle oluşturulduğu daha geleneksel bir uygulama çeşididir (Luckett, 2009). Bu model önerisi tam sistemler ile sınırlandırılarak, diğer uygulama çeşitleri kapsam dışı bırakılmıştır. Bu çalışma kapsamında yeşil çatı tasarımına etki eden standartlar ve sistemsel veriler incelenerek, oluşturulacak modele girdi sağlayan veriler saptanmıştır. Yeşil çatının alt katmanlarını etkileyen kısmı bitki tabakası olduğundan ve farklı bölgelerin iklimsel verilerine göre değişiklik gösterdiğinden bu çalışma İstanbul ili özelinde kurgulanmıştır. Yeni sistem ve malzeme kullanım yöntemlerinin keşfinin, çok disiplinli çalışma ortamı gerektirmesi sebebiyle çalışma dışında bırakılmış olup, var olan sistem tasarımlarının kıyaslanarak ilişkilendirmesi ile parametrik destek sistemi oluşturulması ile sınırlandırılmıştır. Mevcut çatıların yeşil çatılara dönüştürülmesi gibi tasarımda rol oynayan derinlemesine mühendislik ve hesaplama bilgisi gerektiren kısımlar ise kapsam dışında bırakılmıştır.

Yeşil çatı tasarımının çeşitli değişkenlere sahip olmasından ve çözümlenmesi gereken çokça detay içermesinden dolayı çok tercih edilmemesine çözüm önerisi olarak, bu çalışmada parametrik yeşil çatı tasarım modeli ortaya konmuştur. Bu çalışmanın özellikle ön tasarım aşamasında ihtiyaç duyulan yeşil çatı sistem seçenekleri eksikliğini gidereceği ve kavramın çok disiplinli çalışma ortamı gereksiniminin dezavantajlarını azaltacağı öngörülmüştür. Bu çalışma kapsamında uygulama çeşidine göre yerinde inşa edilen yeşil çatı tipini oluşturan bileşenler ayrı ayrı ele alınarak parametrik bir yaklaşımla tasarımı yönlendiren girdiler ilişkilendirilmiştir. Detaylandırılan katman bileşenleri ile yeşil çatıları etkileyen genel tasarım girdileri ilişkilendirilerek, sistem modelinin seçim parametreleri elde edilmiştir. Bu çalışmada mevcut çalışmalardan farklı olarak, yeşil çatı tasarımı için parametrik bir sistem modeli önerisi oluşturulmuştur.

2. Yeşil Çatılar

Yeşil çatı sistemleri; bitkilendirme çeşidine ve buna bağlı olarak bitki yoğunluğuna göre iki ana çeşide ayrılmaktadır. Bunlar ekstansif ve intensif yeşil çatılardır. Bazı kaynaklarda yarı intensif (yarı-yoğunluklu) yeşil çatıları da içerecek şekilde üç kategoriye ayrılmasına rağmen, bu tip daha çok bahçe gibi çatıları kapsadığından; bu çalışmada yarı intensif yeşil çatılar kapsam dışı bırakılmıştır. Bitkilendirme tipinin değişmesi yeşil çatıların yapısal özelliklerini de etkilemektedir. Bu sebeple, yeşil çatılarda en önemli ayrım kriteri bitkilendirme tipidir. Yeşil çatıların; çevresel ve ekolojik, ekonomik ve sosyal olmak üzere hem kent hem de bina ölçeğinde birçok faydası bulunmaktadır. Bunlardan bazıları:

- Kentsel ısı adası etkisinin azaltılması,
- Düşük enerji maliyetleri ile ısı yalıtımı,
- Ses yalıtımı,
- Enerji tasarrufu,
- Yağmur suyu yönetimi ve sel taşkınlarının önlenmesi,

- Hava kirliliğini emme ve filtreleme,
- Biyoçeşitliliği arttırma ve ekosistemin onarılması potansiyeli,
- Artan çatı hizmet ömrü,
- Sosyal etkileşim ve psikolojik refah sağlamaktır. (Nasa, 2012)

2.1 Yeşil Çatı Tipleri

İnstensif (yoğun) yeşil çatılar ağırlıklı olarak çim, yer örtücü, büyük çalılar ve ağaçlardan oluşan bitkilendirmeleri kapsamaktadırlar. Bitki sıklığı olarak çok yoğun olmayan bu çatı tipleri; kullanılan bitki türü, toprak kalınlığı ya da kullanılan sistemler bakımından yoğundurlar (Ekşi, 2006).

Yoğun, daha fazla toprak derinliğine veya yetiştirme ortamına sahip olan sistemlere, bu da boyut ve bitki örtüsü türünde daha fazla çeşitliliğe izin verir. Bu çeşitlilik genellikle ek sulama ihtiyacını ve genel olarak daha yoğun bir bakım düzeyini ifade eder (Weiler & Scholz-Barth, 2009). Genellikle yemyeşil bir bitki örtüsünden oluşan yoğun yeşil çatılar, diğer tiplerine kıyasla besin açısından daha zengin ve derin bir alt tabakaya dayandığından; çoğunlukla ek sulama ihtiyacı ve daha yoğun bakım düzeyi gerektirmektedir (Mayor of London, 2008).

Ekstansif (seyrek) yeşil çatılar ise; sığ bir toprak derinliğine veya yetiştirme ortamına sahip bir sistemi tanımlamak için kullanılır. Bu tip çatılar bodur çalılar, tek ya da çok yıllık yabani otlar ve çayır örtüsüyle yapılan bitkilendirmeleri kapsamaktadır. (Ekşi, 2006). Öncelikle yağmur suyu yönetimi ve yalıtım özellikleri gibi çevresel faydaları için kullanılır. Nadiren sulanır; minimum bakım gerektirmesi beklenir ve genellikle bir bahçe veya açık alan olarak kullanılmak üzere doğrudan erişilmesi amaçlanmamıştır, ancak asfalt yürüyüş yolları ve oturma alanları açık alan olarak da kullanıma uygundur. (Weiler& Scholz-Barth, 2009).

2.2 Yeşil Çatı Katmanları

Yeşil çatılar, çeşitli bileşenler içeren sistemler bütünüdür. Tasarım kriterleri ve özelliklerine göre özelleşmiş yeşil çatı çözümleri bulunmaktadır. Ancak bu sistemlerin düzgün işleyebilmesi için evrensel olarak kabul gören temel katmanları bulunmaktadır. Bu katmanlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

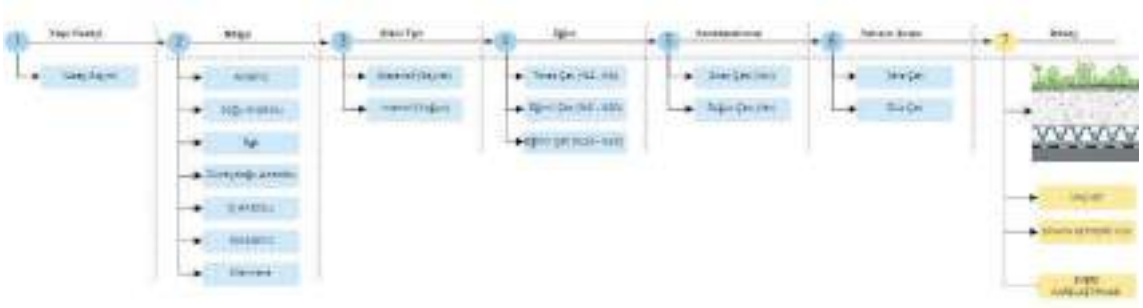
- Bitkilendirme katmanı
- Bitki taşıyıcı katman
- Filtre katmanı
- Drenaj katmanı
- Koruyucu/Ayırıcı katman
- Isı yalıtımı
- Kök tutucu katman
- Su yalıtımı

Bitkilendirme katmanı: Bölgenin iklimsel özelliklerine uygun olarak seçilen bitki türlerinin kapsamaktadır. Yeşil çatılarda alt katmanları da etkileyen en belirleyici kriter bitkilendirme tipidir. Bitki taşıyıcı katman: Seçilen bitkinin besin ihtiyacını karşılayan, toprak veya diğer özel malzemelerin karıştırılmasıyla oluşan alt yapılardır. Filtre katmanı: Üst katmanlardan gelen suları filtreleyerek süzen tabakadır. Drenaj katmanı: Süzülen yağmur sularını, yağmursuz günler için depolayan, birikme fazla olduğunda ise bitkilerin çürümesini önlemek amacıyla drene ederek sistemden atan katmandır. Koruyucu/Ayırıcı katman: Genellikle yalıtım katmanlarını mekanik etkilere karşı koruyan veya suyun buharlaşmamasını engellemek için konulan geçirimli bir tabakadır. Isı yalıtımı: Farklı sıcaklıktaki iki bölge arasında ısı geçişini azaltmak amacıyla yapılan uygulama tabakasıdır. Kök tutucu katman: Bitki köklerinin su yalıtım katmanına zarar vermesini önleyen tabakadır. Su yalıtımı: Su sızıntılarına ve nemlenmelere karşı koruma sağlamak amacıyla çeşitli kimyasallarla yapılan uygulama tabakasıdır.

3. Metot

Yeşil çatı tasarımının parametrik tabana dayandırılması üzerinden geliştirilmiş olan bu çalışmada ilk olarak tanımlar ve temel kavramlar açıklanmış, yeşil çatı yapım süreçleri ve bunları içeren yapı örnekleri incelenmiş, yeşil çatı uygulamalarına yoğunlaşarak sistem ölçüt ve gereklilikleri ile sistem tasarımını etkileyen parametreler saptanmıştır. Ardından yeşil çatıyı oluşturan bileşenler ayrı ayrı ele alınarak parametrik bir yaklaşımla tasarımı yönlendiren girdiler ilişkilendirilmiştir. Detaylandırılan katman bileşenleri ile yeşil çatıları etkileyen genel tasarım girdileri ilişkilendirilerek,

sistem modelinin seçim parametreleri elde edilmiştir. Daha sonra elde edilen bu seçim parametreleri aracılığıyla sistem modeli algoritması oluşturulmuş ve kullanıcıların konuya dair en çok zorlandıkları kısımlar göz önünde bulundurularak bir sistem tasarımı önerilmiştir. Bu sistem tasarım model önerisi 7 adımdan oluşmaktadır. İlk olarak, yeşil çatının oluşturulacağı yüzey seçilmektedir. Daha sonra; bölge (ve şehir), bitki tipi, eğim, havalandırma durumu ve yalıtım sırası seçilerek seçim parametreleri tamamlanmaktadır (**Şekil 1**). Çalışmanın son bölümünde değerlendirmeler yapılmış, önerilen modelin sahip olduğu ve gelişime açık potansiyeller aktarılmıştır. Önerilen modelin yeşil çatıların tasarım sürecine yardımcı ve sistemin anlaşılmasına destek sağlaması öngörülmektedir.



Şekil 1: Model Akış Şeması

3.1. Katmanlar ile Parametrelerin İlişkilendirilmesi

Çalışmanın bu aşamasında; yeşil çatı sistemlerini çözümlemek için aşağıdaki soruların cevapları araştırılmıştır:
Yeşil çatıların çok yönlü ve ilişkisel yapısı bileşenleri nasıl etkiler? Bu alt katmanlardaki değişkenler nasıl ilişkilendirilebilir? Hangi parametreler yeşil çatı sistem tasarımını etkiler? Sistem hangi bileşenler üzerinden parametrize edilebilir?

Yukarıdaki sorulara aranan cevaplar sonucunda sistem tasarımını etkileyen girdiler elde edilmiş ve bu girdiler parametrize edilerek model önerisi geliştirilmiştir. İlişkilendirilen sistem parametreleri ile katmanlar **Tablo 1**'de gösterilmiştir.

Tablo 1: Parametre ve Katman İlişkileri

	Bölge	**Bitki Tipi**	**Eğim**	**Havalandırma**	**Yalıtım Sırası**
İlişkili Katman	Bitki	Bitki	Taşıyıcı Sistem	Isı Yalıtımı	Buhar Kesici
		Toprak	Kayma Önleyici	2. Çatı Düzlemi	Isı Yalıtımı
		Drenaj		Boşluk	
				Buhar Kesici	

Yukarıdaki **Tablo 1**'de belirtildiği üzere bitkilendirme tipi; yeşil çatı tipini etkileyerek alt katmanlardan büyük ölçüde bitki taşıyıcı tabakayı ve drenaj tabakasını etkilemektedir. Intansif yeşil çatılarda büyük çatılar ve ağaçlar kullanıldığından, derin yetişme ortamı gerekmektedir ve bu sebeple bitki taşıyıcı tabakanın kalınlığı 15 cm ve üzeri olmaktadır. Kullanılan bitkilerin gelişmiş sulama ve drenaj ihtiyacından dolayı ise, karmaşık altyapı gerektirmektedir ve bu durum drenaj tabakası kalınlığının artmasına sebep olmaktadır. Ekstensif yeşil çatılarda ise ağırlıklı olarak kuraklığa dayanıklı yer örtücü bitkiler kullanıldığından daha sığ yetişme ortamı gerektirmektedir ve bitki taşıyıcı tabakanın kalınlığı 2 ile 15 cm arasında değişmektedir (Ekşi, 2012). Yine aynı sebepten dolayı, gelişmiş drenaj ya da sulama sistemleri gerektirmediğinden drenaj tabakasının kalınlığı da intensif yeşil çatılara göre daha az olmaktadır.

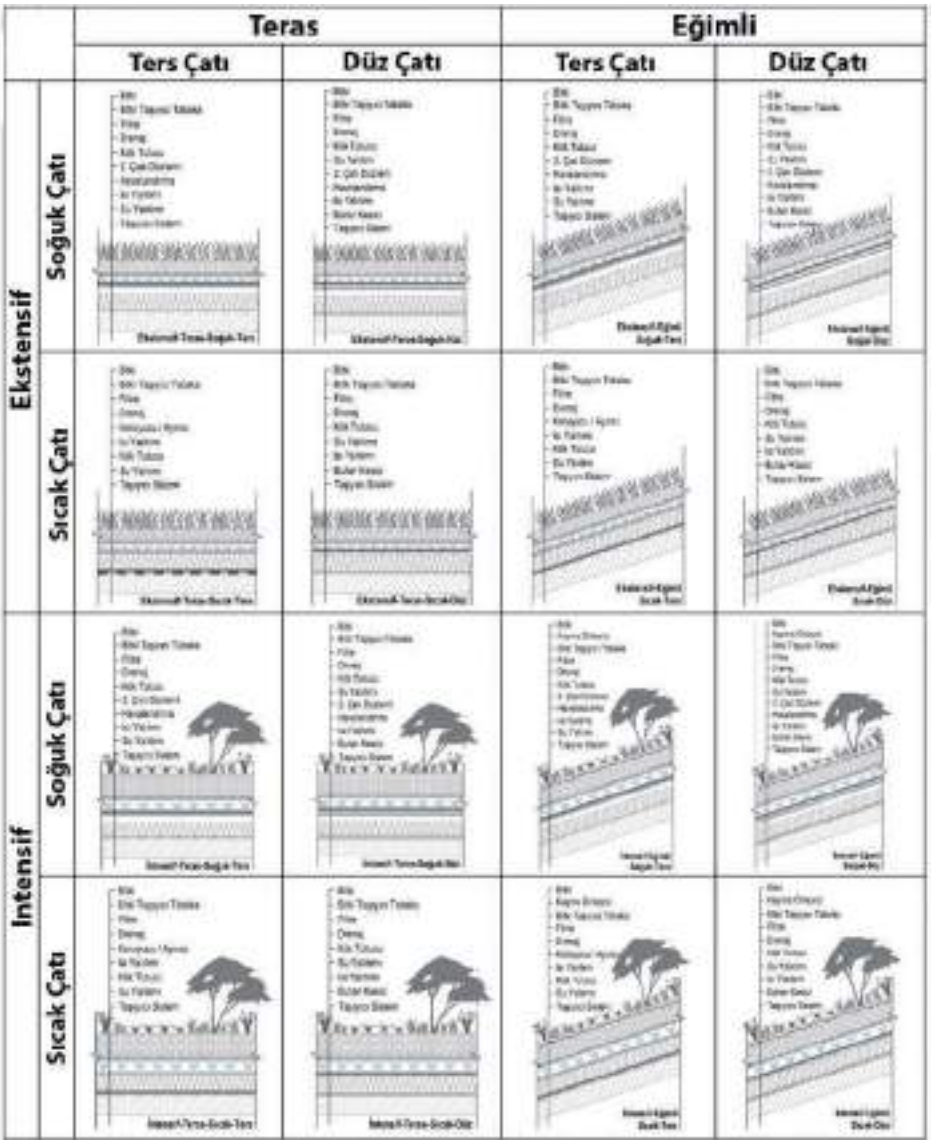
Yeşil çatı sistem katmanlarını etkileyen diğer unsurlar ise çatı eğimi, havalandırma boşluğunun olup olmaması ve kullanılan yalıtımların sırasıdır. Yeşil çatılarda minimum çatı eğiminin yüzde 2 olması önerilmektedir. Eğim yüzdesinin değişmesi taşıyıcı sistemi etkilemektedir. Ayrıca yüzde 30'dan fazla eğime sahip çatılarda toprağın kaymasını önlemek amacıyla, bitki taşıyıcı tabakanın üst kısmına kayma önleyici tabaka eklenmesi önerilmektedir. Çatılarda havalandırma boşluğunun olup olmaması ise; ısı yalıtımının konumunu da etkilediğinden taşıyıcı sistemin zarar

görmemesi için, ısı yalıtımıyla taşıyıcı sistemin arasına buhar kesici katman eklenmelidir. Ayrıca havalandırma boşluğunun bırakıldığı soğuk çatılarda; ısı yalıtımı ile su yalıtımının arasına 2. Çatı düzlemi eklenmektedir.

3.2. Yeşil Çatı Tasarım Modeli

Yeşil çatılar, çeşitli özelliklere göre farklılaşıp özelleşen karmaşık sistemlerdir. Bu tasarım kriterleri, bir önceki bölümde kurulan ilişkilere göre çözümlenerek tasarım girdileri elde edilmiş ve sistem parametrize edilmiştir. Bu tasarım girdileri; bölge, bitki tipi, eğim yüzdesi, havalandırma boşluğunun olup olmaması ve yalıtım sırasıdır. Sistem modeli çıktısı olarak 16 farklı detay çözümü üretilmiştir. Kullanıcıların seçtiği parametrelere göre ulaşabilecekleri sistem kesitleri **Tablo 2**'de listelenmiştir.

Tablo 2: Model sonucunda üretilen detay alternatifleri



4. Sonuçlar

Sürdürülebilirlik kavramının önemli bir parçası olan yeşil çatı kavramı, binaların yaşayan çevreye uyum sağlaması için kullanılan bir tanım haline gelmiştir. Küresel ısınma kapsamında dünya çapında geliştirilen iklim senaryolarına karşı etkin bir öneme sahip ve enerji verimliliğine destek olan yeşil çatı uygulamaları her geçen gün artmaktadır. Günden güne gelişmekte olan yeşil çatılar, halen keşfedilmesi gereken potansiyeller barındırdığından araştırılmaya değer bulunmuştur. Yeşil çatı sistemleri çeşitli özelliklere göre farklılaşıp özelleşmektedirler. Sistem tasarımındaki geleneksel süreçte; optimal çözümlerin üretimi farklı alanlara ait uzman bilgisi ile firmalara bağımlılık gerektirmektedir. Bu sebeple bütün süreci kapsayan tam tanımlı bir akış ile kullanılabilecek bir sistem açığı olduğu saptanmıştır.

Bu çalışma kapsamında; "Yeşil çatıların çok yönlü ve ilişkisel yapısı bileşenleri nasıl etkiler?", "Bu alt katmanlardaki değişkenler nasıl ilişkilendirilebilir?", "Hangi parametreler yeşil çatı sistem tasarımını etkiler?" ve "Sistem hangi bileşenler üzerinden parametrize edilebilir?" soruları araştırılmıştır. Yeşil çatı sistem katmanlarının birbirlerine olan etkisi ve hangi parametrelere göre şekillendiği ilişkiler kısmında anlatılmıştır. Sistem modeli önerisi ise; sistemin hangi bileşenler üzerinden parametrize edilebileceği sorularına saptanan cevaplar üzerine kurgulanmıştır.

Yeşil çatı tiplerindeki ana etmen bitkilendirme çeşidi olduğundan, bu etmenin değişmesi yeşil çatının yapısal özelliklerini de etkilemektedir. Bu çalışma kapsamında yeşil çatıyı oluşturan alt bileşenler ayrı ayrı ele alınarak parametrik bir yaklaşımla tasarımı yönlendiren girdiler ilişkilendirilmiştir. Detaylandırılan katman bileşenleri ile yeşil çatıları etkileyen genel tasarım girdileri ilişkilendirilmiş, sistem modelinin seçim parametreleri elde edilmiştir. Mevcut yeşil çatı detayları modelde önerilen adımlara göre filtrelenmiştir. Model önerisi 7 ana adımdan ve bunların alt başlıklarından oluşmaktadır. İlk olarak, yeşil çatının oluşturulacağı yüzey seçilmektedir. Daha sonra; bölge (ve şehir), bitki tipi, eğim, havalandırma durumu ve yalıtım sırası seçilerek seçim parametreleri tamamlanmaktadır. Sistem tasarım çıktılarının; sistem kesitinin verildiği grafik çıktı, maliyet ve yük miktarının verildiği yazılı çıktı ve enerji kıyaslamalarını içeren istatistiki çıktı olmak üzere üç alt başlıktan oluşması kurgulanmıştır. Çalışmanın bu aşamasında; yalnızca grafik çıktının elde edilmesi amaçlanmış olup, yazılı ve istatistiki çıktıyı içeren kısımlar ileriki aşamalarda çalışılacaktır. Önerilen bu tasarım modelinde; parametre seçimlerine göre 16 adet sistem kesitleri elde edilmektedir. Ayrıca gelecek çalışmalarda, bu sistem modeli önerisinin arayüze dönüştürülerek çeşitli yazılımlara entegre edilebileceği ve bu sayede kullanıcılar tarafından daha erişilebilir hale getirilebileceği öngörülmüştür.

Bu çalışmada yeşil çatı tasarımı için parametrik bir model oluşturulmuştur. Erken tasarım sürecinde kullanılabilecek olan bu model; uzman bilgisi gerektirmeyen algoritma tabanlı tasarım üzerine kurgulanmıştır. Ayrıca bu model aracılığıyla, eş zamanlı olarak seçimlerin sonuca etkisinin görülmesi sağlanmıştır. Önerilen modelin yeşil çatıların tasarım sürecine yardımcı ve sistemin anlaşılmasına destek sağlaması öngörülmektedir. Bu çalışma sayesinde yeşil çatı kullanımının yaygınlaşacağı öngörülmüştür.

KAYNAKLAR

Ekşi, M. (2006). Çatı ve Teras Bahçelerinde Kullanılan Konstrüksiyon Elemanları ve Yeni Yaklaşımlar. (182515) [Master's thesis, İstanbul Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

Ekşi, M. (2012). Yeşil çatı sistemlerinin su ve enerji dengesi açısından değerlendirilmesi: İstanbul örneği. (316352) [Doctoral dissertation, İstanbul Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

Erbaş, M. (2011). Enerji Etkin Yapı Tasarımının Etkili Elemanlarından Olan Yeşil Çatıların Dünya ve Ülkemiz Örnekleri Üzerinden Bir İncelemesi. (275510) [Master's thesis, Karadeniz Teknik Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi

Kaymak, Y. (2015). Çevre Odaklı Mimari Tasarım Yaklaşımı Kapsamında Yeşil Çatılar ve Türkiye Ölçeğinde Uygulanabilirliği Üzerine Bir Araştırma. (442606) [Master's thesis, Yıldız Teknik Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi

Külekçi, E. A. (2017). Geçmişten Günümüze Yeşil Çatı Sistemleri ve Yeşil Çatılarda Kalite Standartlarının Belirlenmesine Yönelik Bir Araştırma. ATA Planlama ve Tasarım Dergisi, 1(1), 35-53. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/505508

Luckett, K. (2009). Green Roof Construction and Maintenance. McGraw-Hill Education, https://casagreb.files.wordpress.com/2013/02/green-roof.pdf

Mayor of London, (2008, February). Living Roofs and Walls Technical Report: Supporting London Plan Policy, Retrieved March 03, 2021, from https://www.london.gov.uk/sites/default/files/living-roofs.pdf?fbclid=IwAR19A9lgYqPBpo49aFLiuqXW5fK0ir1uVgqUZ5UbSbSxU4-CCGNh4qeOQW8)

National Aeronautics and Space Administration, (2012, July). Nasa & Green Roof Research, Utilizing New Technologies to Update an Old Concept, Retrieved April 02, 2022, from https://www.nasa.gov/sites/default/files/665643main_NASA_and_Green_Roofs_Research_Brochure_Revised_9_5_2012.pdf

Osmundson, T. (1999). Roof Gardens, History, Design and Construction W.W. Norton & Company, Inc.

Sailor, D. J. (2008). A Green Roof Model for Building Energy Simulation Programs. Energy and Buildings, 40(8), 1466-1478. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.02.001

Weiler, S. ve Scholz-Barth, K. (2009). Green Roof Systems- A Guide to the Planning, Design, and Construction of Landscapes over Structure. John Wiley & Sons, Inc.

Kinetik Cepheler ve Geleneksel Cephe Elemanları Arasındaki Farklarının Gün Işığı, Enerji Performansı Açısından Değerlendirilmesi

Sadullah ENGİN [1]; Turgay Ümit ARPACIOĞLU
[1,2]Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Fiziği Malzemesi Ana Bilim Dalı
[1]sadullahengin@gmail.com, [2]umitarpacioglu@gmail.com

Özet

Tarihsel olarak, yapıların kullanım amacı yağmur, rüzgar, sıcak ve soğuk gibi çevresel etkilerden korunmak için olmuştur. Bu nedenle, yapı kabuğu, iç iklim koşullarını kontrol eden ve aynı zamanda iç mekan konforunu koruyan bir dış kabuk görevi görür. Bu nedenle, modern bina inşaatlarının çoğunluğu iç mekan konforunu arttırmak amacıyla planlanmıştır. Bu düşünceye bağlı olarak, binanın tasarım ve inşasındaki teknolojik gelişmeler, akıllı mimariye yönelik araştırmalarda önemli bir rol oynamaktadır. Öncelikle araştırma, akıllı mimari, etkileşimli mimarlık gibi bu kavram ve tanımları ortaya koymaktadır. Araştırmanın amacı, uyarlanabilir kinetik mimariye ve onunla ilgili tüm kavramlara genel bir bakış sunmaktır. İki ana neden yapı kabuğunun tasarımında bizi Kinetik Cepheleri düşünmeye iter; bunlardan ilki yapı kullanıcılarının optimum konfor koşullarının sağlanması ve ikinci olarak yapının toplam enerji yüklerinin azaltılmasıdır. Çevresel faktörlerdeki değişimlere bağlı olarak belirli tepkisel davranışlar gösteren adaptif cepheleri dinamik davranışlarıyla düşünürken ve tasarlarken daha çok yerel iklim koşullarıyla ilgileniriz. Yüksek performanslı olarak nitelendirebileceğimiz adaptif cepheleri tasarlamaya yönelik bir yaklaşım olarak, yapı kabuğunu güneş konumuna duyarlı hale getirilir. Yapı kabuğu, iç ve dış bariyer olarak, bina sakinlerine konfor sağlamada ve binanın enerji yüklerinin azaltılmasında kilit bir role sahiptir. Bu anlamda bir yapı bileşeni olan, bina cephelerini tasarlamak, Mimarların genellikle aşağıdakiler de dahil olmak üzere bazı çelişkili parametrelerle uğraştığı zorlu bir iştir: Gölgelendirme ve Yapay aydınlatma, Güneş kazancı vs. Aşırı ısınma, Günışığı ve Parlama, Görünüm ve Gizlilik. Bununla birlikte, AF'lerin tasarlanması/uygulanması, ekonomik olarak karşılanabilirlik, yüksek operasyonel enerji ve tasarım/operasyon karmaşıklığı olarak kategorize edilebilecek belirli sorunları takip eder. Bu ölçüde, BIM tabanlı parametrik tasarım yöntemleri, binaların güneş radyasyonu ve rüzgar yönünün varyasyonları da dahil olmak üzere belirli mevsimsel iklim değişikliklerine yanıt vermesini sağlayan sistematik bir tasarım kararı önermek için kinetik mimari ile entegre edilebilir (Wang ve ark., 2010). Araştırmada Kinetik cephe sisteminin statik bir cephe ile karşılaştırarak soğutma yüklerini azaltma üzerindeki etkisini analiz etmek için karmaşık kinetik cephelere ve etkileşimli gölgelendirme elemanlarına sahip örnek bina üzerinde incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Kinetik Cephe, Etkileşimli cephe bileşenleri, Akıllı yapı kabuğu, Gelişmiş aydınlatma kontrolü, Görsel konfor, Enerji Performansı*

Evaluation of Differences Between Kinetic Facades and Traditional Facade Elements in Terms of Daylight, Energy Performance

Sadullah ENGİN [1]; Turgay Ümit ARPACIOĞLU
[1,2]Mimar Sinan Fine Arts University, Institute of Science, Department of Building Physics and Materials
[1]sadullahengin@gmail.com, [2]umitarpacioglu@gmail.com

Abstract

Historically, the purpose of use of the structures has been to protect against environmental influences such as rain, wind, hot and cold. Therefore, the building shell acts as an outer shell, which controls the indoor climatic conditions and at the same time maintains indoor comfort. Therefore, the majority of modern building constructions are planned to increase indoor comfort. Depending on this idea, technological developments in the design and construction of the building play an important role in research into smart architecture. First of all, research reveals these concepts and definitions such as intelligent architecture, interactive architecture. The aim of the research is to provide an overview of adaptive kinetic architecture and all the concepts related to it. The two main reasons lead us to think about kinetic facades in the design of the building shell; The first is to ensure optimum comfort conditions for building users and secondly to reduce the total energy loads of the structure. The two main reasons lead us to think about kinetic facades in the design of the building shell; The first is to ensure optimum comfort conditions for building users and secondly to reduce the total energy loads of the structure. We are more interested in local climatic conditions when thinking and designing adaptive fronts that exhibit certain reactive behaviors due to changes in environmental factors with their dynamic behavior. As an approach to designing adaptive facades that we can characterize as high-performance, the structure shell is made sensitive to the solar position. As an internal and external barrier, the building shell plays a key role in providing comfort to the inhabitants of the building and reducing the energy loads of the building. Designing building facades, which is a building component in this sense, is a challenging task that architects often deal with some contradictory parameters, including: Shading and Artificial lighting, Solar gain, etc. Overheating, Sunshine and Glare, Appearance and Privacy. However, the design/implementation of AMs follows specific issues that can be categorized as economic affordability, high operational energy and design/operational complexity. To this extent, BIM-based parametric design methods can be integrated with kinetic architecture to propose a systematic design decision that allows buildings to respond to certain seasonal climate changes, including variations in solar radiation and wind direction (Wang et al., 2010). In the study, it was examined on the sample building with complex kinetic facades and interactive shading elements to analyze the effect of the Kinetic façade system on reducing cooling loads by comparing it to a static façade.

Keywords: *Kinetic Facade, Interactive facade components, Smart building shell, Advanced lighting control, Visual comfort, Energy Performance*

1. Literatür Araştırması

Güneş ışınları günün belirli saatlerinde iç mekanda yapı kullanıcılarını rahatsız edici kamaşma problemine neden olabilir ve iç mekan sıcaklığını artırabilir. Buna karşılık, aşırı güneş ışınlarının iç mekana erişimini sınırlandırılması gerekir ve bu da yapay aydınlatmaya olan ihtiyacı artırır. Bunun bir diğer dezavantajı ise yapı kullanıcılarının dışarıyla olan görsel bağlantılarını engeller. Bu nedenle, bu gibi çelişkili parametrelerin olması, mimarları dinamik gün ışığına uygun şekilde yanıt vermek için birden çok konfigürasyona sahip uyarlanabilir cepheler (AC)'leri kullanmaya iter. Kinetik gölgeleme elemanlarının kullanılmasının, en yüksek miktarda doğal ışık ve engellenmemiş dış mekan görüşü sağladığı kabul edilerek, birçok uzmanın en önemli performans kriteri olduğuna inandığı bina kullanıcılarının konforunu sağlar. Bu tür tasarım önerileri aynı zamanda uygun maliyetli olmalı ve uzun vadede minimum bakım gerektirmelidir. Yüksek derecede esnekliğe sahip karmaşık adaptif cephelerin uygulanmasının, konforlu bir iç ortam ortamının elde edilmesini desteklemesi ve bina enerji talebini optimize etmesi beklenmektedir. Özellikle bu tür sistemler, tasarımcılara öncelikle dinamik özellikleri nedeniyle standart gölgeleme sistemlerine göre estetik açıdan daha çekici olabilecek cepheler tasarlama fırsatı sunmaktadır. Bu tür sistemlerin dikkate değer bir örneği, kamaşmayı diğer tipolojilerden daha iyi kontrol edebilen origami tabanlı gölgeleme sistemleridir. Performansa dayalı bina tasarım metodolojileri, çeşitli çevresel konularda çeşitli karar değişkenleri ve tasarım hedefleriyle başa çıkmak için araştırılmıştır (Machairas ve ark., 2014). Aynı zamanda tasarımcılar, sakinlere daha iyi alanlar sağlamak için binaların ve kentsel bağlamlarının tasarlanması konusunda sorumludur. Mimarlık, Mühendislik ve İnşaat (AEC) teknolojilerinin geliştirilmesi ve enerji simülasyon yazılımı inşası, mimarların çeşitli tasarım alternatiflerinin bina performansını değerlendirmelerini ve görselleştirmelerini sağlar. Şu anda, Bina Bilgi Modellemesi (BIM) binaların sürdürülebilirliğinin araştırılması için hizmet verme potansiyeline sahiptir (Yan ve ark., 2013). Buna ek olarak, BIM'in parametrik modelleme yeteneği, mimarların çeşitli tasarım alternatiflerini incelemelerine yardımcı olur (Rahmani Asl ve ark., 2014).
BIM, bir yapı ürünü modeli oluşturmak için geometrik ve malzeme bileşenleri gibi belirli veri kümeleri de dahil olmak üzere tüm yapı bileşenlerinin sanal bir ortam modellemesi sağlar (Eastman ve ark., 2008). BIM'in parametrik modelleme yetenekleri, yapıya dair bilgilerin üretilmesini ve yönetilmesini sağlar (Sacks ve ark., 2004). Ayrıca BIM'in gün ışığı ve bina termal analizleri gibi çeşitli analizlerle entegre edilmesine izin verir. Yüksek performanslı bina tasarım yöntemlerinden biri olarak, sabit dikey veya yatay gölgeleme cihazlarının kurulumu, sadece kullanıcılara uygun doğal aydınlatma ortamı sağlamakla kalmaz, aynı zamanda binaların enerji tüketimini azaltmak için de çalışabilir (Palmero-Marrero ve Oliveira, 2010). Daha verimli olmak için uyarlanabilir kinetik cepheler, mevsimsel değişimlere yanıt vermek için ideal yaklaşımlardan biri olabilir (Kasinalis ve ark., 2014). Kinetik cephelerin tasarlanması ve uygulanması kamaşma, doğal aydınlatma, ısıtma ve soğutma yükleri gibi çeşitli performans sorunlarıyla birlikte binanın toplam enerji tüketimini azaltmak için büyük bir potansiyele sahiptir (Tzempe- likos, 2007). Örneğin, Abu Dabi'de bulunan kinetik cepheye sahip bir ofis binası, sabit gölgeleme elemanları kullanılan ya da hiç kullanılmayan bir binaya kıyasla daha az enerji tüketir. Hareket ettirilebilir cephe elemanlarının hareket kontrolünün sağlanmasında motorlu gölgeleme modüler sistemi(Konstantoglou ve ark., 2013) ve parametrik eksantrik mili sistemi (Sjarifudin ve Justina, 2014) kullanılır. Bina formları ve cepheleri çağdaş mimari tasarımda daha karmaşık hale gelse de, gölgeleme elemanları ile ilgili mevcut çalışmalar sadece dikey ve yatay; gölgeleme elemanlarının genişliği, uzunluğu ve açıları gibi basit geometrik değişkenlere odaklanmaktadır.

Performansa dayalı bina tasarım metodolojileri, çeşitli çevresel konularda çeşitli karar değişkenleri ve tasarım hedefleriyle başa çıkmak için araştırılmıştır (Machairas ve ark., 2014). Aynı zamanda tasarımcılar, yapı kullanıcılarına daha iyi alanlar sağlamak için binaların ve kentsel bağlamlarının tasarlanması konusunda sorumludur. Mimarlık, Mühendislik ve İnşaat (AEC) teknolojilerinin geliştirilmesi ve enerji simülasyon yazılımı inşası, mimarların çeşitli tasarım alternatiflerinin bina performansını değerlendirmelerini ve görselleştirmelerini sağlar. Şu anda, Bina Bilgi Modellemesi (BIM) binaların sürdürülebilirliğinin araştırılması için hizmet verme potansiyeline sahiptir (Yan ve ark., 2013). Buna ek olarak, BIM'in parametrik modelleme yeteneği, mimarların çeşitli tasarım alternatiflerini incelemelerine yardımcı olur (Rahmani Asl ve ark., 2014). Doğal aydınlatma ve gün ışığı konusu, geleneksel olarak mimarlar tarafından bir tasarım faktörü olarak kabul edilir. Örneğin, küçük bir açıklık faktörü durumunda, görüş alanı içinde güneşin varlığı, güçlü bir kontrast algısına neden olur ve bu durum kullanıcıların rahatsız edici kamaşma yaşamasına neden olabilir. Bu durum genel olarak en önemli gün ışığı performansı tasarım kriteri olarak görülür.

Bina cephelerine özel önem verilerek çalışma ortamları tasarlanırken, özellikle dış mekan ile görsel ilişkinin sağlanması ve doğal ışık ile kullanıcıların fiziksel, psikolojik sağlık durumları önemli bir rol oynadığından ön planda tutulmalıdır. Ayrıca, araştırmalara göre yapay aydınlatmaya uzun süre maruz kalarak çalışmak, baş ağrısı ve göz

yorgunluğu gibi potansiyel olarak rahatsızlıklara neden olabilir. Diğer taraftan, yapı kullanıcılarının dış mekan ile görsel teması ve doğal aydınlatma kontrolünün sağlanması, problem çözme becerilerini ve iş tatminini arttırmada doğrudan olumlu bir etkisi olduğu kanıtlanmıştır. Aynı doğrultuda fiziksel ve psikolojik sağlıkları üzerinde de önemli rol oynamaktadır. Gerçekten de, bina sakinleri tarafından tercih edilen bir kontrol sisteminin özünde dış mekan ile kurulan görsel bağdır. Bu amaçla, önerilen kontrol sistemi, dışarısı ile kurulan görsel ilişkiyi iyileştirmek için kullanıcı konumuna yanıt olarak cephe bileşenlerini ayarlar. Dış mekan ile kurulan ilişkide anlatılmak istenenler, üç katmandan oluşur:

1) Bina sakinlerini gün, saat, mevsim vb. hakkında bilgilendiren gün ışığından oluşan gökyüzü,
2) Çevresel bilgilerden oluşan Şehir veya Peyzaj ve;
3) İnsan faaliyetlerini yansıtan Zemin Katmanı.

Cephedeki kinetik elemanlarının aktif hareketi rahatsız edici kamaşmaların yaratabileceği dikkat dağınıklığından daha az olasıdır. Ayrıca, paneller, sensörlerin gönderdiği komutlar doğrultusunda çevresel etkilere karşı verdiği tepkilerin cephede yavaşça gerçekleşmesinden farklı olarak, görevleri yerine getirmekle meşgul olduklarında, kullanıcıların görsel konforunu farklı şekilde etkileyecektir. Bu, görsel uyarıcının personel verimliliği üzerindeki etkisinin önemini yansıtır.
Amerika Birleşik Devletleri'nde aydınlatma, toplam elektrik enerjisi kullanımının neredeyse % 30-25'ini ve ticari sektörde % 37'ye kadarını oluşturmaktadır (Phillips 2004, 38). Elektrik enerjisinin kullanımı doğrultusunda sağlanan yapay aydınlatma ayrıca mekanlardaki soğutma yükleri üzerinde dolaylı bir etkiye sahiptir ve genel bir kural olarak, her bir elektrik ışığı birimi, alan koşullandırması için ek bir buçuk birim elektrik gerektirir. Aydınlatma verimliliği, binalarda daha az elektrik tüketimi açısından, daha az yapay ışık kullanılarak ve mevcut doğal ışıktan maksimum seviyede yararlanılarak geliştirilebilir. Bu açık bir ifadedir, ancak ofis binalarında cam kullanımı mimarlık mesleğinde ikonik bir unsur haline gelmesine rağmen, iç aydınlatma her zaman gelişmemiştir. Cephede kinetiklik durumu, kinetik birimlerin dönüşen ve otomatik elemanlarla tasarlanmasıdır. Cephede kurgulanan tasarım, insanların gereksinimlerine uyacak ve çevresel koşullara uyum sağlayacak şekilde değiştirilir.Michael Fox, kinetik için kontrol sistemlerini karmaşıklık seviyesine bağlı olarak altı tipte sınıflandırmıştır:

1) İç kontroller: Mekanik menteşeler gibi herhangi bir doğrudan kontrole veya mekanizmaya sahip değildirler.
2) Doğrudan kontrol: Doğrudan cihazların dışındaki bir enerji kaynağı tarafından hareket ettirilirler.
3) Dolaylı kontrol: Bir sensör geri bildirim sistemine bağlıdır.
4) Duyarlı dolaylı kontrol: Çoklu geri besleme sensörlerine bağlıdır
5) Her yerde bulunan duyarlı dolaylı kontrol: Tahmine dayalı algoritmalara sahip bir kontrol ağı kullanarak tahmin etme yeteneğine sahiptir.
6) Sezgisel, duyarlı dolaylı kontrol: Öğrenme kapasitesine sahip algoritmik aracılı ağlara bağlıdır.

Kinetik cephe kavramı, uzayda bir hareket veya hareket yaratmak için geometrik dönüşümü kullanmakla ilgilidir.
Bu hareket, bina yapısına zarar vermeden bina cephelerinin fiziksel yapısını veya malzeme özelliklerini etkiler.
Kinetik cephelerin birçok sınıflandırması vardır, en yaygın olanı cephe dönüşümüne dayanmaktadır. Kinetik cepheler aşağıda sınıflandırıldığı üzere uzayda dört geometrik geçişle hareket ettirilebilir:

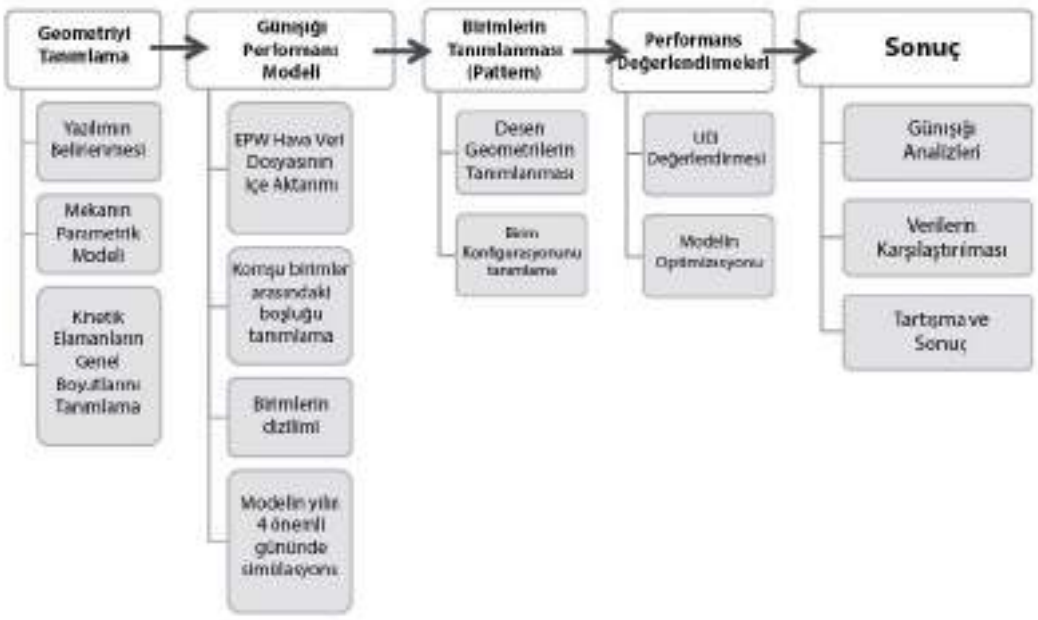
1) Çevrilme: Hareket bir vektör yönünde gerçekleşir
2) Döndürme: Nesne tüm eksen etrafında hareket ettirilir
3) Ölçekleme: Boyutta bir genişleme veya daralmadır.
4) Malzeme deformasyonu yoluyla hareket: kütle veya elastikiyet gibi değişken malzeme özelliklerine bağlıdır.

Karmaşık kinetik cephelere sahip bir binanın enerji analizi açısından iki olası konu vardır. İlk olarak, sadece güneş yükseklik açısını düşünmek yerine güneşin hareketini izlemek için yeni bir yaklaşım gereklidir. İkincisi, sabit gölgeleme cihazlarına sahip binaların aksine, binaların ısıtma ve/veya soğutma yüklerini azaltmak için karmaşık kinetik bileşenlerin güncellenmesi gerekir. Bu nedenle, karmaşık kinetik cephelerin binaların ısıtma ve soğutma yükleri üzerindeki etkisini analiz etmek için bir metodoloji geliştirmek gerekir.
Bu çalışma, BIM'deki görsel bir programlama ortamı ve tüm bina enerji simülasyonları aracılığıyla güneş yolunu ve enerji analizi için karmaşık bir kinetik cepheyi entegre etmek için bir vaka çalışması ile metodolojiyi inceler.

2. Yöntem

Ofis mekanlarında gün ışığının kullanımının arttırılması optimum görsel ortam, çalışanların konforu, üretkenliği ve bu psikolojik etkinin morallerine olan etkileri için çok önemlidir (Dasgupta 2003). Görsel konfor ve enerji verimliliği dört ana parametre ile ele alınmaktadır: ışık seviyesi (aydınlatma), iç mekanda ışığın dağılımı, kamaşma ve doğrudan güneş ışığı. Akıllı bir dinamik gün ışığı kontrol sistemi, belirli olası gökyüzü koşullarında (açık, değişken ve kapalı bulutlu dahil) gün ışığı seviyeleri sağlamalı, gün ışığının mekan içerisine eşit dağılımına izin vermeli ve gün ışığının bir buçuk kat veya iki kat oranının derinine nüfuz etmesine izin vermelidir (O'Connor 1997). Bu çalışma bağlamında, ışığın kalitesi, gün ışığının çalışma düzleminde kabul edilebilir ışık dağılımı ve ışığın pencere başlık yüksekliğinin iki katından fazla nüfuz etmesi olarak tanımlanmaktadır. Araştırmanın amacı, gün ışığı performans değerlendirmelerini projenin erken tasarım aşamasına entegre etmektir. Temel amaç, gün ışığını farklı zamanlarda simüle eden ve ikincil bir hareketli cephe elemanı çalıştırma senaryosu kurgulayan bir araç sağlamak olsa da, günün birçok saatinde iç mekandaki gün ışığını artıran statik panjurlu bir cilt için en uygun çözümü bulmak için kullanılabilir. Araştırma, gün ışığına eş zamanlı olarak tepki veren ve iç mekan aydınlık seviyesini arttıran kinetik cepheler tasarlama sürecini geliştirmeyi ve kinetik cephelerin hareket türlerine göre bir sınıflandırma yapmayı amaçlamaktadır.

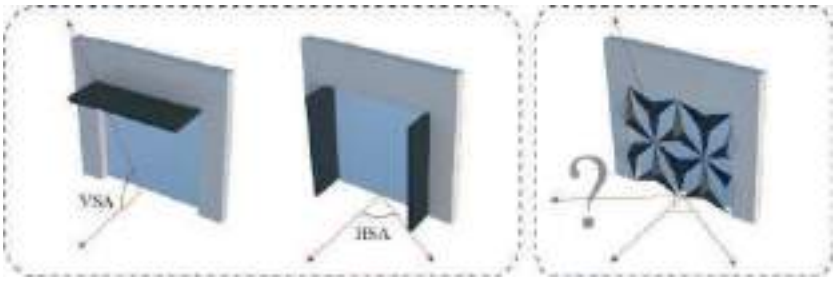
Çalışma, dinamik bir ikincil cephe tabakasındaki ışık sapmasının etkinliğini, daha önce tartışılan performans standartlarını kullanarak, güneye bakan kapalı alanlarda gün ışığı performansı, kalitesi ve miktarı açısından araştırmaya odaklanmaktadır. Akıllı-kinetik panjur sistemi için kombine cephe konfigürasyonunun sonsuz olanakları vardır; her panjurun kendi eğim açısı olabilir. Bu nedenle, bu çalışma için en iyi yaklaşım, tasarımcının istediği kadar olasılığı otomatik olarak üreten parametrik yazılım kullanmaktır. Performans kriterlerine uyan iç mekan aydınlatma koşullarını araştırmak için basit bir örnek geliştirilmiştir. Bu, bir modelleme aracı olarak Rhino, parametrik bir arayüz olarak Grasshopper, gün ışığı değerlendirmesi için ClimateStudio kullanılarak analizleri alınmıştır. Rhino (*http://www.rhino3d.com*) 3d NURB tabanlı bir modelleme programıdır. Nispeten yakın zamana kadar, simülasyon yazılımı ile birlikte kolayca kullanılmamıştır. Şimdi ClimateStudio, ek yazılımı aracılığı ile bir dizi performans değerlendirmesini desteklemektedir. Grasshopper *(http://www.grasshopper3d.com),* Rhino'nun 3d modelleme araçlarıyla sıkı sıkıya entegre edilmiş ücretsiz, grafik bir algoritma editörüdür. Formu dinamik olarak değiştirmek için güneş ve rüzgar gibi sahte çevresel etkileri entegre etmek mümkündür. ClimateStudio, gün ışığı simülasyonu için bir Rhino eklentisidir. Climate Studio ve Rhino arasında veri alışverişine izin verir ve sonuçları ve görselleştirmeyi göstermek için bir arayüz olarak CS'yu kullanır. CS aydınlatma seviyelerini, gün ışığı faktörlerini, parlamayı hesaplar ve hesaplama ızgarası diyagramları ve işlemeleri şeklinde görselleştirmeler sağlar.



Şekil 1: Araştırma Şeması (*yazar tarafından üretilmiştir*)

3. Kinetik Cephe Kontrol Sistemi

Belirli bir konumun Dikey Gölge Açısı (VSA) ve Yatay Gölge Açısı (HSA), çeşitli mevcut yazılımları veya el hesaplamalarını kullanarak çıkıntı ve dikey yüzgecin uygun boyutunu hesaplamak için gereklidir (Grondzik ve ark., 2011). Ancak **Şekil 2**'de de görülebileceği gibi karmaşık cepheler söz konusu olduğunda, VSA (Güneş ile düşeyde yaptığı açı) ve HSA'nın (Güneş ile yatayda yaptığı açı) tek dikkate alınması bir gölgelendirme elemanının uygun boyutunu sağlayamaz. Ek olarak, cepheler ile VSA/ HSA arasındaki ilişkinin karmaşıklığı, bu açıların cephe tasarımına zor bir şekilde uygulanmasına neden olur.

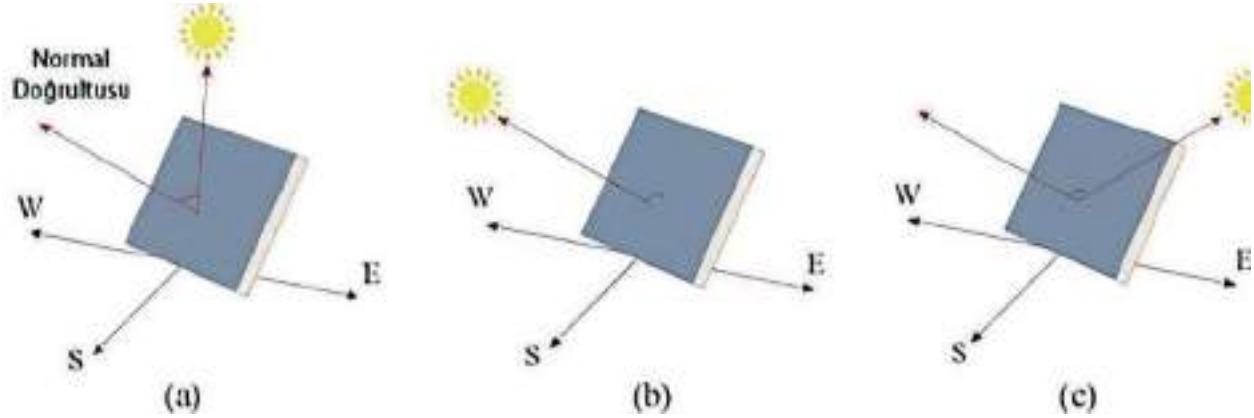


Şekil 2: Basit Kinetik Cephe Sistemleri Karmaşık Sistemler **(** ***Bueno, B., & Kuhn, T. E. (2017)***

Bu sorunu ele almak adına karmaşık sistemli kinetik gölgeleme elemanlarının uygun hareket sistemini ve güneş insidansı açısını (normali ile yaptığı açı) parametrik bir modelde tanımlamak için yeni bir yöntem geliştirir. İnsidans açısı, Güneş'in yön vektörü ile normal vektör arasındaki açıdır (**Şekil 3a**). Örneğin, 0° insidans açısı, Güneş'in yönünün yüzeyin normaliyle hizalı olduğu anlamına gelir (Şekil 3b) ve 90° ise Güneş'in yönünün ve yüzeyin normalinin dik olduğu anlamına gelir (**Şekil 3c**). İnsidans açısı 0'ın herhangi bir yüzeyinin açılış oranı 0° insidans açısı düzlemine yansıtılabilir ve öngörülen açıklık oranı aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$F() = \cos()(1) \tag{1}$$

Burada F(0) güneşe doğru açıklık oranıdır, a verilen yüzeyin açılış oranıdır ve 0 belirli bir yüzeyin insidans açısıdır. F(0), insidans açısı 0 olduğunda odaya açıklıktan giren güneş ışığına doğru gerçek açıklık oranıdır.
Böylece, karmaşık kinetik cephenin hareketi yoluyla açıklık oranını tanımlamak için belirli bir yüzeydeki insidans açısı kullanılır.

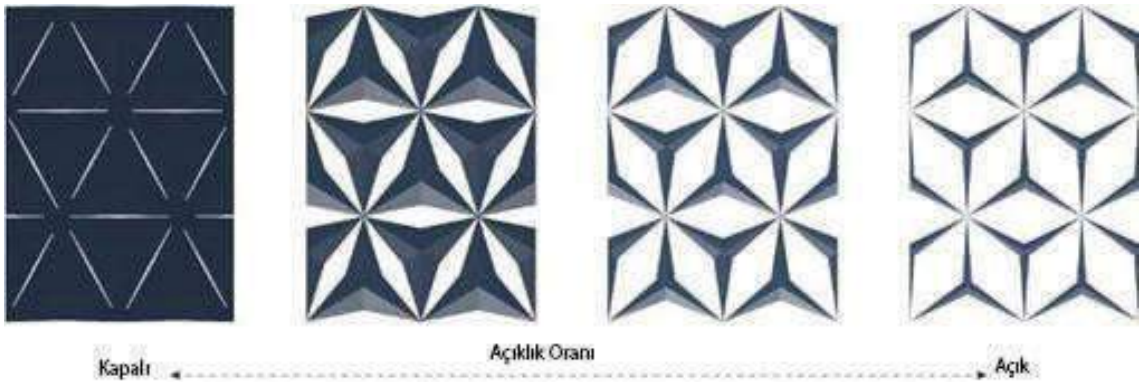


Şekil 3: Güneşin cephe panelleri ile yaptığı açılar (yazar tarafından üretilmiştir)

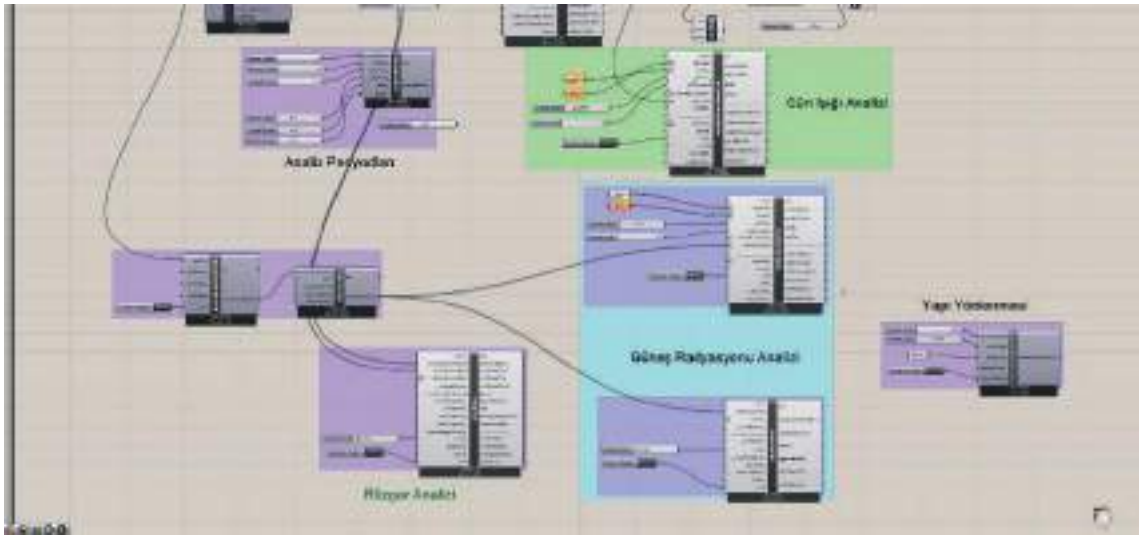
3.1 Karmaşık Kinetik Cephenin Parametrik Modellenmesi

Karmaşık kinetik cephelere bir örnek ele alınan çalışma, Abu Dabi'deki Al Bahr Kuleleri' ne uygulanan ve Aedas UK (CTBUH) tarafından tasarlanan duyarlı bir cephe sistemini inceliyor. Bu çalışmada, karmaşık cepheler güneş ısı kazancını ayarlamak için her perde panelinin açılış oranını farklılaştırır. Şekil 4, karmaşık cephelerin açılış oranı ile insidans açısının nasıl birleştirilebileceğini göstermektedir. Bir yüzeydeki 0° insidans açısı, yüzeyin normalinin Güneş'in yönüyle paralel olduğu, daha sonra panelin tamamen kapalı olduğu anlamına gelir. İnsidans açısı 90° ile eşit veya daha büyük olduğunda, yani doğrudan güneş radyasyonu yoktur, karmaşık kinetik cepheler tamamen açıktır. Şekil 5'de oluşturulan çevre analizleri için gerekli node sistematiğine analiz kısmında değinilecektir. Cephelerin varyasyonu, her panelin insidans açısına göre kademeli olarak değiştirilir. Şekil 6'da gösterildiği gibi, karmaşık kinetik cepheler için BIM tabanlı parametrik kinetik cephe paneli ailesi (family content) geliştirilmiştir. Perde panelinin üç parametrik değişikliği şekil 6, 7, 8 de görülebilir. Açılış oranını tanımlamak için değerler 0,1 ile 0,9 arasında değişir, bu da panelin tamamen tamamen açılmasına tamamen kapalı olmasını sağlar. Bu nedenle, bu durumda açılış oranı aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

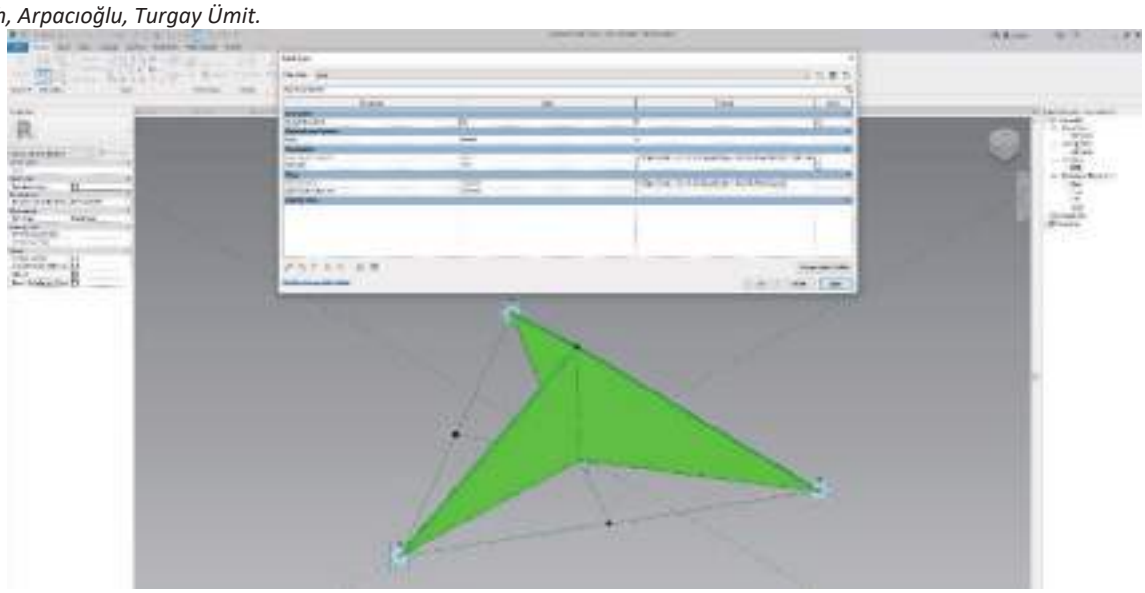
$$F(d) = -2{:}\,9 \bullet \cos(d) + 3{:}\,0 \quad (2) \tag{2}$$



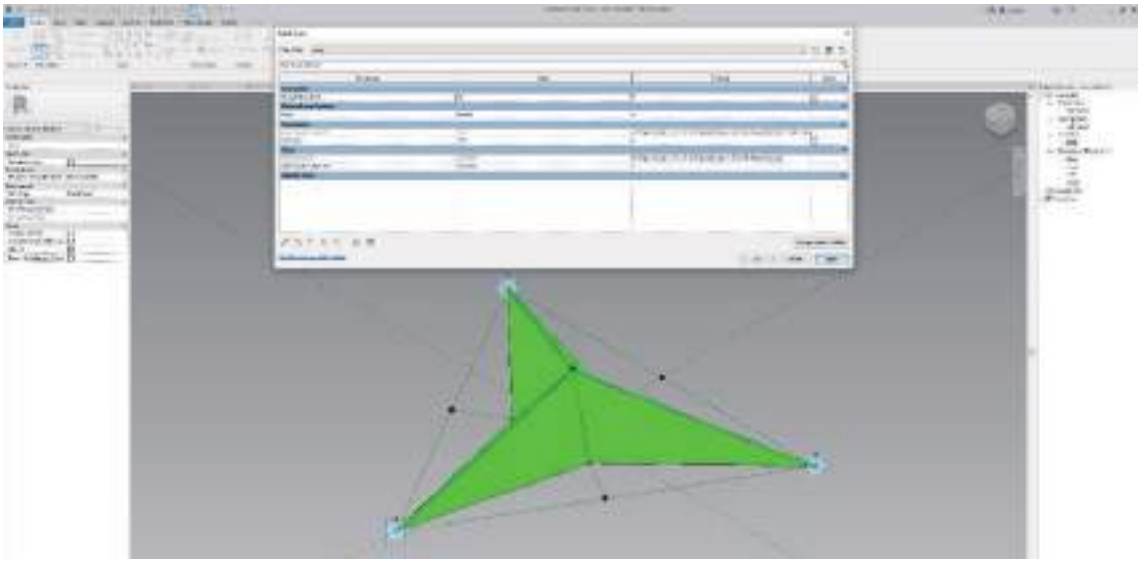
Şekil 4: Güneşin geliş açısına göre karmaşık kinetik cephelerin değişimi **(*Shen, Y. T., & Lu, P. W. (2016)***



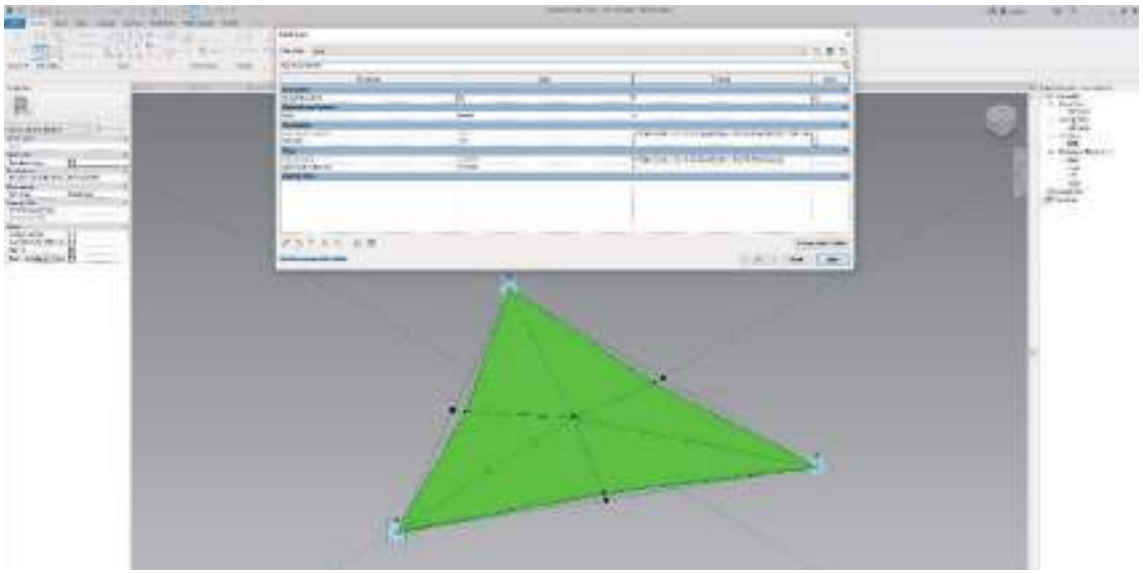
Şekil 5: Analiz Periyotları, Yapı Yönlenmesi, Analiz Node'ları (*yazar tarafından üretilmiştir*)



Şekil 6: Open Factor 'Açıklık Faktörü' = 0.9 **(*yazar tarafından üretilmiştir*)**



Şekil 7: Open Factor 'Açıklık Faktörü' = 0.5 **(*yazar tarafından üretilmiştir*)**

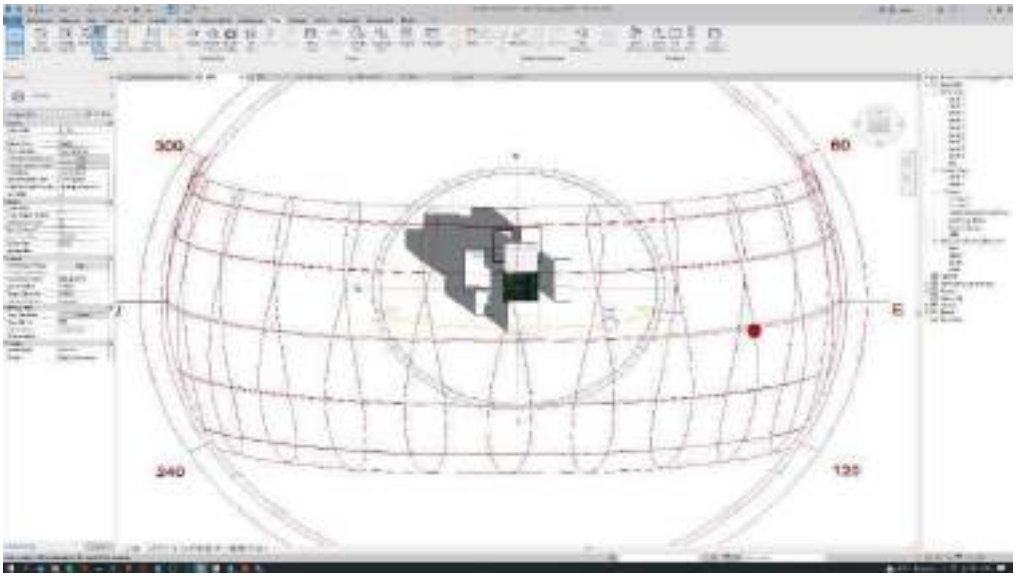


Şekil 8: Open Factor 'Açıklık Faktörü' = 0.1 (*yazar tarafından üretilmiştir*)

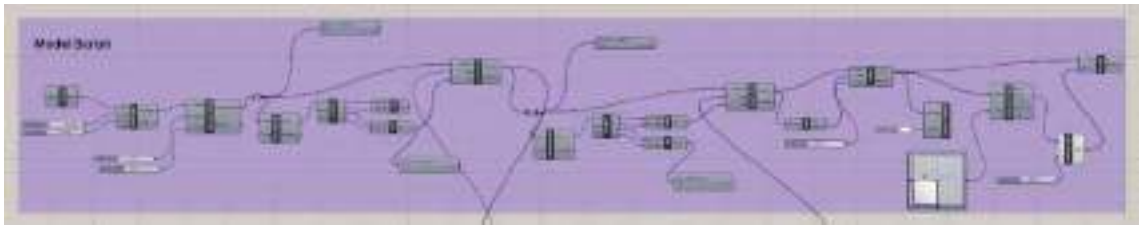
3.2 Karmaşık cephe Geometrileri Uygulaması

Bu çalışmada Autodesk Revit'te parametrik modelleme için açık kaynaklı bir görsel programlama ortamı olan Dynamo kullanılarak yeni bir karmaşık kinetik cephe kontrol sistemi geliştirilmiştir. Görsel programlama, mimarların programlama veya komut dosyası oluşturma konusunda profesyonel bilgi sahibi olmadan çeşitli tasarım alternatiflerini kolayca denemelerini sağlar ve Bentley Generative Components ve Grasshopper for Rhinoceros gibi CAD araçlarında çeşitli görsel programlama ortamları vardır (Boeykens ve Neuckermans, 2009). Sistemin genel iş akışı iki bölümden oluşur: parametrik modelleme ve gün ışığı simülasyonu.

İlk olarak, parametrik cephe panelleri, basitleştirilmiş bir vaka çalışması olarak binanın cephesine yüklenir. Öncesinde yapı malzeme özellikleri, malzeme ayarlarından tanımlanmış bina, Güneşin izleyeceği yol Honeybee eklentisi sayesinde belirlenir. Güneş vektörü ve her panelin normali kullanılarak hesaplanan insidans açısı (Şekil 6,7,8 de belirtilen open factor), açılış oranını kontrol eder. Gün boyunca, her bir panel, gün içerisindeki farklı saat dilimlerine göre otomatik olarak güncellenen farklı açılış oranlarına sahip olur. Örneğin, Şekil 9' de gösterildiği gibi, sabahları, doğu cephelerindeki insidans açısı 0 ° 'ye yakın olduğu için doğudaki paneller kapatılmıştır ve diğer yönlerde o zaman kademeli olarak açılır.



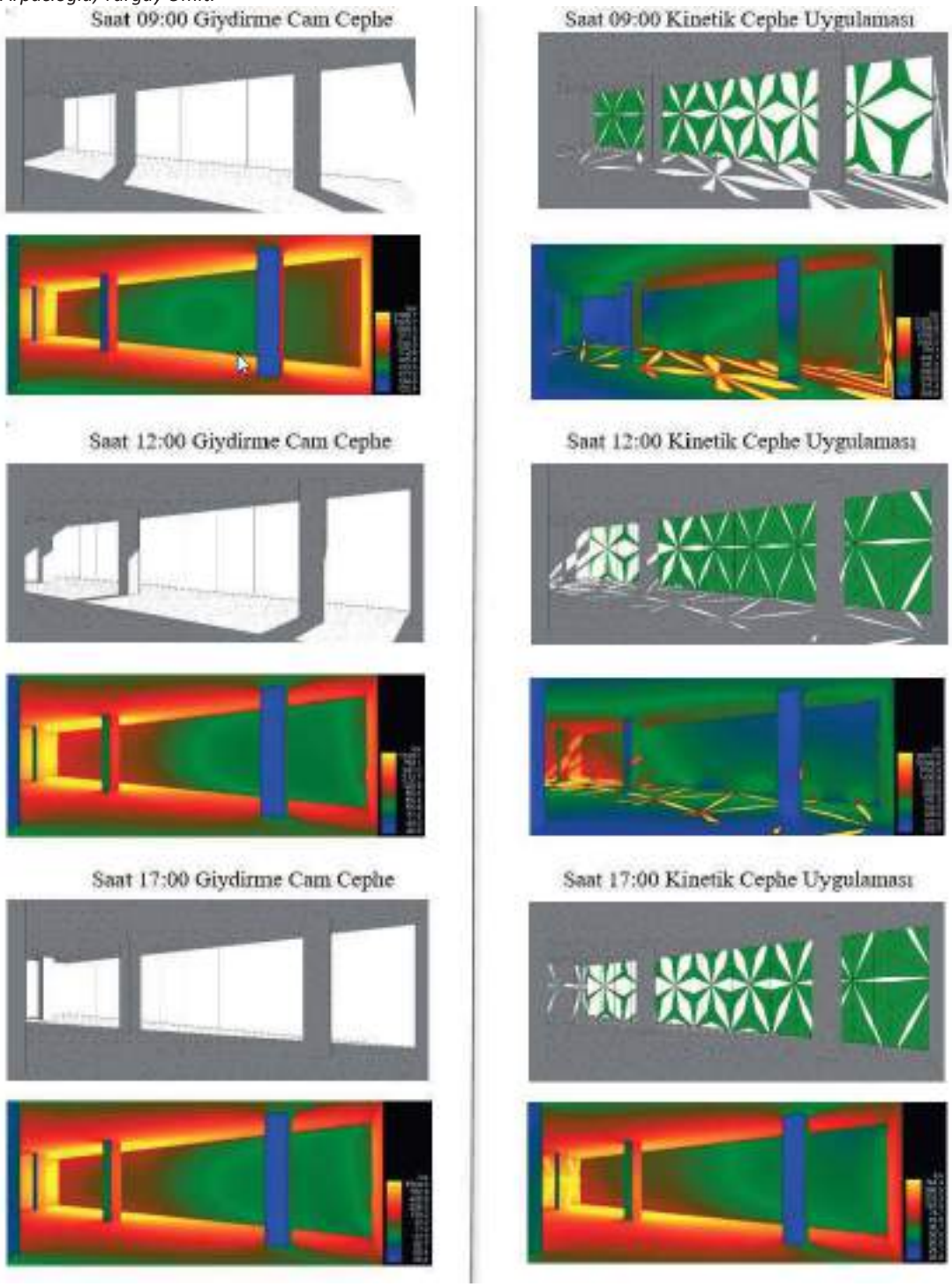
Şekil *9*: Sabah saat 09:00 da panellerin dizilimi (yazar tarafından üretilmiştir)



Şekil 10: Grasshopper Model Scripti (yazar tarafından üretilmiştir.)

3.3 Karmaşık Kinetik Cepheler İçin Gün Işığı Analizi ve Karşılaştırması

Önerilen yöntemi test etmek için, Şekil 11'de gösterildiği gibi Abu Dabi'deki Al Bahr Kuleleri konseptine dayanan sekiz katlı bir ofis binası için gün ışığı modeli oluşturulur. Ele alınan ofis binası örneği konum olarak İstanbul, Kadıköy olarak belirlenmiştir. 2012 senesine ait hava durumu ve güneş verileri Grasshopper ortamnı aktarılmış buna göre analizler yapılmıştır. Bu çalışmada 16 Haziran 09:00-12:00-17:00 saatlerinde yaz gündönümündeki bina soğutma yüküne de etki edebilecek aydınlanma oranları analiz edilmiş ve kinetik ve sabit cepheler arasındaki karşılaştırmanın analizi şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 11: Gün Işığı Analiz Karşılaştırmaları (*yazar tarafından üretilmiştir*)

4. Sonuçlar

Bu çalışma, parametrik BIM ve gün ışığı simülasyonunu entegre ederek karmaşık kinetik cephelere sahip binaların gün ışığı performansını analiz etmek için yeni bir metodolojiyi inceler. İlk olarak, tek tek panellerin açılış boyutunu tanımlamak için, insidans açısının BIM'de görsel bir programlama ortamına entegre edilmesiyle bir sistem oluşturulur. İkincisi, enerji analizini yapmak için saatlik olarak değiştirilen kinetik cepheler otomatik olarak güncellenir. Gın ışığı konforu simülasyonu sonuçları, karmaşık kinetik cephelere sahip binanın sabit cephelerin açılma oranına bağlı olarak daha az enerji tükettiğini göstermektedir. Örneğin, %80 açılış oranına sahip statik gölgeleme cihazlarına sahip baz kasaya göre %4 daha az enerji tüketir. Sabit cephelerdeki daha küçük açılma oranları daha az enerji tüketimine neden olur, ancak potansiyel olarak gün ışığı performansı sorunlarına neden olabilir. Bu, çalışmanın bir sınırlamasını sunar. Başka bir deyişle, gün ışığı miktarı karmaşık gölgelendirmenin açılış oranından kritik olarak

etkilenebilir ve tamamen kapalı cepheler yapay ışık kullanımının artmasına neden olabilir. Bununla birlikte, bu güncel çalışma sadece açılış oranı ile enerji tüketimi arasındaki ilişkiye odaklansa da gün ışığı performansına odaklanmaz. Ayrıca, GBS karmaşık gölgelendirme geometrisini hesaplamanın bir yolunu sağlamaz, bu nedenle otomatik bir işlem olmasına rağmen gölgelendirme geometrisini basitleştirmek zorunda kaldım. Ek olarak, bu çalışmada, karmaşık cephelerin panellerin normal yönleri boyunca ekstrüde edilen gölgeleme bileşenlerine sahip olmasına rağmen, basitleştirme için, her cepheyi sadece var olan cam cephenin yüzeyine hizalanmış 2 boyutlu gölgeleme bileşenlerine sahip düz bir yüzey olarak değerlendirdiğim belirtilmelidir. Karşılaşılan bazı sınırlandırmalara rağmen, önerilen yöntemin temel yararı, açılış oranının yapının konumuna, zamana, yüzeyin yönüne ve bina formuna bakılmaksızın insidans açısına göre kolayca tanımlanabilmesidir. Bu, yöntemin mimarların karmaşık kinetik cepheleri hem görsel hem de nicel olarak entegre ederek çeşitli tasarım alternatiflerini incelemelerini sağladığı anlamına gelir. Yöntemi geliştirmek için, gelecekteki araştırmalar daha karmaşık bina formları ve gün ışığı, görünüm analizi ve doğal havalandırma performansı için çok kriterli optimizasyon ile yapılacaktır.

KAYNAKLAR

Güney Tok, N. (2019). İklim Şartları İle Uyumlu Hareketli Cepheler. Glasstec, 56–57.

Kılıç Demircan, A. ;, & Gültekin, A. B. (2017). Binalarda pasif ve aktif güneş sistemlerinin incelenmesi. TürBilim Araştirma Vakfi, 36–51.

González, J., & Fiorito, F. (2015). Daylight design of office buildings: Optimisation of external solar shadings by using combined simulation methods. Buildings, 5(2), 560–580. https://doi.org/10.3390/buildings5020560

Somboonwit, N., Boontore, A., & Rugwongwan, Y. (2017). Obstacles to the Automation of Building Performance Simulation: Adaptive Building Integrated Photovoltaic (BIPV) design. Environment-Behaviour Proceedings Journal, 2(5), 343. https://doi.org/10.21834/e-bpj.v2i5.619

Jahanara, A., & Fioravanti, A. (2017). Kinetic Shading System as a means for Optimizing Energy Load - A Parametric Approach to Optimize Daylight Performance for an Office Building in Rome. 35th ECAADe Conference, 2, 231–240.

Güncü, A., & Kurnuç, A. (2013). Güneş Enerjisine Dayalı Yenilikçi Kinetik Yapı Kabuğu Uygulamaları. Akademik Platform, 1–10. http://www.isites.info/PastConferences/ISITES2013/ISITES2013/papers/C7-ISITES13081.pdf

Sheikh, M. El, & Kensek, K. (2011). Intelligent Skins : Daylight harvesting through dynamic light-deflection in office spaces. Arcc 2011, 293–304.

Hosseini, S. M., Mohammadi, M., & Guerra-Santin, O. (2019). Interactive kinetic façade: Improving visual comfort based on dynamic daylight and occupant's positions by 2D and 3D shape changes. Building and Environment, 165(August), 106396. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106396

Waseef, D. A. (2016). Kinetic Architecture: Concepts, History and Applications. International Journal of Science and Research (IJSR), 7(4), 752. https://doi.org/10.21275/ART20181560

Sarıer, Y. (2020). Journal of New Approaches in Education META- SENTEZ ÇALIŞMASI : SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ STUDENT EDUCATION FOR REFUGEES IN TURKEY ON THE META-SYNTHESIS STUDY : PROBLEMS AND SOLUTION SUGGESTIONS. TÜRKİYE'de Mülteci öğrencilerin eğitimi üzerine bir Meta-Sentez çalışması: Sorunlar ve çözüm önerileri, 3(1), 80–111.

Ko, D. H., Elnimeiri, M., & Clark, R. J. (2008). Assessment and prediction of daylight performance in high-rise office buildings. Structural Design of Tall and Special Buildings, 17(5), 953–976. https://doi.org/10.1002/tal.474

Edwards, L., & Torcellini, P. (2002). A Literature Review of the Effects of Natural Light on Building Occupants A Literature Review of the Effects of Natural Light on Building Occupants. Contract, July, 55.

Katsifaraki, A., Bueno, B., & Kuhn, T. E. (2017). A daylight optimized simulation-based shading controller for venetian blinds. Building and Environment, 126(October), 207–220. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.10.003

Nagy, Z., Svetozarevic, B., Jayathissa, P., Begle, M., Hofer, J., Lydon, G., Willmann, A., & Schlueter, A. (2016). The Adaptive Solar Facade: From concept to prototypes. Frontiers of Architectural Research, 5(2), 143–156. https://doi.org/10.1016/j.foar.2016.03.002

Kang, G., Kang, K., & Song, D. (2015). Optimized blind control method to minimize heating, cooling and lighting energy. Energy Procedia, 78, 2857–2862. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.651

Ruck, N., Aschehoug, Ø., Aydinli, S., Christoffersen, J., Courret, G., Edmonds, I. R., Jakobiak, R., Kischkoweit-Lopin.Martin, Klinger, M., Lee, E. S., Michel, L., Scartezzini, J.-L., & Selkowitz, S. (2000). 4. Daylighting Systems. Daylight in Buildings.

Wankanapon, P., & Mistrick, R. G. (2011). Roller Shades and Automatic Lighting Control with Solar Radiation Control Strategies. Built, 1(1), 35–42. https://doi.org/10.14456/built.2011.2

Shen, Y. T., & Lu, P. W. (2016). The development of kinetic façade units with a BIM-based active control system for the adaptive building energy performance service. CAADRIA 2016, 21st International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia - Living Systems and Micro-Utopias: Towards Continuous *Designing*, 517–526.

Ruck, N., Aschehoug, Ø., Aydinli, S., Christoffersen, J., Courret, G., Edmonds, I. R., Jakobiak, R., Kischkoweit-Lopin.Martin, Klinger, M., Lee, E. S., Michel, L., Scartezzini, J.-L., & Selkowitz, S. (2000). 4. Daylighting Systems. Daylight in Buildings.

Kang, G., Kang, K., & Song, D. (2015). Optimized blind control method to minimize heating, cooling and lighting energy. Energy Procedia, 78, 2857–2862. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.651

Nagy, Z., Svetozarevic, B., Jayathissa, P., Begle, M., Hofer, J., Lydon, G., Willmann, A., & Schlueter, A. (2016). The Adaptive Solar Facade: From concept to prototypes. Frontiers of Architectural Research, 5(2), 143–156. https://doi.org/10.1016/j.foar.2016.03.002

Güncü, A., & Kurnuç, A. (2013). Güneş Enerjisine Dayalı Yenilikçi Kinetik Yapı Kabuğu Uygulamaları. Akademik Platform, 1–10. http://www.isites.info/PastConferences/ISITES2013/ISITES2013/papers/C7-ISITES13081.pdf

Katsifaraki, A., Bueno, B., & Kuhn, T. E. (2017). A daylight optimized simulation-based shading controller for venetian blinds. Building and Environment, 126(October), 207–220. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.10.003

Edwards, L., & Torcellini, P. (2002). A Literature Review of the Effects of Natural Light on Building Occupants A Literature Review of the Effects of Natural Light on Building Occupants. Contract, July, 55.

Ko, D. H., Elnimeiri, M., & Clark, R. J. (2008). Assessment and prediction of daylight performance in high-rise office buildings. Structural Design of Tall and Special Buildings, 17(5), 953–976. https://doi.org/10.1002/tal.474

Jahanara, A., & Fioravanti, A. (2017). Kinetic Shading System as a means for Optimizing Energy Load - A Parametric Approach to Optimize Daylight Performance for an Office Building in Rome. 35th ECAADe Conference, 2, 231–240.

Somboonwit, N., Boontore, A., & Rugwongwan, Y. (2017). Obstacles to the Automation of Building Performance Simulation: Adaptive Building Integrated Photovoltaic (BIPV) design. Environment-Behaviour Proceedings Journal, 2(5), 343. https://doi.org/10.21834/e-bpj.v2i5.619

González, J., & Fiorito, F. (2015). Daylight design of office buildings: Optimisation of external solar shadings by using combined simulation methods. Buildings, 5(2), 560–580. https://doi.org/10.3390/buildings5020560

Nagy, Z., Svetozarevic, B., Jayathissa, P., Begle, M., Hofer, J., Lydon, G., Willmann, A., & Schlueter, A. (2016). The Adaptive Solar Facade: From concept to prototypes. Frontiers of Architectural Research, 5(2), 143–156. https://doi.org/10.1016/j.foar.2016.03.002

Eltaweel, A., & SU, Y. (2017). Parametric design and daylighting: A literature review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 73(February), 1086–1103. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.011

Le-Thanh, L., Le-Duc, T., Ngo-Minh, H., Nguyen, Q. H., & Nguyen-Xuan, H. (2021). Optimal design of an Origami-inspired kinetic façade by balancing composite motion optimization for improving daylight performance and energy efficiency. Energy, 219, 119557. https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119557

Ercan, B., & Elias-Ozkan, S. T. (2015). Performance-based parametric design explorations: A method for generating appropriate building components. Design Studies, 38, 33–53. https://doi.org/10.1016/j.destud.2015.01.001

Ayoub, M. (2018). Integrating illuminance and energy evaluations of cellular automata controlled dynamic shading system using new hourly-based metrics. Solar Energy, 170(December 2017), 336–351. https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.05.041

Yi, Y. K., Yin, J., & Tang, Y. (2018). Developing an advanced daylight model for building energy tool to simulate dynamic shading device. Solar Energy, 163(January), 140–149. https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.01.082

Yapay Sinir Ağları Tabanlı Sayısal Tasarım Modeli ile Atölye ve İmalat Mekanlarında Enerji Performansı Tahmini

Gonca Özer Yaman[1]; Cemre Kılınç[2]; Süleyman İpek[3]; Murat Oral[4]
[1]Bingöl Üniversitesi; [2] Bingöl Üniversitesi; [3] Bingöl Üniversitesi; [4] Konya Teknik Üniversitesi
[1]gozer@bingol.edu.tr [2]ckilinc@bingol.edu.tr [3]sipek@bingol.edu.tr [4]moral@ktun.edu.tr

Özet

Mevcut veya yeni tasarlanan yapıların ısıtılması için gereken enerji miktarının belirlendiği ısıtma enerjisi tüketiminde, mevcut yapılar için enerji tasarrufu tedbirleriyle elde edilebilecek tasarrufun belirlenmesi bu minvalde yenileme projesinin hazırlanıp uygulanması, yeni tasarlanan yapılar için ise optimum mimari tasarım yapılarak ısıtma enerjisi tüketiminde tasarruf sağlanması bu kapsamda çalışan kişilerin bağlı kalması gereken en temel ilkelerdir. Böylece hem ısıtma enerjisi ihtiyacının hem de binalarda gerçekleşmesi muhtemel ısıtma enerjisi kayıp miktarlarının belirlenmesiyle yapının ihtiyaç duyduğu aylık ve buna bağlı olarak da yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplanır. Bu hesaplamalarda, yapıda kullanılan/kullanılacak olan malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları ve malzeme kalınlığı en temel girdi parametreleridir. Bunun yanı sıra yapının güneş enerjisinden faydalanmasına olanak sağlayacak olan pencere toplam alanı ve bunların yapıda yönlendirildiği cepheler de girdi parametresi olarak hesaplamalarda kullanılmaktadır. Ayrıca binanın iç ısı kazançları (yemek pişirme, sıcak su elde etme, aydınlatma, ortama ısı veren cihaz ve insanlar gibi), binanın ısıtılan brüt hacmi ve ısı kaybını yaşayacak olan yüzeylerin toplam alanı yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını belirlemede kullanılan parametrelerdir. Bu kapsamda, ülkemizde yapıların yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını hesaplamakta hali hazırda kullanılmakta olan standartlar mevcuttur. Genel olarak bu amaçla kullanımı en yaygın olan standart ise TSE 825 olup çok çeşitli yapılar kapsamı dahilindedir. Ancak standart incelendiğinde görüleceği üzere herhangi bir yapının yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının hesaplanması çok fazla işlem gerektirmekle beraber sıklıkla çeşitli formül, tablo ve standartlara atıflar yaparak işlemleri zorlaştırmaktadır. Bundan ötürü hesaplamalarda kullanılmak üzere en yaygın yumuşak hesaplama yöntemlerinden biri olan yapay sinir ağları yöntemi tabanlı kullanıcı dostu bir tasarım modelinin geliştirilmesi bu çalışmanın hedefini oluşturmaktadır. Bu bağlamda ülkemizde hali hazırda kullanılmakta olan bu standart kullanılarak malzeme çeşidi, pencere miktarı, yapı yönelimi gibi çeşitli özelliklere sahip küçük, orta ve büyük ölçekli atölyelerin yıllık enerji ihtiyacı belirlenmiş ve bu enerji ihtiyacını etkileyen temel parametreler kullanılarak bu tip yapıların yıllık enerji ihtiyacının hesaplanmasında kullanılmak üzere bir sayısal tasarım modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen tasarım modelinin tahmin performansı dikkate alındığında, belirtilen yöntemle bu standart kapsamındaki tüm yapı çeşitleri ve malzeme özellikleri ile oluşturulacak bir veri havuzu kullanılarak yapay sinir ağları tabanlı bir sayısal tasarım modelinin geliştirilmesinin de olanaklı olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Isıtma enerjisi ihtiyacı, Tasarım modeli, TSE 825, Yapay sinir ağları*

Energy Performance Prediction in Workshop and Manufacturing Spaces by Artificial Neural Networks-Based Numerical Design Model

Gonca Özer Yaman[1]; Cemre Kılınç[2]; Süleyman İpek[3]; Murat Oral[4]
[1]Bingol University; [2]Bingol University; [3]Bingol University; [4]Konya Technical University
[1]gozer@bingol.edu.tr [2]ckilinc@bingol.edu.tr [3]sipek@bingol.edu.tr [4]moral@ktun.edu.tr

Abstract

In heating energy consumption, in which the amount of energy need for heating the existing or newly designed buildings is determined, preparation and implementation of the renovation project based upon the determination of saving that can be achieved by energy-saving measures for existing buildings and achieving saving in heating energy consumption by making an optimum architectural design for newly designed buildings are the most basic principles that people working on in this context should adhere to. Thereby, the monthly and accordingly the annual heating energy need of the building is calculated with determining both the heating energy need and the possible heating energy loss amounts in the buildings. In these calculations, the thermal conductivity coefficients and thickness of the materials used (or to be used) in the building are the most basic parameters. On the other side, the total area of windows that will allow the building to benefit from solar energy and their directions in the building facades are also used in the calculations as input parameters. Besides, the internal heat gains of the building (by cooking, obtaining hot water, lighting, device and people heating the environment), the gross volume of the building that is heated, and the total area of facades that will experience heat loss are the parameters employed in the determination of the annual heating need. In this context, there are standards that are currently used in calculating the annual heating energy need of buildings in our country. In general, the most common standard used for this purpose is TSE 825, which covers a wide variety of buildings. However, as it can be seen when the standard is examined, the calculation of the annual heating energy need of any building requires a lot of processing, and also, it often makes the processes difficult by referring to various formulas, tables, and standards. Therefore, the aim of this study is to develop a user-friendly design model based on artificial neural networks, one of the most common soft computing methods, to be used in calculations. In this context, the annual energy needs of small, medium, and large-scaled workshops with various features such as material type, amount of windows, and building orientation have been determined by using this standard, which is currently employed in our country, and a numerical design model was developed to be used in calculating the annual energy need of such buildings using the basic parameters influencing this energy need. Considering the estimation performance of the developed design model, it is understood that it is possible to develop an artificial neural network-based numerical design model using a data repository that is constituted by all building types and material properties within the scope of this standard.

Keywords: Heating energy need, Design model, TSE 825, Artificial neural networks

1. Giriş

Enerji tasarrufu ve çevrenin korunması toplumların karşı karşıya olduğu en kritik konular arasındadır (Li, Wang ve Cheung, 2018). Özellikle yapı sektörünün enerji ihtiyacı birçok ülkede toplam enerji tüketiminin büyük bir kısmını oluşturmaktadır (Yildiz ve Arsan, 2011). Binalarda kullanılan enerji, dünyada kullanılan toplam enerjinin %40'ından fazlasını oluşturmaktadır (ECD, 2003). Bu bağlamda, inşaat sektörünün yüksek enerji tüketiminin nedenleri, kontrolsüz kentleşme, bina inşaat faaliyetleri sırasında harcanan enerji ve binalarda yetersiz enerji tasarrufu önlemleri olarak gösterilebilir (Yildiz ve Arsan, 2011). Fosil yakıtların kaybı ve iklim değişikliği inşaat sektöründe enerji tüketiminin azaltılmasını oldukça önemli kılmaktadır (Lee ve ark., 2013).

Binaların enerji kullanımını azaltmak için sıfır/düşük enerjili binalar giderek daha önemli hale gelmektedir (Li, Wang ve Cheung, 2018). Tasarımcılar, konfor ve kalite koşullarını sağlarken binalarının enerji verimliliğini artıracak çözümler de aramaktadırlar. Bu kapsamda, Wetter ve Polak (2004), bir ofis binasının yıllık enerji tüketimini en aza indirmeyi amaçlamış ve bina tasarımını optimize etmek için bir algoritma kullanmıştır. Öte yandan, Jia ve ark. (2021), yüksek katlı konut binalarının soğutma yükünü tahmin etmek için makine öğrenimi tabanlı 30 nöronlu bir YSA modeli geliştirmişlerdir. Heiselberg ve ark. (2009), sürdürülebilir binalar tasarlamak ve seçilen binaların enerji tüketimini azaltmak için önemli parametreler bulmuşlardır. Attia ve ark. (2013), sıfır enerjili bina tasarımı için mevcut bina performansı optimizasyon araçlarını araştırmışlardır. Benzer şekilde, Magnier ve Haghighat (2010), yapay sinir ağları ve genetik algoritmalar kullanarak bina tasarımının çok amaçlı optimizasyonunu gerçekleştirmiştir. Yine Choudhary ve ark. (2003) yaptıkları çalışmada, bina performansını optimize etmek için hiyerarşik bir tasarım çerçevesi geliştirmişlerdir. Wright ve Mourshed (2009) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, güneye yönlendirilen pencerelerin boyutu, sayısı ve konumu enerji verimliliği açısından genetik algoritma ile optimize edilmiştir. Wang et al. (2005), yeşil bina tasarım optimizasyonu için genetik algoritmalar uygulamıştır. Doğal olarak havalandırılan ofis binalarında ısıl konfor üzerinde etkili olan parametrelerin olduğu M.S. de Wit (2001) tarafından belirlenmiştir. Dominguez-Munoz ve ark. (2010), binalardaki pik soğutma yüklerinin hesaplanmasında temel faktörleri bulmak için bir duyarlılık analizi yapmışlardır. Koo ve ark. (2014), bina kabuğu gibi bina bileşenlerinin optimal konfigürasyonlarını belirlemek için enerji simülasyon yazılımı ile birlikte algoritmalar ve algoritmik modeller kullanmıştır.

Şimdiye kadar yapılan birçok çalışma, binalarda enerji performansının iyileştirilmesinin, bina tasarım parametrelerine odaklanılarak sağlanabileceğini göstermiştir (de Wilde, Augenbroe ve van der Voorden, 2002). Türkiye'de inşaat sektörü 2001 yılında 25.793 milyon ton enerji tüketimi ile en büyük ikinci enerji tüketicisi olmuştur (Oğulata, 2002). Yapılan araştırmada, Türkiye'de binalarda kullanılan enerji miktarı Avrupa Birliği ülkeleri düzeyine indirilirse ortalama %30 ila %40 arasında enerji tasarrufunun mümkün olduğunu göstermektedir (ÇŞB, 2015). Bu nedenle Türkiye'de bulunan binalarda enerji ihtiyacının azaltılması önemli bir konudur. Binalarda enerji ihtiyacı bina tasarım aşamasında entegre edilmekte, tasarım aşamasında alınan kararlar ile bu ihtiyaç azaltılabilmektedir.

Bilgisayarlar ve oluşturdukları sistemler her disiplinde olduğu gibi mimarlık alanını da etkilemektedir. Son yıllarda bu gelişmeler, mimari tasarımın kuramsal alt yapısını ve söylemlerini değiştirmektedir. Bilgisayar destekli çizimin olağan bir hal aldığı mimarlık disiplini, paket programları değiştirerek ve yazılımlara çeşitli eklemeler yaparak bilgisayar destekli tasarımın sınırlarını aramaktadır (Çıltık, 2008). Bilgisayarlar yardımıyla yapılan sayısal mimarlık uygulamaları ile geleneksel mimarlık uygulamaları arasındaki en büyük ayrım tasarım ve üretim sürecinin hesaplanabilir veriler ile gerçekleştirilebilmesidir. Bilgisayarların altyapısındaki algoritmik yapı tasarımcıya geleneksel tasarım yöntemlerinden farklı imkanlar sunmaktadır (Özden, 2011). Bilgisayar teknolojilerinde yaşanan gelişmeler doğrultusunda son yıllarda yapay zekâ ve makine öğrenmesi kavramları sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Yapay zekâ kavramını, "zeki" olarak nitelendirilen canlıların yapabildiği şeyleri, makinelerin yapması olarak tanımlamak mümkündür (Yıldırım ve Demirarslan, 2020).

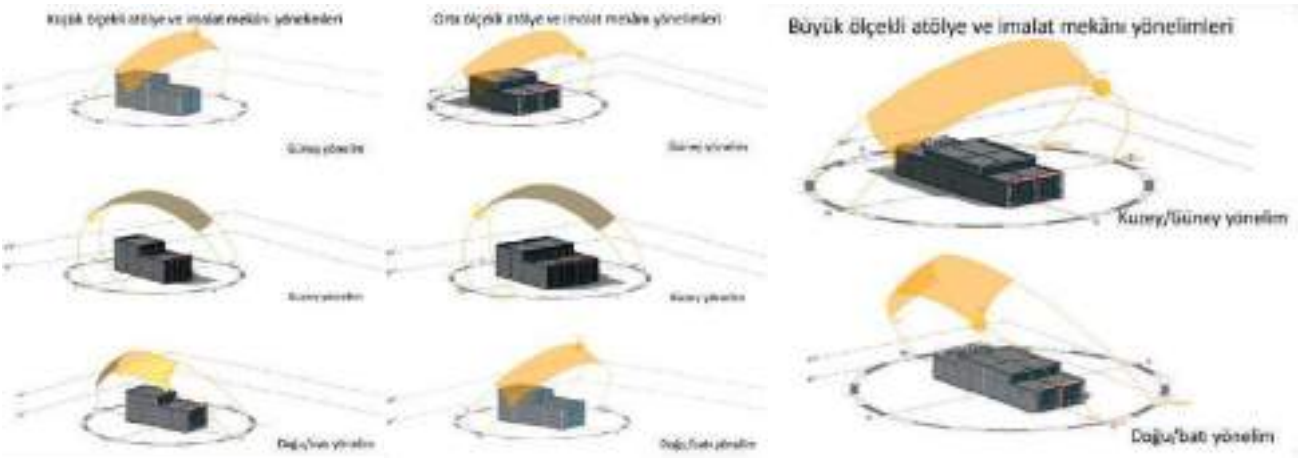
Binaların enerji ihtiyacının belirleyen birçok tasarım parametresi vardır. Bu çalışmada, hem bina ve pencere boyut ve yönlenme özellikleri hem de malzeme özelliklerine göre atölye ve imalat mekanlarının yıllık ısıtma enerjisinin doğru bir şekilde tahmini için bir yapay zekâ yöntemi olan yapay sinir ağları (YSA) kullanılarak sayısal bir model geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu model ile uzun hesaplama süreçleri gerektiren binaların enerji ihtiyacı tasarım aşamasında tahmin edilerek kolayca uygun sonuçlar üretmeye yardımcı olacak bir sayısal tasarım modeli şeklinde ortaya konmuştur.

2. Yöntem

2.1. Veri Setinin Tanımlanması

YSA tabanlı sayısal tasarım modelinin geliştirilmesinde kullanılmak üzere 128 farklı özelliklere sahip atölye ve imalat mekânın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı TSE 825 (2013)'e göre belirlendi. Oluşturulan bu veri havuzunda, mekânın ısıtma enerjisi ihtiyacı üzerinde önemli bir etkisinin olduğu düşünülen ve aşağıda madde madde sunulan 8 etken girdi değişkenleri olarak belirlendi.

- Atölye ve imalat mekanının toplam alanı, A (m^2)
- Atölye ve imalat mekanının yönlenme özelliği, Y (**Şekil 1**)
- Güneye yönlendirilmiş pencere alanı, Apg (m^2)
- Kuzeye yönlendirilmiş pencere alanı, Apk (m^2)
- Doğu ve batıya yönlendirilmiş pencere alanı, Apdb (m^2)
- Duvar alanı, Ad (m^2)
- Tavan veya taban alanı, At (m^2)
- Isıl geçirgenlik katsayısı, U ($W/m^2.K$)



(a) (b) (c)

Şekil 1: Atölye ve imalat mekanlarının cephe yönelimleri: (a) küçük ölçekli (320.01 m^2), (b) orta ölçekli (517.57 m^2) ve (c) büyük ölçekli (923.14 m^2) (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır)

Oluşturulan bu veri havuzunda A, Apg, Apk, Ad ve At için 3 farklı koşul göz önünde bulundurulurken, Y ve Apdb için 4 farklı durum dikkate alındı. Ayrıca U için ise 1-2, 2-3 ve 3-4 aralığında katsayılar olacak şekilde 3 farklı aralıkta ısıl geçirgenlik katsayısı verecek malzeme tipi ve yoğunluğu belirlendi. Bu amaçla betonarme, farklı yoğunluklarda bims blok ve delikli tuğla malzemesi seçilmiş olup bu malzemeler ile örülmüş duvarın ısıl geçirgenlik katsayısı aşağıdaki denklem aracılığıyla belirlenmiştir:

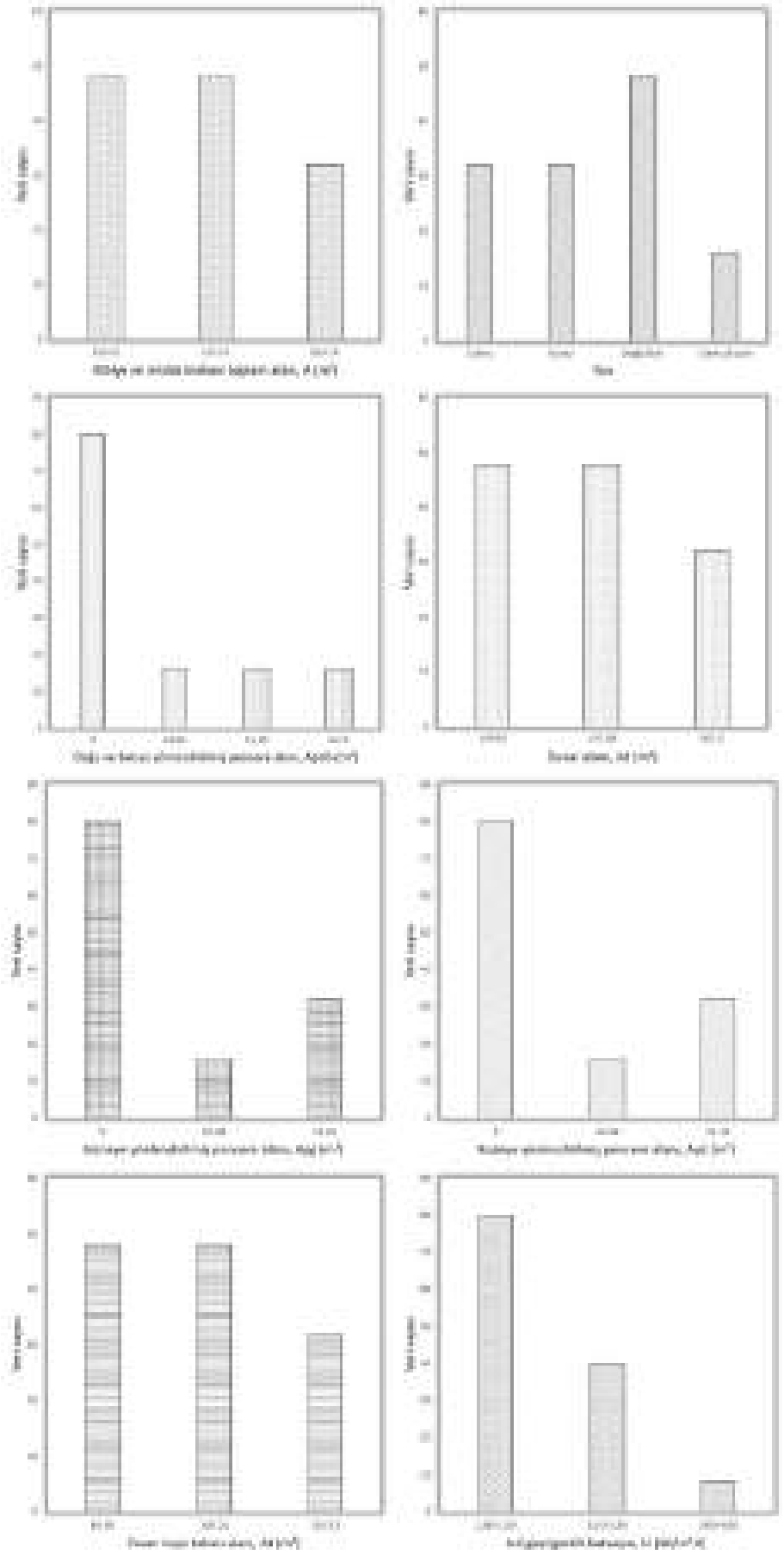
$$U = \frac{1}{R_{si}+R+R_{se}} \quad (1)$$

burada Rsi, R ve Rse sırasıyla iç yüzey, duvar ve dış yüzey ısıl dirençleridir ve R aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir.

$$R = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \cdots + \frac{d_n}{\lambda_n} \quad (2)$$

burada d ve λ sırasıyla katman kalınlığı ve o katmandaki malzemenin termal iletkenlik katsayısıdır.

Girdi parametrelerinin çalışma kapsamında göz önünde bulundurulan koşullarına göre dağılımları **Şekil 2**'de sunulmaktadır. Bu girdi parametrelerinin %75'i (96 tanesi) sayısal tasarım modelinin geliştirilmesinde geriye kalan %25'i (32 tanesi) ise geliştirilen modelin testinde kullanıldı. Veri setinin eğitim ve test alt veri setlerine ayrılması işlemi gelişigüzel bir şekilde yapılmış olup, alt veri setlerinin birbirini temsil etmesine de dikkat edilmiştir.



Şekil 2: Geliştirilen YSA modelinin yapısı (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır)

2.2. Yapay Sinir Ağlarına Genel Bakış

İnsan beyninden ilham alınarak geliştirilen yapay sinir ağları, daha önce hiç görülmemiş örneklerle karşılaşıldığında biyolojik sinir ağlarını taklit eden, bilgiyi toplayan, genelleştiren ve daha sonra örnekler hakkında karar veren bilgisayar programlarıdır (Ergezer, Dikmen ve Özdemir, 2003; Elmas, 2003). Nöronlar arasındaki sinaptik bağlantılar biyolojik sistemlerde öğrenme sürecini yönetir. Ancak YSA'da geri yayılıma dayalı eğitim süreci üç aşamadan oluşmaktadır (Schalkoff, 1997): (i) girdi eğitim modeli ileriye doğru ilerler, (ii) ilgili hatalar hesaplanır ve geriye doğru yayılır ve (iii) ağırlıklar düzenlenir. Bu süreci yönetmek için çok çeşitli optimizasyon yöntemleri kullanılabilir. Önceki katmanların ağırlıkları, **Şekil 3**'te (Hebb, 1949; Haykin, 2000; Susac ve ark., 2005) gösterildiği gibi, hedef değer ile ağın çıktısı arasındaki hatanın geri yayılımı ile modernize edilir. Bu çalışmada, tasarım modelinin geliştirilmesinde yumuşak hesaplama aracı olarak bir sinirsel-bulanık (nf aracı) ve sinirsel-ağ (nn aracı) araçları sağlayan MatlabV.R2017 kullanılmıştır (Mathworks, 2018).

Bayas değerleri, Denklem 3'de verildiği gibi sapma değeri ile gerçek girdi verileri arasında herhangi bir etkileşim olmaması nedeniyle aktivasyon verilerini sağa veya sola doğru değiştirerek çıkış verilerinin daha iyi oturması için tasarım modelinde kullanılır.

$$P_k = \sum_{j=1}^{n} \quad w_{j,k} I_j + Bias_k \tag{3}$$

Ayrıca, **Şekil 4**'ün matematiksel gösterimi, genelleştirilmiş cebirsel matris işlemi kullanılarak Denklem 4'de sunulmuştur.

$$Q_k = [w_{11}\, w_{21} \ldots w_{m1}\, w_{12}\, .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ .\ w_{1n} \ldots . w_{mn}\,]_{mxn} [i1\ i2\ i3\ i4\ i5\ i6\,]_{nx1} + [Bias_1\ Bias_2 \ldots Bias_m\,]_{mx1} = \left[Q_1\ Q_2 \ldots Q_m\right]_{mx1} \tag{4}$$

Sonuçları tahmin etmek için nf aracı, -1 ile 1 arasında normalleştirilmiş değerleri kullanarak model geliştirme süreçlerini yönetir. Bu nedenle girdi parametrelerinin normalize edilmiş değerlerinin hesaplanmasında Denklem 5 kullanılmaktadır.

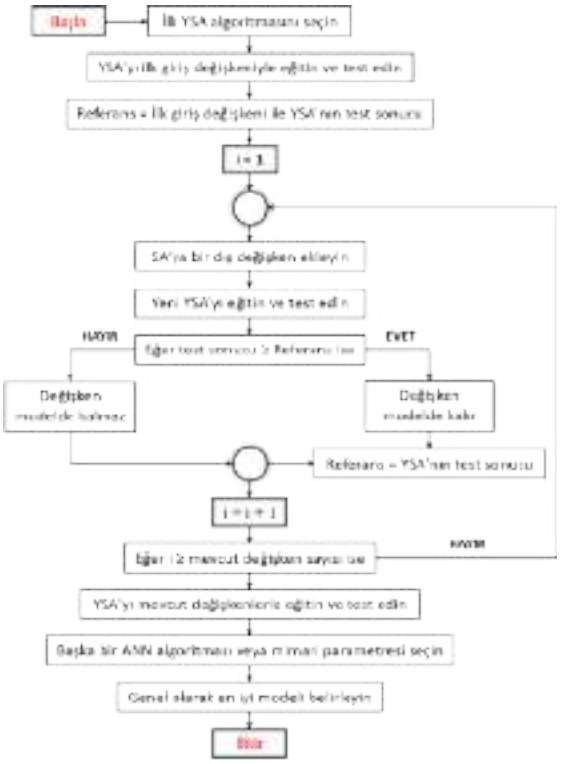
$$\beta_{norm} = a\beta + b \tag{5}$$

Normalizasyon katsayılarının (a ve b) belirlenmesinde aşağıdaki ifadeler kullanılmıştır:

$$a = \frac{2}{\beta_{max} - \beta_{min}} \tag{5a}$$

$$b = -\frac{\beta_{max} + \beta_{min}}{\beta_{max} - \beta_{min}} \tag{5b}$$

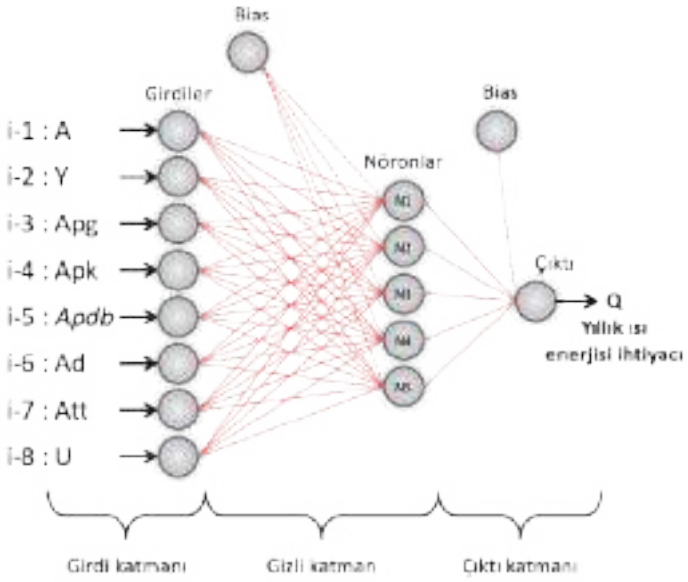
Her giriş parametresinin maksimum ve minimum değerleri kullanılarak her biri için a ve b katsayıları belirlenir. Normalizasyon parametreleri kullanılarak en yüksek sayısal değer 1, en düşük değer ise -1 olur. Modelin oluşturulmasından sonra, nf aracı sonuçları tekrar normalleştirilmiş biçimde sağlar. Bu nedenle, normalize edilmemiş sonuçlara ulaşmak için, normalize edilmiş değerlerin hesaplanmasında kullanılan a ve b katsayıları, sonuçları normalize edilmemiş hale getirmek için de kullanılır.



Şekil 3: İleri yöntemlerde YSA mimarisi ve model seçimi (Susac ve ark., 2005) (Yazarlar tarafından Türkçeye çevrilmiştir)

2.3. YSA Tabanlı Modelin Üretilmesi

YSA tabanlı sayısal tasarım modeli, modelin eğitiminde Bayesian Düzenlileştirme geri yayılım algoritması kullanılarak oluşturulmuştur. Ayrıca sayısal modelin aktivasyon fonksiyonu olarak tanjant hiperbolik seçilmiştir. Giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanındaki düğüm sayısı sırasıyla 8, 5 ve 1 olarak belirlenmiştir. Çıkış katmanı aracılığıyla atölyelerin yıllık ısınma enerjisi ihtiyacının belirlenmesi amaçlandı. Bahsedilen katman ve düğümler baz alınarak bu modelde üretilen sinir ağı yapısı **Şekil 4**'te gösterilmiştir. Ayrıca giriş ve çıkış parametreleri için maksimum ve minimum gerçek değerler ve normalizasyon katsayıları **Tablo 1**'de verilmiştir. YSA tarafından geliştirilen sayısal modelin basitleştirilmiş denklemi ve yapısal formülü sırasıyla Denklem 6 ve 7'de verilmiştir.



Şekil 4: Geliştirilen YSA modelinin yapısı (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır)

Sonuç olarak, Denklem 7'ye göre hesaplanan Q_{YSA} değerleri, **Tablo 1**'de verilen normalizasyon katsayıları ve Denklem 5 kullanılarak de-normalize edilmesi gereken normalleştirilmiş formdadır.

Girdi ve çıktı değişkenleri	Normalizasyon parametreleri			
	β_{min}	β_{max}	a	b
$\boldsymbol{A}$ (m²)	320,01	923,14	0,00332	-2,0612
$\boldsymbol{Y}$	1	4	0,66667	-1,6667
$\boldsymbol{A_{pg}}$ (m²)	0	31,15	0,06421	-1,0
$\boldsymbol{A_{pk}}$ (m²)	0	31,15	0,06421	-1,0
$\boldsymbol{A_{pdb}}$ (m²)	0	62,30	0,0321	-1,0
$\boldsymbol{A_d}$ (m²)	159,85	282,5	0,01631	-3,6066
$\boldsymbol{A_t}$ (m²)	80,85	320,32	0,00835	-1,6752
$\boldsymbol{U}$ (W/m².K)	1,225399	3,0192132	1,11494	-2,3663
$\boldsymbol{Q_{TSE}}$ (kW.h)	43418,2	180073,1	0,0000146	-1,6354

Tablo 1: Veri tabanı için normalizasyon katsayıları (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır)

$$Q_{YSA} = Bias_{\text{çıktı katmanı}} + \sum_{k=1}^{m} W_k f(Q_k) \quad (6)$$

$$Q_{YSA} = -0.00056841 - 0.23812\ tanh\ tanh\ (Q_1) + 0.65527\ tanh\ tanh\ (Q_2) - 0.3973\ tanh\ tanh\ (Q_3) - 0.27936\ tanh\ tanh\ (Q_4) - 0.44579\ tanh\ tanh\ (Q_5) \quad (7)$$

Bu çalışmada önerilen YSA modeli için $Bias_{\text{çıktı katmanı}}$, -0.30953 olduğu ve Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, ve Q_5 normalleştirilmiş formdaki çıktı parametreleridir. Aşağıdaki cebirsel matris (Denklem 8) ve eşitlik (Denklem 9) sırasıyla çıkış parametrelerini ve tanjant hiperbolik değerini hesaplamak için kullanılmıştır.

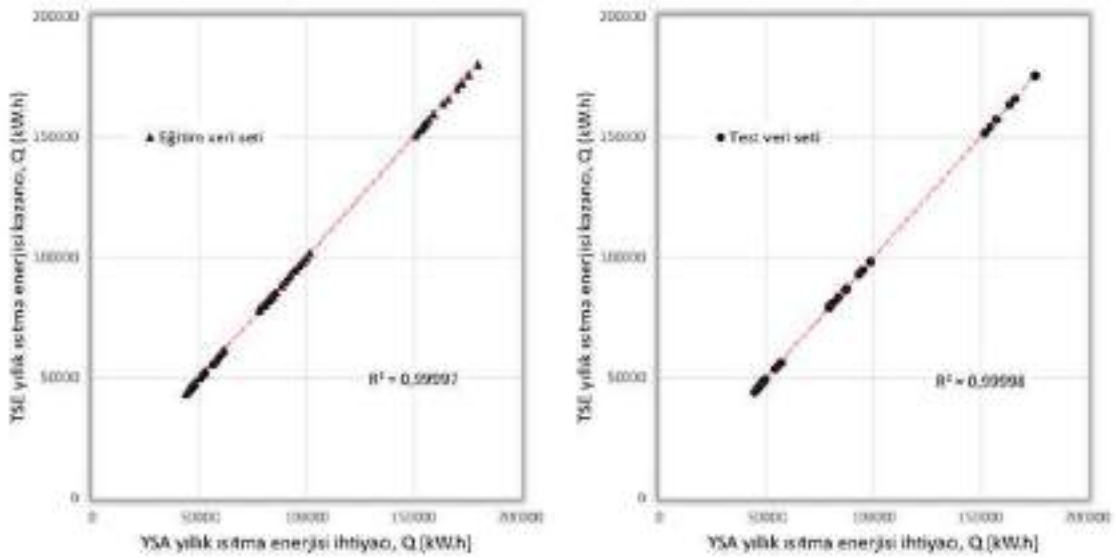
$$[-0.047278\ 0.025803\ 0.034145\ -0.08135\ -0.017361\ -0.043695\ -0.048011\ -0.09468\ 0.33496\ 0.0072889\ 0.0093901\ 0.011547\ 0.020188\ 0.31374\ 0.33931\ -0.11903\ -0.14907\ -0.044497\ -0.016168\ -0.058794\ -0.16635\ -0.14146\ -0.15062\ -0.16479\ 0.12477\ 0.00071805\ 0.043751\ 0.046455\ 0.08648\ 0.126\ 0.12452\ -0.35159\ -0.16615\ 0.03781\ -0.12723\ -0.08371\ -0.13955\ -0.15848\ -0.16772\ -0.17221\ ][A\ Y\ A_{pg}\ A_{pk}\ A_{pdb}\ A_d\ A_t\ U\ ] + [0.0016071\ 0.32123\ 0.10678\ -0.047961\ 0.14321\ ] = [Q_1\ Q_2\ Q_3\ Q_4\ Q_5\ ] \quad (8)$$

$$tanh\ tanh\ (x) = \frac{2}{1-e^{-2x}} - 1 \quad (9)$$

3. Bulgular ve Tartışma

YSA yöntemi kullanılarak geliştirilen sayısal tasarım modelinin eğitim ve test alt veri setlerinin atölye ve imalat mekanlarının yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını tahmin performansı **Şekil 5a** ve **5b**'de sırasıyla gösterilmektedir. Görüldüğü üzere eğitim veri seti kullanılarak geliştirilen sayısal tasarım modeli TSE standardından elde edilen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını tahmin etme hususunda belirleme katsayı (R^2) göz önünde bulundurulduğunda çok iyi bir performans sergilemiştir. Burada modelin performansını değerlendirmede kullanılan R^2 değeri bu tarz durumlarda 0 ile 1 arasında bir değere sahip olabilir. R^2 değerinin 0 olması durumu, mevcut değerler ve model tarafından tahmin edilen değerler arasında hiç ilişkinin olmadığı anlamına gelirken, R^2'nin 1 olması durumu ise bahsi geçen değerler arasında tam bir uyuşmanın olduğu anlamına gelir. Bundan ötürü, geliştirilen sayısal tasarım model için belirlenen R^2 değerinin 1'e çok yakın olması modelin yüksek doğruluk ve güvenilirlikle yıllık ısıtma enerjisini tahmin ettiğini göstermektedir. Ayrıca oluşturulan veri setinin %25'lik bir kısmı geliştirilen sayısal tasarım modelin test edilmesinde kullanılmak üzere ayrı tutulmuştu. Burada, **Şekil 5b**'de, TSE'den elde edilen ısıtma enerjisi değerlerine karşılık YSA'dan elde edilen değerler arasındaki ilişki gösterilmektedir. Değerler arasındaki yüksek korelasyon (R^2=0.99998) geliştirilen sayısal tasarım

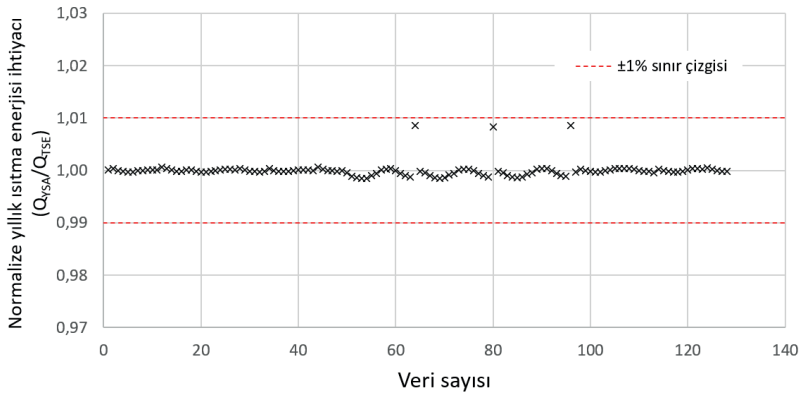
modelinin tahmin performansının yüksek ve sonuçların da güvenilir ve tutarlı olduğunu göstermektedir.



(a) (b)

Şekil 5: YSA sayısal tasarım modelinin atölye ve imalat mekanlarının yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı tahmin performansı: (a) eğitim ve (b) test alt veri setleri (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır)

Ayrıca YSA tekniği kullanılarak geliştirilen sayısal tasarım modelinden elde edilen atölye ve imalat mekanlarının yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları TSE'den elde edilenlere göre normalize edilerek **Şekil 6**'da sunulmuştur. Buradaki temel amaç model aracılığıyla elde edilen ısıtma enerjisi ihtiyacı değerlerini TSE'ye göre belirlenenlerle mukayese edip, oluşan hata miktarını grafiksel olarak sunmaktır. Bu amaçla çalışma kapsamında %1'lik hata payı tercih edilmiş olup normalize değerlerin bu hata payına göre dağılımı gösterilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı üzere çalışma tüm normalize yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı değerleri ±%1 sınır değerleri içinde yer almakta olup neredeyse tamamı 1,0 değeri etrafında kümelenmiştir. Bu da geliştirilen sayısal tasarım modelinin, atölye ve imalat mekanlarının yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını tahmin ederken TSE'den neredeyse hiç sapma göstermediği anlamına gelmektedir. Bundan dolayı da geliştirilen sayısal tasarım modelinin bu bağlamda güvenilir bir şekilde kullanılabileceği ifade edilebilir.



Şekil 6: Atölye ve imalat mekanlarının normalize yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır)

Geliştirilen sayısal tasarım modelinin tahmin performansı, normalize değerler nezdindeki hata değerlendirmesine ek olarak ortalama yüzdece mutlak hata (MAPE), ortalama kare hata (MSE) ve kök ortalama kare hata (RMSE) gibi çeşitli istatistiksel parametreler kullanılarak da değerlendirilmiştir. Bu kapsam hesaplanan değerler **Tablo 2**'de sunulmuştur. Tabloda verilen değerler incelendiğinde görüleceği üzere geliştirilen sayısal tasarım modeli, çok düşük bir hata payıyla bu tarz mekanların enerji performansını tahmin edebilmektedir. Böylesi düşük seviyede hata payına sahip olması da

hem modelin güvenilirliğini hem de kullanılabilirliğini arttırmaktadır.

İstatistiksel parametre	MAPE	MSE, $(kW.h)^2$	RMSE, kW.h
YSA sayısal tasarım modeli			
Eğitim alt veri seti	0,063	17225	131,2
Test alt veri seti	0,037	2257	47,5
Tüm veri seti	0,057	13600	116,6

Tablo 2: Geliştirilen YSA tabanlı sayısal tasarım modelinin performans metrikleri (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır)

4. Sonuçlar

Yukarıda sunulan bulgular ışığında aşağıdaki sonuçlara varılabilir:

- YSA kullanılarak atölye ve imalat mekanlarının yıllık ısıtma enerji ihtiyacı çok kolay bir şekilde tahmin edilebilmektedir.
- Geliştirilen sayısal tasarım model için belirlenen R^2 değerinin 1'e çok yakın olması modelin yüksek doğruluk ve güvenilirlikle yıllık ısıtma enerjisini tahmin ettiğini göstermektedir.
- YSA tabanlı sayısal tasarım modelinin, atölye ve imalat mekanlarının yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını tahmin ederken TSE'den neredeyse hiç sapma göstermediğini göstermektedir.
- Çalışma kapsamında geliştirilen tasarım modeli, çok düşük bir hata payıyla bu tarz mekanların enerji performansını tahmin edebilmektedir.
- Çalışma, YSA yönteminin mekanların enerji performansını tahmin etme noktasında güvenilir ve gerçekçi bir yaklaşım olduğunu gösterdi. Ayrıca olası bütün mekan çeşidi, yönelim, malzeme vb. senaryolara sahip mekanların yıllık ısıtma enerjisi ihtiyaçları belirlenerek oluşturulan daha geniş bir veri setiyle, bütün mekanların enerji performansını tahmin eden bu çalışmada sunulan modele benzer ama daha kapsayıcı bir YSA tabanlı sayısal tasarım modeli elde edilebilir.

KAYNAKLAR

Attia, S., Hamdy, M., O'Brien, W., Carlucci, S. (2013). Assessing gaps and needs for integrating building performance optimization tools in net zero energy buildings design. *Energy and Buildings*, 60, 110-124. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.01.016

Choudhary, R., Malkawi, A., Papalambros, P. Y. (2003, August 11-14). A hierarchical design optimization framework for building performance analysis, Proceedings of the Eight International Building Performance Simulation Association (IBPSA) Conference, Eindhoven, Netherlands, (pp. 179-186). http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2003/BS03_0179_186.pdf

Çıltık, A. (2008). *Sayısal tasarım kavramları ve algoritmik düşüncenin mimari tasarıma etkileri*. Master's thesis, Yıldız Teknik Üniversitesi.

ÇŞB. (2015). Thermal insulation application guide. Ankara: Ministry of Environment and Urbanization, 2-3.

de Wilde, P., Augenbroe, G., van der Voorden, M. (2002). Design analysis integration: supporting the selection of energy saving building components. *Building and Environment*, 37, 807-816. https://doi.org/10.1016/S0360-1323(02)00053-7

de Wit, M.S. (2001). *Uncertainty in predictions of thermal comfort in buildings*. Doctoral dissertation, Technical University Delft.

Dominguez-Munoz, F., Cejudo-Lopez, M. J. (2010). Carrillo-Andres A. Uncertainty in peak cooling load calculations. *Energy and Buildings*, 42(7), 1010e8. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.01.013

ECD. (2003). Directive, 2002/91/Ec of the european parliament and of the council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings, 65–71.

Elmas, Ç. (2003). Yapay sinir ağları. *Seçkin Yayıncılık*, Ankara, 21-39. (In Turkish)

Ergezer, H., Dikmen, M., Özdemir, E. (2003). Yapay sinir ağları ve tanıma sistemleri. *Pivolka*, 14-17. (In Turkish)

Haykin, S. (2000). Neural networks: a comprehensive foundation. *New Jersey: Macmillan College Publications Cooperation*.

Hebb, D. O. (1949). The organization of behavior. New York: John Wiley and Sons Inc.

Heiselberg, P., Brohus, H., Hesselholt, A., Rasmussen, H., Seinre, E., Thomas, S. (2009). Application of sensitivity analysis in design of sustainable buildings. *Renewable Energy*, 34:2030e6. https://doi.org/10.1016/j.renene.2009.02.016

Jia, B., Hou, D., Kemal, A., Hassan, I. G., Wang, L. (2021). Developing machine-learning meta-models for high-rise residential district cooling in hot and humid climate. *Journal of Builing Performance Simulation*, 1-21, https://doi.org/10.1080/19401493.2021.2001573

Koo, C., Park, S., Hong, T., Park, H. S. (2014). An estimation model for the heating and cooling demand of a residential building with a different envelope design using the finite element method, *Applied Energy*, 115, 205-215. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.11.014

Lee, J., Kim, J., Song, D., Jang, C. (2013). Impact of external insulation and internal thermal density upon energy consumpti. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 1081-1088. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.087

Li, H., Wang, S., Cheung, H. (2018). Sensitivity analysis of design parameters and optimal design for zero/low energy buildings in subtropical regions. *Applied Energy*, 228, 1280-1091. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.07.023

Magnier, L., Haghighat, F. (2010). Multiobjective optimization of building design using TRNSYS simulations, genetic algorithm, and artificial neural network. *Building and Environment*, 45(3), 739-746. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.08.016

MathWorks. (2018). MatlabV.R2017. http://www.mathworks.com/help/

Oğulata, T. R. (2002). Sectoral energy consumption in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6(5), 471-480. https://doi.org/10.1016/S1364-0321(02)00012-6

Özden, O. (2011). *Sayısal mimarlık uygulamalarının yapım süreçlerinin irdelenmesi*. Master's thesis, Dokuz Eylül Üniversitesi.

Schalkoff, R. J. (1997). Artificial neural networks. *Columbus: McGraw-Hill*.

Susac, M. Z., Sarlija, N., Bensic, M., Tortorelli, S. (2005). Selecting neural network architecture for investment profitability predictions. *Journal of Information and Organizational Sciences*, 29(2), 83-95. https://hrcak.srce.hr/78281

TSE 825. (2013). Binalarda ısı yalıtım kuralları. *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara, Türkiye. (In Turkish)

Wang, W., Zmeureanu, R., Rivard, H. (2005). Applying multi-objective genetic algorithms in green building design optimization. *Building and Environment*, 40(11), 1512-25. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.11.017

Wetter, M., Polak, E. (2004). A convergent optimization method using pattern search algorithms with adaptive precision simulation. *Building Services Engineering Research and Technology*, 25, 327-338. https://doi.org/10.1191/0143624404bt097oa

Wright J, Mourshed M. (2009, July 27-30) Geometric optimization of fenestration. *Proceedings of the 11th International IBPSA Conference*, Glasgow, Scotland.

Yıldırım, B., Demirarslan, D. (2020). İç mimarlıkta yapay zekâ uygulamalarının tasarım sürecine faydalarının değerlendirilmesi. *Humanities Sciences*, 15(2), 62-80. https://dergipark.org.tr/tr/pub/nwsahuman/issue/53884/658790

Yıldız, Y., Arsan, Z. D. (2011). Identification of the building parameters that influence heating and cooling energy loads for apartment buildings in hot-humid climates. *Energy*, 36, 4287-4296. https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.04.013

Performansa Dayalı Yapı Kabuğu Tasarımında Gelişmiş BIM Araçları Kullanımı

Togan Tong [1]; Naime Uslu Güçlü[2]
[1,2]Yıldız Teknik Üniversitesi
[1]togantong@yahoo.com ; [2]nusluguclu@gmail.com

Özet

Zaman içerisinde teknolojinin gelişmesiyle beraber artan farkındalık düzeyi ve bilgi birikiminin sonucu olarak, diğer alanlarda olduğu gibi mimarlıkta da teorik ve pratik tanımlar değişmekte ve yeni enstrümanlar ortaya çıkmaktadır. Ayrıca doğal kaynakların tükenmesi, küresel ısınma, artan çevre kirlilikleri ve doğanın dengesinin bozulması ile beraber önemi gittikçe artan ,en önemli başlıklardan bir tanesi "Sürdürülebilirlik" kavramıdır. 1970'lerin sonunda patlak veren petrol krizleri ile fosil yakıtlarının stoğunun azalması dünya çapında tehlike çanlarını çalmıştır. Tüm alanlarda bu probleme çözüm bulmaya ve enerjiyi daha verimli kullanmaya yönelik çalışmalara önem verilmiştir. Her alanda etkilerini görebildiğimiz sürdürülebilirlik kavramı tabiki mimarlıkta da etkisini göstermiştir. Karşımıza ilk defa 1987'de çıkan "Sürdürülebilir Mimarlık" kavramının toplum, ekonomi ve çevre gibi farklı boyutları olmuştur, bununla beraber sürdürülebilir ürünlerin çoğunu tarifleyen en önemli başlık ise "Performatif Mimarlık" kavramıdır. Daha iyi, daha verimli, daha az enerji harcamayı ve bir çok dahayı bir araya getirip optimize etmeye yarayan performatif mimarlık bir optimizasyon sürecidir. Bu optimizasyonu sağlamada karşımıza çıkan birçok kavram vardır. Ürünü tasarlamaktan ileri giderek süreci tasarlayıp ürünün daha performatif olmasını sağlamaya yönelik atılmış teknolojik adımlar mevcuttur. Tamda bu noktada tasarım sürecinin, tasarımın, tasarının üretilmesinin hatta ve hatta ürünün bakım ve yıkımının bile tasarlanıp kontrol edildiği bir kavramla karşı karşıyayız. BIM yani türkçesiyle Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) performatif ürün almada süreci optimize etmede ve verimliliği sağlamada son dönemlerdeki en büyük aktörlerden bir tanesidir. Son ürünü tasarlamanın ötesinde sürecin tasarlanmasını sağlayan bir olgudur.Cephe, enerji bütçesine ve herhangi bir binanın konfor parametrelerine en önemli katkıyı sağlayan elemanlardan biridir. Fiziksel çevresel faktörlerin kontrolü, ayrıca kullanıcıların konforunu artıran tasarım stratejileri tasarım sürecinde göz önünde bulundurulmalıdır. Yüksek performanslı cephelerin, olumsuz dış çevresel etkileri engellemesi ve iç konforu sağlaması gerekir. Bunu sağlarken minimum enerji tüketimi ile sağlaması, yer ve iklime uygun tasarım stratejilerinin seçiminde çok önemli faktörlerden biri haline gelmiştir. Bu araştırmada, yüksek performanslı cephe tasarımında gelişmiş BIM analiz araçlarından Insight 360'dan faydalanılarak enerji analizleri yapılmış ,değişen parametrelere bağlı enerji kıyaslamaları aynı hacimdeki geometrik bir model üzerinde yapılarak yöntem şeması çıkarılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Yüksek performans cepheler, BIM, Bina performans analizleri, Performatif mimarlık, Parametrik tasarım.*

Use of Advanced BIM Tools for Performance-Based Facade Design

Togan Tong [1]; Naime Uslu Güçlü[2]
[1,2]Yıldız Technical University
[1]togantong@yahoo.com ; [2]nusluguclu@gmail.com

Abstract

As a result of increasing awareness and knowledge with the development of technology over time, theoretical and practical definitions change in architecture as in other fields, and new instruments emerge. In addition, with the depletion of natural resources, global warming, increasing environmental pollution and deterioration of the balance of nature, one of the most important headings is the concept of "Sustainability". The oil crises that broke out at the end of the 1970s and the decrease in the stock of fossil fuels rang the alarm bells around the world. Emphasis has been placed on efforts to find solutions to this problem and to use energy more efficiently in all areas. The concept of sustainability, whose effects we can see in every field, has of course also shown its effect in architecture. The concept of "Sustainable Architecture", which first appeared in 1987, has different dimensions such as society, economy and environment, however, the most important title that describes most of the sustainable products is the concept of "Performative Architecture". Performative architecture, which is better, more efficient, consumes less energy and brings together and optimizes many more, is an optimization process. There are many concepts that come up in this optimization. There are technological steps taken to design the process and make the product more performative by going beyond designing the product. At this point, we are faced with a concept in which the design process, the design, the production of the design, and even the maintenance and destruction of the product are designed and controlled. BIM, or Building Information Modeling (BIM) in Turkish, is one of the biggest actors in optimizing the process and providing efficiency in obtaining performative products. It is a phenomenon that enables the design of the process beyond designing the end product. The facade is one of the elements that make the most important contribution to the energy budget and comfort parameters of any building. Control of physical environmental factors, as well as design strategies that increase the comfort of users should be considered during the design process. High-performance facades must prevent negative external environmental effects and provide interior comfort. While providing this with minimum energy consumption, it has become one of the most important factors in the selection of design strategies suitable for the location and climate. In this research, energy analyzes were made by using Autodesk Insight 360, which is one of the advanced BIM analysis tools in high-performance facade design, and the method diagram was drawn by making energy comparisons based on changing parameters on a geometric model of the same volume.

Keywords: *High performance envelopes, BIM, Building performance analysis, Performative architecture, Parametric design.*

1. Performatif Mimarlık

Mimari performans güngeçtikçe artan çevre bilinci ve bilgi birikiminin sonucu olarak daha da önem kazanmaktadır. Ancak mimaride performans belli bir tanımdan yada kavramdan oluşmamaktadır. Performans farklı kişiler için farklı şeyler ifade eder ve farklı rolleri beraberinde getirir, bu yüzdende iç içe geçmiş bir çok tanımdan oluşur. Mimari tasarım bina tasarımının ötesinde, günlük hayatta karşımıza çıkan yapıların, eşyaların, yolların, bitkilerin yerleşiminin en büyük ölçekten (kent ölçeği gibi), en küçük ölçeğe (obje tasarımı gibi) kadar serüveni olan, işlevsel nedenlere dayanarak kurgulanmasıdır. Bu işlevsel nedenlere dayandırarak kurgulanması kavramı işte performatif mimarlığı tanımlayan noktalardandır. İşlevselliği teknik fonksiyonellik ve ergonomik fonksiyonellik olarak derinleştirebiliriz.

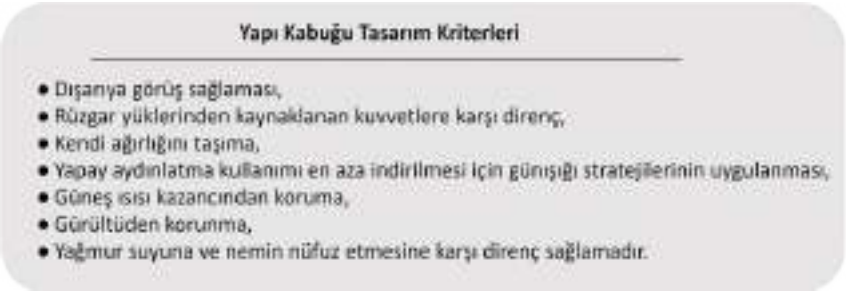
Performatif mimarinin, büyük ölçüde pratik bir dizi soruna bir dizi pratik çözüm geliştirmenin basit bir yolu olarak görülmemesi gerektiğine dikkat etmek önemlidir. Başka bir deyişle, mimariye bir tür neo-işlevselci yaklaşıma indirgenmemelidir. Vurgu, bir uçta kültürel performans gibi soyutluklara dayanan performatif tasarım stratejilerine dayanan biçim oluşturma süreçlerine kaymaktadır. Diğer yandan yapı, akustik veya çevresel tasarım gibi bina tasarımının ölçülebilir ve nitelendirilebilir performatif yönlerinde. Belirli bir projedeki farklı performans yönlerini belirlemek ve genellikle çelişen performans hedeflerini yaratıcı ve etkili bir şekilde uzlaştırmak, mimariye yönelik bu yeni ortaya çıkan yaklaşımdaki temel zorluklardan bazılarıdır (Kolorevic, 2005).

1.1. Performatif Yapı Kabuğu Özellikleri

Cephe herhangi bir binanın enerji bütçesine ve konfor parametrelerine en önemli katkıyı sağlayan elemanlardan bir tanesidir. Fiziksel çevresel faktörlerin kontrolü, bina sakinlerinin konforunu artıran tasarım stratejilerinin yanı sıra tasarım sürecinde de dikkate alınmalıdır. Yüksek performanslı cepheler, olumsuz dış çevresel etkileri engellemeli ve minimum enerji tüketimi ile iç konfor koşullarını korumalıdır ve yer, iklim, uygun tasarım stratejilerinin seçilmesinde önemli faktörlerden biri haline gelir (Aksamija,A.,2005).

Bina cepheleri iki işlevi yerine getirir: birincisi, bir binanın içini dış ortamdan ayıran bariyerlerdir; ve ikincisi, diğer bileşenlerden daha fazla binanın imajını oluştururlar. Yüksek performanslı sürdürülebilir cepheler, konforlu bir iç ortam sağlamak için mümkün olan en az miktarda enerji kullanan ve bina sakinlerinin sağlığını ve üretkenliğini destekleyen dış muhafazalar olarak tanımlanabilir. Bu, sürdürülebilir cephelerin sadece iç ve dış arasındaki engeller olmadığı anlamına gelir; daha ziyade, binanın dış ortamına aktif olarak yanıt vererek rahat alanlar oluşturan ve binaların enerji tüketimini önemli ölçüde azaltan bina sistemleridir. Bu, sürdürülebilir cephelerin sadece iç ve dış arasındaki engeller olmadığı anlamına gelir; Binanın dış ortamına aktif olarak yanıt vererek konforlu alanlar oluşturan ve binaların enerji tüketimini önemli ölçüde azaltan bina sistemleridir. Yüksek performanslı bina koruyucularının tasarım sürecinde iklime özgü yönergeler dikkate alınmalıdır.

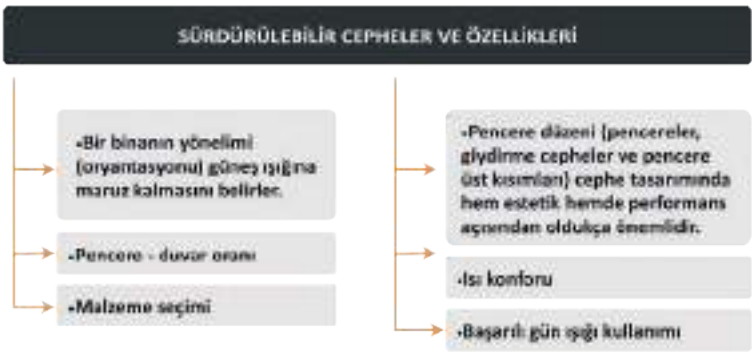
Sürdürülebilir, yüksek performanslı yapı kabuklarının tasarlanması için mimarların ve tasarımcıların izlediği strateji ve yaklaşımlar oldukça hayati önem arz eder. Bu yapı kabuğu iç ve dış ortam arasında bariyer görevi görür ve çok önemli görevleri yerine getirmesi beklenir. Bu görevler aşağıda bahsedilmiştir (**Şekil 1**).



Şekil 1: Yapı Kabuğu Tasarım Kriterleri (Yazarlar Tarafından Üretilmiştir)

Enerji tasarruflu, sürdürülebilir bina cephelerinin özellikleri nelerdir? Bir binaya gün ışığının girmesine izin verme; binaya istenmeyen güneş ısısının girmesinin önlenmesi; ısıyı duvarın kütlesi içinde depolamak; iyileştirilmiş yalıtım yoluyla ısı transferinin önlenmesi; cepheden hava veya nemin geçmesini önlemek; ve binanın içini soğutmak için doğal

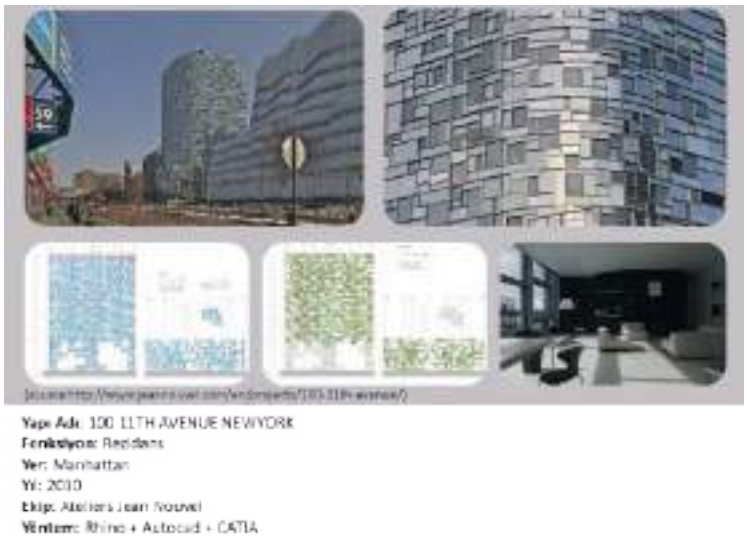
havalandırmanın sağlanması. Bu özellikler büyük ölçüde iklime ve bir binanın işlev doluluk modellerine, yönelimine ve ekipman yüklerine ve cephe tipine bağlıdır. Aşağıda Sürdürülebilir cepheler ve özellikleri yer almaktadır (**Şekil 2**).



Şekil 2: Sürdürülebilir Cepheler ve Özellikleri (Yazarlar Tarafından Üretilmiştir)

1.2. Yüksek Performanslı Cephelere Örnekler

Manhattan'da bulunan Ateliers Jean Nouvel'in 2010 yılında tamamlanan (**Şekil 3**) 21 katlı apartman dairesi çeşitli yazılım birlikte çalışabilirliği de gerektiren BIM'in uygulanmasına yenilikçi bir yaklaşımı temsil ediyordu (Eastman ve diğerleri, 2008). Eastman ve arkadaşlarına göre, ikonik giydirme cephenin cephe danışmanları Font Inc, bu bina için tasarımının ilk aşamalarından itibaren Dijital Projeyi (DP) kullandı ve bu platformdan sadece tüm bilgileri güncellemekle kalmadılar. Giydirme cephe ürünleri ile ilgili olarak, aynı zamanda proje üyelerinin geri kalanıyla da değiş tokuş yapıldı. Tasarımların estetik değerinden ödün vermeyecek rasyonel sistemlerini belirlemek için parametrik modelleme kullanıldı. Süreç, birkaç farklı yazılım programı kullanmalarını gerektirdi. Mimarlardan Rhinoceros'ta geliştirilen eğimli cam panellerin poligonal temsillerini içeren bir 3D model aldılar. Rhino modeline göre tasarımcının amacını Dijital Projede uyguladılar. Beyer Blinder Belle (BBB), çelik ve cam cephe hariç, inşaat için tüm belgeleri üretti. Cephenin ayrıntılı kesitinin üretimi için Font Inc ve BBB arasındaki koordinasyon, belge aktarımının birçok yineleme döngüsünü gerektirdi. Font Inc, PDF belgelerini teslim edecek ve BBB, bilgileri AutoCAD dosyalarında geri gönderecekti. AutoCAD'den alınan iki boyutlu bilgiler daha sonra DP'ye aktarıldı. Son olarak, Çin'deki imalatçı için Font Inc., CATIA'da bir 3D model sağladı. Robot ve Strand, çerçeveleme sisteminin yapısal analizi için de yol boyunca kullanıldı. Bu amaçla, iki simülatörün okuması için DP dosyasının IGES formatında dışa aktarılması gerekiyordu (Nouvel,J.,2022).



Şekil 3: 100 11th Avenue Newyork (Nouvel,J.,2022)

Kuveyt Üniversitesi Eğitim Fakültesi; güçlü, bireysel bir kimliğe sahip, öğrenme topluluğunu teşvik eden, öğrenci merkezli bir ortam sunar (**Şekil 4**). Tüm sınıflara, ofislere ve ana sirkülasyon alanlarına gün ışığı sağlayan son derece sürdürülebilir bir tasarım sağlanmıştır. Tasarım sırasında gerçekleştirilen enerji modellemesi, diğer enerji verimli tasarım stratejileriyle birlikte cephe tasarımının, ASHRAE 90.1-2004 standardı tarafından öngörülen temel bir binaya kıyasla binanın enerji tüketimini %21 oranında azaltacağını göstermiştir. Cephe tasarımı ayrıca güneş ısısı kazancının %82'sini ortadan kaldırmıştır. ABD Yeşil Bina Konseyi tarafından LEED Altın derecesini almıştır. Cephenin karmaşık geometrisi, görüldüğü gibi, binayı yoğun güneş radyasyonundan gölgelemek için en uygun kesme açılarına ayarlanmış entegre gölgeleme elemanları kullanmıştır (Fieldman,A.,2022).



Şekil 4: Kuveyt Üniversitesi Eğitim Fakültesi (Fieldman,A.,2022)

Herzog ve De Meuron'un Hamburg'da açtığı konser salonunda (**Şekil 5**) CAD-BIM işbirliği gerekliydi. Projenin kalbi olan Büyük Salon, akustikçi Yasuhisa Toyota ile işbirliği içinde son derece gelişmiş ve özel olarak geliştirilmiş benzersiz bir ses yayan yüzey desenine sahiptir (Architizer, 2016). "Tek renkli mercan resifini" andıran 10.000 benzersiz alçı fiber panelden oluşan oda, parametrik tasarım ve üretim tekniklerinin bir ürünüdür (Stinson, 2017). Mimarlar, Büyük Salon'un yüzey deseni için, onu akustik özelliklerin mümkün olan tüm konumlarda aynı olduğu mükemmel bir dağınık alana dönüştürecek dijital verileri oluşturmak üzere sözleşme yaptı. Daha sonra, bir milyon ses yayan hücre, Rhinoceros üzerinde hesaplamalı olarak oluşturuldu ve daha sonra alçı fiber levha paneller üzerine CNC ile frezelenmiştir (Architizer, 2016). Çekirdek CAD yazılımında geliştirilirken, HOCHTIEF ViCon tarafından BIM'de binanın genel bir modeli de oluşturuldu. Projenin ilk aşamalarından itibaren, 3B model düzenli olarak güncellendi ve geometrik çakışmaların ve çarpışmaların analizi için temel girdi görevi gördü (Hochtıef Vicon, 2015).



Şekil 5: Elbphilharmonie (Herzog,2016)

2. Performatif Yapı Kabuğu Tasarımında BIM Süreçleri

"Mimaride hiçbir şey ayrı problemlerle uğraşmak kadar tehlikeli değildir. Hayatı ayrı problemlere bölersek, iyi bir yapı sanatı yapma olanaklarını da böleriz".

- Alvar Aalto

Alvar Aalto'nun bu sözünde de vurguladığı gibi binaları farklı problemlere bölerken bazı zorlukların doğma ihtimalini arttırıyoruz. Buda bizi bütünleşik tasarımın önemi noktasına getiriyor. Mimarlar ve tasarımcılar için geçmişten günümüze inceleyecek olursak binaların hayal edilme, yapılma ve deneyimlenme yollarında teknolojinin gelişmişlik düzeyine paralel olarak belirgin farklılıklar bulunmaktadır.

Bu farklılıkların detayına indiğimizde belirgin dönüm noktaları olduğu görülmektedir. Bilgisayar teknolojilerinin gelişimi bu zaman çizelgesinde önemli bir dönüm noktasıdır. Büyük projelerin büyük ekiplerin bir araya gelip ürün oluşturduğu yapı sektörü bilginin en yoğun olduğu sektörlerdendir. Binalar ve alt yapılar oldukça karmaşıklardır ancak onların inşa edilemeleri ve projelerin yürütülmesi binalardan ve alt yapıdan çok daha karmaşıktır. Çok fazla girdinin ve parametrenin olduğu proje süreci en başından en sonuna kadar bir çok bilginin üretildiği, çok fazla revizyonun olduğu, çok fazla kişinin ekiplerin paydaşların birlikte çalıştığı bir sistemdir. Bu bilgilerin herkes tarafından kolay takip edilebilir ve ulaşılabilir olması projenin başarısını arttırmaktadır. Teknolojinin gelişmesi bu bilginin üretilip, aktarılıp, depolanıp, değiştirilerek güncel tutulmasında yani paydaşlar arasında bilgi iletişimini sağlamada çok önemli bir araçtır. Zaman içerisinde bu amaca hizmet eden araçlar ve sistemler teknolojik gelişmelere paralel olarak farklılıklar göstermektedir. **Şekil 6**'da BIM ile proje yaşam döngüsündeki tasarım araçlarının gelişmişlik düzeyi ve performans grafiği içerdikleri proje detaylarına göre kıyaslanmıştır. **Şekil 7**'de ise BIM Boyutları açıklanmıştır.



Şekil 6: BIM Olgunluk Seviyeleri Diyagramı (Yazarlar Tarafından Üretilmiştir)

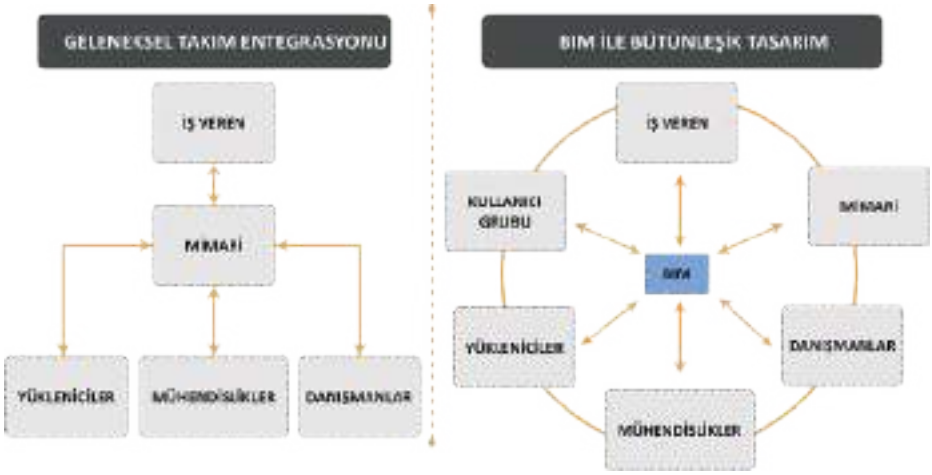


Şekil 7: BIM Boyutları (Yazarlar Tarafından Üretilmiştir)

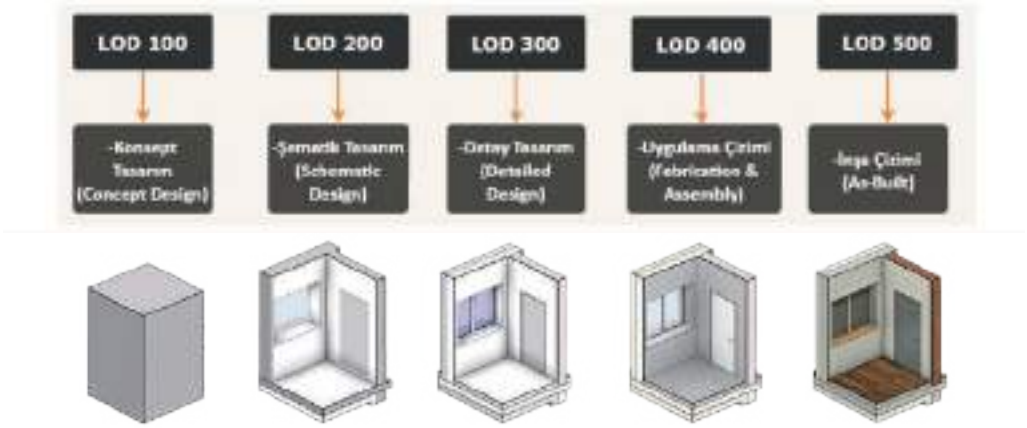
"Analiz alışkanlığı edinin - analiz zamanla sentezin zihninizin alışkanlığını haline gelmesini sağlayacaktır."
- Frank Lloyd Wright.

Bir tasarım paradigması olarak yapı performansına yönelik mevcut ilgi, büyük ölçüde sürdürülebilirliğin tanımlayıcı bir sosyo-ekonomik sorun olarak ortaya çıkmasından ve teknoloji ve kültür teorisindeki son gelişmelerden kaynaklanmaktadır. Böylesine geniş bir bağlam içinde çerçevelenen performansa dayalı tasarım; finansal, mekansal, sosyal ve kültürel alanlardan tamamen teknik alanlara kadar (yapısal, termal, akustik vb.) gibi çok geniş bir şekilde tanımlanabilir. Bu terimlerden anlaşılacağı üzere; performansa dayalı tasarım veya performatif mimari, ayrıca her bir projenin performansla ilgili belirli yönlerine bağlı olan evrensel amaçları olan bir "üst anlatı" olarak tanımlanabilir (Cross & Maver,1973).

Bina performansını değerlendirmek ve optimize etmek için, farklı analiz döngüleri entegre bir tasarım sürecinin parçası olmalıdır (Punjabi & Miranda, 2005). Analiz aşaması, programlama aşaması kadar erken bir tarihte, iklim bilgisi, yönelim ve bina kütlesi gibi bağlamsal yönlere odaklanmalıdır. Daha sonra kavramsal ve şematik aşamalarda, analiz, çevredeki binaların gölgelenmesi ile uyumlu olarak cephe için önerilen tüm güneş gölgeleme yöntemini dikkate almalıdır. Genel olarak, günışığı çalışmalarının yanı sıra güneşliklerin farklı tasarım seçeneklerinin yinelemeli bir döngüsü analiz edilmelidir. Buradaki kararlar, projenin dış tasarım karakterini, potansiyel enerji kullanımının azaltılmasını etkilediği ve mekanların içindeki konfor seviyelerini etkilediği için tasarım üzerinde büyük etkiye sahiptir. Vurgulanması gereken önemli olan, bu tür bir analizin çoğunlukla tasarım geliştirme sırasında ve daha az inşaat dokümantasyonu aşamasında gerçekleşmesidir. Geleneksel ve bütünleşik tasarımda farklı iş akışları söz konusudur (**Şekil 8**). BIM projesinde planlanan proje evrelerinde ve tasarım aşamalarında farklı detay modelleme gereksinimleri bulunmaktadır (**Şekil 9**).



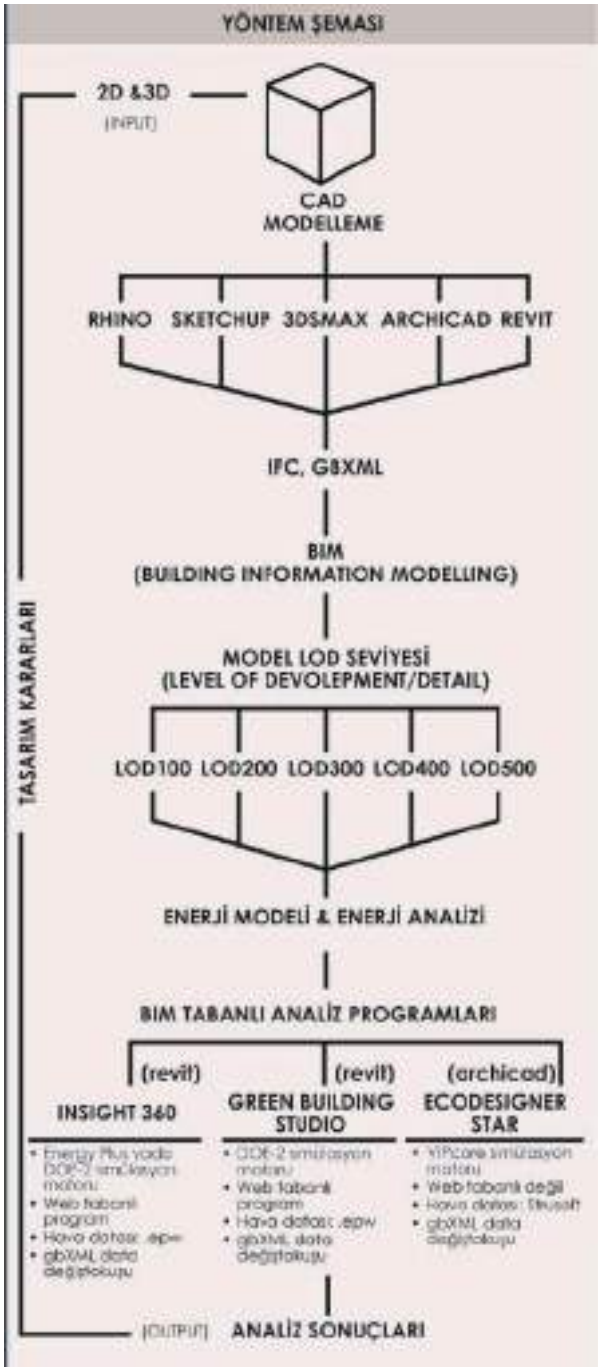
Şekil 8: Geleneksel & Bütünleşik Tasarım Kıyaslaması (Yazarlar Tarafından Üretilmiştir)



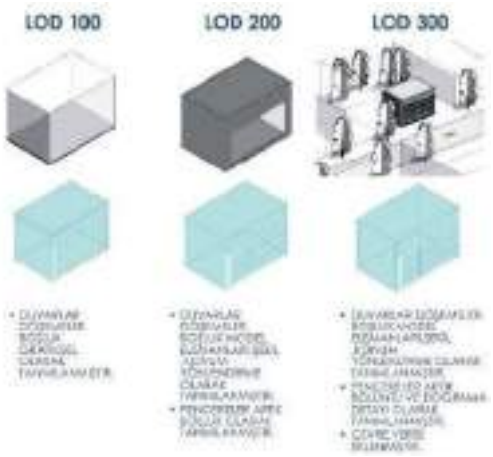
Şekil 9: LOD Farkları (Pons,2012)

3. Yöntem Şeması ve Sonuçların Kıyaslamaları

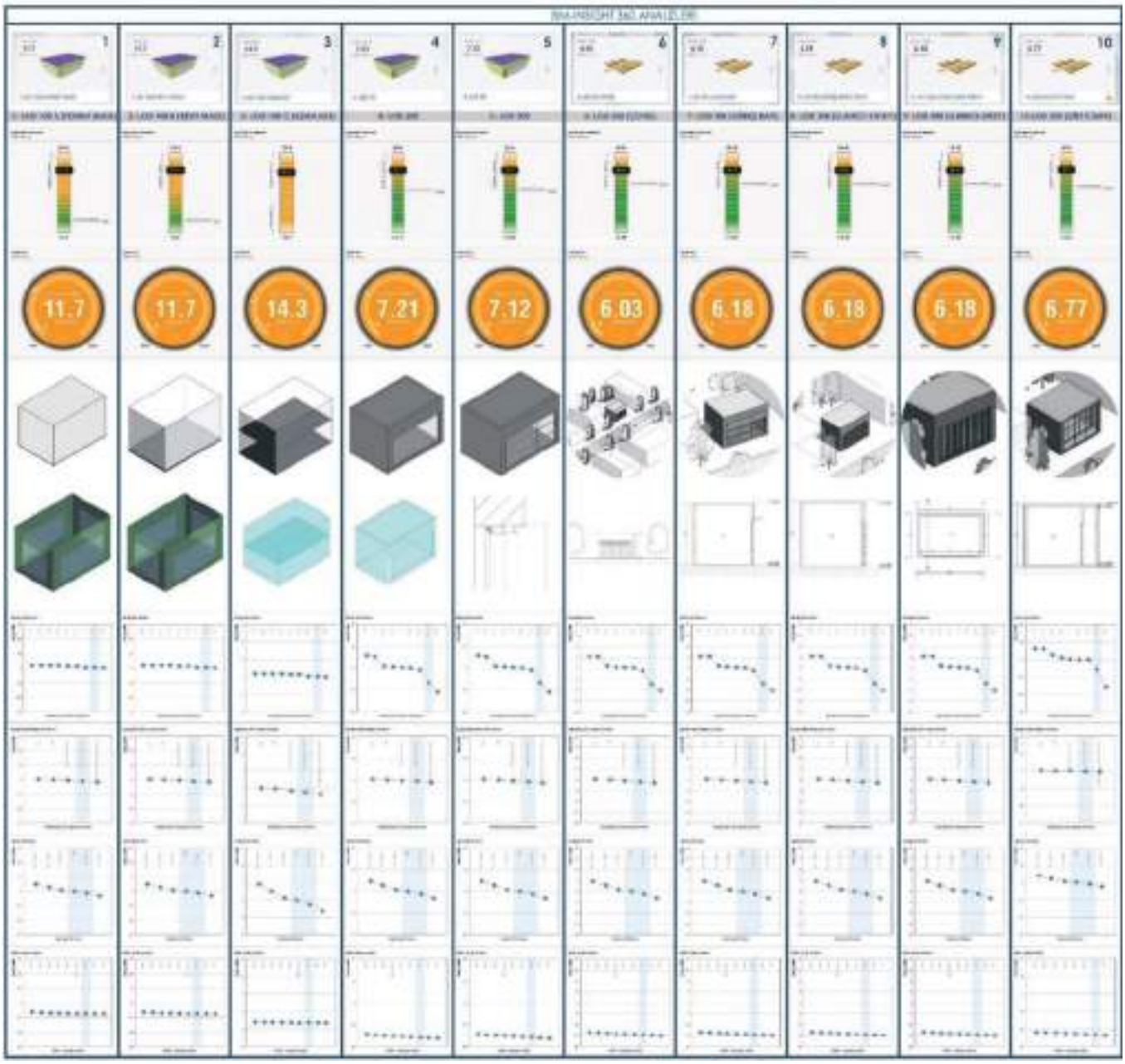
Bu bölümünde değişen LOD seviyeleri ve tasarım kriterlerine bağlı Insight 360 ile yapılan enerji analiz kıyaslamaları yapılmıştır. Belirli bir hacimdeki bir geometrinin değişen parametrelere bağlı enerji değerleri kıyaslanmıştır. Yöntem olarak 3 boyutlu oluşturulan ufak bir geometrinin enerji analiz süreci aşağıdaki yöntem şemasında gösterilmiştir (**Şekil 10**).



Şekil 10: Yöntem Şeması (Yazarlar Tarafından Üretilmiştir)



Şekil 11: LOD100, 200,300 temel farklılıklar (Yazarlar Tarafından Üretilmiştir)



Şekil 12: Alternatiflerin Enerji Analiz Sonuçları Kıyaslaması (Yazarlar Tarafından Üretilmiştir)

4. Sonuçlar

Öneri 1'de (**Şekil 12**) Formit Mass'de üretilmiş geometrinin enerji analiz sonuçları yer almaktadır. Öneri 2'de Revit Mass'den alınan geometrinin sonuçları yer almaktadır. Farklı 2 programdan alınmasına rağmen bu iki sonucun enerji analiz sonuçlarının aynı olması BIM ortamında formitin iyi çalıştığını göstermektedir. Öneri 3'de aynı geometride asma kat eklenerek enerji sonucu kıyaslanmıştır. Öneri 4'de LOD 200'e geçilmiştir. Öneri 5'de LOD 300 e geçilmiştir. Öneri 6'de çevre verileri işlenmiştir. Öneri 7'de güneş rafı eklenmiştir. Öneri 8'de yatay güneş kırıcı eklenmiş Öneri 9'da ise dikey güneş kırıcı eklenmiştir. Öneri 10'da ise çift cidar eklenmiştir. Tüm bu öneri alternatiflerinde aynı hacimde bir geometri kullanılmış farklı LOD seviyelerinde enerji analiz sonuçları kıyaslanmıştır (**Şekil 11**). Tasarımın farklı aşamalarında girdiğimiz girdiler aslında enerji analiz sonuçlarında nasıl farklılıklar doğurduğu ufak bir birim üzerinde etkisi kıyaslanmıştır. Tasarımın girdileri ne kadar erken tasarımın ilk aşamalarında karar verilirse enerji analizleri de o kadar doğru sonuç verecektir.

Teşekkür

Her zaman benim için yol gösterici ve ilham verici olan, eğitim hayatım boyunca desteklerini esirgemeyerek çalışmalarımın geliştirilmesine katkı sağlayan, tez danışmanım çok kıymetli hocam Doç. Dr. Togan Tong'a çok teşekkür ediyorum.

KAYNAKLAR

Aksamija, A. (2017). Integrating innovation in architecture: Design, methods and technology for progressive practice and research. John Wiley & Sons.

Maver, T. (1971). Computer Aided Design Appraisal

Maver, T. (2002). Predicting the Past, Remembering the Future

Cross, N. , Maver, T. (1973). Computer Aids for Design Participation

Kolarevic, B. (2004). Back to the Future: Performative Architecture International. Journal of Architectural Computing, 2(1).

Kolarevic, B. (2003). Computing the Performative in Architecture, 21th eCAADe.

Raman, M. (2008). Performative Architecture Beyond Instrumentality; sustainable design: An american perspective

Aksamija, A. (2015). Design methods for sustainable, high-performance building facades

Aksamija, A. (2013).Sustainable Facades: Design Methods for High-Performance Building Envelopes. Wiley, ISBN: 9781118549759.

Oral,G. , Yener, A. , Bayazit, N. (2004). Building envelope design with the objective to ensure thermal visual and acoustic conditions.

Klein, T. (2013). Integral Facade Construction: Towards a new product architecture for curtain walls. TU Delft

Aksamija, A. (2009). Context based design of double skin facades:climatic consideration during the design process

Su, X. Zhang, X. (2010). Environmental performance optimization of window–wall ratio for different window type in hot summer and cold winter zone in china based on life cycle assessment," Energy and buildings, vol. 42, no. 2, pp. 198– 202.

Feng, G. , Chi, D. , Xu, X., Dou, B., Sun, Y., Fu, Y. (2017). Study on the influence of window-wall ratio on the energy consumption of nearly zero energy buildings," Procedia Engineering, vol. 205, pp. 730–737.

Alwetaishi, M. (2019). Impact of glazing to wall ratio in various climatic regions: A case study, Journal of King Saud University-Engineering Sciences, vol. 31, no. 1, pp. 6–18.

Pons, O., Aguado, A. (2012).Integrated value model for sustainable assessment applied to technologies used to build schools in catalonia, spain," Building and Environment.

Nouvel,J. / Ateliers Jean Nouvel (2022,Mayıs 22). 100 11th Avenue Newyork,Usa. Retrieved Mayıs 21, 2022, from http://www.jeannouvel.com/en/projects/100-11th-avenue/

Fieldman,A. / Anthony Fieldman (2022,Mayıs 22). Kuwait University Colloge of Education, Retrieved Mayıs 21, 2022 from https://www.anthonyfieldman.com/kuwait-university-college-of-education

Herzog & de Meuron / Elbphilharmonie Hamburg (2016, Aralık 26). ArchDaily. Retrieved Mayıs 21,2022. ,from https://www.archdaily.com/802093/elbphilharmonie-hamburg-herzog-and-de-meuron, ISSN 0719-8884

5. OTURUM

PARALEL OTURUM 1

Akıllı Kent Hizmetleri İçin Hizmet Menüsü Önerisi

Çisem Yaşin [1]; Sena Kaynarkaya [2]
[1,2] İstanbul Teknik Üniversitesi;
[1]cildir@itu.edu.tr;, [2]kurkcuoglus@itu.edu.tr

Özet

Dünya nüfusundaki hızlı artışla beraber şehirlerin, toplumsal ihtiyaçları karşılamak için değişmesi, gelişmesi ve en önemlisi dijitalleşmesi kaçınılmaz hale gelmektedir. Günümüz kentleri, dijitalleşme sürecinde akıllı kentlere doğru evrilirken, vatandaşın bu dönüşüme ayak uydurmasını ve akıllı kent hizmetlerine erişimini sağlayacak olan temel araç, yerel yönetimlerin sunduğu çevrimiçi platformlardır. Bu platformlar arasında, yerel yönetimlerin farklı hizmetler özelinde geliştirdiği mobil uygulamalar, internet forumları ve belediyelerin kendi resmi internet siteleri sayılabilmektedir. Akıllı kentlerin temel bileşenlerinden olan akıllı yönetişim stratejileri yardımıyla, büyük nüfuslu şehirlerdeki, hizmet arzının hızının ve kalitesinin düşmesi ve yerel yönetimler ile kentli arasındaki diyaloğun zayıflaması gibi sorunlarla baş edilmesi hedeflenmektedir. Akıllı yönetişim uygulamalarıyla; kentlilerin, kentle ilgili karar verme, tasarım ve veri üretimi süreçlerine yaşadıkları kentin aktif bir paydaşı olarak doğrudan katılımı mümkün kılınmaktadır. Türkiye'deki akıllı kent olma çabasındaki yerel yönetimlerin internet siteleri incelendiğinde kentli ile kurulan iletişimin büyük ölçüde tek yönlü bilgilendirmeye dayalı olduğu, sunulan çevrimiçi hizmet sayısının ise oldukça sınırlı kaldığı görülmektedir. Çalışma kapsamında, akıllı belediye web siteleri için, vatandaş katılımının farklı biçim ve düzeylerde desteklenebileceği bir arayüz ve hizmet menüsü içeriği önerilmektedir. Bu amaçla ilk olarak, Türkiye'den ve Dünya'dan Akıllı Belediyelerin internet siteleri üzerinden sundukları hizmetler, kullandıkları web arayüzleri ve siteleri oluştururken kullandıkları bilgi mimarisi tekrar tekrar incelenmiştir. Hizmet menüsü oluşturulurken; çevrimiçi ortamda – mesai saatlerinden bağımsız olarak – vatandaşların haftanın her günü ve her saati erişebilecekleri elektronik hizmet çeşitliliğinin artırılmasının yanı sıra, kentlilerin aktif katılımını teşvik edecek hizmet sayısının iyileştirilmesine de çaba gösterilmiştir. Önerilen dijital arayüz ve hizmetler, bir web sitesi prototipi üzerinden farklı yaş ve meslek gruplarından katılımcılarla test edilmiş ve sonuçları paylaşılmıştır. Kullanıcı testleri esnasında katılımcılara, zorluk seviyesinin giderek artacağı şekilde, geliştirilen prototip site içinde gezinerek gerçekleştirebilecekleri sekiz görev tanımlanmıştır. Çalışmanın son bölümünde, katılımcıların kendilerine verilen görevlerle nasıl başa çıktıkları ve zorlandıkları durumlar özetlenmiş; yerel yönetim web sitelerinin tasarımı ve hizmet sunumu ile ilgili olarak dikkat edilmesi gereken hususlar ifade edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Akıllı kent hizmetleri, Yönetişim, Vatandaş katılımı, Akıllı kentler.*

A Service Menu Proposal for Smart City Services

Çisem Yaşin[1]; Sena Kaynarkaya [2]
[1,2] İstanbul Technical University;
[1]cildir@itu.edu.tr;, [2]kurkcuoglus@itu.edu.tr

Abstract

With the rapid increase in the world population, it is inevitable for cities to change, develop and most importantly, digitalize to meet social needs. While today's cities evolve toward smart cities in the digitalization process, the main tool that will enable citizens to keep up with this transformation and access smart city services is the online platforms offered by local governments. Among these platforms, mobile applications developed by local governments for different services, internet forums, and official websites of municipalities can be counted. With the help of smart governance strategies, which are one of the basic components of smart cities, it is aimed to deal with problems such as the decrease in the speed and quality of service supply is largely populated cities and the weakening of the dialogue between local governments and citizens. With smart governance practices; the direct participation of the citizens in the decision-making, design, and data production processes of the city as an active stakeholder of the city, they live in is made possible. When the websites of the local governments in Turkey's efforts to become a smart city are examined, it is seen that the communication with the citizens is largely based on one-way information, and the number of online services offered is quite limited. Within the scope of the study, an interface and service menu content are proposed for smart municipality websites, where citizen participation can be supported in different forms and levels. For this purpose, firstly, the services offered by Smart Municipalities from Turkey and the World over their websites, the web interfaces they use, and the information architecture they use while creating the sites have been repeatedly examined. While creating the service menu; In addition to increasing the variety of electronic services that citizens can access every day and every hour of the week - regardless of working hours - in the online environment, efforts have also been made to improve the number of services that will encourage the active participation of the citizens. The proposed digital interface and services were tested with participants from different age and occupational groups over a website prototype and the results were shared. During the user tests, the participants have defined eight tasks that they could perform by navigating through the developed prototype site, with increasing difficulty levels. In the last part of the study, how the participants coped with the tasks assigned to them and the situations they had difficulties were summarized; points to be considered regarding the design and service delivery of local government websites have been expressed.

Keywords: *Smart city services, Governance, Citizen participation, Smart cities.*

1. Giriş

Dünya genelindeki hızlı kentleşme ve kentsel alanlardaki nüfus artışı, kentlerin sürdürülebilir ve adil yönetim sürecini her geçen gün biraz daha güçleştirmektedir. Kentler, nüfusla beraber artan altyapı, enerji, temiz su, beslenme, istihdam, eğitim, sağlık, barınma ihtiyaçları ile sürekli bir mücadele halindedir. Bunun yanı sıra iklim değişikliğinin sebep olduğu afetler, küresel salgınlar, göçler, dijital dönüşümle birlikte artan enerji, iletişim ve yüksek teknoloji altyapısı ihtiyacı ve çevresel kirlilik gibi konular da kentler için çözülmesi gereken yeni sorunlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Şehirler ve devletler, çeşitli teşvik mekanizmaları yoluyla destekledikleri akıllı kent çözümleri ile bu sorunların üstesinden gelmeyi amaçlamaktadır. Üniversiteler bünyesinde faaliyet gösteren teknoloji parklarının, kuluçka ve Ar-Ge merkezlerinin destekleri ile geliştirilen akıllı kent uygulamaları, akademik çalışmalarını akıllı kentler üzerine yapmak üzere istihdam edilen genç araştırmacılar, konu ile ilgili düzenlenen toplantılar ve sempozyumlar bunlar arasında sayılabilir.

Kentleri birçok alt sistemden oluşan karmaşık bir mekanizma olarak düşünmek mümkündür. Bu sistemlerden bazıları kent yönetimleri tarafından sağlanması beklenen temel altyapı ve hizmetlere yönelik iken, bazıları doğrudan vatandaşların erişimine açık hizmetlerin sunumuna yönelik olarak tasarlanmaktadır. Türkiye'deki yerel yönetimlerin kentli ile kurdukları iletişimin, büyük ölçüde, internet siteleri üzerinden bilgilendirme boyutunda kaldığı görülmektedir. Hâlbuki akıllı kentlerin en önemli bileşenlerini; veri, bu veriyi işleyecek ileri teknoloji ve insan sermayesi olarak sıralamak gerekirse, kent ile ilgili verilerin toplanması sürecinde kentlilerin aktif ve/veya pasif olarak yapacağı her türlü katkının önemi de yadsınamaz olacaktır. Bu çalışma kapsamında ilk olarak, kentlilerin doğrudan katkı sağlayabileceği hizmet sayısının nasıl artırılabileceği sorgulanmış ve belirlenen hizmetler kentli ile etkileşim düzeylerine göre sınıflandırılmıştır. Sonrasında, kentlilerin söz konusu hizmetlere erişimini kolaylaştırması öngörülen bir hizmet menüsü önerilmiştir.

2. Akıllı Kent Bileşenleri

Kentsel alanlardaki nüfusun sürekli olarak artması her zaman kent planlaması ile ilgili sorunlara neden olmaktadır. Kentin kendini organize eden bir sistem mi olduğu yoksa büyümesine müdahale edilmesi ve planlanması gereken bir sistem mi olduğu tartışması 1800'lerden beri devam etmektedir. 19. yüzyıl sonlarına doğru Amerika'da yaşanan ekonomik krizle birlikte değişen yaşam koşulları, kırsal alanların çekici fakat bir o kadarda sıkıcı oluşu ve tüm bunların toplumu yeni yaşam alanları arayışına itmesi ve otomobil kullanımlarındaki artışın getirdiği otoyol yapımları günümüz kentlerinin temelini oluşturmaya başlamıştır.

Hızla artan dünya nüfusu doğal çevreyi, kaynakları ve yaşamın geleceğini etkilerken, teknolojik gelişmelerin de yardımıyla, yeni kent konseptleri ortaya çıkmaktadır. Endüstri devrimi ile artan sanayileşme, ekonomi ve doğal yaşamı etkilemeye başlamıştır. Kırsal alanlardaki imkânsızlıklar ve kentlerdeki ekonomik potansiyeller toplumları kırsal alanlardan kent merkezlerine göç etmeye zorlar hale gelmiştir. Kent merkezlerinde yaşayan nüfusun artışı doğal kaynakların tükenmesi, sera gazı emisyonunun, çevre kirliliğinin ve karmaşanın artması sürdürülebilir ve akıllı kent fikrini ortaya çıkarmıştır. "Akıllı Kent" (Smart City) kavramının evrensel bir tanımı bulunmamasına rağmen Giffinger vd. göre akıllı kent (2007); bağımsız ve farkında olan vatandaşların varlıklarının ve etkinliklerinin akıllı kombinasyonu üzerine inşa edilmiş, ekonomi, insanlar, yönetişim, hareketlilik, çevre ve yaşam alanlarında ileriye dönük bir performans gösteren bir kent modeli olarak tanımlanabilmektedir. Kentsel nüfusun beraberinde getirdiği sorunlar zaman geçtikçe daha karmaşık bir hal almaktadır. Akıllı kent, çok katmanlı bileşenlerden oluşan bir sistem ile karmaşık kentsel sorunlara çözümler bulmayı hedeflemektedir. İçerisinde bulundurduğu disiplinler irdelendiğinde sadece teknolojik sistemlere dayanmayan; çevrenin, sürdürülebilirliğin, düzenin ve en önemlisi insanın ön planda olduğu bir kavramdır.

Bu bağlamda, 'akıllı' terimi kentsel gelişme ile ilgili her türlü performansı iyileştirmeye yönelik sistemlerden beslenmektedir. Akıllı kentleri oluşturan bileşenler farklı kaynaklarda kısmen farklı tanımlara sahip olsa da yaygın olarak Giffinger ve diğerlerinin tanımladığı altılı sınıflandırma kullanılmaktadır (**Şekil 1**). Bu sınıflandırmaya göre akıllı kenti oluşturan her akıllı katman en önemli yönlerini yansıtan 31 alt katmandan oluşmaktadır.



Şekil 1: Akıllı Şehir Bileşenleri (Giffinger vd., 2007).

Akıllı şehir kavramında ortak bir paydada buluşulamaması ihtiyaçlara göre şekilleniyor olması ile ilişkilendirilmektedir. Bu nedenle akıllı kent bileşenleri; "akıllı" olarak nitelendirilecek kentin sahip olduğu coğrafi, kültürel, ekonomik vb. özelliklere göre şekillenmektedir. Türkiye özelinde düşünüldüğünde, 2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı kapsamında Akıllı Şehir bileşenleri 17 kategoride ele alınmıştır: Akıllı Çevre, Akıllı Güvenlik, Akıllı İnsan, Akıllı Yapılar, Akıllı Ekonomi, Akıllı Mekân Yönetimi, Akıllı Sağlık, Akıllı Yönetişim, Bilgi Teknolojileri, Akıllı Ulaşım, Akıllı Enerji, İletişim Teknolojileri, Bilgi Güvenliği, Akıllı Altyapı Afet ve Acil Durum Yönetimi, Coğrafi Bilgi Sistemleri (https://www.akillisehirler.gov.tr/akilli-sehir-bilesenleri/).

2.1. Akıllı İnsan

Dünyanın farklı bölgelerindeki pek çok şehirde insanların yaşam koşulları farklılık göstermektedir. Son yıllarda yapılan çalışmaların arttığı akıllı şehirlerin bulundukları ülkelerin ihtiyaç ve gelişimlerine göre şekillenmesinin nedeni de yaşam kalitesini artırma çabasıdır (Mcbridge, Cingolani and Hammerschmid, 2022). Bu ihtiyaçların temelinde kentin nihai kullanıcıları bulunmaktadır. Bu nedenle çok sayıda veri hakkında alınan bilinçli kararların değerlendirildiği akıllı kent bileşenlerinden biri de "Akıllı İnsandır". Bu nedenle etkileşimli sistemlerin yanı sıra geri bildirim mekanizmalarını içeren akıllı şehirlerde vatandaşların rolü oldukça güçlüdür. Akıllı insanlar, iyi eğitimli, meraklı, teknoloji kullanımına yatkın ve kentsel konulara ilgili toplumlar olarak tanımlanabilmektedir (Tomor et al, 2019). Akıllı insanlar daha demokratik ve çevre bilinci yüksek kişilerden oluşmaktadır. Akıllı şehirlerde insanın rolüne ilgi büyük olmasına rağmen tasarım, üretim ve karar verme süreçlerinde dünya genelinde uygulaması çok fazla değildir. Bunun nedeni toplumun her kesiminin eğitim düzeyinin ve teknolojiye yatkınlığının aynı olmamasıdır. Önemli olan yönetişim organları ile iletişimi uyumlu gruplar aracılığı ile sağlamaktır.

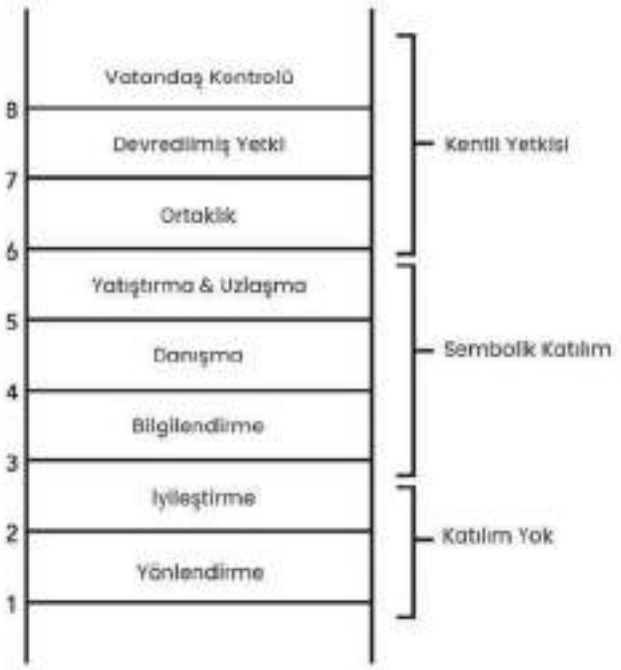
2.2. Akıllı Yönetişim

Akıllı yönetişim; kentlerin yerel düzeyde yönetilmesinden sorumlu, paydaşlar ile etkin bilgi paylaşımı bulunan, şeffaf ve katılımcı rolünün güçlü olduğu örgütsel yaklaşımdır. Akıllı şehir özelinde değerlendirildiğinde devlet organizasyonu, vatandaş katılımı ve teknolojiden oluşan üç bileşenden oluşmaktadır (Tomor et al, 2019). Akıllı kentlerin işleyişinin temelini vatandaş ve yönetim iş birliği oluşturmaktadır. Bu nedenle yerel yönetimlerin vatandaş katılımına açık, duyarlı ve teknolojik donanımlara sahip olması gerekmektedir.

Günümüzde yerel yönetimlerin vatandaşla olan ilişkisi değerlendirildiğinde sadece bilgilendirme düzeyinde kaldığı görülmektedir. Akıllı yönetişimin sağlıklı işleyebilmesi geri bildirim süreçlerine bağlıdır. Fakat teknoloji kullanımı, eğitim düzeyi ve siyasete olan ilgi katılım düzeyini etkilemektedir. Dijital arayüzler ile iletişimi güvenli bulmayan pek çok katılımcı bulunmaktadır. Bu nedenle akıllı yönetişim kentlerin geleceği için çok önemli bir yere sahip olmasına rağmen, uygulama süreçlerinde vatandaştan beklenen katılım sağlanamayabilmektedir. Yüz yüze iletişimin daha güvenilir olduğu düşünülen toplumlarda dijital araçların aktif kullanımı söz konusu olamamaktadır. Bu nedenle katılımcının doğrudan muhatap olduğu yerel yönetimlerin internet siteleri, uygulamaların işlevselliğini ve katılım düzeyini etkilemektedir (Coleman et al, 2008; Zheng, 2015; Hong, 2015).

3. Akıllı Kent Hizmetleri

Bu bölümde akıllı kent bileşenleri altındaki hizmetler belediyeler tarafından sağlanan hizmetler özelinde genişletilerek ele alınacaktır. Yerel yönetimler tarafından vatandaşa sunulan akıllı kent hizmetleri etkileşim düzeylerine göre; interaktif hizmetler, tek yönlü bilgi akışının olduğu hizmetler ve vatandaşa doğrudan bilgi akışı olmayan hizmetler olarak üçe ayrılmaktadır. Bu sınıflandırma Arnstein'ın (1969), Katılım Merdiveni ile de paralellik göstermektedir (**Şekil 2**). Akıllı kent olma iddiasındaki yerel yönetimlerin birçoğunda hala kentli dahiliyeti, Arnstein'ın merdiveninin en alt basamaklarına denk gelen tek yönlü bilgi akışı ile sağlanmaktadır. Bilgilendirme her ne kadar katılımın bir boyutu olsa da etkin bir yönetişim için, kent ve kentli arasında kurulacak doğal ve karşılıklı bir diyalogun geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 2: Katılım Merdiveni (Arnstein, 1969).

Yönetim sürecinde toplumun farklı kesimlerinden birey ve topluluklar ile iletişim ve etkileşimin arttırılması olarak da tanımlayabileceğimiz yönetişim; akıllı kent bileşenlerinin tanımlanması ile ilgili yürütülen çalışmaların tümünde kendine yer bulabilmiş, akıllı bir kent olmanın temel gereksinimlerinden biridir. Günümüzde akıllı kent kavramının yanında, geleceğin kentlerinin başarılı bir şekilde yönetilebilmesinin en olası yolu olarak ifade edilen "duyarlı kent" kavramını benimseyen kent yönetimleri ve akademik çalışmalar öne çıkmaktadır.

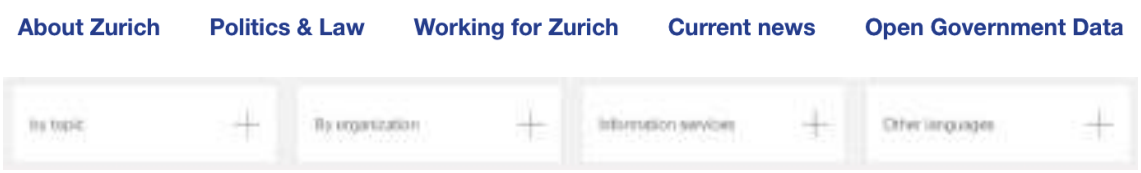
Teknoloji ve internetin geleneksel yönetişim anlayışını değiştirmeye başladığı ve çevrimiçi vatandaş iş birliğini teşvik ettiği konusunda araştırmalar hem fikirdir. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin yerel yönetim sitelerinde sıkça kullanımının ve gelişmiş arayüz geometrilerinin çevrimiçi katılımı olumlu etkilediği görülmektedir (Royo et al, 2014; Torres et al,2006). Fakat akıllı yönetişimin temel taşı olan vatandaş katılımı, teknolojik gelişmelere rağmen tek yönlü bilgilendirmeden öteye geçmemektedir.

3.1. Dünya'da ve Türkiye'de Yerel Yönetim Düzeyinde Sunulan Hizmetlerin Karşılaştırmalı İncelenmesi

Dünya üzerinde pek çok ülke değişen kent anlayışına ayak uydurmak için kentleri akıllı kent bileşenleri ile planlamanın yanında, akıllı kent sistemlerini mevcut kentlerine de entegre etmeye çalışmaktadır. Akıllı kent bileşenlerini yerel yönetimlerine dahil etmek için çalışmalar yürüten kent örneklerinden Toronto'nun ve Zürih'in internet sitelerinde pek çok hizmete ayrıntılı olarak yer verildiği görülmektedir. Kovid-19 salgınının kent yaşamına etkisi kullanıcı arayüzünde açıkça görülürken iki örnekte de kullanıcı etkileşimi olsun ya da olmasın kent hakkındaki tüm bilgiler paylaşılmaktadır. Kullanıcının aktif rolünün önemsendiği ve teşvik edildiği bu iki kentin internet sitesinde vatandaşların bilgi ve katılım ihtiyaçları doğrultusunda hazırlanmış hızlı erişim menüleri de yer almaktadır (**Şekil 3, Şekil 4**).



Şekil 3: Akıllı Kent Toronto'nun hızlı erişim menüsü (https://www.toronto.ca).



Şekil 4: Akıllı Kent Zürih'in hızlı erişim menüsü (https://www.stadt-zuerich.ch/portal/de/index.html).

Yerel ölçekte, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından başarılı akıllı belediye örneği olarak gösterilen Fatih ve Esenler Belediyelerinin kentli ile doğrudan ya da dolaylı olarak etkileşim kurduğu hizmet sayısı oldukça azdır. Belediyelerin kendi altyapılarında kullanıcı ile etkileşimi artırmak için çalışmaları bulunmasına rağmen internet sitelerinde ve yönetim politikalarında vatandaşın aktif rol aldığı hizmetler sınırlıdır. İnternet sitelerinde bulunan hızlı erişim menülerinde vatandaşların özellikle kullandığı birkaç hizmet dışında aktif katılımı pekiştirecek başlıklar bulunmamaktadır (**Şekil 5, Şekil 6**).



Şekil 5: Fatih Belediyesinin hızlı erişim menüsü (https://www.fatih.bel.tr/tr-TR/).



Şekil 6: Esenler Belediyesinin hızlı erişim menüsü (https://esenler.bel.tr/).

Hızlı erişim menüsü bulunan diğer bir belediye ise İstanbul Büyükşehir Belediyesidir. Site arayüzünde vatandaşın bilgi alabileceği kaynaklara yönlendirildiği menüler bulunmasına rağmen, istenilen bağlantıya ulaşmak için her seferinde farklı bir site ara yüzene yönlendiriliyor olması oldukça kafa karıştırıcıdır. Kullanıcıların tekrar tekrar yeni internet sitelerine uyum sağlamaları gerekmektedir. Bunların yanı sıra akıllı kentlerin en önemli özelliği olan vatandaş katılımı İstanbul ölçeğinde bakıldığında örnek olarak gösterilen belediyelerde bilgi vermeden öteye geçmemektedir. Dahası karmaşık siteler ve menüler nedeni ile kullanıcıların katılım isteği azalmaktadır. Site içerisinde sunulan hizmet sayısı fazla olmasına rağmen erişim bakımından değerlendirildiğinde kullanımı oldukça karmaşıktır (**Şekil 7**).



Şekil 7: İstanbul Büyükşehir Belediyesinin hizmetler menüsü (https://www.ibb.istanbul/).

3.2. Kent Hizmetlerinin Sunumunda Kullanılan Web Arayüzlerinin Tasarımı

Yerel yönetimler ve genel anlamda tüm devlet kurumlarının, internet siteleri üzerinden vatandaşa sundukları çevrimiçi hizmetler söz konusu olduğunda; yerel yönetimlerin işleyişi ve sunduğu hizmetlerle ilgili – ya da daha teknik anlamda – bilgisayar ve internet kullanımı ile ilgili farklı bilgi ve kavrayış düzeylerinden her türlü kullanıcı tarafından erişilebilir olması gerekmektedir. En nihayetinde, kullanıcısı tarafından erişilemeyen hizmetlerin kente ve kentliye hiçbir faydası yoktur.

Yerel e-hizmetlerin etkin sunumuyla ilgili yürütülen daha önceki çalışmalarda, kurumların internet siteleri tasarlanırken izlenmesi gereken temel kullanılabilirlik ölçütleri belirlenmeye çalışılmıştır (Chrisholm, vd., 1999; Stowers, 2002; Holzer ve Kim, 2006; Baker, 2009; Youngblood ve Youngblood, 2013). Bu ölçütler belirlenirken, sunulan hizmetler kadar, web arayüzlerinin tasarımının ve arkasındaki bilgi mimarisinin önemine de dikkat çekilmiştir. Stowers (2002), yerel yönetimlerin internet siteleri için kullanılabilirlik belirleyicilerini altı başlıkta özetlemiştir: (1) sunulan hizmet çeşitliliği, (2) kullanıcı desteği, (3) uygun yönlendirmeler, (4) sitenin resmiyetini vurgulayan ögeler (“gov” uzantısı gibi), (5) bilgi mimarisi ve (6) farklı kullanımlara uyum (görme, işitme vb. sorunları yaşayan kullanıcılar).

Bütün kamu kurum ve kuruluşları içerisinde yerel yönetimler; kente ilişkin sorunları – kentlilerin de farklı şekil ve düzeylerde dahil edildiği – aşağıdan yukarı bir anlayışla ele alabilecek, kentliyle diyaloğu en güçlü kurumdur. Bu nedenle internet sitelerinin, yönetişimi ve katılımı destekleyen araçları barındırması önemlidir. Holzer ve Kim (2006), belediyelerin dijital yönetişim kabiliyetlerini değerlendirdikleri çalışmalarında, güvenlik, kullanılabilirlik ve sunulan dijital hizmet içeriğinin yanı sıra çevrimiçi ortamda vatandaş katılımını teşvik eden uygulamaları da göz önünde bulundurmuşlardır. Çalışma kapsamında vatandaş katılımını ölçerken göz önünde bulundurdukları değerlendirme ölçütleri aşağıdaki gibidir (Holzer & Kim, 2006):

- Yorum ve geri bildirim alanı
- Haberler
- Çevrimiçi bülten ve mesajlaşma imkânı
- Yürütülen politikalarla ilgili çevrimiçi tartışma forumu
- Kentle ilgili konuların tartışıldığı planlı e-toplantılar
- Çevrimiçi anket ve oylama
- Senkronize (gerçek zamanlı) video
- Vatandaş memnuniyet anketi
- Çevrimiçi karar verme araçları
- Performans ölçüleri, standartlar, karşılaştırma ölçütleri
-

Conroy ve Cowley (2006), kentlerin planlama sürecinde çevrimiçi vatandaş katılımını teşvik etmek üzere bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanarak oluşturulmuş 10 araçtan bahsetmektedir. Bu araçlar yardımıyla; kentlilere imar yönetmeliklerinin, şehir planlarının, farklı işlemler için ihtiyaç duyabilecekleri çeşitli dokümanların, planlama toplantılarına ait gündemlerin ve tutanakların aktarılabileceği; geliştirilen coğrafi bilgi sistemleri aracılığıyla konuma göre sorgulama yapılabileceği; kullanıcıların e-postaları üzerinden haber paylaşımı ve canlı yayınların gerçekleştirilebileceği; web sitesinin farklı dillerde sunulabileceği ifade edilmiştir.

Kentle ilgili süreçlerde vatandaş katılımını artırmak için bu ve benzeri araçların kullanımı, olumlu olsa da kullanıcıların sadece tek yönlü katılımına izin verir durumdadır. Buna alternatif daha güncel bir yaklaşım olarak “Duyarlı Kent (Responsive City)”, kentlilerin yaşadıkları şehirle aktif paylaşım içinde oldukları, veriye dayalı akıllı bir yönetişim modeli önermektedir (Goldsmith ve Crawford, 2014). Bu yaklaşımı benimseyen yerel yönetimlerden biri olan Stadt Zurich, internet sitesinde, vatandaşların kentsel veri üretim süreçlerine dahil olabileceği hizmetlere yer vermiştir.

4. Yerel Yönetimler İçin Hizmet Menüsü Önerisi

Türkiye’de ve dünyada incelenen hizmet menüleri doğrudan site içerisinde değil farklı sayfalara yönlendirme yaparak çalışmaktadır. Bu durum kullanıcı için sürekli bir arayışa sebep olmaktadır. Akıllı kent sistemlerinin beslendiği temellerden biri olan vatandaş katılımı, Türkiye’deki yerel yönetimler tarafından istenilen ölçüde sağlanamamaktadır. Çalışma kapsamında, kentlerin içerisinde bulunduğu dijital dönüşüm sürecinde vatandaşın akıllı kent hizmetlerine kolay ulaşabilmesinin yanında, doğrudan katılım sağladığı hizmet sayısını artırabilecek bir hizmet menüsü alternatifi sunulmuştur. Önerilen erişim menüsü farklı yaş ve eğitim düzeylerinden kişilerin katılımıyla kullanıcı testlerine tabii

tutulmuştur. Testin başında kullanıcılara tamamlamaları gereken görev tanımları yapılmış ve süreç araştırmacı tarafından izlenmiştir.

4.1. Hizmet Menüsü İçeriğinin ve Web Arayüzünün Oluşturulması

Çalışma kapsamında, incelenen yerel yönetimlerin internet sitelerinde yer alan hizmetlerin ayrıntılı dökümü yapılmış ve sonrasında bu hizmetler vatandaşla kurulan etkileşim düzeylerine göre ayrıştırılmıştır (**Şekil 8**). Yerel yönetimlerin kendi iç işleyişi ile ilgili hizmetler ve müdürlükler çalışma kapsamı dışında tutulmuştur.

Birçok farklı alanda hayatın merkezine yerleşen bilgisayar teknolojileri akıllı kentlerin temelini oluşturmaktadır. Akıllı kentlerin sürdürülebilir olabilmesini sağlamanın en kolay yolu ise insan odaklı hale getirmekten geçmektedir. Toplum ve hükümetlerin kesişim kümesini oluşturan yerel yönetimler vatandaşların aktif rol üstlenmesinde önemli yere sahiptir. Bu nedenle Hizmet menüsü içeriği oluşturulurken; kentlilerin günlük yaşamlarında ihtiyaç duyabilecekleri hizmetlerin çevrimiçi ortamda sunuşunun yanı sıra, vatandaşların kentin yönetim ve karar alma süreçlerine etkin katılımının da teşvik edilmesi hedeflenmiştir. Böylece kent yönetimi ve vatandaş arasında çift yönlü bilgi ve hizmet akışının sağlanabileceği bir yönetişim anlayışı benimsenir iken aynı zamanda akıllı kent ve kullanıcı ilişkisi daha güçlü hale gelecektir. Ayrıca Tasarlanan sitenin arayüzü, yerel yönetimin kentliyle kurduğu iletişim kadar, kentlilerin birbirleriyle etkileşimlerini de artıracak, kent içindeki paylaşma ve yardımlaşma kültürünü destekleyecek bir platform olarak ele alınmaya çalışılmıştır.



Şekil 8: Hizmetlerin yerel yönetim ve vatandaşlar arasındaki etkileşim biçimlerine göre sınıflandırılması (Kaynarkaya, Yaşin)

Çalışma kapsamında geliştirilen hizmet menüsünün temelini ilişkiler ve etkileşim düzeyleri oluşturmaktadır. Ana sayfada ziyaretçileri karşılayan hizmet menüsü, yerel yönetimler tarafından yürütülen birbirinden farklı hizmetleri içerecek şekilde, on ana başlıkta kurgulanmıştır. Vatandaşın hem doğrudan hem de dolaylı katılım sağlamasını sağlamak amacı ile tasarlanan bu hizmet menüsü içerisinde bulunan alt başlıklar sayesinde daha zengin hale gelmektedir. Kentlilerin yaşadıkları kentle ilgili alınacak kararlarda ya da gerçekleştirilecek uygulamalarda söz sahibi olmasını ve süreçlere doğrudan katılımını destekleyen hizmetlerin bir arada sunulduğu "Kentini Yönet" akıllı belediyecilik için olması gereken en önemli başlıklardan biridir. 'Sosyal Hizmetler' başlığı altında, belediyelerin sunduğu hizmetlere ek olarak, vatandaşları birbirleri ile buluşturan, birbirleriyle yardımlaşmalarına olanak tanıyan hizmetlere de yer verilmiştir. Benzer şekilde, 'Gençlik ve Spor' hizmetleri kapsamında kurgulanabileceği düşünülen Bilgi Evlerinde; farklı yaş gruplarından öğrencilerin internet sitesi üzerinden oluşturabilecekleri çalışma grupları aracılığıyla bir arada çalışabilecekleri ve zorlandıkları konularda birbirlerine destek olabilecekleri öngörülmüştür. Bunlara ek olarak, vatandaşların savundukları bir konu hakkında destekçi bulmak üzere kampanya başlatabilecekleri; evcil hayvanlarının bakımını, bisikletlerini, park yerlerini, verilerini paylaşabilecekleri düzlemlerin kurgulanmasına gayret edilmiştir.

Önerilen hizmet menüsü kapsamında tek yönlü bilgi akışının olduğu hizmetlere de yer verilmiştir. Örneğin; 'Afet ve Acil Durum' başlığı altında, acil durum öncesi, acil durum anı ve acil durum sonrası yapılacaklar konusunda bilgilerin aktarılabileceği; 'Enerji Bilgi Sistemi' altında kentlilerin enerji tüketimlerini ve olası kesintileri takip edebileceği düşünülmüştür. Tek yönlü sunulan hizmetler arasında cenaze, halk eğitim ve veteriner hizmetleri gibi yerel yönetimler tarafından vatandaşa doğrudan temini sağlanan hizmetleri de saymak mümkündür.

Yerel yönetimlerin vatandaşlarına sunduğu ve sunabileceği hizmetlerin ayrıntılı dökümü yapıldıktan sonra, çevrimiçi ortamda sağlanması planlanan bu hizmetlerin erişilebilirliği kurgulanan bir internet sitesi prototipi üzerinden sorgulanmıştır. Söz konusu internet sitesinin tasarımı esnasında, kentlilerin hizmet menüsüyle ilk karşılaşma alanı olan ana sayfa üzerinde yoğunlaşılarak, site içerisindeki diğer sayfalar kullanıcılara verilmesi planlanan görevler doğrultusunda geliştirilmiştir.

Tasarlanan ana sayfada kullanıcıya sunulan yedi temel etkileşim alanı bulunmaktadır. Bu alanlar; (1) güncel haberler ve duyuruların görülebildiği kaydırıcı galeri, (2) yaklaşan etkinlik haberleri, (3) hizmet menüsü, (4) hızlı erişim bağlantıları, (5) site içi arama kutusu, (6) yerel yönetime bağlı tüm birim ve müdürlüklerin listesine ulaşabilecekleri bir hamburger menü simgesi ve (7) 'Bize Yazın' mesaj kutusudur (**Şekil 9**). Ana sayfa farklı seviyelerde bilgisayar kullanma deneyimine sahip kullanıcıların tamamının tek seferde kolayca kavrayabileceği şekilde organize edilmeye çalışılmıştır.



Şekil 9: Kullanıcı testi için tasarlanan ana sayfa arayüzü (Kaynarkaya, Yaşin)

4.2. Hizmet Erişilebilirliğinin Ölçülmesi

Şehirlerin artan nüfusu ve hizmet beklentileriyle başa çıkabilmek adına 'akıllı kent' uygulamalarına hız veren yerel yönetimlerde, e-hizmet kategorilerinin artması kadar, internet üzerinden sunulan bu hizmetlerin erişilebilirliği de üzerinde durulması gereken bir konudur. Türkiye'deki internet kullanıcısı sayıları incelendiğinde, 69,95 milyon kişi ile Dünya genelinde 15. Sırada yer aldığı görülmektedir (https://www.statista.com/statistics/262966/number-of-internet-users-in-selected-countries/). Ülke nüfusuna oranlandığında (https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2021-45500), nüfusun %83 gibi önemli bir yüzdesinin internet servislerinden faydalandığı anlaşılsa da söz konusu yerel yönetim düzeyinde sunulan çevrimiçi hizmetler olduğunda kullanıcılar aradıklarını bulma konusunda yeterli pratiğe sahip değildir.

Yerel yönetimlerin çevrimiçi ortamda kullanıcılarına sağladığı akıllı kent hizmetlerinin erişilebilirliğinin ölçülebilmesi amacıyla, farklı yaş ve meslek gruplarından toplam 28 kişiyle kullanıcı testleri gerçekleştirilmiştir (**Tablo 1**). Katılımcıların %60 gibi önemli bir yüzdesi üniversite seviyesinde eğitime sahip iken, %20'si ilk ve ortaokul mezunudur.

Testler kullanıcılarla birebir olarak yüz yüze yürütülmüştür. Test sırasında, katılımcıların bilgi ve izinleri dahilinde, test ekranı kayıt altına alınmış, süreç araştırmacı tarafından eş zamanlı olarak gözlenmiştir.

Tablo 1: Kullanıcı testi katılımcılarının başarı oranları (Kaynarkaya, Yaşin)

		Testi Tamamlama Oranı (%)					**Başarı**
		0	***25***	***50***	***75***	***100***	**Ort.**
15-24	Öğrenci	-	-	-	1	1	87.5%
25-34	Çalışmıyor	1	-	-	1	-	
	İktisatçı	-	-	-	-	1	
	Avukat	-	-	-	-	1	
	Doktor	-	-	-	-	1	
	C. Savcısı	-	-	-	-	1	
	Gelir uzmanı	-	-	-	1	-	78.6%
35-44	İç mimar	-	-	-	-	1	
	Tasarımcı	-	-	-	-	1	
	Satış Personeli	-	-	-	-	1	
	Öğretmen	-	-	-	-	2	100.0%
45-54	Emekli muhasebeci	-	-	-	1	-	
	Nakliyeci	1	-	-	-	-	
	Temizlik Personeli	-	1	-	-	-	
	Antikacı	-	-	1	-	-	
	Satış Personeli	-	-	-	1	-	
	Ev hanımı	-	-	1	-	1	53.6%
55-64	Esnaf	-	-	-	-	2	
	Öğretmen	-	-	-	1	-	
	Ev hanımı	-	-	1	-	1	85.0%
65+	Esnaf	1	-	-	-	-	
	Emekli	1	-	-	-	-	0.0%
	Toplam:	4	1	3	6	14	
	(%)	14%	4%	11%	21%	50%	

Yürütülen kullanıcı testleri kapsamında her katılımcıya aynı 8 görev tariflenmiştir (**Şekil 10**). Bu görevler belirlenirken, kullanıcının katetmesi gereken aşamalar ve tıklama sayıları dikkate alınmıştır. Görevler kentlilerin günlük yaşamlarında ihtiyaç duyabilecekleri hizmetler göz önünde bulundurularak seçilmiştir. Görevler katılımcılara aktarılırken, zorluk derecesinin giderek artacağı şekilde bir ilerleme hedeflendi ise de test esnasında katılımcıları zorlayan unsurlar değişkenlik göstermiştir.



Şekil10: Kullanıcılara verilen görevler (Kaynarkaya, Yaşin)

4.3. Kullanıcı Testlerinin Değerlendirilmesi

Gerçekleştirilen kullanıcı testleri kapsamında görevler, teker teker ve belirli bir süre kısıtlaması olmadan verilmiştir. Katılımcıların görevleri ne kadar sürede ve ne kadar başarı ile yerine getirdikleri gözlenmiştir. Görevler mümkün olduğu kadar zorluk seviyesi giderek artacak şekilde aktarılmaya çalışılsa da katılımcıların büyük bir çoğunluğu, yaş ve meslek grubu fark etmeksizin, ilk görevi tamamlarken zorlanmıştır. Bu durum, kullanıcıların arayüzle ilk kez karşılaşıyor olmaları ile açıklanabilir. Katılımcıların (özellikle 55 yaş altı katılımcılar), menü içerisinde gezinirken gördükleri başlıkları hatırladıkları ve ilerleyen görevlerde aradıklarını daha kolay buldukları gözlenmiştir.

Kullanıcı testleri kullanıcıların yaş aralığına göre değerlendirildiğinde; 55 yaş üstü bazı kullanıcılar teste dahil olmak istememiş, 15-45 yaş aralığındaki kullanıcılar ise daha yüksek başarı sergilemiştir. Eğitim seviyesinin ve dijital platformlara hakimiyetin de testteki başarı oranı ile doğrudan ilişkili olduğu anlaşılmıştır. Katılımcılar, genel anlamda, görevleri tüm sayfayı gözden geçirerek değil, doğrudan hizmet menüsü üzerinden yaptıkları aramalar ile gerçekleştirme eğilimi göstermişlerdir. Katılımcılara verilen ilk iki görev için hızlı erişim bağlantıları ana sayfada verilmiş olmasına rağmen, çoğunun ilk olarak hizmet menüsüne yöneldiği görülmüştür.

Menü isimlendirmeleri için kullanılan ifadelerin ve kelime seçimlerinin, verilen görevlerin başarıyla tamamlanabilmesi adına, çok önemli olduğu anlaşılmıştır. Sunulan hizmet ile bağlı olduğu üst başlıkların birbirleriyle ilişkilendirilemediği durumlarda, kullanıcıların ihtiyaç duydukları hizmete erişirken zorlandıkları görülmüştür. Bu duruma örnek olarak, cenaze hizmetleriyle ilgili görevi tamamlamaya çalışırken- istisnasız- bütün test katılımcılarının, ilk önce 'Sosyal Hizmetler' başlığına yönelmesi gösterilebilir. Hizmet menüleri ayrıntılı olarak incelenen belediyelerde, cenaze hizmetlerinin sağlık işleri birimine bağlı olarak yürütülmesine rağmen, katılımcıların bu görevi 'Sağlıklı Yaşam' menüsüyle ilişkilendiremediği gözlenmiştir (**Şekil 11**).



Şekil 11: Sağlıklı Yaşam Kategorisinin içeriği (Kaynarkaya, Yaşin)

Benzer şekilde, eğitim desteği verme görevi katılımcılar tarafından 'burs' kelimesiyle ilişkilendirildiği için, bağış sayfasının bağlantı butonu ile 'burs başvurusu yap' butonları arasında ve yine, atık kutusu talep etme görevi esnasında, talep butonuyla 'en yakın atık kutuları' butonu arasında ikileme düşenler olmuştur. 'Plan değişiklikleri ile ilgili bilgi alma' görevi sırasında da söz konusu bilginin geleneksel yöntemlerle belediyelerde askıya çıkan imar planları aracılığıyla edinilebileceğini bilmeyen kullanıcılar için, 'askıda plan' ifadesi yabancı kalmıştır. 'Vatandaş temsilcisi ol' görevini Kentini Yönet kategorisinde içerisinde aramalarına rağmen, Bize Katılın seçeneği ile değil Halk Toplantıları seçeneğiyle ilişkilendirmişlerdir.

Aradığı hizmeti ilk birkaç denemede bulamayan katılımcıların küçük bir kısmı site içi arama kutusunu kullanmayı tercih etmiştir. Site içi arama yapan katılımcılardan birisi askıya çıkan planları inceleyebilmek adına arama kutusuna 'imar durumu' anahtar kelimesini yazarak arama yapmış, fakat site prototip halde olduğu ve içerisinde imar durumu ile ilgili herhangi bir yazılı metin bulunmadığı için, ilgili hizmet sayfasına ulaşamamıştır. Buradan, arama kutusunun etkin kullanılabilmesi için, aranan hizmet sayfasında söz konusu hizmetle ilgili olabilecek kavram, terim ve ifadelere metin içerisinde yer verilmesi gerektiği anlaşılmaktadır.

Bilgisayar ve internet kullanım pratiği daha az olan katılımcılar arayüzde gezinirken zorluk yaşamıştır. Teste katılan katılımcılardan birisi 'atık kutusu talep et' görevini tamamlamaya çalışırken, ekranı aşağı kaydıramadığı için ilgili menü başlığını görememiş ve diğer başlıklara yönelmiştir. Ayrıca, verilen görev sırasında sayfadaki etkileşimli formu fark edemeyen, fark ettikten sonra ise formu nasıl dolduracağı konusunda güçlük çeken katılımcılar olmuştur. Benzer bir durum kent bostanlarından birine kayıt olmalarını gerektiren görev esnasında da görülmüştür. Katılımcılar ilgili hizmeti doğru kategori ve sayfa içinde aramalarına rağmen yerini bulmakta zorlanmışlardır.

Test sırasında, yerel yönetimlerin sunduğu hizmetlerle ilgili yeterli bilgiye sahip olmamanın da etkileri görülmüştür. Test sonunda katılımcılar arasında, tamamladıkları test ile ilgili olarak, yerel yönetimlerin sunduğu (ve potansiyel olarak sunabileceği öngörülen) hizmetler hakkında bilgi edindiklerini ifade edenler olmuştur. Bu anlamda, kamu kurumu web sitelerinin, acemi bir kullanıcının dahi aradığını bulabileceği sadelikte bir arayüze sahip olması ve çevrimiçi hizmet çeşitliliğini artırması önemlidir. Aksi takdirde, birkaç başarısız deneme sonrasında, kullanıcıların web sitesini kullanım tercih ve eğilimlerinde bir gerileme olması kaçınılmazdır.

5. Sonuçlar

Kentlerde yaşayan insan sayısı artarken; İstanbul gibi büyük metropollerde yaşayan insanların ihtiyaç ve taleplerinin hızlı bir şekilde anlaşılması ve kent içinde müdahale gerektiren sorunlu alanların tespit edilmesi konularında zorluk yaşanmaktadır. Yerel yönetimler tarafından uygulamaya konulan akıllı kent sistemleri ne kadar gelişmiş olursa olsun, kentli ihtiyaçlarının anlaşılması noktasında, kentliler tarafından erişilemediği müddetçe etkin bir performans sergileyememektedir. Türkiye ölçeğinde bakıldığında yerel yönetimlerin internet sitelerinde vatandaşa sunulan akıllı kent hizmetlerinin büyük çoğunluğu bilgi vermeden öteye geçememektedir. Bu çalışma kapsamında tasarlanan hizmet menüsü ile vatandaşın kent hakkında daha fazla bilgi sahibi olmasının yanında, kent ile ilgili karar verme süreçlerine dahil olması hedeflenmiştir. Yaş, cinsiyet ve eğitim düzeylerine göre oluşturulan test grubuna verilen ve kendi içerisinde farklı zorluk dereceleri barındıran görevlerle kullanıcıların arayüze hakimiyeti değerlendirilmeye çalışılmıştır. Bu çalışma kapsamında hazırlanan hizmet menüsü kent ve kentli arasındaki diyaloğu ne ölçüde güçlendirilebileceğini araştırma fırsatı sunmuştur. Kullanıcı deneyleri sonucunda daha genç yaştaki, bilgisayar ve internet arayüzlerine hâkim kullanıcıların belediye tarafından sunulan hizmetler hakkında fikri olmasa bile site içerisinde gezinmekte çekinmediği görülmüştür. Fakat ileri yaş gruplarında deneye dair önyargı olduğu gözlemlenmiştir. Toplumun büyük çoğunluğu dijital teknolojilere yüksek seviyede hâkim olmasına rağmen yerel yönetimlerin görevleri ve sunduğu hizmetleri tam olarak bilmedikleri için aradıkları şeyleri bulamamaktadırlar. Akıllı kent hizmetlerini kullanmak ve yönetişim organlarına dahil olabilmeleri için vatandaşların yerel yönetimler tarafından sunulan hizmetler hakkında daha fazla bilgi sahibi olmaları gerekmektedir. Belediyelerin kente ve kentliye ne sunduğu, kentlinin hangi problemi hangi birimle çözebileceği ve en önemlisi vatandaşların hangi kararlara ne ölçüde dahil olabileceklerini bilmedikleri sürece, yerel yönetimlerin internet arayüzlerinin etkin kullanımı sağlanamayacaktır. Yerel yönetimlerin web sitelerini geliştirirken, kullanıcılara sunulan hizmetlerle ilgili mümkün olduğu kadar erişilebilir ve doğrudan bilgi sağlaması, kullanıcılarının siteyle ilgili kullanım tercih ve becerilerini olumlu yönde etkileyebilecektir.

Teşekkür
Bu çalışmanın bir kısmı; İstanbul Teknik Üniversitesi Coğrafi Bilgi Teknolojileri Lisansüstü Programı bünyesinde almış olduğumuz GIT515 Kent Bilgi Sistemleri dersi kapsamında çalışılmış olup; dersin yürütücüleri Prof. Dr. Nesibe Necla Uluğtekin, Doç. Dr. Filiz Bektaş Balçık, Araş. Gör. Hatice Atalay'a ve ders boyunca tartışma sürecini birlikte yürüttüğümüz tüm arkadaşlarımıza katkıları için teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı (n.d.). Akıllı Şehir Bileşenleri. Retrieved Nov 6, 2021, from https://www.akillisehirler.gov.tr/akilli-sehir-bilesenleri/

Arnstein, S. (1969). A Ladder of Citizen Participation. Journal of the American Institute of Planners, 35, 4, 216-224. DOI: 10.1080/01944366908977225

Baker, D. L. (2009). Advancing e-government performance in the United States through enhanced usability benchmarks. Government Information Quarterly, 26(1), 82-88.

Chisholm, W., Vanderheiden, G., & Jacobs, I., (1999). Web Content Accessibility Guidelines 1.0. W3C Recommendation

City of Toronto (n.d.). The official website for the City of Toronto. Retrieved Dec 6, 2021, from https://www.toronto.ca

Conroy, M. M., & Evans-Cowley, J. (2006). E-participation in planning: an analysis of cities adopting on-line citizen participation tools. Environment and Planning C: Government and Policy, 24(3), 371-384.

Dameri, R.P., Rosenthal-Sabroux, C., Eds. (2014). Smart City: How to Create Public and Economic Value with High Technology in Urban Space, Springer, Cham, 13-43. https://doi.org/10.1007/978-3-319-06160-3_2

Esenler Belediyesi (n.d.). Esenler Belediyesi Resmi İnternet Sitesi. Retrieved Jan 2, 2022, from https://esenler.bel.tr/

Goldsmith, S., Crawford, S. (2014). The Responsive City: Engaging Communities Through Data-Smart Governance. Wiley. ISBN: 978-1-118-91090-0

Harper, S., & Yesilada, Y. (Eds.). (2008). Web accessibility: a foundation for research. Springer Science & Business Media.

Hatzelhoffer, L., Lobeck, L., Humboldt, K. (2012). Smart city in practice: Converting innovative ideas into reality: Evaluation of the T-City Friedrichshafen. Jovis. ISBN: 978-3-86859-151-4

Holzer, M., & Kim, S. T. (2006). Digital governance in municipalities worldwide (2005): a longitudinal assessment of municipal websites throughout the world.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi (n.d.). İstanbul Büyükşehir Belediyesi Resmi İnternet Sitesi. Retrieved Jan 2, 2022, from https://www.ibb.istanbul/

Mcbridge, K.,Cingolani L., Hammerschmid, G. (2022). Policy Brief: Human Centric Smart Cities - Redefining the smart city. Human Centric Smart City, 1-19. Doi:10.13140/RG.2.2.23464.44801

Nielsen, J. (2005). Ten usability heuristics.

Stadt Zürich (n.d.). Offizielle Website der Stadt Zürich. Retrieved Dec 6, 2021, from https://www.stadt-zuerich.ch/portal/de/index.html

Statista (2022, May 9). Countries with the highest number of internet users as of February 2022. Retrieved May 10, 2022, from https://www.statista.com/statistics/262966/number-of-internet-users-in-selected-countries/

Stowers, G. N. (2002). The state of federal websites. Price Waterhouse Coopers Endowment for the Business of Government.

T.C. Fatih Belediyesi (n.d.). T.C. Fatih Belediyesi Resmi İnternet Sitesi. Retrieved Jan 2, 2022, from https://www.fatih.bel.tr/tr-TR/

Tomor, Z., Meijer, A., Michels, A., & Geertman, S. (2019). Smart governance for sustainable cities: findings from a systematic literature review. Journal of Urban Technology, 26(4), 3-27.

Townsend, A. M. (2013). Smart Cities: Big Data, Civic Hackers and the Quest for A New Utopia. WW Norton & Co. ISBN: 978-0393082876

Trajkovik, V. (2013). Yerel Yönetimler için Bilgi ve İletişim Teknolojileri BİT: Standartlar, İlkeler ve En İyi Uygulamalar. TC Marmara Belediyeler Birliği Yayını, Yayın, (81).

TÜİK (2022, February 4). Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları, 2021. Retrieved May 2, 2022, from https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2021-45500

Youngblood, N. E., & Youngblood, S. A. (2013). User experience and accessibility: An analysis of county web portals. Journal of Usability Studies, 9(1).

Disjunction of Digital Game Spaces

Betül Uyan
Istanbul Technical University
uyan16@itu.edu.tr

Abstract

While the earliest role of architecture was to create static images, the question of how to deal with dynamic images in the digital age has led to the discussion of spatial concepts in digital context. The concept of the fourth dimension, questioned by architect Bernard Tschumi in his theory of disjunction, brings the discussion closer to digital game spaces and their images. This study aims to examine the said fourth dimension concept through geometry and movement in digital game spaces. First, the fourth dimension concept was reviewed in Tschumi's "Questions of Space" chapter in the book "Architecture and Disjunction". Since digital game spaces have the desired flexibility for exploring four-dimensional (4D) space, an adaptable design process of non-Euclidean space in digital games is presented for architectural 4D space. Examples from game spaces and architectural spaces are explained by the design processes. Digital games "Hyperbolica" and "HyperRogue" were selected as case studies because they use non-Euclidean geometry as space. Particular techniques like stereographic projection and tessellation are used by game designers to deal with non-Euclidean space. "Manhattan Transcripts" and "Parc de La Vilette" from architectural works of Tschumi are explored with adopted design process from game spaces. While the design process of non-Euclidean game spaces is adaptable for architectural spaces seeking for 4D spacetime perception, finding representation techniques for dealing with the 4D space needs further research. As a preliminary result, spatial approach of the architecture to the fourth dimension is explorable through non-Euclidean digital game environments via movement and various sequences. Open-ended associations and subjective meanings in design works, which are included in game spaces, are also discussed in Tschumi's disjunction theory and architectural works. Examining the fourth dimension, which is discussed in the theory of disjunction, through movement and geometry led to emergence of architectural representation techniques as well as design process convenient with 4D spacetime perception.

Keywords: *Four-dimensional spacetime, Movement in non-Euclidean geometry, Digital game architecture.*

Dijital Oyun Mekanlarında Kopma

Betül Uyan
İstanbul Teknik Üniversitesi
uyan16@itu.edu.tr

Özet

Mimarlığın en eski rolü statik görüntüler yaratmak iken, dijital çağda dinamik görüntülerle nasıl başa çıkılacağı sorusu, mekansal kavramların dijital bağlamda tartışılmasına yol açmıştır. Mimar Bernard Tschumi'nin Disjunction (kopma) teorisinde sorguladığı dördüncü boyut kavramı, tartışmayı dijital oyun uzamlarına ve imgelerine yaklaştırmaktadır. Bu çalışma, bahsi geçen dördüncü boyut kavramını, dijital oyun uzamlarında, geometri ve hareket üzerinden incelemeyi amaçlamaktadır. İlk olarak, dördüncü boyut kavramı Tschumi'nin Mimarlık ve Kopma (Architecture and Disjunction) adlı kitabındaki Mekana İlişkin Sorular (Questions of Space) bölümü üzerinden incelenmiştir. Dijital oyun uzamları dört boyutlu (4B) uzay-zamanı keşfetmek için istenen esnekliğe sahip olduğundan, dijital oyunlarda Öklid-dışı uzamın uyarlanabilir bir tasarım süreci mimari tasarım için sunulmuştur. Oyun mekanlarından ve mimari mekanlardan örnekler, sunulan tasarım süreçleri ile açıklanmıştır. Öklid-dışı geometri kullandıkları için, "Hyperbolica" ve "HyperRogue" adlı dijital oyunlar bu çalışmada örnek olarak ele alınmıştır. Oyun tasarımcıları tarafından Öklid-dışı uzamda mekan kurmak için stereografik izdüşüm ve mozaikleme gibi özel teknikler kullanıldığı görülmüştür. Tschumi'nin mimari eserlerinden "Manhattan Transkriptleri" ve "Parc de La Vilette" dijital oyun mekanlarından uyarlanan tasarım süreciyle işlenmiştir. Öklid-dışı oyun uzamlarının tasarım süreci, 4B uzay-zaman algısı arayan mimari mekanlar için uyarlanabilirken, 4B uzay-zamanda mekan kurmak için gerekli temsil tekniklerini bulmak, daha fazla araştırma yapılmasını gerektirmektedir. İlk aşamada sonuç olarak, mimarlığın dördüncü boyuta uzamsal yaklaşımının, Öklid-dışı dijital oyun ortamları üzerinden hareket ve çeşitli sekanslar üzerinden keşfedilebilir olduğu görülmüştür. Oyun mekanlarında yer alan tasarımlarla kurulabilen açık uçlu bağlar ve öznel deneyimler, Tschumi'nin Disjunction teorisi ve mimari eserlerinde de tartışılmaktadır. Kopma teorisinde ele alınan dördüncü boyutun hareket ve geometri üzerinden incelenmesi, mimari temsil tekniklerinin yanı sıra 4B uzay-zaman algısına uygun tasarım sürecinin ortaya konmasına öncü olmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Dört boyutlu uzay-zaman, Öklid-dışı geometride hareket, Dijital oyun mimarisi.*

1. Introduction to Four-dimensional Spacetime and Architecture

Conceptualizing space in digital age could be in a disjunctional mode, as Tschumi questions it: "How can architecture, whose historical role was to generate the appearance of stable images deal with today's culture of the disappearance of unstable images?" (1994, p.367) Digital games are particular social life models of the digital world (Pearson, 2020). They are comprise disjunctions more than physical constructions regarding their spaces. Tschumi also questions the concepts of space in a disjunctive mind. His questions about space include dimensions and meaning (1996, pp.54-62). He asks, "If Euclidean space is restricted to a three-dimensional lump of matter, is non-Euclidean space to be restricted to a series of events in four-dimensional spacetime?" (Tschumi, 1996)

The non-Euclidean space is one of the key concepts for four-dimensional (4D) space, besides the concept of time regarding the general relativity theory developed by Albert Einstein (1916). General Relativity Theory revealed that the 4D spacetime, which is distorted by a gravitational effect of masses, is non-Euclidean. The theory became a major part of modern astrophysics and an inspiration for arts with its non-Euclidean geometry and concept of time. Henderson states, "(...) the fourth dimension was a concern common to artists in nearly every major modern movement: Analytical and Synthetic Cubists (...), Italian Futurists, Russian Futurists, Suprematists, and Constructivists, American modernists (...), Dadaists, and members of De Stijl." (1984). Architecture too, which is influenced by developments in both physics and art, concerned 4D spacetime perception. In the **Figure 1**, concept of 4D space mathematically formed by Minkowski shows that "event" is the minimum unit of measurement of spacetime (Foschini, 2017, pp. 24-28).

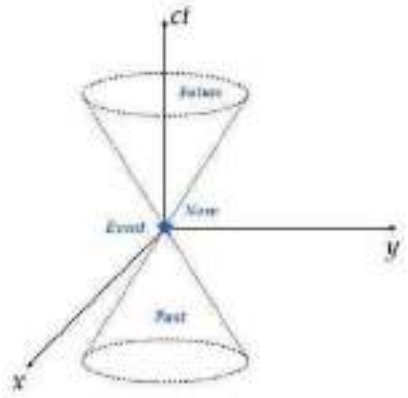


Figure 1: Event as the minimum unit of measurement of spacetime. (Foschini, 2017)

According to Duclos, the 4D spacetime reality and the notion of event are naturally assumed by situationist architects in their projects such as New Babylon by Constant, Fun Palace by Cedric Price, Walking City by Archigram, Centre Pompidou by Renzo Piano, Diagonal Park by Enric Miralles, and Parc de La Vilette by Bernard Tschumi (2016, pp. 105-161). This study aims to highlight the rules of movement in the non-Euclidean space, including the concept of event and its effects on architectural design. Design process from digital game spaces is explained to illustrate the contribution of the movement concept in 4D space to the architectural design. As a result, an architectural design process derived from the disjunction of digital game spaces is presented.

2. Geometries

In this section, Euclidean and non-Euclidean spaces will be explained comparatively through their geometry. It is important to understand geometries before the 4D space concept itself, as the non-Euclidean geometry is one of the key concepts of 4D space.

2.1. Non-Euclidean Geometry

Comparatively explaining Euclidean and non-Euclidean geometries creates a vision for digital spaces. Non-Euclidean geometry also provides the base for virtual reality spaces (Weeks, 2021). Digital games, mostly VR supported ones, are designed in non-Euclidean space. Hyperbolica and HyperRogue are games that are VR supported and use non-Euclidean geometry and its features as game space, not just as optic illusions.

A two dimensional Euclidean plane continues in all directions and has not contained curvatures. (**Figure 2.1**) If positive curvature is added to Euclidean plane, a spherical shell is made. The eye looking from a top point perceives this geometry as three-dimensional. However, this geometry is not solid. It is a two-dimensional shell that continues infinitely. (**Figure 2.2**)



Figure 2.1: Euclidean plane. (Url-1)



Figure 2.2: Spherical plane. (Url-1)

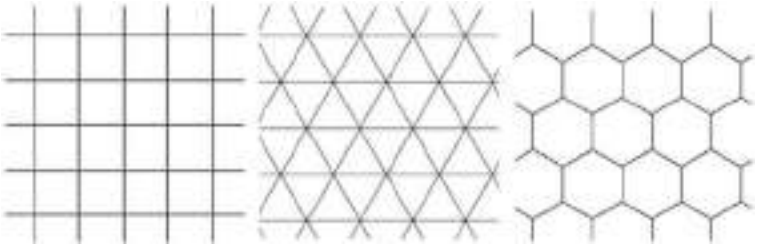


Figure 3.1: Tiling on Euclidean plane. (Url-1)

To understand the curvature in spherical geometry, tessellation is helpful. When the spherical plane is tiled, the remaining gaps which do not exist in the Euclidean plane (**Figure 3.1**) can be removed with curvature. (**Figure 3.2**) A hyperbolic plane is much more difficult to visualize, even with a 3D model. Because its nature is inclined to be curved, observing its planar geometry is rough. (**Figure 4**)

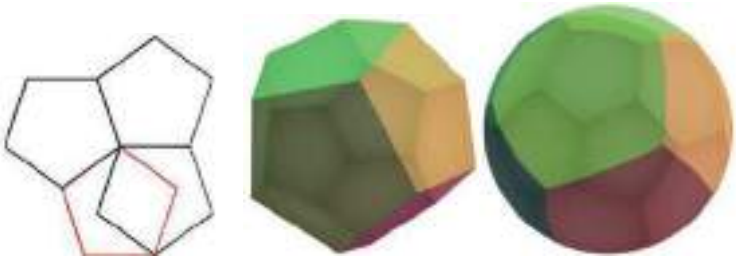


Figure 3.2: Tiling on non-Euclidean spherical plane. (Url-1)



Figure 4: Hyperbolic crochet. (Url-1)
Tiling is not observable from a single viewpoint.

2.2. Projection

Basically, a curved geometry can be projected onto a flat one, or vice versa. For example, polygons projected onto a spherical plane and hyperbolic plane have different areas and angles. (**Figure 5**) Projection introduces distortions.



Figure 5: Distortions. (Url-1)
A + B + C > 180 in Spherical Geometry. A+ B + C < 180 in Hyperbolic Geometry.

In architectural representations, orthographic projection is mostly used to communicate visually with three-dimensional geometries in two-dimensional planes. Applying stereographic projection for non-Euclidean spaces will clarify and open up the discussion. Stereographic projection is defined on the entire geometry except at the projection point and projects the geometry onto a plane. (**Figure 6**)

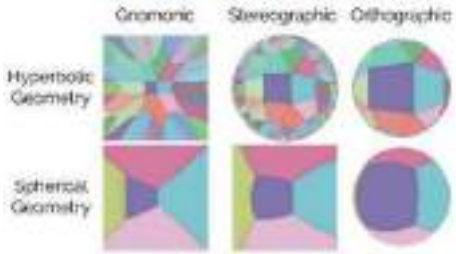


Figure 6: Projections. (Url-1)

Stereographic projection is quite adequate to visualize non-Euclidean geometries and used as a technique by artists like M. C. Escher in his Circle Limit Series. (**Figure 7**) It is currently used as a representation technique for digital game spaces. (**Figure 8**)



Figure 7: Circle Limit I (Url-2), Circle Limit II (Url-2), Circle Limit III (Url-2).
Hyperbolic geometry represented via stereographic projection by Escher.

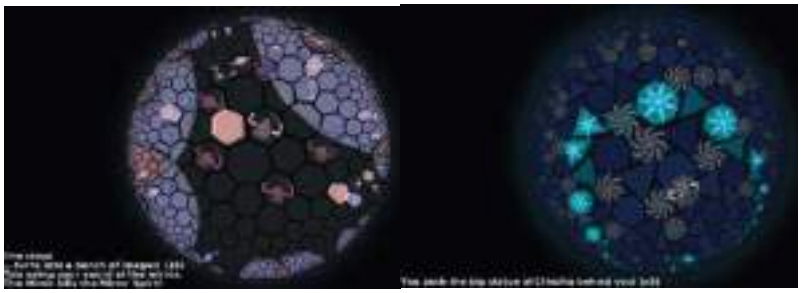


Figure 8: HyperRouge. (Url-3)
Digital game designed on a hyperbolic space represented with stereographic projection.

3. Movement

The statement of "Actions qualify spaces as much as spaces qualify actions." (Tschumi, 1994, p.122) is the key for the concept of event-architecture in the disjunction theory. Actions (events) cannot be thought independently of movement and time. Sequence is an expression derived from cinematography and it considers motion and time together to describe event-architecture.

Tschumi brings together the sequentiality of architectural space with the Kuleshov effect from cinema: "… space can follow space, not necessarily in the order normally expected, but in a series of dramatic revelations then can announce a new spatial structure. Devices such as the insertion of any additional space within a spatial sequence can change the meaning of the sequence as well as its impact on the experiencing subject (as in the noted Kuleshov experiment, where the same shot of the actor's impassive face is introduced into a variety of situations, and the audience reads different expressions in each successive juxtaposition)." (1981, p.13) He derives fourth-dimensional entities, like notations and sequential narratives, to represent his architectural works (Soltani, 2009).

In this section, movement through Euclidean and non-Euclidean geometries will be analyzed. The perspectives oriented by movement and time will be shown and they open up the discussion of "meaning" of architectural spaces through digital games.

3.1. Perspective

Vectors of movement in Euclidean and non-Euclidean planes are different. Tschumi uses vector lines to represent the movement in Euclidean space in his drawings of Manhattan Transcripts. (**Figure 9**) In non-Euclidean planes, vector lines never cannot be parallel unlike the Euclidean planes. The vector lines eventually intersect in a spherical plane while they are always diverged in a hyperbolic one. (**Figure 10**)

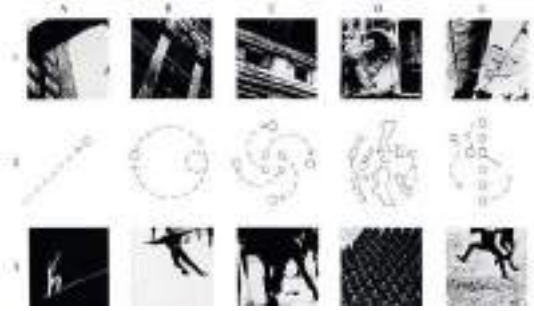


Figure 9: Manhattan Transcripts. (Tschumi, 1981)

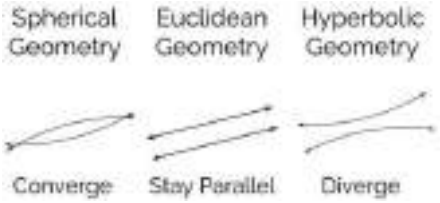


Figure 10: Converge, Parallel and Diverge lines. (Url-1)

Movement in non-Euclidean plane cause the holonomy. (**Figure 11**) In Euclidean space, the observers who move on a vector line comes back un-rotated while in a non- Euclidean space, they come back rotated compared to how they started. (Weeks, 2021) This effect changes the perspective of both the designer (architect) and the user.

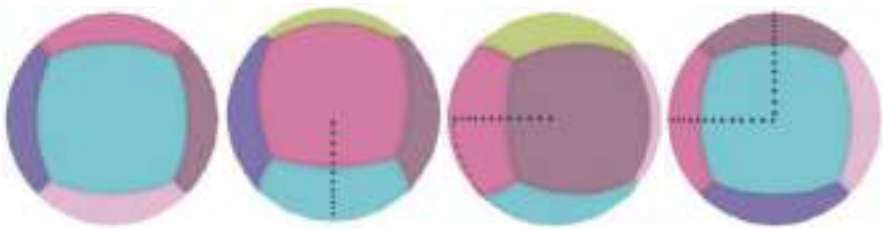


Figure 11: Holonomy. (Url-1)
Dotted line describes the movement from the left to the right, respectively on a spherical plane.

3.2. Sequence

Tschumi's Manhattan Transcripts represent events witnessed by architectural spaces. In these representations, we can read the sequences of motion and time (the event) in the Euclidean space. (**Figure 9**) The representation of movement in Euclidean space can be digitized through coordinates. In non-Euclidean space, the upper-right and right-upper coordinates are not the same. (**Figure 12**) Therefore, the sequences of the spaces change.

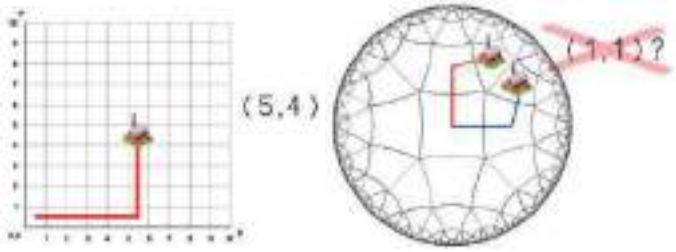


Figure 12: Euclidean coordinate system failed in non-Euclidean space. (Url-1)

The sequential experience can be observed in the non-Euclidean space from the game development process shared by the designers of the digital game Hyperbolica. (**Figure 13**) According to the developer, drawing on a plain paper to design the game as a hyperbolic space was much more difficult than designing the space directly in the game engine (Url-1). Since the sequence of spaces, like their geometry, include curvature, it can be understood that it would be less troublesome to design the experience of non-Euclidean spaces directly on a hyperbolic plane in the game engine for the designer.



Figure 13: Tiling system to describe sequence of spaces in hyperbolic plane. (Url-1)

4. Outputs of Disjunction in the Digital Game Spaces

The design process of digital game spaces, particularly dealing with their non-Euclidean spatial geometry, is adaptable for the architectural design process seeking a perception of 4D spacetime. Duclos states that design, events, mutation and construction are coexistent and simultaneous in the constant becoming of architecture in the life continuum and every design decision involves variations in the contingency of spacetime (2016, pp. 31-41). Under this title, the game design process of Hyperbolica will be disjuncted under the video-blog (vlog) of its developer (Url-1). Disjuncted process will be presented and exemplified on Tschumi's Parc de La Vilette project. The design process for both architectural and game space is revealed via disjunction theory. That is the output covering both 4D spatial geometry and movement.

4.1. Disjunction of the Digital Game Space

The process of designing digital game spaces is revealed to understand how to design in non-Euclidean space. (**Figure 14**) The flowchart of the design process is convenient for digital games using non-Euclidean geometry. In the example of Hyperbolica, the output of setting the spatial geometry is hyperbolic space. The game designer determines the techniques which are projection and tessellation to deal with the hyperbolic space. Projection and tessellation are common techniques among non-Euclidean game space design. (**Figure 13**) Lastly, the designers combine the game assets to release the game including game objects, characters, scripts, user interface elements, sounds, etc. They mention that because the coordinate system of Euclidean space is not proper in hyperbolic space, they combined the game assets directly in the gameplay screen without drafting/sketching it (Url-1). Using non-Euclidean geometry as space requires optimized techniques to be determined. Thus, the designer can combine the game assets and let the player experience the game space via various sequences.

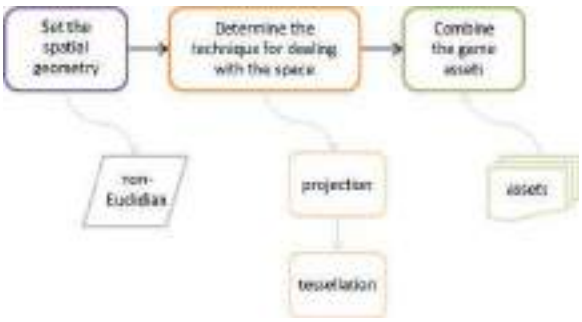


Figure 14: Flowchart of design process of digital game space. (Uyan, 2022)

The revealing process of designing architectural space via disjunction theory showed that the process of game space design is adaptable. (**Figure 15**) The flowchart of the design process is proper for architectural spaces seeking a perception of 4D spacetime. To illustrate, the project Parc de La Vilette designed by Bernard Tschumi includes 4D concept with follies designed to be activated in different ways in spacetime without pre-determined programs. (Duclos, 2016, p.157) They provide activation of landscape with multiple unspecified activities, so Tschumi understands 4D spacetime. The architect uses the techniques of projection and drawing to deal with the space. Orthographic projection and drawing plans and sections are the most common representation techniques used for designing architectural spaces.

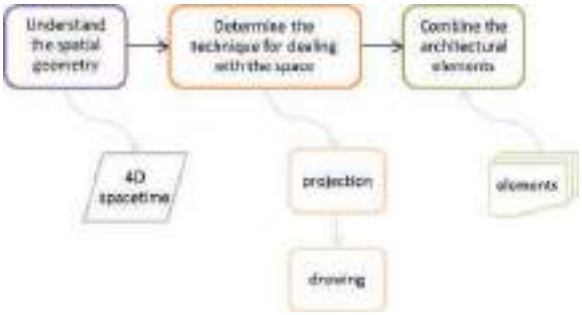


Figure 15: Flowchart of design process of digital game space. (Uyan, 2022)

Tschumi additionally uses isometric and exploded perspectives to represent his architectural design process. (**Figure 16**) Duclos also refers to Tschumi's representation techniques as a graphical criticism of the limitations of the architecture discipline (2016, p.155). Tschumi seeks for 4D concepts in his representations. Lines as movement vectors, follies as points of interaction and surfaces are elements of the Parc de La Vilette project to be combined architecturally. Lastly, sequence varies depending on non-determined programs of follies.



Figure 16: Architectural representation of Parc de La Vilette. (Url-4)
Layers of lines, points and surfaces respectively.

4.2. Meaning and Perspective

Movement in the non-Euclidean space causes the holonomy. Hence, the perspective and sequence change in the game space. Program of architectural space and experiences cannot be predetermined. Thus, changing sequence and perspective are also valid in architectural space.

The non-Euclidean geometry mentioned in the 4D concept cannot be thought independently of Tschumi's spatial theory, which is directly inspired by cinematographic montage (Kwan, 2016). Tschumi derives notations and sequential narratives for his representations from cinematography as well as referring to the Kuleshov experiment which illustrates that the sequence (montage) can change the meaning. (**Figure 17**) Manhattan Transcripts of Tschumi also prefer open-ended association to linearity or narrative defined by the author/architect. (Beisswanger, 2021) Similarly, follies of Parc de La Vilette do not have predetermined programs. (Duclos, 2016)

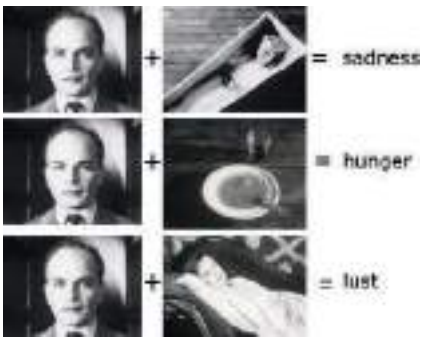


Figure 17: The Kuleshov Experiment. (Url-5)

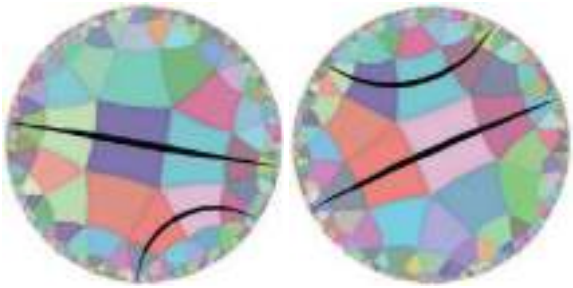


Figure 18: Changing sequence on hyperbolic space. (Url-1)

In non-Euclidean space, users can associate with various sequences. Each perspective of projected non-Euclidean geometry offers divergent sequences to be designed through movement. (**Figure 18**) Players or users of the game space experience various sequences. This way of experiencing the space is pregnant with subjective meanings.

4.3. Conclusion

In this study, the influence of the 4D space-time concept physically revealed by the general relativity theory on the architectural space was investigated. Tschumi's disjunction theory has been researched as a fundamental study in this context. The effects of non-Euclidean geometry and movement in the architectural design process questioned in this theory guided to the explanation of digital game spaces via the examples Hyperbolica and HyperRogue, which have non-Euclidean game spaces. According to the disjunction theory, parallel with the general relativity theory, the concept of movement is the core of the event. It is the events that qualify the architectural space rather than the program (Tschumi, 1994, p.122). The architectural designers' knowledge of 4D space-time (non-Euclidean space) supports them in designing a program that is not predetermined and subjective experiences with different sequences for architectural spaces. As the output of the study, the architectural design process in the theory of disjunction was explained by the flowchart (**Figure 15**) and exemplified via the Parc de La Vilette project. Coherence of this process with the design process of the digital game space, which is explained again by the flowchart (**Figure 14**), is observed. It has been concluded that architectural spaces open to the subjective experience of users without predetermined programs can be designed via the similar design process of digital game spaces carrying the potential to experiment on 4D space-time.

Digital game spaces are reminiscent of Bernard Tschumi's notion of event architecture (Pearson, 2019). Defining the 4D entities as well as using game engines to design virtual spaces is a gap for an architect to manage. (Pearson, 2016) Recalling Tschumi - "Architecture is defined by the actions it witnesses as much as by the enclosure of its walls" (1994, p. 100) Finding the entities such as geometry and movement have potential to specify spatial sequence (experience). Designing open-ended associations with architectural space is possible with understanding 4D spacetime and can be derived from game design. Representation using projection and drawing techniques is convenient for dealing with non-Euclidean space for architects, but needs further research to find particular ones like the tessellation technique in hyperbolic game space.

REFERENCES

Beisswanger, L. (2021). Architecture and/as Choreography: Concepts of Movement and the Politics of Space. *Dimensions. Journal of Architectural Knowledge*, *1*(2), 23-50. https://doi.org/10.14361/dak-2021-0204

Einstein, A. (1916). *Relativity: The Special and the General Theory*, Berlin, ISBN 978-3-528-06059-6.

Duclos, I. P. (2016). *Contingency in Post-Situationist Architecture*. [Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Madrid].

Foschini, Luigi. (2017). *Yet another introduction to relativistic astrophysics*. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/313767121_Yet_another_introduction_to_relativistic_astrophysics

Henderson, L. D. (1984). The Fourth Dimension and non-Euclidean Geometry in Modern Art. *Leonardo*, *17*(3), 205-210.

Kwan, T. (2016). *Fluid Spaces*. [Master's thesis, Massachusetts Institute of Technology].

Pearson, L. C. (2020). A Machine for Playing In: Exploring the videogame as a medium for architectural design. *Design Studies, 66,* 114-143. https://doi.org/10.1016/j.destud.2019.11.005.

Pearson, L.C. (2019). Video Game Urbanism: How we Design Virtual Game Spaces to Engage new Audiences with the Architecture of Tomorrow In A. Gerber & U. Götz (Eds.), *Architectonics of Game Spaces: The Spatial Logic of the Virtual and Its Meaning for the Real* (pp. 293-312). Bielefeld: transcript Verlag. https://doi.org/10.1515/9783839448021

Pearson, L. C. (2016). Architectures of Ironic Computation: How videogames offer new protocols for architectural experimentation. *Inflection, 3*, 58-67.

Soltani, A. (2009). Panohaptic Interface For Architectural Filmic Improvisation In A. Seal, S. Keene, and J.P. Bowen (Eds.), *EVA London 2009: Electronic Visualisation & the Arts.* Published online by the BCS: The Chartered Institute for IT. http://dx.doi.org/10.14236/ewic/EVA2009.27

Tschumi, B. (1996). *Architecture and Disjunction*. The MIT Press.

Tschumi, B. (1994). *Event Cities*. The MIT Press.

Tschumi, B. (1981). *The Manhattan Transcripts*. St. Martin's Press.

Url-1: CodeParade. (April 8, 2022). Hyperbolica Devlog. Retrieved May 2, 2022 from https://youtube.com/playlist?list=PLh9DXIT3m6N4qJK9GKQB3yk61tVe6qJvA

Url-2: EscherMath. (November 20, 2013). Circle Limit Exploration. Retrieved May 2, 2022 from https://mathstat.slu.edu/escher/index.php/Circle_Limit_Exploration

Url-3: Zeno Rogue. (January 17, 2015). HyperRogue. Retrieved May 2, 2022 from https://store.steampowered.com/app/342610/HyperRogue/

Url-4: Souza, E. (January 9, 2011). AD Classics: Parc de la Villette / Bernard Tschumi Architects. Retrieved May 2, 2022 from https://images.adsttc.com/media/images/5037/f5b2/28ba/0d59/9b00/0691/large_jpg/stringio.jpg?1414206303

Url-5: Azizah, S., Rante, H., Susanto, D. & Alimudin, A. (2020). Juxtaposition in Montage Movie. *E3S Web of Conferences.* Retrieved May 2, 2022 from https://www.researchgate.net/figure/The-Kuleshov-effect-10_fig1_344696753

Weeks, J. (2021). Body coherence in curved-space virtual reality games. Computers & Graphics, 97, 28-41. https://doi.org/10.1016/j.cag.2021.04.002

Kullanıcı Deneyimi Tasarımı ve Mimarlık-Arduino ile Uygulama

Ece KARACA [1]; Özlem KANDEMİR[2]
[1]İstanbul Esenyurt Üniversitesi; [2]Eskişehir Teknik Üniversitesi
[1]ecekaraca@esenyurt.edu.tr; [2] ozlemkandemir@eskisehir.edu.tr

Özet

Endüstri devrimi sonrasında ortaya çıkan makineleşme ve seri üretim anlayışı ortaya çıkan ürünlerin tekdüze olmasına neden olmuş, bunun sonucu olarak da kullanıcıların değişen zevk ve isteklerini karşılayamamıştır. Bu durumun aksine 90'lı yıllarda ortaya çıkan kullanıcı odaklı tasarımların ortaya çıkmasını sağlayan kullanıcı deneyimi tasarımı, kullanıcıların ihtiyaçlarını işlevsel olarak karşılarken, duygularını ve algılama biçimlerini de ele almaktadır. Bu etkileşimli tasarım anlayışı ile kullanıcıların isteklerine uygun olarak kişiye özgü tasarım alternatifleri sunulabilmektedir. Kullanıcı deneyimi tasarımları kolay kullanılabilmekte ve her kesimden insana hitap etmektedir. Aynı zamanda değişen koşullara, isteklere ve zevklere bağlı olarak esneklik sağlaması tasarımların sürdürülebilir olmasını sağlamaktadır. Mimarlık, kullanıcı deneyimi tasarımının kullanıldığı disiplinlerden biridir. Geleneksel mimaride yapıların inşa edildikten sonra farklı koşullar geliştiğinde değişiklik gösterememesi veya kullanıcıların değişen istek ve ihtiyaçlarına cevap verememesi tasarımcıların farklı mekân arayışlarına girmesine neden olmuştur. Bilişim teknolojilerinin de etkisiyle kullanıcıların istek ve gereksinimleri doğrultusunda dönüşen hareketli, esnek ve etkileşimli mekân türleri kullanıcı deneyimini önemsemektedir. Bu bağlamda yapılan çalışmada Arduino Uno geliştirme kartı kullanılarak kullanıcı deneyimini önemseyen, kullanıcısının istek ve ihtiyaçlarına bağlı olarak değişen, geçici barınma alanı olarak bir çadır tasarlanmıştır. Çadırın tasarımı öncelikle SketchUp programında modellenip daha sonra Lumion programı yardımıyla renderları işlenmiştir. Çalışmanın prototipinde deney yapmak için ise devre oluşturmayı sağlayan Fritzing programı kullanılmıştır. Çadır tasarımında Arduino Uno geliştirme kartı, sensörler, lamba, röle modülü ve servo motorlar kullanılmış ve mekânın kullanıcının farklı duyu organlarıyla etkileşime girmesi sağlanmıştır. Çalışmada sıcaklık-nem ve ses olmak üzere iki farklı sensör kullanılmıştır. Sıcaklık-nem sensörü hem kullanıcıyla hem de çevre ile etkileşime geçmektedir. Havadaki bağıl nem oranı %100'e ulaşınca su buharı yoğunlaşarak yağışa dönüştüğünden, program havadaki nem oranı %70'e ulaştığında çadırın üst kısmında bulunan paneli kapalı hale getirilecek şekilde kodlanmıştır. Diğer bir sensör olan ses sensörü sayesinde ise kullanıcının el çırpmasıyla önceden belirlenmiş renkler çadırın ön panelinde yanmaktadır. Çalışmada beden ve mekân arasındaki etkileşimin sağlanmasıyla farklı deneyimlerin oluşması amaçlanmıştır. Kullanıcı ve mekân etkileşiminde deneyim kavramını önemseyen tasarımların yaşamımızda daha çok yer alacağı ön görülebildiğinden, tasarımcıların kullanıcı deneyim tasarımını önemsemeleri ve kullanıcıların algı ve deneyimlerinin çeşitlenmesini amaçlayarak tasarım yapmalarının önemi açıktır.

Anahtar Kelimeler: *Kullanıcı deneyimi tasarımı, Mimarlık, Arduino Uno, Geçici barınma alanı*

User Experience Design and Architecture-Application with Arduino

Ece KARACA [1]; Özlem KANDEMİR[2]
[1]Istanbul Esenyurt University; [2]Eskişehir Technical University
[1]ecekaraca@esenyurt.edu.tr; [2] ozlemkandemir@eskisehir.edu.tr

Abstract

The understanding of mechanization and mass production that emerged after the industrial revolution caused the products to be monotonous, and as a result, they could not meet the changing tastes and demands of the users. Contrary, the user experience design, which enables the emergence of user-oriented designs that emerged in the 90s, while meeting the needs of the users functionally, also deals with their emotions and perceptions. With this interactive design approach, personalized design alternatives can be offered in accordance with the wishes of different users. Although the user experience designs are easy to use it is also appeals to people from all walks of life. At the same time, changes depending on different conditions, requests and tastes ensures that the designs are sustainable. Architecture is one of the disciplines in which user experience design is used. In traditional architecture, the inability of the buildings to change when different conditions developed after they were built, and the fact that they did not respond to the changing demands and needs of the users, caused the designers to search for different spaces. Moving, flexible and interactive space types, which are transformed in line with the wishes and needs of the users with the influence of information technologies, attach importance to the user experience. In this context, a tent was designed as a temporary shelter, which cares about the user experience and changes depending on the wishes and needs of the user, by using the Arduino Uno board. The tent design was modeled in SketchUp and then rendered by Lumion. In the prototype of the study, Fritzing, which a software which provides circuit creation, was used to experiment. The Arduino Uno development board, sensors, lamp, relay module and servo motors were used in the tent design and the space was enabled to interact with the user's different senses. Two different sensors, temperature-humidity and sound, were used in this study. The temperature-humidity sensor interacts with both the user and the environment. When the relative humidity in the air reaches 100%, the water vapor condenses and turns into precipitation. For this reason, this study program was coded for closing the panel on the top of the tent when the humidity in the air reaches 70%. With the sound sensor, the predetermined colors are shown to the user, on the front panel of the tent by clapping hands. The work provides the formation of different experiences by providing interaction between the body and the space. It is predicted that, in the future designs which care about the concept of experience in user and space interaction will take more place in our lives. Therefore, it is important for designers to care about user experience design and to design by providing diversification of users' perceptions and experiences.

***Keywords**: User experience design, Architecture, Arduino Uno, Temporary shelter*

1.Giriş

1990'lı yılların başında ortaya çıkan kullanıcı deneyimi tasarımı, bir başlangıca ve sona sahip olan sistemle karşılaşma anlamı taşımaktadır (Jokinen, 2015). Kuniavsky (2003) kullanıcı deneyimini, bir organizasyonda kullanıcı ile arasındaki ilişkiyi etkileyen tüm faktörler olarak tanımlamıştır. Kullanıcı deneyiminde kullanıcının yaşadığı deneyimin incelenmesi amacıyla ürün ve kullanıcı arasındaki bütün ilişki göz önünde bulundurulmaktadır (Kuniavsky, 2003). Çoğunlukla UX (İngilizce User Experince ifadesinin kısaltılmış hali) olarak adlandırılan kullanıcı deneyimi kullanıcının bir ürünle etkileşime girdiğinde yaşadığı deneyimin niteliği olarak özetlenebilir (McNamara ve Kirakowski, 2006). Kullanıcı deneyimi tasarımı beş kademeden oluşmaktadır. Bunlar yüzey düzlemi, iskelet düzlemi, yapı düzlemi, kapsam düzlemi ve strateji düzlemidir (Garret, 2004). Yüzey düzlemi görsel tasarım elemanlarını kapsamaktadır. İskelet düzlemi bilgi tasarımı ve yönlendirme tasarımıdır. Yapı düzlemi uygulamanın içerdiği elementlerin bilgi mimarisini oluşturmaktadır. Kapsam düzlemi tasarımın barındıracağı özellik ve niteliklerin belirlenmesi aşamasıdır. Strateji düzlemi ise kullanıcıların ihtiyaç ve isteklerine göre belirlenen tasarıma karşılık gelmektedir (Garret, 2004). Kullanıcı deneyimi tasarımı, kullanıcının mevcut durumunun (istekler, ruh hali, ihtiyaç vb.), tasarlanan sistemin özelliklerinin (amacı, fonksiyonu vb.) ve etkileşimin gerçekleştiği bağlamın bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır (Hassenzahl ve Tractinsky, 2006). Bu durum ise kullanıcı deneyimi tasarımı önemsenen ürünlerde sayısız tasarım ve deneyimin yaşanmasına olanak sağlamaktadır.

Deneyim kavramı pek çok disiplinde olduğu gibi mimarlık alanında da önemli bir yere sahiptir. Özellikle bilişim teknolojilerinde yaşanan gelişmelerle birlikte deneyim kavramı da önem kazanmış, tasarımcıların kullanıcı algı ve deneyimlerini çeşitlendiren tasarımlar yapmasına yardımcı olmuştur. Mekânın deneyimlenmesi görüntü, doku, koku, tat ve ses ile etkileşim kurularak gerçekleşmektedir. Mekân kullanıcısının duyum mekanizmalarına etki eden duyusal uyaranlar işlenerek deneyimi olanaklı kılmaktadır (Aslan, 2012). Suri (2015), deneyimin kişisel olduğunu savunmuş, tasarımcıların kullanıcıların deneyimlerini etkileyebildiğini fakat onu tasarlayamayacaklarını belirtmiştir. Çünkü deneyimler mekân kullanıcılarının geçmişteki deneyimleri, kültürel farklıları, yaşları gibi pek çok parametreye bağlı olarak değişim göstermektedir. Tasarımın başarılı sonuçlar verebilmesi için mekânın yapım aşamalarında kullanıcı ihtiyaçlarını karşılayan çözümler sunması beklenmektedir. İhtiyaçların belirlenerek problemlerin tespit edilmesi, bilişim teknolojilerinden de yararlanarak estetik bir biçime büründürülmesi sonucunda kullanıcıdan aldığı etkileşimin de değerlendirilmesiyle tasarım döngüleri oluşturulmaktadır. Bu döngü, ekranların ara yüzlerinde, mimari tasarımdan endüstriyel tasarıma, iletişim tasarımının görsel mecralarına kadar pek çok alanda görülmektedir. Bu tasarım yaklaşımlarının ortak amacında önce kullanıcı daha sonra ise topluma hizmet eden kullanıcı odaklı çözümler yer almaktadır (Erap, Hilmioğlu ve Kariptaş, 2021). Kullanıcı deneyimi tasarımlarının mimarlık alanında kullanılmasıyla birlikte kullanıcılar aktif bir biçimde mekânla iletişim kurabilmekte, zihinsel ve bedensel olarak mekânı algılamalarının kolaylaşması sağlanmaktadır. Kullanıcı deneyimini arttırmak amacıyla statik mekânlar etkileşimli, hareketli ve esnek mekânlara dönüşebilmektedir. Bu çalışmada kullanıcıların deneyimlerini arttırmak ve mekânla etkileşim kurmalarını sağlamak amacıyla bilişim teknolojilerinden yararlanılmış olup Arduino programlama platformu kullanılarak geçici barınma alanının değişen ve dönüşen bir yapıya sahip olması amaçlanmıştır. Bir geçici barınma alanı olarak kullanılan çadır tasarımının bir yüzeyi sıcaklık-nem ve ses sensörleri ve bir ışık kaynağı (lamba) sayesinde kullanıcı ile etkileşime geçmektedir. Çadır yüzeyinde bulunan lamba kullanıcı isteğine bağlı olarak farklı renklerde kurgulanabilmektedir. Ayrıca yağmur gibi çevresel etkilerle de etkileşime geçen yapının üst örtüsü hareketli bir sistem olarak kurgulanmış ve sıcaklık-nem sensörü ve servo motorlar yardımıyla üst örtünün kapalı konuma gelmesi sağlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Çalışmada kullanıcı deneyiminin sağlanması amacıyla bilişim teknolojilerinden yararlanılmış ve Arduino programlama platformu kullanılmıştır. SketchUp ile modellenen, Lumion yardımıyla üç boyutlu görselleri oluşturulan geçici barınma olarak tasarlanan çadır **Şekil 1**'de görülebilmektedir.



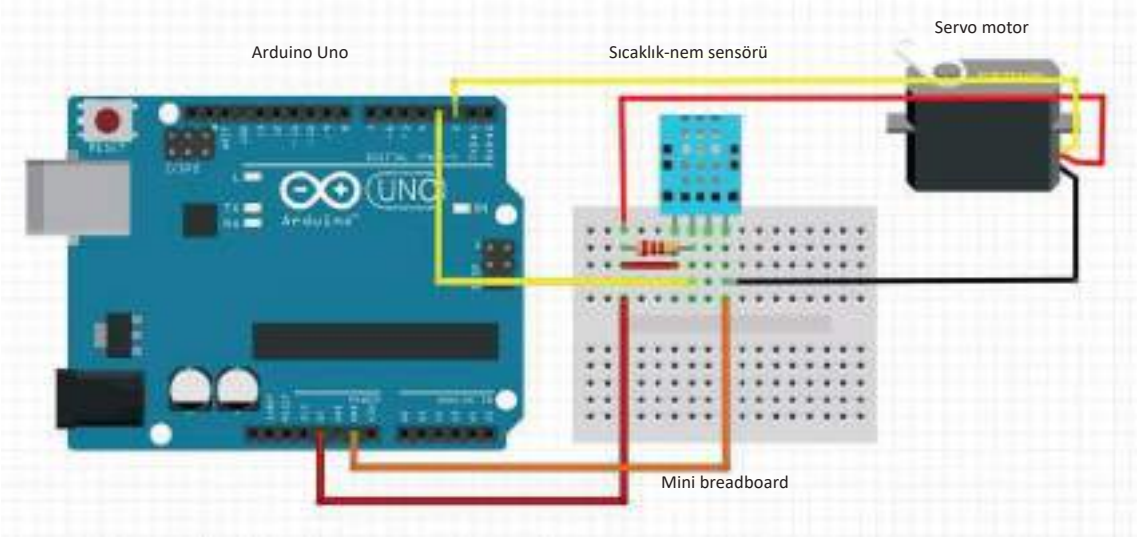
Şekil 1: Geçici barınma alanı olarak çadır

Kullanıcı deneyiminin önemsendiği bu çalışmada, geçici barınma alanı tasarımında kullanılması planlanan iki farklı tipte sensör ele alınmıştır. Bu sensörlerden biri sıcaklık-nem sensörü, diğeri ise ses sensörüdür. Sensörler sayesinde mekânın kullanıcısıyla ve dış çevre ile etkileşime girmesi planlanmaktadır. Sıcaklık ve nem sensörü; DHT11 1 kΩ dirençten oluşmaktadır. Sıcaklık ve nem sensörü ortam bilgilerini almak için termistör ve kapasitif bir nem sensörü kullanmaktadır. Bu sensör, okunan analog değerleri dijital sinyale çevirmek için bir çip bulundurmaktadır. Sıcaklık ve nem sensörünün çalışma gerilimi; 3,3 V-5,5 V, nem ölçüm aralığı %20 ile %90 arası, bağıl nem ölçüm hassasiyeti ±% 5 RH, nem ölçüm çözünürlüğü 1% RH, sıcaklık ölçüm aralığı 0°C - 50°C (32 °F – 122 °F), sıcaklık ölçüm doğruluğu ± 2 °C, sıcaklık ölçüm çözünürlüğü 1°C ve sinyal iletim aralığı 20 saniyedir (Url-1). Çalışmada kullanılan diğer bir sensör ise ses sensörüdür. Ses sensörü, farklı boyutlardaki ses değerlerini algılayabilmekte ve buna bağlı olarak belirlenen değere uygun bir şekilde röle kullanılarak AC ya da DC herhangi bir cihazı kontrol edebilir, Ledler veya lambalar kullanarak farklı kombinasyonlarda yanmalarını sağlayabilmektedir (Url-2). Çalışmada **Şekil 2**'de görülebilen Atmega 328 mikrodenetleyicisi için geliştirilmiş Arduino Uno geliştirme kartı kullanılmıştır. Bu geliştirme kartının tercih edilmesinin nedeni donanım ve yazılımların açık kaynaklı ve uygun fiyatlı olmasıdır. Geliştirme kartı 14 adet dijital giriş/çıkış ve 6 adet analog girişi bulunmaktadır (Url-3).



Şekil 2: Arduino Uno geliştirme kartı

Yapılan çalışmada yağmurlu ortamda üst örtünün kapanabilmesi için Arduino Uno setine hareket sensörü ve sıcaklık-nem sensörü **Şekil 3**'te görüldüğü gibi bağlanmıştır. **Şekil 3**'te görülebilen sistem, CAD yazılımı geliştirmek veya bir prototip deney yapmak için devre oluşturmayı sağlayan açık kaynaklı bir girişim olan Fritzing programı ile yapılmıştır.



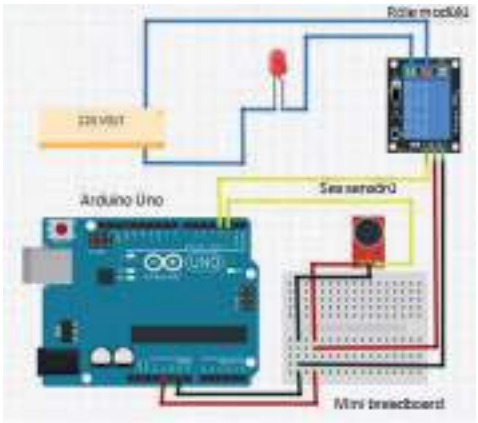
Şekil 3: Devrelerin bağlanması (Arduino uno, mini breadboard, sıcaklık-nem sensörü, servo motor)(Url-4)

Prototipi yapılan çadır tasarımında sıcaklık-nem sensörü sayesinde çadırın üstünde yer alan panel uygun koşullarda **şekil 4**'teki gibi kapalı hale gelebilmektedir. Havadaki bağıl nemin %100'e ulaşması neticesinde su buharı yoğunlaşarak yağışa dönüştüğünden, çalışmada havadaki nem oranı %70'e ulaştığında üst panel kapalı hale getirilecek şekilde tasarım yapılmıştır.



Şekil 4: Üst panellerin güneşli havada açık ve yağmurlu havada kapalı hali

Kullanıcı deneyimini arttırmak amacıyla kullanılan bir diğer sensör ise ses sensörüdür. Ses sensörü sayesinde kullanıcı çadırın cephesinde bulunan bir ışık kaynağı (lamba) yardımıyla çadır ile etkileşime geçmektedir. Kullanıcı isteğine bağlı olarak el çırpıldığında ya da bir ses çıkartıldığında çadırın ön panelindeki lamba yanmaktadır. **Şekil 5**'te ses sensörünün Arduino Uno geliştirme kartı üzerinde nasıl konumlandığı gösterilmektedir.



Şekil 5: Devrelerin bağlanması (Arduino uno, mini breadboard, lamba, röle modülü, ses sensörü, kablolar)

Şekil 6'da çadır tasarımına ses ile etkileşime geçildiğinde ön panelindeki renk değişimi gösterilmiştir. Renk seçimi kullanıcı isteğine bağlı olarak değiştirilebilir.



Şekil 6: Ses ile etkileşim sonucu olarak ortaya çıkan panel rengi

3.Bulgular

Etkileşim kavramı, bilişim teknolojilerinde yaşanan gelişmelerin faydalarından biri olarak sayabileceğimiz arayüz tasarımları sayesinde kullanıcıların istek ve zevkleri yönünde değişebilen etkileşimli tasarımların ortaya çıkmasını sağlamıştır. Endüstri devrimi sonrasında ortaya çıkan makineleşme ve seri üretim anlayışı üretilen ürünlerin standart hale gelmesine yol açmıştır. Seri üretimin getirmiş olduğu tekrara dayanan bu ürünler kullanıcıların değişen zevk ve isteklerini karşılayamadığı için sürekli olamamakta ve bu durum çeşitli sorunlara neden olabilmektedir. Bunun aksine etkileşimli tasarım anlayışı ile deneysel, yaratıcı ve yenilikçi tasarımlar ortaya çıkmaktadır (Karaca ve Kandemir, 2021). Kullanıcısıyla etkileşime geçen tasarımlar deneyim odaklıdır. Kullandığımız akıllı telefonlar, bilgisayarlar, tabletler, saatler, akıllı kıyafetler ve diğer etkileşimli ürünler kullanıcısının istekleri ve zevkleri doğrultusunda yeniden tasarlanabilmektedir.

Yapılan literatür çalışmasının sonucu olarak kullanıcı deneyimi tasarım ilkeleri önemsenerek tasarlanan ürünlerin;

- Kullanıcının ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde tasarlandığı,
- Kullanılabilirliğinin kolay olduğu,
- Tasarım ögelerinin markanın kimliğini tam olarak yansıttığı,
- Tasarımın her kesime hitap ettiği,
- Kullanıcıların ürünü kullanırken güvende hissettiği ve şüphe duymadıkları gözlemlenmiştir.

Kullandığımız ürünlerde olduğu gibi yaşadığımız mekânlarda da kullanıcı deneyimi önemli yer tutmaktadır. Geleneksel mimaride yapının inşa edildikten sonra değişen koşullara bağlı olarak esneklik göstermemesi ve mekânı deneyimleyen kullanıcılarla etkileşime geçmemesi durumu tasarımcıları farklı mekân arayışlarına sokmuştur. Hareketli, esnek ve etkileşimli olabilen bu mekânlar kullanıcıların isteklerine cevap verebilen, enerji tasarrufu sağlayabilen akıllı, duyarlı ve bir ürün haline gelebilmektedir.

Kullanıcı deneyimi tasarımını kullanan mekânların ise;

- Mekânsal çeşitliliği sağladığı,
- Kullanıcı istek ve gereksinimleri sonucunda değiştiği,
- Kullanıcıların algı ve deneyimlerini çeşitlendirdiği,
- Esnek, etkileşimli ve kinetik özellik gösteren mekânların ortaya çıkmasını sağladığı,
- Farklı mevsim koşullarına uyum sağlayabilme özelliği gösterebildiği görülebilir.

Çalışmada kullanıcı deneyiminin ortaya çıkabilmesi için Arduino Uno geliştirme kartı kullanılmıştır. Mevcut deney setleri incelendiğinde Arduino Uno'nun diğer geliştirme kartlarına oranla fiyat açısından daha uygun olduğu görülmüştür. Ayrıca, uygulama setinin kablo bağlantılarına gerek duymaması, deney aşamasında zaman kazandırmış olup, kısa sürede birçok uygulamanın yapılabildiği gözlemlenmiştir. Buna ek olarak Arduino Uno uygulama seti, portatif olması sebebiyle kolay taşınmakta ve saklanabilmektedir. Çalışmada ses, sıcaklık-nem algılayıcı sensörler, lamba, röle modülü ve servo motorlar kullanılmıştır. Kullanıcının el çırpması veya kullanıcı isteğine bağlı olarak

çıkardığı sesler geçici barınma alanın yüzeyinde kullanılan lambanın farklı renklerde yanmasını sağlamaktadır. Bu durum kullanıcının algısının ve deneyiminin çeşitlenmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca tepe açıklığında kullanılan sıcaklık-nem sensörü ve servo motor sayesinde mekânın üst açıklığı yağış durumunda kendiliğinden kapanabilmektedir. Bu da çadır tasarımının hareketli ve aynı zamanda kullanıcı deneyimine önem veren bir mekân özelliği göstermesini sağlamaktadır.

4.Sonuçlar

Sanayi devrimiyle birlikte değişen toplumsal yapılar ve dünya görüşleri, barınma ihtiyaçlarının da değişmesine neden olmuştur. Bilişim teknolojilerinde de yaşanan gelişmelerle birlikte değişen yaşam şartlarına uyum sağlayan, kullanıcıların istek ve gereksinimleri doğrultusunda dönüşen yeni mekân tasarımlarının ortaya çıktığı görülmüştür. Değişen ve dönüşen bu yeni mekân tasarımları akıllı, duyarlı ve etkileşimli özellik gösterebilmektedir. 90'lı yılların başında ortaya çıkan "kullanıcı deneyimi tasarımı" kavramı farklı disiplinlerde olduğu gibi mimarlık alanında da önemsenmeye başlanmıştır. Deneyim kavramının beden ile kurduğu ilişki tasarımcıları etkilemiştir. Günlük hayatta kullandığımız nesnelerin ve mekânların yalnızca bedenlerimiz tarafından algılandığı ve deneyimlendiği düşünüldüğünde kullanıcı deneyim tasarımının önemi anlaşılmaktadır. Bu bağlamda çalışmada kullanıcısının hareketleriyle ve çevresel faktörlerin değişmesiyle değişen ve dönüşen etkileşimli, kinetik ve esnek özellikler barındıran bir geçici barınma alanı olarak bir çadır tasarlanmıştır. Bu barınma alanının Arduino Uno geliştirme kartı, sensörler, lamba, röle modülü ve servo motorlar yardımıyla mekân ve kullanıcının farklı duyularının etkileşime girmesi beklenmektedir. Bu durum kullanıcının çoklu duyusal deneyim yaşamasına yardımcı olmaktadır. Kullanıcı deneyimini önemseyerek yapılan tasarımların gün geçtikte hayatımızda daha çok yer alacağı ön görüldüğünden tasarımcıların kullanıcıların deneyim ve algılarının çeşitlenmesini de sağlayarak tasarım yapması önemli bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

Aslan, Ş. (2012). *Temel Tasarım Eğitiminde Duyum Sürecine Yönelik Bir Yaklaşım.* Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Anasanat Dalı, Ankara.
Erap, B. B. N., Hilmioğlu, S., & Kariptaş, F. S. (2021). Kamusal Mekânlarda Deneyim ve Kullanıcı Merkezli Tasarım. *Sanat ve Tasarım Dergisi*, (28), 335-347.
Garrett, J. J. (2004). The Elements of Uset Experience. (2. Baskı). United States of America: American Institute of Graphic Arts
Hassenzahl, M., & Tractinsky, N. (2006). User experience—A research agenda. Behaviour and Information Technology, 25(2), 91-97. https://doi.org/10.1080/01449290500330331
Jokinen, J. P. P. (2015). *User Psychology of Emotional User Experience*. JYVÄSKYLÄ: The Faculty of Information Technology of the University of Jyväskylä.
Kuniavsky, M. (2003). *Observing the User Experience: A Practitioner's Guide to User Research*. USA: Morgan Kaufmann Publishers
McNamara, N. ve Kirakowski, J. (2006). *Functionality, Usability, and User Experience: Three Areas of Concern. Interactions*, 13(6), 26-28.
Karaca, E., Kandemir, Ö.(2021). Teknoloji ve Hareketli Mekân. *Yapı Dergisi*,(470),44-51
Url-1 https://arduinoegitim.com/ky-015-sicaklik-ve-nem-sensoru Erişim tarihi: 01.05.2022
Url-2 https://maker.robotistan.com/arduino-ile-ses-sensor-modulu/ Erişim tarihi: 16.03.2022
Url-3- https://www.arduino.cc/ Erişim tarihi: 15.03.2022
Url-4- https://fritzing.org/ Erişim tarihi: 17.04.2022

Mevcut Konut Stoklarının İyileştirilmesinde Yapay Zekâ Destekli Bir Model

M. Batuhan ZEYBEK[1]; Leyla Y. Tokman [2]
[1]Eskişehir Teknik Üniversitesi; [2]Eskişehir Teknik Üniversitesi
[1]mbatuhanzeybek@gmail.com ; [2]tokmanly@gmail.com

Özet

Yaşanabilir konut ve sağlıklı çevre, temel bir insan hakkıdır. Mevcut konut stoklarının yapay zekâ desteğiyle yeniden kazanılmasını sağlamada, sağlıklı ve sürdürülebilir kılmada, destek bir akıllı sistem ortaya koymak bu çalışmanın ana konusunu oluşturmaktadır. Mevcut olanın iyileştirilmesi, ekonomik, toplumsal, kültürel ve çevresel bağlamlarda geri dönüşü olan bütüncül bir fayda sağlamaktadır. Bu konuda etkin politikalar yanında etkin stratejiler, algoritmalar, yazılımlar geliştirilmesi, iyileştirme projelerinde bir simülasyon ile kestirim ve değerlendirmenin yapılabilmesi için teknolojiden yararlanılması gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Hedef, sahip olduğumuz kaynakların ve enerjinin korunması, atık üretiminin sıfıra indirilmesi, karbon ayak izinin küçültülmesinde, bu çalışmada hazırlanan yapay zekâ ile desteklenen akıllı modelin kullanılmasıdır. Yıkıp yeniden yapmak çevresel, kültürel, atık alanlarının büyümesi, kaynak ve enerji israfına neden olduğu için ancak en son çare olarak düşünülmelidir. Sağlam ve işlevsel binaları yıkmadan iyileştirilmesi, kültürel değeri olan yapıların güncel teknolojiye uyarlanabilmesi sürdürülebilirliğinin akıllı bir sistemle sağlanabilmesi bu sayede başarılabilir. Bu çalışmada, özellikle çevresel etkisi ve kaynak kullanımı yüksek mevcut konut stoklarının, kaynak kullanımına duyarlı sürdürülebilir özellikleri olan çağa uygun teknolojik ekipmanlara sahip binalara evrilmesi amacıyla dünyada yapılan örnekler ışığında hazırlanan yapay zekâ ile desteklenen ''Akıllı Model' ile mevcut konut stoklarının ''yıkılmadan'' kazanılmasını amaçlayan bir yaklaşımı ortaya koymaktır.

Anahtar Kelimeler: *Mevcut konut stoğu, Yapay zekâ destekli akıllı model, İyileştirme, Mimaride teknoloji, Sürdürülebilirlik.*

Improving Existing Housing Stocks A Model With Artificial İntelligence Support

M. Batuhan ZEYBEK[1]; Leyla Y. Tokman [2]
[1]Eskisehir Technical University; [2]Eskisehir Technical University
[1]mbatuhanzeybek@gmail.com ; [2]tokmanly@gmail.com

Abstract

Habitable housing and a healthy environment are a fundamental human right. In ensuring that existing housing stocks are re-acquired with artificial intelligence support, in making them healthy and sustainable, the development of a support intelligent system is the main topic of this study. The improvement of what is present provides a holistic benefit that has a return in economic, social, cultural and environmental contexts. It is increasingly important to take advantage of technology to make predictions and assessments with effective policies as well as effective strategies, algorithms, software development, and simulation in improvement projects. The goal is to preserve the resources and energy we have, reduce waste production to zero, reduce carbon footprint, and use the smart model supported by artificial intelligence in this study. Demolition and rebuilding should only be considered as the last resort, as the growth of environmental, cultural, waste areas, and waste resources and energy waste. Improving robust and functional buildings without demolishing them, adapting structures with cultural value to current technology, ensuring sustainability with a smart system can be achieved. In this study, it is aimed at achieving a 'Smart Model', which is supported by artificial intelligence, which is designed in light of examples around the world to evolve existing housing stocks with high environmental impact and resource utilization, into buildings with technology-appropriate equipment that have sustainable properties for resource use.

Keywords: *Existing housing stock, Intelligent model with artificial intelligence, İmprovement, Technology in architecture, Sustainability.*

1. Daha İyi Bir Gelecek İçin, Mevcut Konut Stoklarının Çözümlenmesi

Çalışmada elen alınan temel problem, mevcut konut stoklarının yarattığı çevresel, sosyal ve ekonomik sorunların ele alınarak bu yapıların gelişen teknoloji ve teknolojik sistemlerle nasıl ele alınabileceğinin ortaya konulmasını sağlamaya çalışmaktır. Bu sayede konutlarda çevresel etkilerin azaltılmasını, kaynak kullanımında verimin arttırılmasını, gerekli teknolojik sistemlerle donatılıp iyileştirilerek çağına uygun konutlara dönüştürülmesi amaçlanmıştır. Bu hedef doğrultusunda hazırlanan **"Yapay Zekâ Destekli Model Önerisi"**, konutlara alternatif kaynak yaratılması, belirlenen başlıklarda hangi tür iyileştirmelerin yapılabileceğinin ortaya konması ve her geçen gün sayıları artan konut stoklarında bu iyileştirmelerin yapay zeka teknolojisi kullanılarak belirli tipler oluşturulması ve bu tipler yardımıyla sistemin sürekli öğrenerek sonraki konut probleminin çözümlemesi için zamanı efektif kullanmasının zeminin hazırlanması ve sistemin sürekli güncel kalmasının sağlanması için hazırlanmıştır.

Dünyada Endüstri Devrimiyle başlayan değişim hareketleri yaşam şartlarını değiştirmiş, yeni taleplerin önünü açmıştır. Değişen yaşam şartları barınma ihtiyacını da biçimlendirmiştir. İnsanların yaşamlarında konut önemli bir noktaya gelerek belli dönemlerde ise konut sahibi olmak bireylerin hedefleri haline gelmiştir. Artan bu talep karşısında konut yapımı ivme kazanmış ve bu ivme doğrultusunda teknolojinin ve yapım tekniklerinin de gelişmesiyle neredeyse tüm kentlerin siluetleri değişmeye başlamıştır.

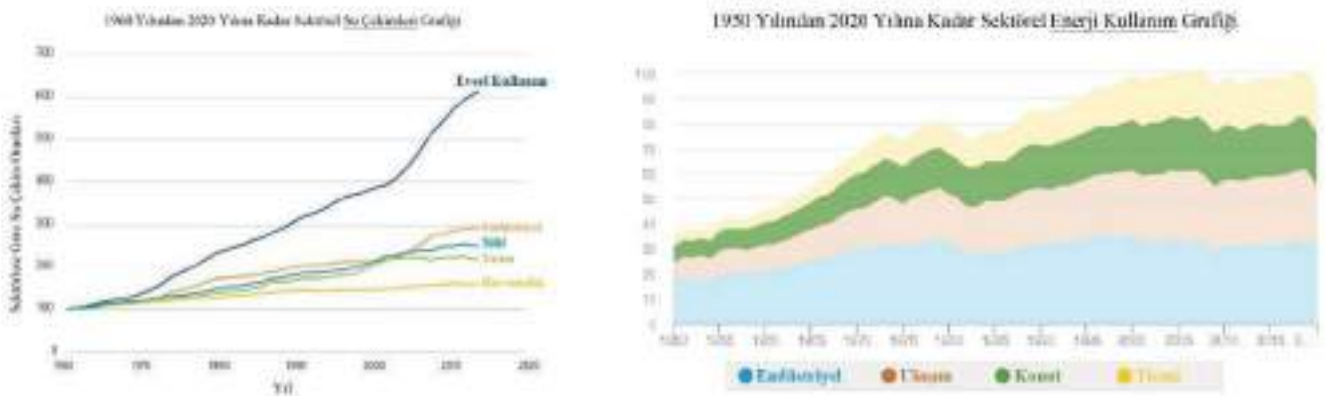
Ülkemizde bu değişimlerden payına düşeni almıştır. Hazır beton teknolojisinin gelişmesi, malzeme tedariğinin hızlanması, işgücüne kolay erişim vb. nedenler konut sayılarının günden güne artmasına neden olmuştur. Bu duruma ek olarak çeşitli ekonomik teşvikler ve konut satışından beklenen ekonomik gelirler yapım sektörünün hedefinde bazı değişimlere yol açmıştır. Bu değişimlerin sonucunda istenilen talebin üstüne çıkan konutların stoklar haline gelmesi, her bireye benzer konutların planlanması ve konutların bağlamından kopuk üretilmeye başlanması örnek olarak verilebilmektedir.

Tablo 1: Türkiye'de 2018-2020 Yılları Arasında Alınan İskân Bilgileri (TÜİK, 2020 n.d.)

	2020	**2019**	**2018**
Bina Sayısı	53.986	70.529	88.609
Yüzölçümü (m²)	86.198.564	111.645.002	120.100.622
Daire Sayısı	423.733	545.006	614.161

Tablo 1'de yer alan konut verilerine rağmen 2020 yılı da dahil olmak üzere LEED sertifikası almış proje sayısı Dünya Yeşil Bina Konseyi (WGBC) verilerine göre 428 adettir (Karademir, Dağ, 2021).

Bu değişimlerin sonucu olarak konutlarda kaynakların kullanımı hız kazanmış bu durum belirli bir aşamadan sonra kaynaklar üzerinde baskı ve stres oluşturmuştur. Azalan kaynaklar ve artan kaynak kullanımı insanlığın yaşam koşullarını değiştirmekle kalmayıp çeşitli şekillerde -ekolojik değişimler, canlı türlerinin sayılarının azalması vb.- karşımıza çıkan önemli yaşamsal sorunlardan bazılarıdır.



Şekil 1: Konutlarda Kaynak Tüketimi Sol Panel Su Çekimi, Sağ Panel Enerji Kullanımı (WRI, 2020; EİA, 2020)

Geçmişte yapılan faaliyetlerin ve biçimlerinin günümüz dünyasının gerekliliklerini yerine getirmeden aynı şekilde devam etmesi, bu sorunların temelinde yatan önemli etkenlerden birisidir. Teknolojinin gelişmesi ve yaşam kalite standartlarının yükselmesi, özellikle yapım ve inşaat sektörüne büyük bir ivme kazandırmıştır. Bu ivmelenmeyi arkasına alarak sayıları hızla artan konutlar ve bu konut sayılarının paralelinde kaynak kullanım hızı, doğa ve barındırdığı kaynakları baskı ve stres altına almıştır. Bu noktada insan yaşamını olumsuz etkileyen değişimlere karşı, gelişen teknolojinin desteğini kullanarak çağa cevap verebilen, kaynak kullanımında verimi arttıracak sistemleri barındıran kavramlar inşaat sektöründe ana hedef olmalı ve mevcut konut stoklarının da bu hedefe entegre olması gerekmektedir.

2. Daha İyi Bir Gelecek İçin, Mimaride Teknolojik Gelişmelerin Çözümlenmesi

Değişen dünya şartları ve ekolojik duruma karşı özellikle son yıllarda ortaya çıkan kavramlardan biriside hiç şüphesiz sürdürülebilirliktir. Sürdürülebilirlik tanım olarak, kalkınmada ve ilerlemede sonraki nesillerin ihtiyaçlarını karşılama yeteneklerinden feragat etmeden bugünün ihtiyaçlarının karşılanması olarak tanımlanmıştır (Steele, 1997). Bu tanımlamada önemli noktalardan birisi belli bir alana işaret etmeden geniş bir yelpazede durumu ortaya koymasıdır. Bu şekilde sürdürülebilirlik evrensel bir kavram olarak nitelendirilebilmektedir.

Sürdürülebilirlik kavramının mimari tasarım boyutunda ana fikir, mevcut yapı sistemlerinin olumsuz yönünün en aza indirgenerek, doğal olanı içselleştiren özelliklere sahip ürün için çevresel etmenleri odağa koymaktadır (Grierson, Matrie, 2011). Bu durum sürdürülebilir mimarlığın amaçlarının (Kamar, 2010):

- İnsan konforunu en üst düzeye çıkarma
- Değişim için tasarım
- Doğal olanın korunması
- Giderlerin azaltılarak verimin arttırılması olarak belirlenmiştir.

Sürdürülebilir mimari bu amaçlara ulaşabilmek için teknoloji ve insan hedeflerini bütünleştirmektedir. Uluslararası Yapı Konseyi sürdürülebilir mimariyi, kaynak verimliliğine dayalı, sağlıklı mekân yaratma, doğal/ yapay çevre uyumsuzluğu en düşük olan kavram olarak tanımlamakta (Sheramini, 2008) ve bu duruma ulaşmada teknolojik gelişmelerin sürece katkı sağlayan bir parametre olarak görmektedir. Bu durum Yapay Zekâ Destekli Model Önerisinin hedefleri ile mimaride sürdürülebilirlik hedeflerini benzer payda da buluşturmaktadır. Yapay Zekâ Destekli Akıllı Model Önerisi, mevcut konut stoklarında bünyesinde yer alacak iyileştirme yöntemi ile sürdürülebilir mimariye destek vereceği bu desteği ise teknoloji tabanında geliştireceği bir sistem sunacaktır.

Teknolojik sistemler genellikle kısa süre içerisinde dünya gelişmelerine bağlı birçok alanda insan yaşamını kolaylaştıran sistemler olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle yapı sektöründe, dünyada yaşanan sorunların çözümünde önemli bir kavram olan sürdürülebilirlik ile ilişkisinde *"teknoloji, sürdürülebilir mimariye nasıl yardımcı olabilir?"* sorusu sorulabilmektedir.

Teknolojik sistemler ve sürdürülebilir binalar temel olarak (Nezami, Ghorbanzadeh, 2010):

- Sahip olduğu teknolojik sistemleri ile sürekli uyarlamayı temsil eden sürdürülebilir gereksinimler sağlar.
- Barındırdığı otomasyon ve teknolojik sistemler ile kaynak kullanımında verimi arttırarak sürdürülebilirliği destekler.
- Sistemin genel yapısının esnekliği ile mimari tasarıma ve sürdürülebilirlik kavramına yardımcı olmaktadır.

Genel olarak teknoloji kavramı sürdürülebilirliğin sosyal, ekonomik, çevresel bileşenleriyle insana ve yaşamına yardımcı olabilmek adına sağlıklı ve konforlu mekanlar sunmaktadır. Bu sebeple yapının tasarımından yıkımına kadar olan süreçte sürdürülebilirlik kavramını destekledikleri için temel sürdürülebilirlik kavramına ulaşmada başat sistemleri oluşturmaktadır.

3. Daha İyi Bir Gelecek İçin, Kapfenberg Konut Bloğu Örneği

Avrupa'da özellikle savaş sonrası gerekli önlemlerle sürdürülebilir konut çözümleri sunan birçok konut bulunmaktadır. Bu örneklerden bir tanesi de Avusturya Steinmark eyaletinde bulunan konut bloğudur.



Şekil 2: Kapfenberh Yapısı Sol Panel Önceki Hali- Sağ Panel Yeni Hali (Architizer, n.d.)

Mevcut konut bloğu enerjiyi verimli kullanabilmek, mekanlarda yaşam kalitesini arttırabilmek adına bir dizi sistemlerle yenileyerek iyileştirilmiştir. Bu amaçla yapılan iyileştirmeler (Almeida ve ark., 2017):

- **Enerji Rehabilitasyonu**
- **Malzemelerde Yenilemeler**
- **İyileştirilmiş Mekân Kalitesi**
- **Erişilebilirlik Sorunlarının Çözümü** başlıklarında toplanmıştır.

Yapıda enerji rehabilitasyonu ile günümüz teknolojisinin yardımıyla enerji tüketimini önemli ölçüde azaltmak hedeflenmiştir. Isıtmada %80, CO_2' de %80'lik kısmı yenilenebilir enerjiden karşılanmıştır.

Yapının yenilenebilir enerji elde etmesinde çağdaş bir çözüm geliştirilmiştir. Yapı dışına entegre edilen çelik konstrüksiyona güneş panelleri takılarak yenilenebilir enerji sağlanmıştır. Elde edilen güneş enerjisi her daireye depolama birimlerini dolduran besleme sistemi aracılığıyla tabakalı bir termal depolama tankını besleyerek çalışmaktadır.

Ayrıca yapı malzemesi için mevcut cephe için yeni bir prefabrike cephe geliştirilmiştir. Bu prefabrike cephe ile tüm binanın servis kanalları dış kabuğun arkasından yönlendirme avantajını da sağlamıştır.

İyileştirilmiş mekân kalitesi için, binanın doğuya bakan cephesine sundurma eklenerek güneş kontrolü sağlanmıştır. Ayrıca yeni havalandırma sistemleri, yaşam mekanlarının genişletilmesi ve her daireye balkon eklenerek yaşam kalitesi arttırılmaya çalışılmıştır. Ayrıca yapı içinde sirkülasyonunda engelliler ve tekerlekli sandalyeler için yapı içinde esnek çözümlemeler sunularak iyileştirmeler yapılmıştır.

Yapı genel itibariyle yaşamsal kalitenin arttırılması için farklı çözümlemeler geliştirmiş ve sürdürülebilir çevreye katkı sağlamıştır. Yapıda bu çözümler ile Avusturya'da PlusEnergy yenileme ödülünü almıştır.

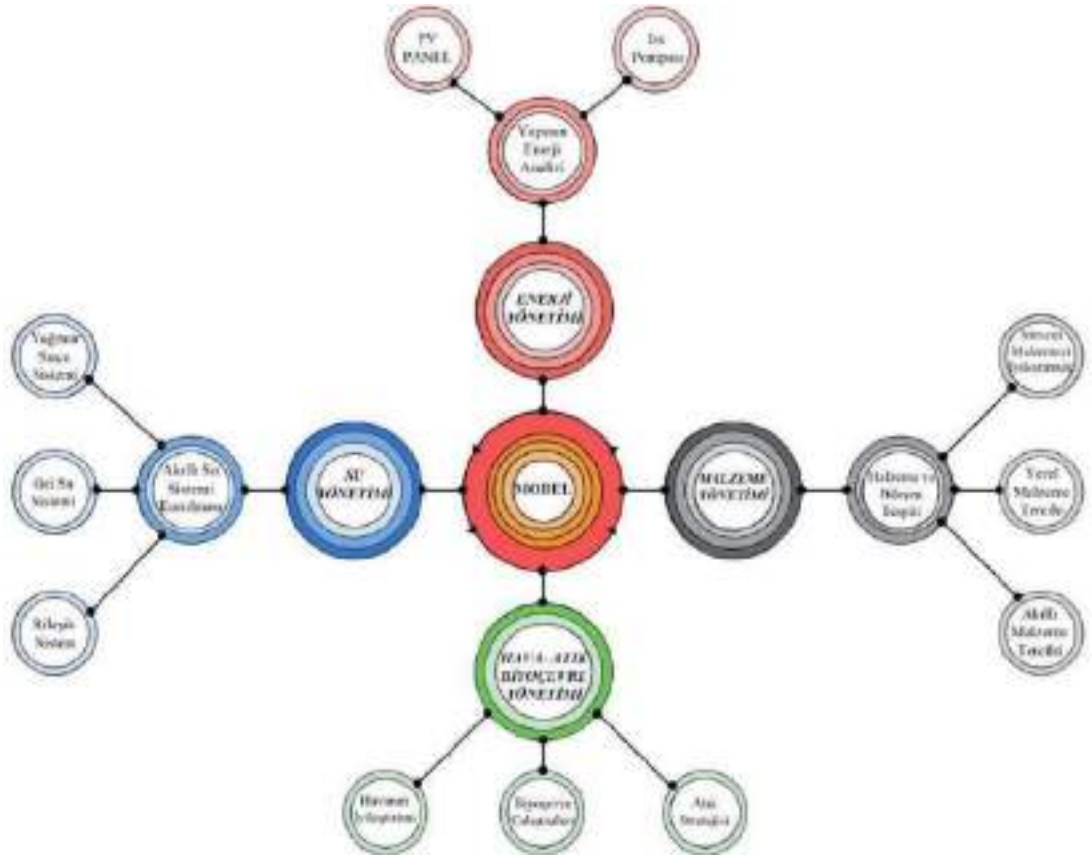
4. Daha İyi Bir Gelecek İçin, Geçiş Sürecinde Yapay Zekâ Destekli Akıllı Model Yöntemi

Dünyada teknolojinin gelişmesinin yansımaları her sektörde olduğu gibi inşaat sektörünü de etkilemiştir. Yapımda sürenin oldukça kısalması, ülkemizde artan talep ile kısa bir süre içerisinde kentlerde konut sayılarının artmasına neden olmuş bu durum ekonomik beklentilerle birleşince konut stokları yaratmaya başlamıştır. Bu yapılar bağlamından kopuk olması diğer sorunların temelini oluşturarak kaynak kullanımında ki verime kadar olan süreci etkilemiştir. Bu tip yapıların çoğalması mevcut konut stoklarının birbirine benzemesine dolayısıyla benzer sorunlar yaratmasına neden olmuştur.

Çalışmanın bu bölümünde ise amaç, sayıları hızla artan bu mevcut konut stoklarının çevresel etkilerinin düşürülmesini sağlamak, yenilenebilir kaynak kullanımını teşvik etmek, mekânsal kaliteyi arttırabilmek ve yapay zekâ kavramı ile güncel kalabilmek adına Amerika Yeşil Bina Konseyi'nin belirlediği (USEPA, 2012):

- **Akıllı Sistemler**
- **Enerji Yönetimi**
- **Su Yönetimi**
- **Malzeme Yönetimi**
- **Biyoçevre Yönetimi**

Üst başlıkları ile tekrardan değerlendirilmesi sağlanarak bu yapıların ''***yıkılmadan***'' kazandırılmasını sağlamaktır.



Şekil 3: Geçiş Sürecinde Önerilen Akıllı Modelin Genel Strüktürü *(Yazar tarafından oluşturulmuştur.)*

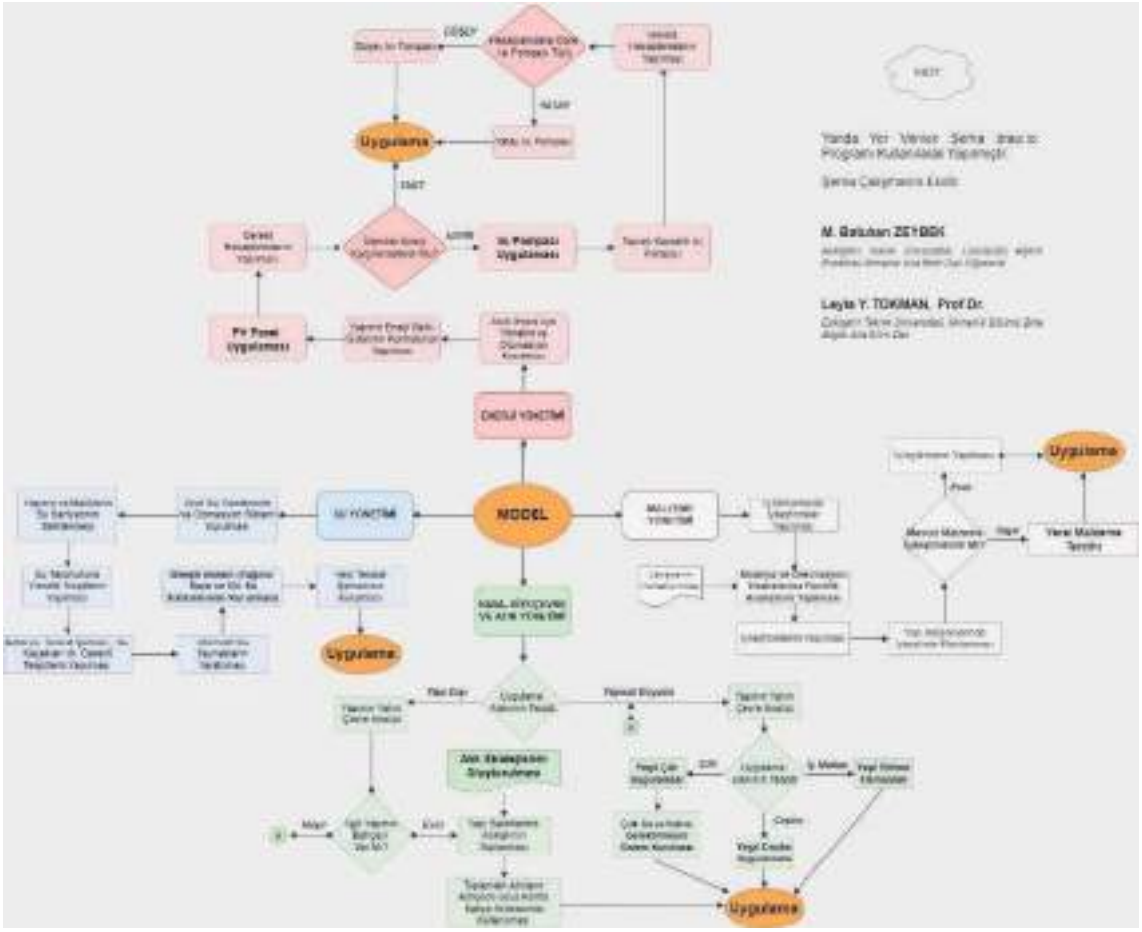
Üst başlıkları ve kısa bir özeti verilen **Şekil 3**'te mevcut konut stoklarında yapılacak iyileştirmelerin genel hatları verilmiştir.

- ***Enerji Yönetimi***; konutlarda genel olarak ihtiyaç duyulan enerjiler elektrik ve ısıtma/soğutma amaçlıdır. Bu enerjilerin karşılanabilmesinde ''*PV Panel ve toprak kaynaklı ısı pompası*'' güncel iki kavram olarak karşımıza çıkar. Gelişen ve değişen teknoloji ile bu iki alternatif kaynağın verimlerinin arttırılmaya çalışılması inşaat sektöründe yenilenebilir enerji kaynakları için oldukça önem kazanmaktadır.

- ***Su Yönetimi;*** dünyada yaşanan gelişmelerin paralelinde ülkeler üzerinde artan su stresi belirgin şekilde kendini hissettirmiştir. Birleşmiş Milletler Su Geliştirme Konseyi (WWDR, 2020) ülkemizi son yayımladığı verilerde su stresinin yoğun yaşanacağı, ülkeler arasında göstermiştir. Bu durum su stratejimizin konutlarda yeniden düzenlenmesi gerektiğinin apaçık göstergesidir. Bu nedenle bu yönetimde ''*yağmur suyu sistemlerine ve gri su sistemlerine*'' yer verilerek alternatif kaynaklar yaratılarak su çekimlerinin azaltılması hedeflenmiştir. Ayrıca yapılan çalışmalarda bu iki sistemin birlikte kullanılmasıyla su ihtiyacının %94 azalacağı öngörülmüştür (Li ve ark., 2010).

- ***Biyoçevre Yönetimi;*** yapıların çevresel etkilerinin düşürülerek yaşamsal kalitesinin arttırılmasını amaçlamıştır. Yapılarda *''yeşil cephe, yeşil çatı vb.''* uygulamalar; iç mekanlarda ise *''yeşil bölme elemanları''* kullanılması hem mekânsal kalitenin artmasında hem de sağlıklı yapılı çevrenin oluşumuna katkı sağlayacaktır.
- ***Malzeme Yönetimi;*** kullanılan malzemenin çevresel etkisinin azaltılmasını, insan sağlığına etkisinin iyileştirilmesini, yapıda *''yerel malzeme ve doğal malzemenin''* teşvik edilmesini hedeflemektedir.

- ***Yapay Zekâ Kavramı,*** sistemin devamlılığını sağlanabilmesinde ve modelin ilerleyen süreçte kendini yenileyerek geliştirmesi *''yapay zekâ teknolojisi''* ile olacaktır. Sistemin veri girişleri, bu verilerin değerlendirilmesi ve bu verilere uygun çözümlerin geliştirilmesi için yapay zekâ teknolojisi sistemin ana bileşeni olacak aynı zamanda bu verilerin öğrenilerek sonra karşılaşılacak sorunlarda verimin arttırılması amaçlanacaktır. Yapay zekâ teknolojisi (*human-in-loop*) kavramı ile (Surden, 2019) sistemi daha kararlı hale getirme, sistemi istenen doğruluğa getirme, döngüye insanı dahil etme ve insanı verimli kullanabilme hedeflenecektir.



Şekil 4: Önerilen Yapay Zekâ Destekli Model Önerisi (*Yazar tarafından oluşturulmuştur.*)

Sonuçta mevcut konut stoklarının çevresel etkilerinin azaltılması ve bu yapıların belirli üst başlıklarda iyileştirmelerinin yapılarak kazanılması başta şehirlerin şantiye alanlarına dönüşmeden kurtarılmasına daha sonra ülke ekonomisine ekstra bir yük getirmeden tekrar kazanılmasına yardımcı olacaktır. Bu sistem ve model kısa vadede yapıların iyileştiği uzun vadede şehirlerin iyileştiği bir perspektifi amaçlamıştır.

5. Sonuç

Dünyada Sanayi Devrimi ve onun temelini oluşturduğu gelişmeler insanlar için yeni yaşam standartları tanımlamıştır. Bu gelişmelere dünyada artan nüfus eklenince mevcut kaynakların tüketimi artmış ve bu kaynaklar üzerinde negatif bir etki meydana getirmiştir. Artan kaynak tüketiminde en büyük pay sahiplerinden birisi de inşaat sektörüdür. Geçmiş dönem sistemleri ile devam eden yapım faaliyetleri, teknolojik sistemleri çoğu kez göz ardı etmesinden dolayı doğal olan üzerinde baskı yaratmış ve bu durum kaynak kullanım verimini düşürmüştür.

Konutlardan beklentiler değişmelidir. Artık bulunduğu yere ait, teknolojik sistemleri aktif kullanabilen, verimli yapılar tasarlanmalı ve mevcut yapıların bu değişime katılması beklenmelidir. Bu amaçla hazırlanan ‘‘*Yapay Zeka Destekli Akıllı Model*’’ önerisinde Amerika Yeşil Bina Konseyi’nin belirlediği parametreler (USEPA, 2012):

- **Akıllı Sistemler**
- **Enerji Yönetimi**
- **Su Yönetimi**
- **Malzeme Yönetimi**
- **Biyoçevre Yönetimi** kullanılarak sistemin temel şeması ve hedefleri hazırlanmıştır.

Bu hedeflere ek olarak değişen ve gelişen dünyada etkin olarak tüm sistemlere entegre olabilen yapay zekâ kavramı da çalışmanın temel bileşenlerinden birini oluşturmaktadır. Yapay zekâ sistemi genel olarak ‘‘*insan zekâsı gerektiren işlerin otomatikleştirilmesi için kullanılması ve insan beyninin karşılayabileceği kapasiteden çok daha üstün işleri ve hesaplamaları yapabilmesi*’’ (Russel, Norving, 2005) bakımından modelin güncel kalmasını sağlayacaktır.

Yapay zekâ sistemi (*human- in- loop*) ile kurgulanmış akıllı model ile mevcut konut stokları üzerinden ‘‘*doğal olanın korunması, mevcut yapıların yapay zekâ teknolojisi kullanılarak sürdürülebilir nitelik kazandırılması, sakinleri için yaşam kalitesinin yükseltilmesi, ekonomik yönünün iyileştirilmesi ve bunun yönetilmesi*’’ amacını taşımaktadır.

KAYNAKLAR

Almeida, M., & Ferreira, M. (2017). Cost effective energy and carbon emissions optimization in building renovation (Annex 56). *Energy and Buildings (Vol:152)*, 718-738.

Architizer. (n.d.). *Renovation Residential Building Kapfenberg. Retrieved 23 April 2022 from* https://architizer.com/projects/renovation-residential-building-kapfenberg/

(EPA), U. E. A. (2012). *Resource Conservation and Recovery, Local Government Clımate And Energy Strategy Guıdes.* U.S Environmental Protection Agency (EPA).

Ghorbanzadeh , M., & Nezami , A. (2010). *Smart architecture contribution to achieving sustainable architecture realization.* Rome: WIT Press.

Grıerson, D. (2011). Towards Sustainable Building Design, Design Principles and Practices. *An International Journal, Vol:3 , No:3*.

Kamar, K., Ismail , E., Abd. , H., & Egbu , C. (2010). *Sustainable and Green Construction//Construction Industry Development Board (CIDB).* Malaysia.

Karademir, A. Ç., & Dağ, A. (2021). Sürdürülebilirlik Uygulaması Olarak Yeşil Bina ve LEED Sertifikasyonu Üzerine Türkiye İnşaat Sektöründe Bir Çalışma. *Akademia Doğa ve İnsan Bilimleri Dergisi*, 63-83.

Li, Z., Boyle, F., & Reynolds, A. (2010). Rainwater harvesting and greywater treatment systems for domestic application in Ireland. *Desalination (Vol:260)*, 1-8.

Russell, S., & Norvig, P. (2005). AI a modern approach. *Learning, 2(3)*, 4.

Shemirani , S., Akhtar , M., & Akhtar , H. (2008). Sustainable Architecture, Energy and Environment", the Second Conference and Specialized Fair of Environment Engineering. *Second Conference and Specialized Fair of Environment Engineering.* Iran: Tehran University.

Steele, J. (1997). Sustainable architecture: principles, paradigms, and case studies. *McGraw-Hill*.

Surden, H. (2019). Artificial intelligence and law: An overview. *Georgia State University Law Review, 35*, 19-22.

Türkiye İstatistik Kurumu. (n.d.). *Türkiye İstatistik Kurumu Yapı İzin İstatistikleri* , Alındı Mayıs, 2020, Bağlantı https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Yapi-Izin-Istatistikleri-Ocak-Eylul,-2020-33782

U.S. Energy Informatıon Administration. (n.d.). *Use of energy in explained. Retrieved 25 April 2022* from https://www.eia.gov/energyexplained/use-of-energy/

World Resources Institute. (n.d.). *Domestic Water Use Grew 600% Over the Past 50 Years. Retrieved 20 April 2022. from* https://www.wri.org/insights/domestic-water-use-grew-600-over-past-50-years

6. OTURUM

PARALEL OTURUM 2

Smart City Applications as a Patch: An Evaluation on Mobility, Housing, Sustainability, Big Data, and Governance

Özlem Çavuş [1]; Salih Özdemir[2]
[1,2] İstanbul Technical University
[1,2] https://mbl.itu.edu.tr/people/staff/; [1]cavus19@itu.edu.tr, [2]ozdemirsal@itu.edu.tr

Abstract

Today, the idea of a smart city is a growing interest that affects current urbanism and architectural concepts worldwide. However, the notion of smart is rarely discussed and mostly misused in current applications, either proposing an entire city model or a small-scale application. The lack of a generally accepted smart city definition causes the limited regions described as smart cities. In practice, the term smart city refers to integrating smart city applications into existing cities, and mobility, housing, sustainability, big data, and governance play crucial roles in this integration. In other words, it ensures the rehabilitation of today's cities not only from technological but also socio-economic perspectives. This understanding brings about the adaptability of existing patterns to the implemented smart city applications. The current smart city proposals do not entirely stand on the above-stated idea, and they are working as a patch to the urban fabric, not a unified system. In smart city proposals, a specific region is equipped with advanced technology applications and facilities, resulting in a pattern that often does not integrate with the entire city. This understanding leads to the emergence of smart regions as an urban patch that tries to integrate with the existing urban fabric with limited infrastructure. How to incorporate new applications concerning existing cities' physical, cultural, and administrative needs and demands? It becomes critical extending the discussions toward mobility, housing, sustainability, big data, and governance to answer this question. Each principle explains its meaning in existing discussions together with potential application fields. This paper inquires about integrability in smart city applications exemplifying Toronto Tomorrow Project in Canada as a case study. It aims to evaluate mobility, housing, sustainability, big data, and governance concerning adaptability and integrability. This assessment deciphers the smart city approaches of the project through the integration of the city with its built environment, infrastructure, and urban facilities. It is discussed to propose city applications that will produce solutions to the problems that concern the whole city with the investment cost of this project, which will offer the use of a small number of citizens in a small area.

Keywords: *Smart city, Toronto Tomorrow, Mobility, Housing, Sustainability, Big data, Management.*

Bir Yama Olarak Akıllı Şehir Uygulamaları: Mobilite, Konut, Sürdürülebilirlik, Büyük Veri ve Yönetim Üzerine Bir Değerlendirme

Özlem Çavuş [1]; Salih Özdemir[2]
[1,2] İstanbul Teknik Üniversitesi
[1,2] https://mbl.itu.edu.tr/people/staff/; [1]cavus19@itu.edu.tr, [2]ozdemirsal@itu.edu.tr

Özet

Akıllı şehirler üzerine uygulamaya yönelik projeler günümüzde gittikçe yaygınlaşmaktadır. Bununla birlikte, akıllı kavramı nadiren tartışılmakta olup mevcut uygulamalarda ya bütün bir şehir modeli ya da küçük ölçekli bir uygulama önerisi üzerinden çoğunlukla yanlış kullanılmaktadır. Genel kabul görmüş bir akıllı şehir tanımının olmaması, proje olarak önerilen sınırlı bölgelerin akıllı şehir olarak nitelendirilmesine sebep olmaktadır. Akıllı şehir önerilerinde, spesifik bir bölgenin gelişmiş teknolojiye sahip uygulamalar ve imkanlar ile donatılarak çoğunlukla şehrin tamamına dokunmayan bir örüntüyü doğurur. Bu anlayış, günümüzün sınırlı altyapı imkanlarına sahip şehirleriyle entegre olmaya çabalayan akıllı bölgelerin, kentsel bir yama olarak ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Mevcut şehirlerin fiziksel, kültürel ve idari ihtiyaç ve taleplerine yönelik yeni uygulamalar nasıl hayata geçirilir? Bu soruya yanıt verebilmek için kentin kullanıcılarına ve mevcut dokusuna entegre olabilen çözüm önerilerinin bütüncül bir perspektiften irdelenmesi gerekmektedir. Bu perspektif bu çalışmada mobilite, konut, sürdürülebilirlik, büyük veri ve yönetim başlıkları altında, sınırlı bir alanda teknoloji temelli ve güdümlü olarak önerilen projelerden biri olan Toronto Tomorrow projesi üzerinden tartışmaya açılmıştır. Bu değerlendirme, projenin akıllı şehir yaklaşımlarını, şehrin yapılı çevresi, altyapısı ve kentsel olanaklarıyla entegrasyonu üzerinden deşifre eder. Küçük bir alanda, az sayıda kentliye kullanım olanağı sunacak bu projenin yatırım maliyetiyle kentin tamamını ilgilendiren sorunlara çözümler üretecek şehir uygulamalarının önerilmesi tartışılır. Önerilerin uygulanabilirliği, maliyeti ve sürdürülebilirliği kadar, bir bölgenin akıllı şehir uygulamaları altında soylulaştırılması riskine dikkat çekilir. Kent için yerleşim alanlarının, gelir gruplarına göre her geçen yıl daha daha keskin sınırlarla ayrıştığı da düşünüldüğünde akıllı sistemlerle donatılmış bir bölgenin yama olarak eklenmesinin kent içi ayrışmaya sebebiyet vereceği tartışılır.

Anahtar Kelimeler: *Akıllı şehir, Toronto Tomorrow, Mobilite, Konut, Sürdürülebilirlik, Büyük veri, Yönetim.*

1. Introduction

Today, the idea of a smart city is a growing interest that affects current urbanism and architectural concepts worldwide. However, the notion of *smart* is rarely discussed and mostly misused in existing applications, either proposing an entire city model or a small-scale application. There is no accepted standard definition of a smart city in this realm (Angelidou, 2015). In practice, the term smart city refers to integrating smart city applications into existing cities, and mobility, housing, sustainability, big data, and governance play crucial roles in this integration. In other words, it ensures the rehabilitation of today's cities not only from technological but also socio-economic perspectives. This understanding brings about the adaptability of existing patterns to the implemented smart city applications. According to Balaban (2020), when the smart city concept is used in a narrow sense, it refers to including technology in the urban environment through many channels. When defined in a broad sense, the smart city is not only a technology-based process but also points to a long-term transformation process that includes the economic, political, and social contexts of the city.

The current smart city proposals do not entirely stand on the above-stated idea, and they are working as a patch to the urban fabric, not a unified system. Indeed, smart city applications are commonly implemented to improve current systems. Are today's cities ready to adapt to technological ways of living in the future regarding superstructure and infrastructure? For instance, the idea behind Woven City and Toronto Tomorrow focuses on generating a 3D sample model within the boundary of a selected parcel. What about outside the boundary connecting the new and the existing cities and lives? Therefore, it forces designers to seek alternative solutions that can be easily adapted and flexible in use for the existing urban fabric. How do designers incorporate new applications concerning existing cities' physical, cultural, and administrative needs and demands? Therefore, extending discussions towards mobility, housing, sustainability, big data, and governance is critical to answering these questions.

In addition to the discussions above, individuals in a society adapt differently with the advent of innovation. These different adaptations are defined over an innovation adoption lifecycle in terms of individuals' adaptation time to technology. According to the graph indicated in **Figure 1**, it takes time for the late majority and laggards to use an innovation. Such people, however, make up a large part of society. Still, the existing applications mostly focus on what can be done with the technology, which serves mainly people who can afford it. Late majority and laggards are also critical in obtaining more reliable data to develop technological implementations. Otherwise, the top-down decisions may force them to move to places where they feel safe and comfortable rather than staying to live in the proposed area. This situation can also cause a conflict between groups of people. Therefore, existing cities' and citizens' integrability plays a crucial role in such concepts.

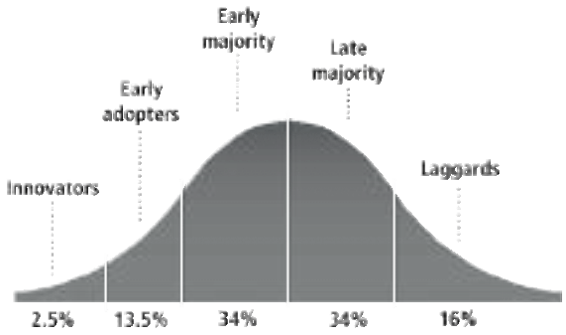


Figure 1: Innovation adoption lifecycle (Bell curve: Innovation adoption lifecycle, n.d.)

As a result, this paper inquires about *integrability* in smart city applications exemplifying a case study. It aims to evaluate mobility, housing, sustainability, big data, and governance concerning integrability. Hence, this study proposes these principles to determine architectural design criteria as a guide for future smart cities. Accordingly, it discusses these principles over a case study regarding integrability. The Toronto Tomorrow project is selected as a case study because extensive studies have these principles. The motive is to assert the necessity of a smart city approach that spreads throughout the city instead of establishing a smart district by making a part of the city smart.

2. Methodology

According to the relevant literature, this study first elaborates on the debates on mobility, housing, sustainability, big data, and governance. Each principle explains its meaning in existing discussions together with potential application fields. Primarily, they are discussed based on the following concerns obtained from the books by Green (2020), Ratti & Claudel (2016), and Townsend (2014).

- Debates on mobility imply self-driving vehicles, drone delivery systems, energy supply problems, the necessity of infrastructure, and superstructure.
- Discussions on housing include modular and flexible systems, social housing design approaches, shared living, co-living, communal living, the significance of subsidy, and citizen-centric and -participated design.
- Sustainability indicates climate change, efficient use of resources, performative design proposals, egalitarian approaches, optimization, and sustainability of resources where one's output turns into another's input.
- A controversial issue in the literature, big data encapsulates two opposite perspectives: potential value and critical concern. It can be seen as a centralized human archive as a collective memory accessible to everyone. On the other hand, it is considered a dangerous tool to pay attention to technology, not citizens.
- Governance, the last debate, includes the following topics: civic engagement, transformation power of the technology for ideas spreading fast, and the relationship between human-environment, leader-citizen, and politics-technology.

All these debates highlight the significance of the integrability of the existing cities to the offered smart city applications. This integration encapsulates two main criteria: 1) integration between the existing city and new proposal and 2) adaptability of the space and users. The former indicates that old and new cities have different ecosystems containing technological and other opportunities. Besides, the old and the new city share a common level of development. On the other hand, the latter indicates technological gentrification due to the city's transformation and its lives. Also, it means users' role in adopting technology. Accordingly, all the mentioned criteria regarding integrability will evaluate the case study of Toronto Tomorrow in Toronto/Canada. This evaluation is further discussed based on the current debates on mobility, housing, sustainability, big data, and governance. Under the headings of mobility, housing, sustainability, big data, and governance, the integration of the existing city and proposal area will be encrypted. In addition to the innovative and attractive aspects of the proposals brought in the Toronto Tomorrow project, the level of harmony with the city will be examined. Beyond proposing a new project, approaches to feasibility, cost, and sustainability are discussed under evaluation items.

Each item examined by the article is also evaluated in terms of working together. As well as the integration between the Existing city and the proposed smart city, the integration between sustainability, transportation opportunities, use of data and housing should not be overlooked. Because mobility, housing, sustainability, big data, and governance appear as components that directly affect each other and do not seem possible to work separately in smart city systematics.

3. Case Study

The Toronto Tomorrow project offers proposals related to the evaluation criteria (mobility, housing, sustainability, big data, and governance) to improve people's lives. The common point of these proposals is bringing together physical and technological opportunities. Mainly, there are suggestions under mobility, public realm, housing, building, digital innovation, sustainability, and social infrastructure (SideWalk Labs, 2019a). The project is considered for an entire 300-hectare area called Quayside and Riverside (SideWalk Labs, 2019b). This section aims to overcome the urban challenges by collecting the data in the city.

Integration: Existing City and The New Proposal

Low-income neighbors are pushed to the border far from the city center, while high-income citizens live in the center. This situation is easily seen in the maps of the city from 1970 to 2015, showing the city's income distribution (SideWalks Labs, 2019b). However, smart city proposals established in a part of the city will cause similar problems. Also, creating a district in a part where technological opportunities are fully implemented will turn into an attention point. Nonetheless, this is not a sustainable solution in the long term. For this reason, the relationship between the existing city and the smart district, the region recommended for the smart city, can be evaluated in two stages as follows.

- The former is creating a region where sustainable, economic, technological, and infrastructure opportunities are used at a high level in a part of the city. However, integration problems arise because of different facility opportunities between this created region and the rest of the city.
- The latter is the intersection of the smart district's possibilities with the city's possibilities at a common level. This intersection makes the smart district applicable to the whole.

The second approach is not found in leading smart city proposals and applications such as Toyota Woven City and Toronto Tomorrow. This approach would prevent applicability and compatibility problems that may occur after installation.

Integration: Adaptability of Space and User
Smart city infrastructures that can be implemented in today's cities are very limited. Traffic signals, signs, and advertising screens can be considered smart elements in today's cities' infrastructures. However, the technological infrastructure of smart cities will be far ahead of today's integrability. This situation will cause technological gentrification, dividing people into regions according to their income level.

The mobility opportunities in the smart city, vehicle-human, vehicle-environment relations, and applications in the rest of the city will be different. When those not living in a smart city come to this smart region, it is likely to have problems because of understanding and using devices and systems. Those using autonomous vehicles and devices in the smart city can expect similar autonomous behaviors in the entire city. For example, the citizens may tend to show similar behavior patterns where conflicts can occur. Indeed, this behavioral maintenance can lead to adaptability problems causing accidents.

3.1. Mobility

Mobility in Toronto Tomorrow Project is examined under six headings: expanding public transit, enabling walking and cycling year-round, harnessing new mobility and self-driving technology, reimagining city deliveries and freight, improving mobility management, and designing people-first streets. All titles try to prioritize activities such as walking and cycling, considering the People-First approach. That is, the People-First design prioritizes expanding the public transport network and increasing the quantity and quality of pedestrian and bicycle paths. The project aims to expand the public transportation facilities and integrate the existing transportation system of the city. As seen in **Figure 2**, these investments are only for the Toronto Tomorrow project area within the entire city. Nevertheless, it requires much additional investment to integrate the city's public transport network for accessibility.

City internet, self-driving cars, and autonomous urbanism are hot topics considered to be implemented in the near future. These systems have many benefits, such as speed, yet some drawbacks like the responsibility of safety protocols in emergent situations. One of the biggest concerns is increasing energy requirements since these systems are becoming more energy-dependent. Even if proposed systems depend on natural resources such as solar energy, there are still concerns about raw material supply. For instance, there is a shift to minerals such as copper, which is prominent in today's electronic culture.

Toronto has a frigid climate, so the project proposes heated pavements and roads for long-term winter. However, these proposals increase the investment and operating costs. Roads should be built, the public transportation network should be expanded, vehicles such as bicycles and e-scooters should be purchased, and platforms that allow common use should be established to ensure the integration between the proposed city and the existing city. Making the investments in **Figure 2b** for a particular small area in the city can cause high infrastructure investment costs.



Figure 2: a. 15 minutes walk neighborhoods b. Public transit network and their costs (SideWalk Labs, 2019a)

3.2. Big Data

One of the most critical topics in the Toronto Tomorrow Project is Digital Innovation referring to big data. Big data is covered in four main sections:

- providing more affordable and flexible digital infrastructure
- setting data standards that are open and secure
- creating a trusted process for responsible data use
- launching core digital services that others can build on

Considering these sections, Super-PON technology is proposed in Toronto Tomorrow to reach more users and transmit farther than traditional fiber cable infrastructure. Thus, the region has a robust internet infrastructure, and information can be transmitted much faster. The new fiber infrastructure increases the speed enabling the transmission of large amounts of urban data to be collected. Toronto Tomorrow proposes generally accepted and globally used standards. The prominent ones can be listed as OpenTraffic and OpenLR, GTFS Realtime, OpenStreetMap, General Bikeshare Feed Specification (GBFS), CityGML, and CityJSON, Brick, IFC, and Public Life Data Protocol. Standards are also recommended for operability, safe storage, and public accessibility issues. Especially big data studies, which have turned into extensive data studies, reveal essential responsibilities in the use and storage of data.

The project states that permissions will be obtained from the users for all collected data, and warning signs will be placed around each piece of equipment for data collection in the city. However, what purpose and by whom these data will be used are controversial issues. In particular, personal data, which is one of the essential sources of marketing activities, will be urbanized and presented to companies in a much more attractive way. All daily behaviors of individuals can be detected, and this detection may cause undesirable results in terms of privacy.

Ratti & Claudel (2016) consider big data a potential value since it generates a collective memory: a centralized archive of humankind. According to the authors, society is moving from "life-logging" to "city-logging, and from a top-down vision of data collection to a bottom-up vision of data aggregation and dissemination. It is a shift from "big brother" to "little sisters." Although big data increases accessibility for everyone, the technology giants building smart cities mostly pay attention to technology, not people (Townsend, 2013). Besides, they mostly focus on cost-effectiveness and efficiency and ignore the creative process of harnessing technology at the grassroots. Applications of these new information technologies mostly come from the bottom-up, as users do not have a voice in design development. In addition, Green (2019) warns against excessive reliance on the data to avoid misconceptions. For instance, the author exemplifies predictive policing: machine learning algorithms that analyze historical crime patterns to predict when and where the next crimes will occur. Misguided assumptions shape behaviors, beliefs, and policies. Predictive policing

software overestimates crime in minority neighborhoods and underestimates crime in white neighborhoods by relying on this data. As a result, Ratti & Claudel (2016) underline big data as a collective tool, while Townsend (2013) and Green (2019) stress the use of big data on the shoulders of certain individuals. In fact, all of them focus on technological determinism.

Although these advances seem to serve little sisters, they indeed turn little sisters into materials for the good of big brothers. In fact, users become data sources to increase the profits of the people who hold the technology in their hands. Therefore, there is a need to balance top-down and bottom-up systems. All the authors mentioned above try to answer the standing position of people among the rapidly growing big data. Citizens or a user should be involved in these technologies as profilers as well. However, there are drawbacks to incorporating citizens who have non-sufficient design knowledge to make decisions in the design process, as they only reflect what they already know. Mueller et al. (2019) suggested the union of citizen-centric and participating approaches. In this way, the roles between people on the top and bottom may change to get optimal solutions, yet too much reliance on technological tools is critical. Technology is human-made and transforms the way we live in a manner that we may not foresee in advance. That is, it can be out of control beyond the expected outcome. Thus, the question arises: is big data material for citizen needs, or do citizens become material for big data?

3.3. Housing

The primary goal of the Toronto Tomorrow Project regarding the housing concept focuses on construction and adaptation to improve adaptability considering the project timeline. The key design factors comprise community engagement catalyzing non-profit housing collaboration. Besides, the project explanation reports stress catalyzing sustainable industry around timber mass by providing a supply chain with a digital delivery system. The proposed system comprises prefabricated modular assembly units with timber and promotes factory to construction scenarios. It launches a library of units such as utility walls that can be plugged in and out. The overall housing concept is flexible to allow different configurations on demand. Flexibility is crucial to meet and adapt to changing needs and demands as fast as possible. Therefore, the topics such as less storage for the fast delivery of services and modularity to allow different functional use becomes significant. However, library-dependent design approaches may lead to an indirect relationship between designers and the design object. Braverman (1974) critiques labor and monopoly capital in integrated design processes and states that the production and construction processes gradually evolve into a dimension that even anyone can do. Similarly, Füssler (2008) gives the example of a staircase used in the ArchiCAD program and questions whether the person who made the design is the designer or the person who created the staircase library.

Another significant issue in such systems is the users' role. The Toronto Tomorrow project allows users to make changes according to their budget and needs. A significant and similar case is Arevena's social housing project (Aravena, 2008), of which success depends on user-centric and user-participated design. Taking users' wishes and demands as well as assigning them active roles in design making creates double-sided approaches.

Smart city applications can be expensive, so the accessibility of houses with better living conditions for poor people is needed in social housing projects. In this regard, many design solutions focus on sharing houses instead of owning and the role of giving subsidies before the project starts. These proposals are a sort of economic optimization, as the less money, the more diversity in use. Besides, they let poor people access expensive applications, improving their quality of life. As a result, these applications can have a voice in the mainstream.

Smart city applications are performed for existing cities, so applied systems may remain incompatible with the rest. Therefore, it may require a holistic approach to optimize energy efficiency. In this sense, how to converge these separated systems? Also, smart city applications give priority to connectivity. However, it is blinked how mereological relations between housing units and the city itself are created for the system as a whole. The question arises: how to prevent deconstruction and reconstruction of existing patterns over and over time concerning adaptability and flexibility for further studies, as each of these implementations affects the city's existing structure.

3.4. Sustainability

The sustainability approach in the Toronto Tomorrow Project depends on six main parts: creating low-energy buildings, optimizing building energy systems, making full electrification affordable, using clean energy to heat and cool

buildings, reducing waste and improving recycling, and managing stormwater naturally and actively. These six main parts are related to low energy scenarios and thus closely relevant to the narrow sense of the smart city concept defined by Balaban (2020). The project considers affordable electrification based on a power grid and monthly budget bill, and citizens are supposed to pay as they throw for recycling. This idea offers a kind of optimization of sources and the life cycle of the management process. If almost all inputs and outputs of the buildings, including their surrounding environments, can be collected under big data, one's output can turn into an input for another. It can be developed to obtain better optimization of resources. In this way, performative design can be developed as a whole in response to both environment and users' needs and demands.

The significance of the entire system should be highlighted rather than focusing on single design parts. Ratti et al. (2015) concentrate on the working principles of smart systems. SideWalk Labs (2019d) takes the similar issue in a more detailed way, expanding the topic through discussions on user participation and connectivity with the entire city. The prominent concern regarding all the articles mentioned above is connectivity. These articles reconsider the existing topics like climate change and efficient use of resources as a system integrated with new digital tools. However, this connectivity should be studied not only in terms of energy but also in other means. In this regard, Weisser & Hauck (2017) highlight incorporating all kinds and landscapes in smart systems. The user indicates that humans and all kinds share the same habitat here.

3.5. Governance

The governance approach in Toronto Tomorrow depends on the shared open space comprising sustainable funding and public-private sector knowledge-sharing (SideWalk Labs, 2019e). In this sense, the public realm concept in the project defines the city as retaining ownership of the open spaces while at the same time protecting the needs and rights of private owners over their lands. Besides, the project aims to facilitate operational efficiencies and achieve a responsive entity to both government and private landowners through legal agreements, board seats, public transparency, or other means. The project focuses on the emerging cities' citizen engagement and economic development. Townsend (2013) exemplifies Singapore and states that cities and provinces worldwide assume a more significant role in global policy issues, yet cities are not companies. Big technology companies have spent a half-decade educating mayors about technology, but their understanding of how cities work is like a company. However, people need to see a way to make life better for themselves, as opposed to waiting for the government or for some magical start-up to do it for them.

The new technologies in smart city concepts transform the way people communicate, particularly from the lens of civic engagement. Today, ideas are spreading fast online via social media, forums, and communication tools, powerful media for community discussion and action. More people have a voice demanding their needs and problems now (Townsend, 2013). However, it may open the doors towards manipulations if it is known how the technological system works and how people are guided accordingly. What about the values we have during this transformation process? In this way, the values may be transformed into a new level of understanding. Ratti & Claudel (2016) discuss the boundary defining malicious hacking. According to the authors, the hacking value is linked to its purpose, history, and transformation. The authors argue that urban interventions have a ground in their physical environment and public control. The core of successful hacking in the urban area is primarily what the site means, how hacking is suitable for the site, and how hacking transforms the site to communicate with a broad public message.

Green (2019) stresses the role of technology in the realm of democracy and politics and mentions Reasonocracy, which Henry Lieberman advocates for replacing U.S. democracy. In this proposed form of government, decisions are made by Reasonocrats that are indeed based on logical reasoning. Representatives who solve problems using reason instead of power, as opposed to bureaucrats, implement government policy via fixed routine without exercising intelligent judgment. However, the author stresses that democracy is not merely a project of aggregating preferences and making logical decisions. Determining what values to prioritize when creating technology, like developing the policies and structures that the technology supports, is a matter of politics. Therefore, the new technology has not transformed democracy, although it transforms how people communicate and associate. Furthermore, with civic engagement, governance models start to change through new communication tools. Some may argue that technology may replace the human actors in decision-making. However, governance needs more than logical reasoning (Green, 2019), as it needs critical thinking about the existing situations considering the future of the people, cities, and environment.

As a result, technological developments push the communication channels outside the boundary. We invented technology, but it has started to change us more than expected. Technological improvements based on logical reasoning may take control over governance models, yet it is suspicious of human values. It becomes critical how the blurry boundary of intertwined relations is defined. How do designers create a balance among the roles of actors?

4. Results and Discussion

The Toronto Tomorrow smart city approach has problems in integrating new applications to the existing urban patterns. This study discusses the significance of combining infrastructure and superstructure of the overall city, considering technological opportunities with a sustainable approach. Sustainable refers to the broad sense as depicted by Balaban (2020). Before technological implementations, designers should consider the relationship between the smart and existing regions. Applications can be implemented more effectively only in this way. Otherwise, the smart region becomes an attraction point without connecting the existing infrastructure and superstructure as well as the entire residents.

Smart city applications prioritize connectivity; however, they blink how mereological relations between housing units and the city establish a system as a whole. As each of these implementations affects the city's existing structure, how to prevent deconstruction and reconstruction of existing patterns over and over time concerning adaptability and flexibility for further studies?

Toronto Tomorrow aims to minimize carbon emissions using wood as a sustainable building material in constructing building modules. However, the timber materials production method is challenging and costly even with today's concrete and steel technology (Smith et al., 2014). The cost of timber material will not be limited to the construction phase but will continue to increase throughout the entire lifecycle of the building. In this sustainable approach, the costs become questionable during both construction and operation.

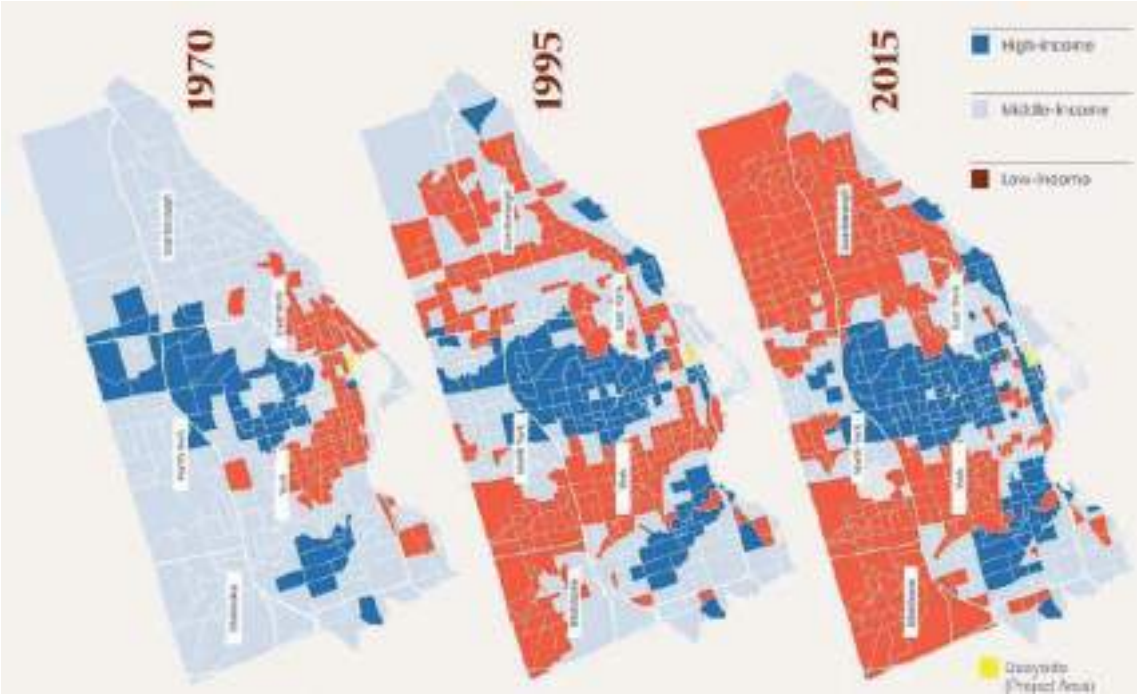


Figure 3: Neighborhood change (Source: Statistics Canada Census Profile Series 1971, 1996, 2016; analysis by J. David Hulchanski, cited by SideWalk Labs (2019c))

In smart city applications, users may become data sources to increase the profits of those who hold the technology in their hands. Therefore, there is a need to balance top-down and bottom-up systems. Incorporating citizens as profilers in designing and implementing these technologies has potential. Nevertheless, there are also drawbacks to incorporating citizens who have non-sufficient design knowledge. When they make decisions in the design process, they only reflect what they already know. Mueller et al. (2018) suggested the union of citizen-centric and -participated

approaches. In this way, designers can obtain optimal solutions, yet too much reliance on technological tools is still critical.

Figure 3 shows the neighborhood change regarding residents' income levels in 1970, 1995, and 2015. The maps indicate the high-income group gradually moving to the coast while the low-income group moves inland with the increase in number. This situation may cause a weakening of the relationship between income groups and the sharpening of the borders among the neighbors. Over time, the coastline gained value. As seen in the map in 2015 (**Figure 3**), the project site of the Toronto Tooworrow is located in the coastal region where high-income residents stay. This project site selection raises the question of whether the city's facilities are served by the mainstream or used for a small class of people? Hence, considering the technology adaptation curve mentioned in **Figure 1**, does this situation serve as gentrification?

REFERENCES

Angelidou, M. (2015). Smart cities: A conjuncture of four forces. *Cities, 47,* 95–106. https://doi.org/10.1016/j.cities.2015.05.004

Aravena, A. (2008). Less money, more creativity. *Entrevistado por Mark Magazine. ISSN 8710966141267*, *15*, 174-177.

Balaban, O. (2020). Yeşil ekonomi ve akıllı kent tartışmaları ekseninde yeni kentsel gelecek. In İ. G. Dino & G. M. Abbas (Eds.), *Dosya 45: Gelecek, teknoloji ve mimarlık* (pp. 48-55).

Braverman, H. (1974). *Labor and monopoly capital: The degradation of work in the twentieth century,* New York: Monthly Review Press.

Bell Curve: Innovation Adoption Lifecycle (n.d.). Retrieved May 21, 2022, from https://www.researchgate.net/figure/Bell-Curve-Innovation-Adoption-Lifecycle_fig1_291181159

Dameri, R. P. (2013). Searching for smart city definition: A comprehensive proposal. *International Journal of computers & technology*, *11*(5), 2544-2551.

Füssler, U. (2008). Design by tool design. *Advances in Architectural Geometry.*

Green, B. (2020). *The smart enough city: Putting technology in its place to reclaim our urban future.* MIT Press.

Mueller, J., Lu, H., Chirkin, A., Klein, B., & Schmitt, G. (2018). Citizen design science: A strategy for crowd-creative urban design. *Cities*, *72*, 181–188. https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.08.018

Ratti, C. G., & Claudel, M. (2016). *The City of Tomorrow: Sensors, networks, hackers, and the future of urban life*. Yale University Press.

Sidewalk Labs Mobility. Sidewalk Labs. (2019a). Retrieved May 21, 2022, from https://www.sidewalklabs.com/toronto

Sidewalk Labs Digital Innovation. Sidewalk Labs. (2019b). Retrieved May 21, 2022, from https://www.sidewalklabs.com/toronto

Sidewalk Labs Buildings and Housings. Sidewalk Labs. (2019c). Retrieved May 21, 2022, from https://www.sidewalklabs.com/toronto

Sidewalk Labs Sustainability. Sidewalk Labs. (2019d). Retrieved May 21, 2022, from https://www.sidewalklabs.com/toronto

Sidewalk Labs Public Realm. Sidewalk Labs. (2019e). Retrieved May 21, 2022, from https://www.sidewalklabs.com/toronto

Smith, T., Fragiacomo, M., Pampanin, S., & Buchanan, A. H. (2009). Construction time and cost for post-tensioned timber buildings. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Construction Materials*, *162*(4), 141-149.

Townsend, A. M. (2014). *Smart cities: Big data, civic hackers, and the quest for a new utopia.* WW Norton & Company.

Weisser, W., & Hauck, T. (2017). Animal-aided design-using a species life-cycle to improve open space planning and conservation in cities and elsewhere. *bioRxiv,* 150359.

Üretken Sistemlerle Mimari Tasarım ve Video Projeksiyon Haritalama

Buse Bölek [1]; Hatice Günseli Demirkol[2]; Mehmet İnceoğlu[3]
[1, 2, 3] Eskişehir Teknik Üniversitesi
[1]busebolek@eskisehir.edu.tr; [2] hgdemirkol@eskisehir.edu.tr; [3]mehmeti@eskisehir.edu.tr

Özet

Mimari tasarım problemlerine çözüm olarak üretilen yenilikçi ve yaratıcı yaklaşımlar oldukça karmaşık aşamalar içerir. Mimari tasarımda, tasarımcının yaklaşımları ve sayısal veriler tasarım sürecini çok katmanlı bir yapı haline getirir. Katmanlar kompleks sistemler tanımlar ve kompleks sistemlerin tasarımcılar tarafından oluşturulan tek bir sistematik öneriye indirgenmesi, tasarım problemlerine etkin yanıt verme olasılığını sınırlandırabilmektedir. Gelişen teknolojiyle birlikte mimari tasarım problemlerinin çözümüne yardımcı olabilecek pek çok araç ve yöntem ortaya konulmuştur. Bu araçlar sayesinde tasarım problemlerinin çözüm sürecindeki iç içe geçen katmanlaşmış yapının çözümlenmesi kolaylaşmaktadır. Parametrik modelleme programları ve üretken algoritmaların entegrasyonu kompleks tasarım problemlerini çözümlemede ve katmanlı yapıyı organize etmekte kullanılan yöntemlerden biridir. Üretken algoritmalar aracılığıyla tanımlanan üretken sistemler tasarım problemlerinin çözümlenmesinde kavramsal yaklaşımların, çeşitli geometrik kurguların ve farklı formların dijital ortamlarda oluşturulmasını sağlamaktadır. Üretken algoritmalar erken tasarım evrelerinde daha dinamik kurguların, işlevsel çeşitliliklerin ve farklılaşan verilerin esas alınmasına olanak sağlamaktadır. Değişkenler arasındaki ilişkilerin aktif olarak denetlenebilmesi, tasarımdaki karmaşıklığın kontrol edilebilirliğini mümkün kılmaktadır. Böylece mimari tasarım ve üretken algoritmalar arasında çeşitli analojiler kurulmaktadır. Sayısal tasarım süreci içerisinde, tasarıma ait üretken algoritmanın doğrudan kodlanması, tasarımın parametrelerine bağlı değişkenlerin aktif kontrol edilebilmesine olanak sağlamaktadır. Bu sayede tasarımın, modelleme yazılımının mimari tasarımcıya sunduğu sınırlı imkanların tasarım üzerindeki kısıtlayıcı rolü ortadan kalkmaktadır. Tasarımcı her bir parametreyi ve tasarım kriterlerini kendi yaklaşımına özgü oluşturma olanağı elde etmektedir.

Bu çalışmada fraktal geometri fonksiyonun ilkeleri kullanılarak bilgisayar ortamında üretken algoritmanın geliştirilmesi amaçlanmıştır. Geliştirilen üretken algoritma, çevresel etmen parametreleri ile çakıştırılarak üretken sistem oluşturulmuştur. Bu sistem önerisi fraktal fonksiyonların algoritmasının kodlanması ile parametrik cephe önerilerinde üretken algoritmanın çoklu potansiyellerinin görselleştirmesinden faydalanılarak, çeşitli cephe tasarım önerilerinin üretilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında örneklem yüzey olarak bir kolonun iki yüzeyi çevresel etmen parametrelerinden biri olarak tanımlanmıştır. Geliştirilen üretken algoritma aracılığıyla elde edilen öneriler kullanılarak, üretken sistemindeki parametrelerin işlevselliğini tartışmak amacı ile video projeksiyon haritalama yapılmıştır. Bu kapsamda üretken sistem ile oluşturulan tasarımın gerçek ölçeğinde kolon yüzeyine yansıtılmasıyla algoritmanın ürettiği çeşitli tasarımlar değerlendirilmiştir. Üretken algoritmayla birlikte kodlanarak modellenen mimari tasarımların, yazılımlar ile doğrudan elde edilen algoritmalara göre avantajları tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Üretken sistemler, Algoritma tasarımı, Üretken fraktal algoritması, Video projeksiyon, 3D Haritalama.*

Architectural Design with Generative Algorithm and Video Projection Mapping

Buse Bölek [1]; Hatice Günseli Demirkol[2]; Mehmet İnceoğlu[3]
[1, 2, 3]Eskişehir Technical University
[1]busebolek@eskisehir.edu.tr; [2] hgdemirkol@eskisehir.edu.tr; [3]mehmeti@eskisehir.edu.tr

Abstract

Innovative and creative approaches produced as solutions to architectural design problems involve quite complex stages. In architectural design, the designer's approaches and numerical data make the design process a multi-layered structure. Layers define complex systems, and the reduction of complex systems to a single systematic proposal created by designers can limit the possibility of effectively responding to design problems. With the developing technology, many tools and methods have been introduced that can help solve architectural design problems. Trough to these tools, it becomes easier to analyze the intertwined stratified structure in the solution process of design problems. The integration of parametric modeling programs and generative algorithms is one of the methods used to solve complex design problems and organize the layered structure. Generative systems defined through generative algorithms enable conceptual approaches, various geometrical constructs and different forms to be created in digital environments in solving design problems. Generative algorithms allow for more dynamic interactions, functional variations and differing data to be based on in the early design phases. Being able to actively control the relations between the variables makes it possible to control the complexity in the design. Thus, various analogies are established between architectural design and generative algorithms. In the digital design process, the direct coding of the generative algorithm of the design allows active control of the variables depending on the parameters of the design. In this way, the restrictive role of the design, the limited possibilities offered by the modeling software to the architectural designer, on the design is eliminated. The designer gets the opportunity to create every parameter and design criteria specific to his approach.

In this study, it is aimed to develop a generative algorithm in computer environment by using the principles of fractal geometry function. The generative system was created by overlaying the developed generative algorithm with the environmental factor parameters. This system proposal, it is aimed to produce various facade design proposals by coding the algorithm of fractal functions and making use of the visualization of various potentials of the generative algorithm in parametric facade proposals. Within the scope of the study, two surfaces of a column were defined as one of the environmental factor parameters. Video projection mapping was carried out in order to discuss the functionality of the parameters in the proposed generative system, which was obtained with the developed generative algorithm. In this context, the design created with the generative system was reflected on the column surface in real scale and various designs produced by the algorithm were evaluated. The advantages of architectural designs modeled by coding with the generative algorithm compared to the algorithms obtained directly with the software are discussed.

Keywords: *Generative systems, Algorithm design, Generative fractal algorithm, Video projection, 3D mapping.*

1. Üretken Algoritma ile Tasarım

Mimarlık disiplininde tasarım araçları, gelişen teknoloji ile zaman içerisinde değişim ve dönüşüm göstermiştir. Böylece bilgisayar destekli yaklaşımlar, mimari tasarımlara entegre olmuştur. Modelleme programları ve bu programlarla beraber çalışan yazılımlar tasarım süreçlerini kolaylaştırdığı kadar, zihinsel üretim süreçlerinde sınırlamaları da beraberinde getirmektedir. Zaman zaman bu programlar aracılığı ile doğrudan görselleştirilemeyen tasarımlar, eski tasarım araçları ile ifade edilmektedir. Bu durum sayısal tasarım süreçlerindeki hesaplamaları zorlaştırmaktadır. Tasarımcının, tasarımına ait üretken algoritmanın nasıl kodlanacağını bilmesi interaktif yazılımların kısıtlayıcı kurallarının ortadan kalkmasına imkân tanır. Mimarlık öğrencileri ile yapılan çalışmalarda yazılım arayüzlerinin öğrencilerin bireysel çalışmalarındaki sınırlandırmalar gözlemlemiş ve algoritmasını kodlamayı bilen öğrencilerin tasarımlarını dijital ortama doğrudan aktarabildiklerini değerlendirmişlerdir (Leitão vd., 2011).

Tasarımın temelindeki el ile çizilen bir çizgideki düşünme süreci ve mantıksal işleyiş, algoritma tabanlı olarak çizilen çizgi ile örtüşmektedir. Algoritmalar ile mimari tasarımların yapılması, parametrelerin kendi kendini organize etmesini sağlar (Iván vd., 2017). Parametrelerin manuel olarak değişimi ve algoritmaların iteratif olarak çalıştırılması ile tasarımcının öngöremeyeceği ilişkiler denenebilmektedir (Sutherland, 1964). Algoritmalar özünde sadece düşünme sürecinin bir ifade biçimidir (Rian & Asayama, 2016). Bu ifade biçimi aracılığı ile seminal parametrik tasarımlar yapılabilmektedir. Algoritmalar ile tasarlamak, tasarımın potansiyellerinin keşfedilmesinin yanı sıra yeni bir tasarım becerisi olmaktadır (Oxman, 2017). Bu yeni tasarım becerisi ile tasarımcı kendine ait geometrik algoritmasını tasarlayabilmektedir. Tasarımcıya ait geometrik algoritmalar, modelleme yazılımları ile tasarımcı arasındaki sınırları kaldırmaktadır (Pauly vd., 2008).

Parametrik tasarımlar farklı parametrelerin bir araya gelmesiyle oluşan algoritmalara dayanır ve varyasyonların kolaylıkla üretmesine izin veren algoritmalar birlikteliğinden oluşur (Caetano vd., 2020). Algoritmalar ise tanımlanmış olan probleme olası çözümlere ulaşma aşamasında belirli sayıda adımlar içerir (Terzidis, 2006). Parametrik tasarımların modellenebilmesi algoritmaların oluşturulmasına dayanır. Parametrik tasarım, çeşitlendirilmiş geometrik organizasyonlar ve farklı varyasyonların tasarlanmasına (Jabi, 2013), karmaşık formlar üretmeye olanak sağlar (Schumacher, 2009). Parametrik tasarım sürecinde geometrik ilişkiler açıkça tanımlanabildiği için tasarım sürecine esneklik sağlar (Oxman & Gu, 2015). Ayrıca parametrik geometrilerle kurgulanan tasarım süreçlerinde kısıtların belirlenmesi ve parametrelerin oluşturulmasında tasarımın biçimini çeşitlendirebilecek nitelikte kurgulanması gerekmektedir (Burry ve Murray, 1997). Parametreler, tasarımdaki geometrilerin geliştirmelerine ve sayısal olarak kontrollerine imkân tanıdığı için çeşitli çözümler sağlar (Hudson, 2014) .Ayrıca öğeler arasında ilişkileri belirlemek, kontrol etmek (Dunn, 2012) ve öğelerin anlamlı tektonik potansiyellerinin oluşturulmasını sağlar (Alvarado & Muñoz, 2012). Böylece geleneksel yöntemler ile çizileyemeyecek tasarımlar, algoritmalar aracılığıyla ikinci ve üçüncü boyutta tasarlanabilmektedir. Algoritmaları oluşturmak artık belirli bir çalışma disiplininin alanı değildir. Bu yöntem mimari tasarıma açıktır ve mimari tasarımların algoritmalar şeklinde ifade edilmesi diğer çalışma disiplinleri ile ortak çalışma olanağı sunmaktadır (Lee vd., 2014).

Geleneksel sayısal tasarım tekniği olan fraktal geometriler çeşitli tasarım potansiyelleri sağlamaktadır. Fraktallar belirli bir geometrinin sıkıştırılması, döndürülmesi ve doğrusal olmayan dönüşümlerine olanak sağlar. Fraktal geometriler doğanın karmaşıklığı ve mimarisi arasındaki ilişkiyi sağlamaktadır. Fraktal geometrinin bu yönü mimaride yüzey tasarımlarında prototipleştirmeyi kolaylaştırmaktadır (Osama vd., 2014). Fraktal geometri ile üretilen biçimler kompleks yapılara dönüşmektedirler (Çağdaş, 1994). Kompleks yapıların fonksiyonları fraktal fonksiyonlara indirgenerek üretken algoritmalara dönüştürülebilir (Amenta vd, 2001). Fraktallar üretken algoritma ile çeşitlendirilen mimari tasarımlarda, sözdizimsel (syntactic) bilginin özümsenmesini kolaylaştıran bir biçim grameridir (Ediz,2010). Fraktal geometriler diğer biçim gramerlerine göre kural sayısı az, tekrar sayısı fazla ve biçimsel benzerliğin fazla olduğu geometrik nitelikli tasarım yardımcısıdır (Schmitt ve Chen, 1991). Üretken algoritmalar sayesinde geleneksel yöntemler ile oluşturulamayacak mimari sistem tasarımları yapılmaktadır (Mayatskaya vd, 2021). Tasarımlar sayısal tutarlılıklar sağladığı için kompleks sistemler organize edilebilmektedir.

Algoritma temelli kompleks tasarımların gerçek ölçeklerinde görselleştirilmesi, tasarımı deneyimleyebilme olanağı sağlamaktadır. Video projeksiyon haritalama yöntemini mimarlığa entegre ederek mimari tasarım gerçek dünyaya ikinci ve üçüncü boyutlarda aktarımı sağlanmaktadır. Bu yöntem, oluşturulmuş bir videonun mimari bir yüzey ile buluşması veya videonun mimari bir tasarım içererek aktarılmasına dayanır (Catanese, 2013). Mimari alanda video

projeksiyon haritalama kullanımı izleyiciyi görsel ögenin içerisine dahil eden bir yöntemdir. Projelerde tasarım ve konsept aşamalarında bu yöntem kullanılabilir (Aksu, 2019). Tasarımların video projeksiyon haritalama yöntemi ile gerçek mimari dünyaya entegrasyonu sağlanarak, dijital modellerin ikinci ve üçüncü boyutta deneyimlenmesine olanak sağlanmaktadır. Bu metodoloji, tasarımların gerçek ölçeğine gelmesi sürecinde görüntülerin, istenilen geometrik formda ve aktarılmak istenen yüzeylere entegre edilmesini sağlamaktadır (**Şekil 1**). Bu çalışmada tasarımın gerçek boyutları üretken algoritmanın parametrelerinden biri olarak tanımlanmıştır. Parametrelerin üretken algoritma içerisindeki etkisini tartışmak için, üretken algoritma istemi ile kodlanan tasarım video projeksiyon haritalama ile gerçek ölçeğinde yansıtılmıştır.



Şekil 1: Madmapper video projeksiyon eşleşmesi eğrisel geometriler ile yapılan çalışma (Bölek, vd., 2022.)

Çalışma kapsamında geliştirilen üretken algoritma sisteminde geometrinin üçüncü iterasyona kadar nokta ve vektör konumlarının kontrolünün bilgisayarsız sağlanabilmesi gerekçesi ile fraktal fonksiyon algoritması kullanılmıştır. Üçüncü iterasyondan sonra uzay geometride vektörler ve nokta koordinatları hesaplanamaz bir hal almaktadır. Fakat üretken algoritmanın diğer parametreler ile birleşiminden oluşan üretken sistem bu bilgiyi düzenli olarak üretebilmektedir. Çalışmada mimari parametrik cephe tasarımlarında yer alan fraktal geometrinin özelliklerine dayanan ve sürekliliğinden faydalanan üretken bir algoritma oluşturulmuştur. Üretken algoritmanın sentaktik şeması Grasshopper içerisinden erişilebilen Python kodlama dili aracılığı ile kodlanmıştır. Sentaktik dilin görselleştirme süreci Rhino arayüzü içerisinde sağlanmıştır. Üretken algoritmanın tasarıma özel kodlanması tasarımda yol gösterici ve çeşitlendirici nitelikler sağlamıştır. Mimari üslubun topolojik ve geometrik durumlarını gösteren bu yaklaşım bütünleştirilerek çeşitli parametrelerin yönetilebildiği üretken sistem olarak ortaya konmuştur. Önerilen üretken sistem algoritması parametrik cephe tasarımlarının erken tasarım evrelerinde tasarımın çeşitli potansiyellerinin tartışılmasında kullanılabileceği öngörülmüştür.

2. Üretken Sistem Tasarımı ve Yöntem

Nesne tabanlı algoritma yazım dili aracılığıyla üretken fraktal algoritma sisteminin tasarımı temelde 3 ana adımdan oluşmaktadır. Çalışma adımları akış şemasında ifade edilmiştir (**Şekil 2**). Bu adımlar sırasıyla;

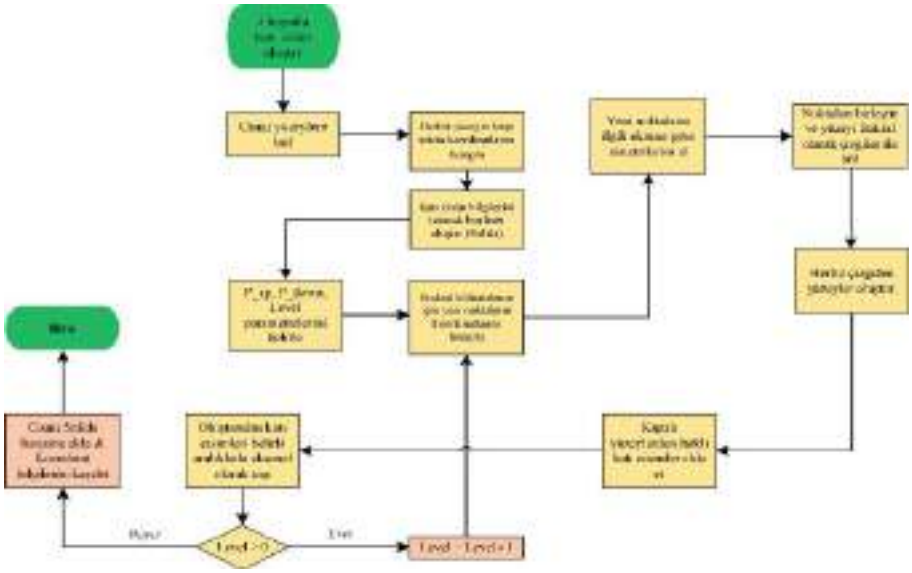
- Döngüsel fraktal algoritmanın tasarlanması
- Parametrelerin başlangıç ve hedeflerinin belirlenmesi
- Tasarımın görselleştirilmesi

Sistemin, konsept tasarım oluşturulduktan sonra diğer aşamaları otomatik yapması fikriyle oluşturulmuş ve bu doğrultuda tasarımcı tarafından sadece başlangıç fonksiyonunun belirlenmesi beklenmiştir. Diğer aşamalar Rhino-Grasshopper ortamında Python yazılım dili aracılığıyla kodlanan algoritma, üretken bir sistem olarak çalışmaktadır. Algoritmanın otomatik olarak döngüsel çalışmasıyla Rhino içerisinde görsel ifadesi sağlanmıştır ve çeşitli çıktı değeri üreterek süreç içerisinde iteratif olarak tasarımı çeşitlendirilmiştir.



Şekil 2: Çalışma sürecinde kullanılan yazılım ve kodlama dilinin kullanım sırasını özetleyen akış şeması (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır.)

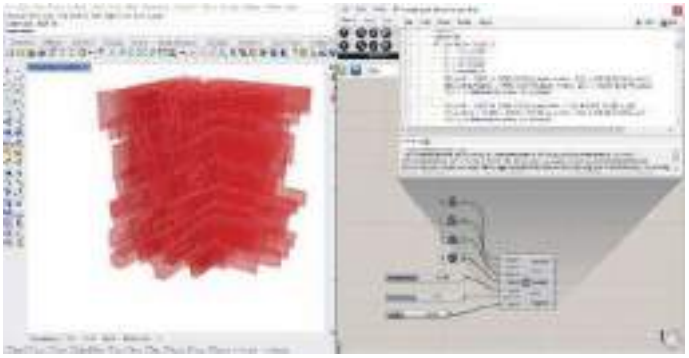
Üretken algoritma sistemi tasarlanırken öncelikle algoritmanın çalışma akışı tanımlanmıştır (**Şekil 3**). Algoritmanın kodlanması sürecinde ilk aşamada; video projeksiyon haritalama ile gerçek boyut parametrelerinin gözlemlenmesi amacıyla, örneklem çalışma yüzeyi olarak seçilen kolonun gerçek boyutlarının ölçümü yapılmıştır. Kolonun ardışık iki yüzeyinin boyutları ölçülmüş ve ölçüm sonuçlarına göre kolonun üç boyutlu geometrisi algoritma ile tanımlanmıştır. Algoritma öncelikle cismi yüzeylere bölebilmek için her bir köşe koordinatını hesaplamıştır. Bu koordinatlardan bir liste tanımlanmıştır. Listedeki değerler P_up, P_down ve Level isimli parametreleri ile ilişkilendirilmiştir. Bu parametrik değişim, koordinatların çeşitlendirilmesi ile ilişkilenen üretken fraktal döngüyü oluşturmuştur. Her bir üretimde koordinatlar algoritma tarafından hesaplanıp, listelenmesi sağlanmıştır. Fraktal döngünün iteratif üretilebilmesi için yeni listedeki veriler fraktal fonksiyonunun değişkenleri olarak tekrar tanımlanmıştır ve algoritmanın üretken olarak çalışması ile yeni yüzeyler oluşturulmuştur. Tanımlanan yüzeyler algoritma tarafından otomatik eksenel olarak taşınmıştır. Bu taşıma işlemi sırasında her aşamada çeşitli öneriler elde edilmiştir. Algoritmanın iteratif üretimi sırasında tasarım geometri üzerinde yeni noktalar, konum vektörleri ve yüzeyler tanımlanması sağlanmıştır. Her bir yeni geometrinin uzay geometrideki konumu algoritma tarafından veri listesi olarak üretilecek şekilde kodlanmıştır. Ayrıca veri listesi içerisinde her bir üretken tasarıma ait fraktal birim sayısının belirlenmesi sağlanmıştır. Bu sayede üretken algoritma ile elde edilen geometrinin uzay geometrideki bilgileri elde edilmiştir.



Şekil 3: Python algoritması akış şeması (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır.)

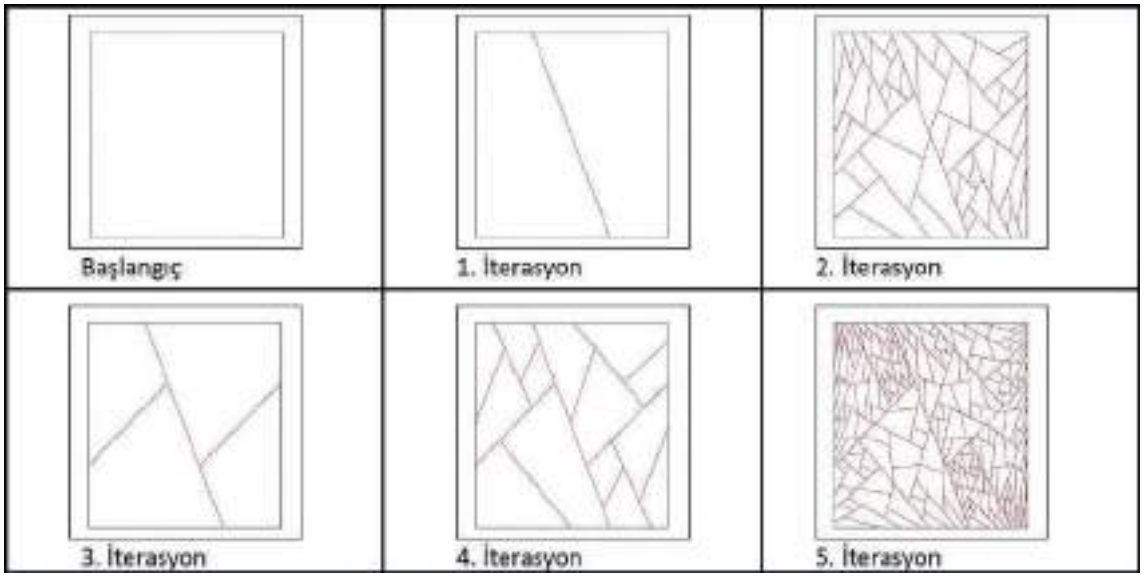
3. Bulgular

Nesne tabanlı yazılım dili aracılığıyla kodlanan üretken fraktal algoritmanın tasarlanması ile mimari parametrik cephe tasarımlarının çeşitlendirilmesi amacı ile üretken sistem tanımlama çalışması kapsamında örnek bir senaryo olarak örneklem yüzey olarak belirlenen kolonun yüzeyi üzerinde konsept tasarımın algoritma tarafından iteratif üretilmesi üzerine çalışılmıştır. Geometrinin oluşturulması Grashopper arayüzü içerisindeki nesne tabanlı Python programlama dili kodlanan fraktal algoritma ile sağlanmıştır. Algoritmaya Grasshopper içerisinden de sayısal aralıkların değiştirilebileceği çeşitli parametreler eklenmiştir. Parametrelerin değişimine bağlı olarak gelişen farklı potansiyellerin Rhino arayüzü aracılığı ile görselleştirilmesi sağlanmıştır böylece, çeşitli görsel çıktılar üretilebilmiştir. Parametrelerin hem algoritma içerisinde hem de Grasshopper arayüzünde tanımlanması tasarımın çeşitlenmesinde etkili olduğu gözlemlenmiştir (**Şekil 4**).



Şekil 4: Python temelli üretken Grasshopper algoritması (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır.)

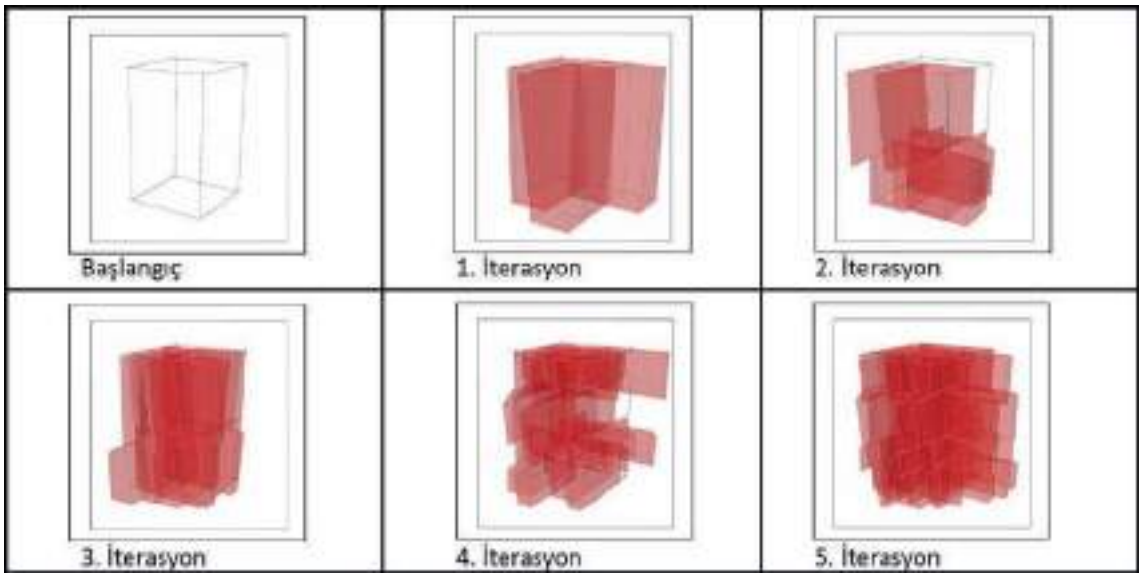
Fraktal fonksiyon algoritmasının tasarlanması sürecinde algoritma öncelikle ikinci boyutta çıktılar verecek şekilde kodlanmıştır. Otomatik olarak fraktalın üretilmesi ile çeşitli sonuçlar veren çıktılar elde edilmiştir. Fraktal geometri algoritmasının çıktılarının elde edilmesi sürecinde öncelikle dikdörtgenin paralel iki kenarından rastlantısal bir seçim yapmaktadır. Seçilen paralel kenarlar üzerinden rastgele seçtiği iki noktayı birleştirerek bir çizgi tanımlamaktadır. Seçilmemiş olan karşılıklı paralel kenardan noktalar tanımlanarak bir önceki aşamada oluşturulan çizgi üzerinden iki nokta daha seçilerek iki çizgi daha tanımlanmaktadır. Bu aşamadan itibaren fraktal geometrik döngü görsel olarak algılanabilir olmaktadır (**Şekil 5**).



Şekil 5: Python aracılığı ile tasarlanan üretken fraktal algoritmanın ikinci boyutta çıktıları (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır.)

Algoritmik döngü devam ederek aynı matematiksel çözüm ile farklı dörtgenleri de tanımakta ve bölümlemektedir. Döngü bir aşama daha ilerletilerek geleneksel yöntemler ile elde edilemeyecek kompleks bir geometri elde edilmiştir. Algoritma beş iterasyon ile sınırlandırılarak görselleştirilmiştir. Farklı iterasyon sayıları ve parametreler ile farklı çeşitli geometriler elde edilebilmektedir. Elde edilen çıktılar çalışma kapsamında kodlama satırlarında yer alan fraktal fonksiyonun matematiksel ifadesine bağlı olarak elde edilmiştir.

Üretken fraktal algoritma ile sağlanan ikinci boyuttaki çıktılar, fraktal fonksiyonu içerisinde tanımlanmış olan açı parametresine karar verilmesinde fayda sağlamıştır. Bu aşamadan sonra üretken algoritma sistemi üçüncü boyutta iteratif olarak üretken öneri çıktıları sağlamıştır. Çıktıların üretilmesinin ilk aşamasında, üretken fraktal algoritma sistemi kolonun paralel iki kenarından koordinatların tanımlanmasını sağlamıştır. Kenarlar üzerinde üretken algoritmanın rastgele seçtiği iki noktayı birleştirerek bir çizgi tanımlanmıştır ve tanımlanan çizgiler birlikte yüzeyler oluşturmuştur. Algoritma içerisinde rastlantısal eksenel hareket tanımlayan fonksiyon aracılığıyla yüzeyler her bir iterasyonda çeşitli koordinatlarda taşınmıştır. Eksenel çeşitlenmenin yanında her bir iterasyonda fraktal geometri üç boyutlu olarak üretilmiştir**.** Üretken sistemin yeni geometriler üretmesi sürecinde eksenel çeşitlenme algoritma tarafından her bir aşama için yeniden tanımlanmıştır. İterasyon sayısındaki artış ile konsept tasarım kompleks bir yapıya dönüşmüştür **(Şekil 6)**.



Şekil 6: Python Aracılığı ile Tasarlanan üretken fraktal algoritmanın üçüncü boyutta çıktıları (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır.)

Algoritma tarafından her bir aşamadaki yeni üretimler sonucunda oluşan fraktal yüzeylerin çeşitli konumlardaki eksenel hareketliliği ile algoritmanın tek bir fraktal fonksiyonuna bağlı üretilmesine rağmen, üretken sistem tasarım çeşitlenmesine olanak sağladığı gözlemlenmiştir. Tasarımın algoritma tarafından çeşitli önerilerinin üretilmesi tasarım sürecinde algoritmanın içerisinde bir birim olarak tanımlanan fraktal geometrinin çok sayıda üretilmesine sebep olmuştur. Bu nedenle algoritma içerisinde geometrik organizasyonun kontrolünü sağlamak amacı ile algoritmaya her bir iterasyon sonucu tanımlanan fraktal birim sayısı bilgisinin buldurulması ve uzay geometri sistemi içerisinde her bir noktanın tanımlanarak listelenmesi sağlanmıştır. Bu sayede karmaşık geometri tanımlı ve kontrol edilebilir olmuştur (**Şekil 7**).



Şekil 7: Algoritma tarafından üretilen geometrinin konum koordinatları ve fraktal birim sayısının algoritma tarafından üretilmesi (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır.)

Tasarım geometrisinin üretken fraktal algoritma sistemi tarafından üretilen tasarım çıktıları kolon üzerinde tanımlanan bölgeye video projeksiyon haritalama metodu ile entegrasyonu yapılmıştır (**Şekil 8**). Kolon boyutlarının algoritma içerisinde parametre olarak tanımlanması ile video projeksiyon haritalama yapılmıştır (**Şekil 8.a**). Üretken sistem tarafından üretilen geometrik çıktı üzerinde dikeyde boyut parametresinin değişmesi ile algoritmanın yeni bir çıktı verdiği gözlemlenmiştir (**Şekil 8.b**). Başlangıçta belirlenen kolon yüzeyinin boyut parametreleri ile algoritmanın üretim sürecindeki önemli bir etken olduğu gözlemlenmiştir. Boyut kısıtlarının çeşitlendirilmesi ile algoritmanın sağladığı çıktı üretim potansiyellerinde farklılıklar olduğu belirlenmiştir.



Şekil 8.a



Şekil 8.b

Şekil 8: Üretken fraktal algoritma sistemi tarafından üretilen tasarım çıktılarının video projeksiyon haritalama ile aktarımı (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır.)

4. Sonuçlar

Algoritma, tanımlı bir işin sonlu bir zaman diliminde çalışan, belirli sayıda parametreler topluluğu olarak tanımlanırsa; fraktal geometrinin temeli olan iterasyonlu üretim mantığı, algoritmalarla da çözümlenebilir ve fraktal geometrinin bu özelliği sayesinde mimari tasarımlarda prototipleştirme kolaylaşır. Böylece, erken tasarım evrelerinde üretken algoritma sistemleri ile sağlanan farklı çıktılar mimari tasarım problemlerine ikinci ve üçüncü boyutta çeşitli çözüm önerileri getirilmesini sağlar. Bu çalışma kapsamında ise üretken algoritma Grasshopper arayüzünde yer alan Python'da kodlanan sentaktik dil Rhino arayüzü içerisinde görselleştirilerek üretken fraktal algoritma sisteminin ikinci ve üçüncü boyutta çıktılarının elde edilmesi ile tasarım sürecindeki çeşitli potansiyellerin aranması sağlanmıştır. Algoritmanın ikinci boyutta çıktılar üretmesi tasarımda plan düzleminde alınacak kararların çeşitlendirilmesini sağlanmıştır. Üçüncü boyuttaki çıktılar ise plan düzleminde bir araya gelen çoklu fraktal birimlerinin çeşitlendirilmesinde öneriler üretilmesini sağlamıştır. Üretken algoritma sisteminin ikinci ve üçüncü boyutta çıktıları eş zamanlı sağlaması ile mimari tasarımların ana unsuru olan plan ve üçüncü boyut çeşitlenmeleri üretken algoritma sistemi tarafından koordine bir şekilde üretilmiştir. Böylece üretken algoritma sistemi ile parametrik olarak denetlenebilir ve anlamlı fraktal geometri çıktıları elde edilmiştir. Geometrik çıktıların üretilmesi süresince Python kodu içerisinde tanımlanan fraktal geometrinin fonksiyonu hem ikinci hem de üçüncü boyutta en etkili parametre olmuştur. Üretken algoritma sistemi içerisinde üçüncü boyutta gerçekleşen eksenel hareketlilik başlangıçta tanımlanmış olan fraktal algoritma fonksiyonuna bağlı üretilmesine rağmen, üretken sistem geometrik çıktılar üzerinde çeşitlendirmeleri sürdürdüğü gözlemlenmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen çeşitlendirilmiş geometrik çıktılar için, içerisindeki fraktal birim sayısı ve uzay geometride her bir noktanın konum vektörü tanımlanabilir, hesaplanabilir ve çıktı olarak elde

edilebilir olması sağlanmıştır. Bu sayılar veriler tasarımın gerçekleşme sürecinde disiplinler arası çalışmalarda kullanılabilecek ve çalışma sürecine katkı sağlayabileceği öngörülmüştür.

Üretken algoritma tabanlı mimari tasarımların video projeksiyon haritalama metodu ile entegrasyonu, tasarımın gerçek ölçü parametrelerindeki değişimin görselleştirilmesini sağlamıştır. Tasarımın gerçek boyutlarının algoritma içerisinde parametre olarak yer alması ve çeşitlendirilebilir olması üretken algoritmanın çeşitli çıktılar üretmesi sürecinde etkili olduğu gözlemlenmiştir. Gerçek boyutların parametre olarak tanımlanabildiği ve değişken olarak çeşitlendirilebilen tasarımlarda yapılan tasarımın malzeme ve bir inşa süreci gerektirmeden gerçek boyutlarına entegre edilebilmesi, cephe tasarımlarında üretken sistemlerle beraber çeşitli potansiyellerinin aranması ve geliştirilmesi sürecine katkı sağlayacağı öngörülmüştür.

Çalışma kapsamında üretken algoritma tarafından üretilen geometrik çıktılar hazır bir yazılım ve modelleme programları aracılığı ile hesaplamalı olarak doğrudan üretilemeyeceği için, sayısal tasarımda tasarımcının özgün algoritmasını geliştirmesinin önemi vurgulanmıştır. Geliştirilen üretken sistem yöntemi ile üretilen fraktal algoritma geometrilerinin tasarım algoritmasının, tasarımcı tarafından kurulması sonucu modelleme programlarının arayüzlerinin tasarım sürecinde kısıtlayıcı bir unsur olmaktan çıktığı yargısına varılmıştır. Modelleme yazılımlarının sınırlayıcı arayüzlerinin dışına çıkabilmek mimari tasarım süreçlerinde yeni yaratıcı çözümler üretmeyi sağlayacaktır. Ayrıca tasarımcıya özgü algoritmaların geliştirilmesi ile sentaktik kodlama dillerinin tasarım disiplininde yeni bir çözüm becerisi olarak yer alabileceği değerlendirilmiştir.

KAYNAKLAR

Aksu, M. (2019). Mimarlıkta Video Projeksiyon Haritalama Kullanımı. *Tasarım Enformatiği*, *01*(02), 107–117.

Alvarado, R. G., & Muñoz, J. J. (2012). The control of shape: Origins of parametric design in architecture in xenakis, gehry and grimshaw. *Metu Journal of the Faculty of Architecture*, *29*(1), 107–118. https://doi.org/10.4305/METU.JFA.2012.1.6

Amenta, N., Choi, S., & Kolluri, R. K. (2001). The power crust. *Proceedings of the Symposium on Solid Modeling and Applications*, 249–260. https://doi.org/10.1145/376957.376986

Bölek, B., Yavuz, B., Demirkol, G., İnceoğlu, M. (2022). Video projeksiyon haritalama ve mimarlık. (Yayın için başvurusu yapılmış metin.)

Burry, M., & Murray, Z. (1997). Architectural Design Based on Parametric Variation and Associative Geometry in Challenges of the Future, 15th. In *eCAADe Konferansı, Vienna*.

Caetano, I., Santos, L., & Leitão, A. (2020). Computational design in architecture: Defining parametric, generative, and algorithmic design. In *Frontiers of Architectural Research* (Vol. 9, Issue 2, pp. 287–300). Higher Education Press Limited Company. https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.12.008

Catanese, R. (2013). 3D Architectural Videomapping. *International Archives of the Photogrammetry, Remote, Sensing and Spatial Information Sciences*, *5*(2), *Digital Fabrication in Architecture*. (2012). 165–169. http://www.cs.unc.edu/Research/stc/index.html

Çağdaş, G. (1994). Fraktal geometri ve bilgisayar destekli mimari tasarımdaki rolü. *CAD+ Bilgisayar Destekli Tasarım ve Ötesi*, *23*, 28-31.

Ediz, Ö., & Çağdaş, G. (2010). Mimari tasarımda fraktal kurguya dayalı üretken bir yaklaşım. *İTÜDERGİSİ/a*, *4*(1).

Hudson, R. (2014). *Knowledge Based Strategies for Parametric Design in Architecture*. 77–81. https://doi.org/10.5151/despro-sigradi2014-0011

Jabi, W. (2013). *Parametric design for architecture*. Hachette UK.

Lee, J., Gu, N., & Williams, A. P. (2014). Parametric Design Strategies for the Generation of Creative Designs. *International Journal of Architectural Computing*, *12*(3), 263–282. https://doi.org/10.1260/1478-0771.12.3.263

Leitão, A., & Santos, L. (2011). Programming languages for generative design: Visual or textual?, 29th. In eCAADe Konferansı, Slovenia.

Mayatskaya, I., Kashina, I., Gerlein, N., & Yazyev, B. (2021). Fractal geometry and design of modern structures. *E3S Web of Conferences*, *281*, 02018. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128102018

Osama, A., Sherif, L., & Ezzeldin, S. (2014). Fractal Geometry in Architecture: From Formative Idea to Superfical Skin DESIGN. *RCHDESIGN '14*, 39–49.

Oxman, R. (2017). Thinking difference: Theories and models of parametric design thinking. *Design Studies*, *52*, 4–39. https://doi.org/10.1016/j.destud.2017.06.001

Oxman, R., & Gu, N. (2015). *Theories and Models of Parametric Design Thinking PDT Parametric Design Thinking View project The Impacts of Urban Density on Social Sustainability: A Computational Approach View project*. https://www.researchgate.net/publication/279199673

Pauly, M., Mitra, N. J., Wallner, J., Pottmann, H., & Guibas, L. J. (2008). Discovering structural regularity in 3D geometry. *ACM Transactions on Graphics*, *27*(3). https://doi.org/10.1145/1360612.1360642

Rafael Iván Pazos Pérez. (2017). *Blurring the Boundaries Between Real and Artificial in Architecture and Urban Design through the Use Artificial Intelligence*.

Rian, I. M., & Asayama, S. (2016). Computational design of a nature-inspired architectural structure using the concepts of self-similar and random fractals. *Automation in Construction*, *66*, 43–58. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.03.010

Schmitt, G. N., & Chen, C. C. (1991). Classes of design classes of methods classes of tools. *Design Studies*, *12*(4), 246-251.

Schumacher, P. (2009). Parametricism: A New Global Style for Architecture and Urban Design. *Architectural Design*, *79*(4), 14–23. https://doi.org/10.1002/ad.912

Sutherland, I. E. (1964). Sketchpad a Man-Machine Graphical Communication System. *SIMULATION*, *2*(5), R-3-R-20. https://doi.org/10.1177/003754976400200514

Terzidis, K. (2006). *Algorithmic architecture*. Routledge.

Vyzantiadou, M. A., Avdelas, A. v., & Zafiropoulos, S. (2007). The application of fractal geometry to the design of grid or reticulated shell structures. *CAD Computer Aided Design*, *39*(1), 51–59. https://doi.org/10.1016/j.cad.2006.09.004

Dijital Tasarım Süreçlerinde Çizim Nesnelerinin Mekân Temsilindeki Rolü

Merve Şule Yörük [1]; Büşra Şık [2]; Serdar Aydın [2]
[1,2,3]Mardin Artuklu Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü
[1,2,3]www.artuklu.edu.tr/mimarlik-fakultesi, www.themuseumofgamers.org
[1]yorukmervesule@gmail.com; [2]busras.5n@gmail.com; [3]serdaraydin@artuklu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada dijital tasarım araçlarının yer aldığı keşfe dayalı temsil dili üretiminin, mimari nesne tanımlama gücü üzerinde durulmaktadır. Çalışmanın amacı nesneleşme sürecine giren mimari temsiller arasındaki korelasyonları bulmaktır. Mimari proje süreçlerindeki konvansiyonel pratiklerin maslahatçı yaklaşımları çizimi sadece bir temsil aracına ve görsel son ürün (blueprint) olma durumuna sınırlandırmaktadır. Bu araştırmada ele alınan çizimlerde ise fikirlerin gerçek nesnelere dönüşürken virtüel değerlerini kaybetmemeye zorlayarak tasarım sürecinin bir sınaması yapılmaktadır. Dijital tasarım süreçlerinin sayısal tabanlı yaklaşımları, tasarım ürününü çeşitlendirip ürettiği alternatiflerin bilgisini de tasarım alanına (design space) dahil eden ve dönüştüren şekliyle gelişmektedir. Gelişen bu metodolojik çeşitlilik içinde çizim nesnelerinin tanımlanması ve bu nesnelerin arasında kurulan ilişkilerin tasarıma dahil edilmesi, daha öznel bir varoluş süreci arayan mimari elemanların çelişki üreten temsildeki ve mekânsal gerçekliğini sorgular hale getirir. Bir taraftan çizim, değişken karakterli, çok yönlü, rastlantısal ve belirsiz öğeleriyle tasarım sürecinde ve sezgisel tasarımda etkili yönlerini ortaya koymaktadır. Bu bakımdan çizimin çalışmadaki vurgusu, tasarlamanın erken dönem pratiklerini de bütün sürece dahil ederek, çizimi öte tasarlama aracı olarak sezgisel ve yaratıcı sıçrama yönelimleri üzerinden ele almaktadır. Diğer taraftan ise temsili oluşturan dijital materyal ve zihin arasındaki etkileşimli süreç; çizimi araştıran, kendi kaynaklarına yönelen ve kendini üreten yeni bir nesne olarak da düşünülebilir. Çalışmanın, ikircikli alana yaptığı katkı; çizim nesnesinin tanımını yapmak, tanımlı nesnenin tasarım sürecine dahil ettiği farklı değişkenleri belirlemek, değişken arasındaki belirsiz ve tanımlı korelasyonları doğrusal, doğrusal olmayan veya döngüsel şekliyle sezgisel süreçlerin çağrılmasına bağlıdır. Tasarım araştırmasının değerlendirilebilir ve kıyaslanabilir bir ölçeğinin oluşturulması için pozitif ve negatif ([-1,0]-[0,1]) korelasyonlar kullanılmıştır. Korelasyon değişkenleri sabit (sıfır [0]) kılan doygun durumlar, çizim nesnesinin ortam ve materyalini değiştirmeye dolayısıyla tasarımın sezgisel süreçte ilişkilerini değişikliklere zorlamaktadır. Atölyedeki tasarım süreçleri içerisinde eş zamanlı olarak üretimler; ölçekler arasında gidip gelerek bu yaklaşımını modelleme, görselleştirme, aktör(ler) ile ilişkilendirme ve hikayeleştirme amacıyla aramaya ve tanımlamaya çalışmıştır. Bu yaklaşım sürecinin gözlenmesi ve dokümantasyonu mimari proje atölyesinin deneysel gelişimiyle kayıt altına alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Sezgisel tasarım, Spekülatif mimari çizim, Korelasyon, Dijital tasarım.*

The Role of Drawing Objects in Representing Space in Digital Design Processes

Merve Şule Yörük [1]; Büşra Şık [2]; Serdar Aydın [2]
[1,2,3]Mardin Artuklu University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Architecture
[1,2,3]www.artuklu.edu.tr/mimarlik-fakultesi, www.themuseumofgamers.org
[1]yorukmervesule@gmail.com; [2]busras.5n@gmail.com; [3]serdaraydin@artuklu.edu.tr

Abstract

This study explores apriori computational benchmarks embed in architectural design processes that hybridise representations made of 2D and 3D drawings. The paper presents creative design experiments from an unconventional architectural design studio at graduate level that takes advantage of digital design methods taught in the course. In orthodox architectural studios where drawings are seen as means of blueprints, the processes of design ideation, abstraction and speculation remain in a nominal position. The research approach of this study lies in a 3-dimensional design thinking process that extends beyond the formal fixations of drawings onto the statements and reductions of unequivocal representational norms. The present work is conducted as part of the Digital Spontaneity which is one of the third- and fourth-years' architectural design studios given at Mardin Artuklu University, Department of Architecture. The paper introduces the pedagogical aspects of the Digital Spontaneity studio by informing about the design process that offers a methodological foundation. The methodology is illustrated through stages with 2D, 2.5D and 3D representations, including scalar, geometric, material transfigurations. The studio outcome is evaluated through a correlation diagram that relate the drawings in different stages to each other. The findings suggest that the correlative interpretation of computational processes during the design ideation process may include intuitive, reflective and retrospective synthesis. The research contributes to the novel understanding of the role of digital design tools and methods in the generation and emergence of design ideation as meaningful, conceptual, speculative representations directly related to buildable forms and spaces of architecture.

Keywords: *Intuitive design, Speculative architectural drawing, Correlation, Digital design.*

1. Giriş

Dijital, parametrik, algoritmik ve hesaplamalı tasarım gibi mimarlık üretim biçimlerine dair paradigma dışı alanların keşfedilmesi proje stüdyolarının alışılagelmiş yöntemlerine yenilik ekler. Boyutlar arası geçişlerde kullanıldığında bu paradigma değiştirici yöntemler için de yeni temsil alanları doğurur. Temsil, mimarlıkta tasarım süreci sırasında gerçek nesneler yerine geçen, tasarımcının yaratacağı yeni biçimleri bu yolla gerçekleştirdiği ve "nesneleri ve süreci organize eden olgu" olarak tanımlanır (Akın, 1986). Kullanılan nesneler, temsil boyutu değiştikçe farklılaşır ve yeni şekillere bürünür. Üretim sırasında karşılaşılan nesnenin/nesnelerin sahip olduğu paradigmanın dışına çıkarılması hedeflenir. Konulan yeni kurallar ile nesneler ihtiyaç duyulduğu kadar değişir ve dönüşür. Çizilen her nesne, yerine geçtiği gerçek nesnenin kendisini temsil etmekten daha fazlasını ifade eder. Çizime eklenen “tarama”, “çizgi”,” gölge” ya da “boşluk” nesne katmanlarını oluşturur. Katmanlar, biçim farklılaşmasını, bir araya geliş yöntemini ve nesnesel özelliklerin ifade biçimidir. Ölçü bağlamında kullanılan katmanların ifade diliyle birlikte sahip olduğu anlam da farklılaşır. Örneğin tekil nesnenin yer aldığı yakın bir ölçekten bakıldığında kullanılan çizim elemanlarının ifade biçimi daha hassastır. Kullanılan her araç mekân için bir bağlamı temsil eder. Kullanılan araç, yeri geldiğinde mekanın sınırlarını da oluşturabilir, kullanıcının sirkülasyon akışını da sağlayabilir ya da doğal ışığın geçiş alanlarını da gösterebilir. Daha uzak bir ölçekten bakıldığında ise durum biraz farklıdır. Söz konusu nesneler kadar nesnelerin bir araya geliş biçimi de önem kazanır.

Spekülatif mimari çizimin yeni temsilcilerinden Perry Kulper ve Bryan Cantley gibi isimlerin tasarım fikri üretimini bir yandan keşif aracı olarak kullandığı, bir yandan da eklemeli ve birikime dayalı klasik mimari çizim üretim pratikleri üzerine eleştirel düşünce denemelerini getirdiği özelliklerle donatır (Brown, 2022). El çizimi, bilgisayar tabanlı çizimler ve maketlerin temsil ettiği fikirlerin gerçekliğini nesneleşme süreci içerisinde değerlendiren bu tip örnekler mimarlığın formalite icat eden tarafını özgün temsil dili üretiminde aramaktadırlar. Dijital tasarımı ilgilendiren tarafı ise araştırılmayı bekleyen bir alan olarak görünmektedir. Yalnız, dijital mimari tasarımın aktüel tartışmalarından biri olan parçacıl (discrete) ve sürekli parametrisizm perspektiflerinin kurduğu teorik tartışmalarla ilginç bağlar da kurulmaktadır.

Bu çalışmanın kapsamı Mardin Artuklu Üniversitesi, Mimarlık Bölümü’nde verilen mimari proje stüdyolarından olan Dijital Rastlantı (DR) atölyesinin üretimlerini ve yukarıda bahsedilen teorik yansımalarla kurmaya çalıştığı tartışma zeminini içermektedir. Burada, şunu açıklamak gerekir ki, spekülatif mimari çizimin temsilcilerinin aradığı bir nesnenin bir başka nesneye evrilmeye duyduğu Deleuze vari “arzu” açıklaması, parametrisist mimar Patrick Schumacher’in tartıştığı mimarlık nesnesinin sürekliliği ve kente yayılma isteği ile paralellik göstermektedir. Tam da nesneleri kendi üzerinden okumaya çalıştığı bir noktada Tom Wiscombe, Gilles Retsin ve Mark Foster Gage gibi isimlerin tartıştığı parçacıl mimarlık üretimi ile bağlantı kurarken açığa çıkardığı tezatlığı da göstermektedir.

Dualiteler arasında tarafını seçmekle meşgul olmayan bu çalışma, korelasyonlar üzerinden tasarım süreci okuma yöntemi kurmayı amaçlamaktadır. Bütün çizim nesneleri arasında ilişkilerden hesaplanabilir dokuların varlığını aramak bu yazının amacını belirlemektedir. Güncel parametrik tasarım tartışmasının yoğunlukla 3 boyutlu modelleme üzerinden yapıldığı bu alana metin-dışı 2 boyutlu nesnelerin dahil edilmesine çalışılacaktır. Çalışmada ele alınan mimari proje dersi kapsamındaki üretimlerdeki parametrik parçalar, oluşturulan kural/kurallar dizisi ile bir araya getirilir. Ve kullanılan kombinasyonlar sayesinde alternatif birleşim biçimleri ortaya çıkartır. Bir araya gelen parçaların birleşim detayı ise çizim nesnelerini farklılaştırarak üretimin zenginleşmesini sağlar. Bu yazı, çizim nesneleri ile kurulmak istenen işlevsel parametrik ilişkilerin sonrasında üretilen yapı elemanları ile sınırlarının zorlandığı anları ve tasarımcının sezgisel kararlarının da kaydını tutmaktadır. Bunun için de korelasyona dayalı değerlendirmeler yapılmıştır. Korelasyon, birbirine karşı etkili ve birbirinden etkilenen değişkenlerin arasındaki eş-ilişkisellik bildiren “bağıntı”dır (TDK, 2007). Değişkenler, ilişkisel durumları aralarında nedensel veriler oluşturmaz ya da oluşturmak amaçlanmamıştır. Korelasyon değişkenlerin seçimi, geçerlilik, güvenilirlik, özgünlük ve süreç yönetimine dair ölçme yöntemlerinin verdiği bilgiyi üretmek ve içgörü kazandırmak üzerine kullanılır. Değişkenler, mimari atölye sürecinin aşamalarında aranmıştır. İkinci bölümde çalışmanın bağlamı hakkında bilgi verilmektedir.

2. Dijital Nesne Yönelimli Tasarım ile Bağlamın Kurulması

Mardin Artuklu Üniversitesi, Mimarlık Bölümü'nde verilen DR atölyelerinden 6'ıncısındaki üretimlerin değerlendirmesini ele alan bu yazıda dijital nesne yönelimli tasarım yöntemleri üzerine çalışılmıştır. Atölyedeki proje çalışmasının bağlamı Mardin'in Midyat ilçesine bağlı Anıtlı (Hah) ve İzbırak (Zaz) mahallelerinde fütüristtik bir siborg ziyaretçi merkezi kurulması üzerinedir. Proje bağlamının istediği öyküleştirme ile de paralellikle okumak mümkün hale gelmiştir çünkü Anıtlı ve İzbırak köyleri, bir zamanlar yoğun Süryani nüfusunun olduğu ve çoğunlukla terk edilmiş evlerden, harabeye dönmüş tescilli veya tescil edilmeyi bekleyen ve halen kullanılmakta olan kilise ve manastır gibi yapıları barındırmaktadır (**Şekil 1**).



Şekil 1: Mor Sobo Katedrali, Anıtlı, Midyat, Mardin (fotoğraf yazarlara aittir, 2021).

Artuklu Mimarlık'ta verilen mimari proje atölyelerine 1'inci sınıfta yaratıcı fikir temsilleri üzerinden tasarım üretimi gerçekleştirilmekte ve 2'inci sınıftan itibaren daha teknik ve konvansiyonel alanlara yönelmektedir. 3'üncü sınıfın ortasından itibaren keşfe dayalı atölyelerin ağırlık kazandığı bir ortamda DR, dijital tasarım yöntem ve araçlarının kazandırabileceği hesaplamalı tasarım yöntemlerini incelerken, atölyeyi alanlara ölçekler arası geçişi ve temsil üretiminin nitelik ve hızını arttırmaya dönük becerileri öncelemektedir. Mimari proje dersinin bir öncül tasarım-araştırması olarak görülmesinin önünün açıldığı DR atölyesinde her dönem yaklaşık 15-17 öğrenci, bir yürütücü ve bir yardımcı yer almaktadır. Haftada 2 gün 4'er saat toplanılan atölyede yüz yüze görüşmelerin dışında Google Drive, Google Chat, Trello, Zoom ve WhatsApp ile iletişim seviyesinin hızlandıran araçlar kullanılmaktadır. Bu çalışmanın gerçekleştiği dönemde Mimari Proje 6 ve 7'den karma bir grubun oluşturduğu atölyeden toplamda 7 proje çıkmıştır ve bu projelerden özellikle birinin ele alınarak, tasarım süreci üzerinden bir yöntem okuması yapılmaktadır.

3. Yöntem: Çizim Nesneleri Üzerinden Yaratıcılık

3.1. Temsil ve Ölçekler Arası Geçişler

Deneysel tasarım pratikleri yapan FORM:ULA araştırma grubunun çalışmaları bağlamında, "mimarlıkta onun temsili arasındaki tanımlanmamış alanı bulanıklaştırma girişiminde bulunur ve bu süreçte çizimin rolünü irdeler" şeklinde bir tanımlama mevcuttur (Cantley, 2014). Yerleşilen alanın, kullanılan malzemenin ve yapı elemanlarının girdileri, kurguyla harmanlanarak çizim sürecindeki ana hatları oluşturur. Rastlantısal ya da bilinçli karşılaşma noktaları yeni nesnelerin üretilmesine imkan sağlar. Üretilen her nesne bir veya birden fazla karaktere sahiptir. Çizimin bütününe bakıldığında göze çarpan karmaşa, inilen her ölçek boyutunda tanımlı hale gelir ve karakteristik özelliklerini ortaya koyar.

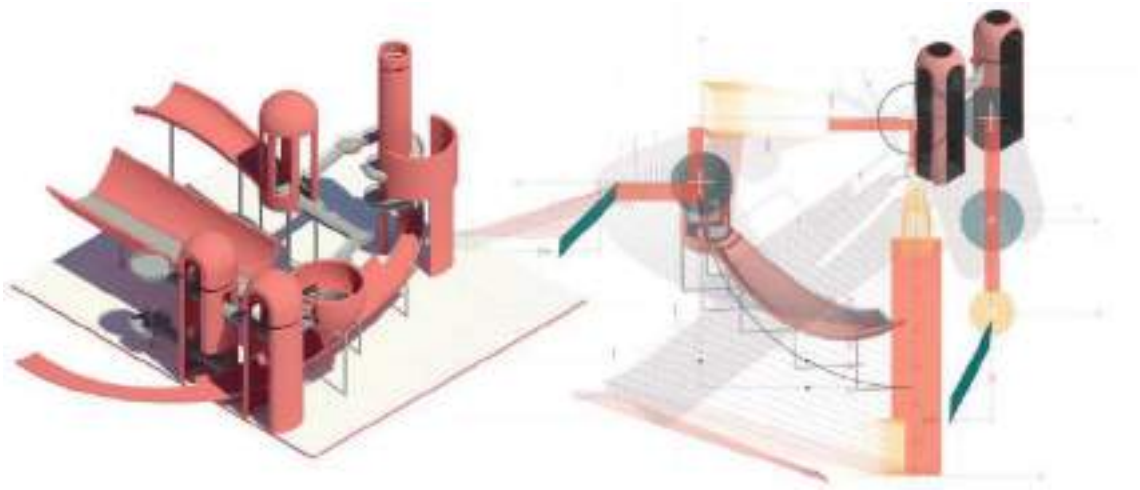
Çizim nesneleri, kâğıt üzerinde süzülerek, kulaç atarak ya da öylece dikilerek okuyucunun dikkatini çekmeye çalışır. Yer değiştirdiğinde arkasında bıraktığı iz hareketin tanımını yapar. Oluşan izler, temsil için yeni bir çizim elemanına dönüşür. Durağan nesneler ise üzerine gelen ışığın etkisiyle yansıttığı gölgeler ile öngörülemeyen parçalar yaratırken var olan elemanlar arasında da köprü kurar. Böylece rastgele oluşan nesneler, bilinçli yerleşen nesneler ve diğer çizim elemanları paradigma dışı oluşum biçimlerini temsile yansıtır.

Ölçek, farklılaşan çizim boyutları arasında istenilen yaklaşma biçimini yakalamak için kullanılan araçtır. Boyut değişimine duyulan ihtiyacın temelinde nesne tabanlı düşünme biçimi yatar. Çizim elemanları, kendisinden daha küçük elemanların bir araya gelmesiyle oluşur. Her nokta, bulunduğu ölçek boyutunun izin verdiği kadar moleküllerini açığa

çıkarır. Parçaların görünürlüğü, nesnelerin bir araya geliş biçimini tanımlar ve kullanılan örüntü bilgisini okunur kılar. Böylelikle nesnelerin değişken algısal ifadelerini karşılayan temsiller ortaya çıkarılır.

3.2. 3B Yapı Elemanları: Bütün-Parça

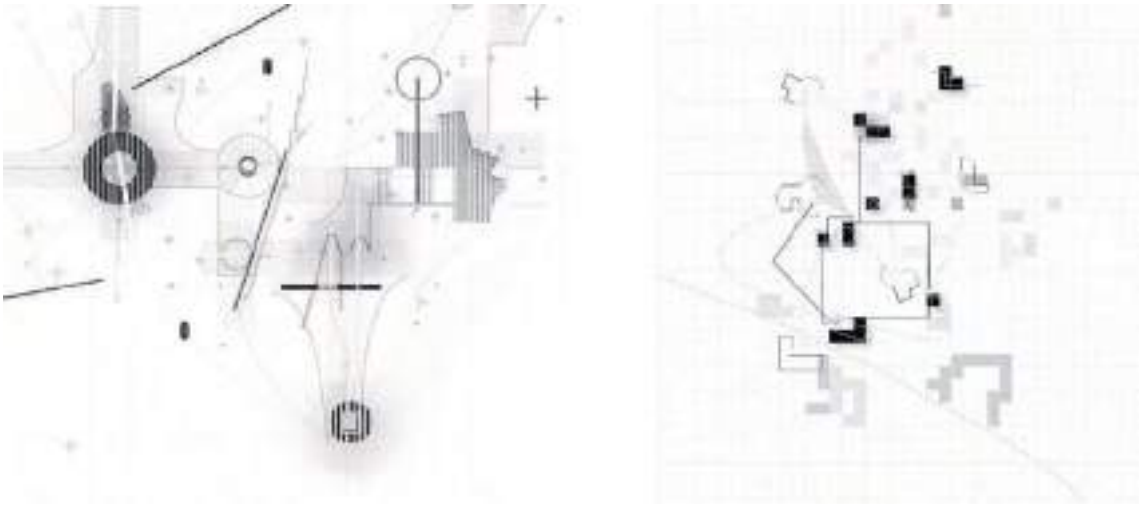
"Tektonik — özellikle mimarlık alanında — kuruluşun bilgisine ve (şeyin) yapısallığına dair bir iç bağlamı ifade eder çoğu zaman" (Şengün, 2016). Radikal ilişkiler içinde bu bağlamı yakalamaksa tasarımcı için ulaşılması istenen meziyet olarak görülebilir. Yapı elemanlarının işlev kazanımı için alternatif yollar mevcuttur. Seçilen parçaların kullanıldığı lokasyonlar bu çeşitliliği sağlayan etmenlerden biri olabilir (**Şekil 2**).



Şekil 2: 3B yapı elemanlarının tasarımında bütün-parça ilişkisinden türeyen nesneler (©2022, Merve Şule Yörük).

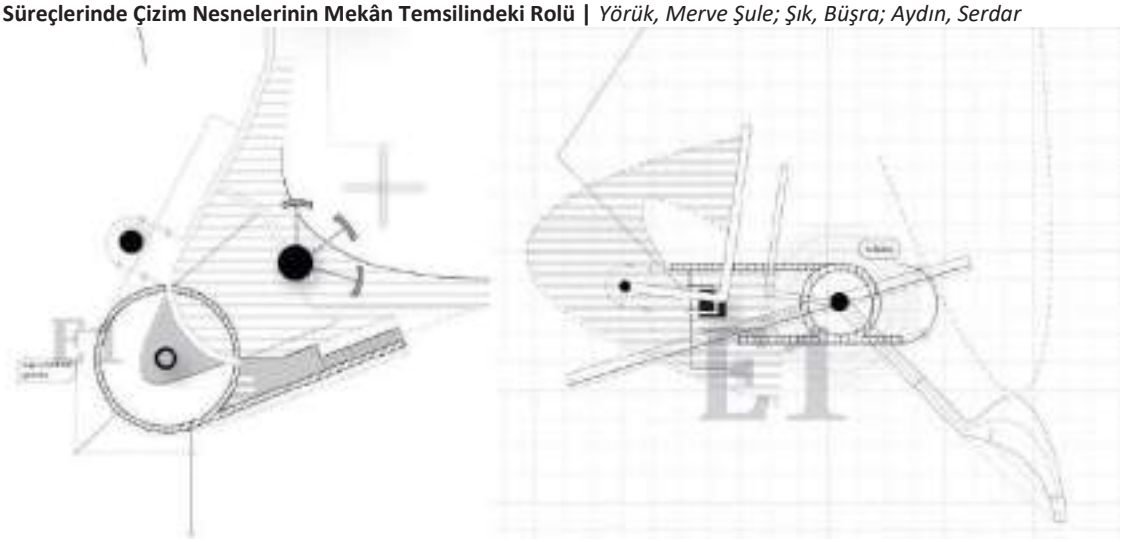
3.3. Haritalama ve Alan Tanımları: Dikim-Söküm

Çizim nesnelerine anlamlar yüklenmesi bir tasarımcının yaptığı işi markalaması kadar önemli görülebilir. Kullanılan nesnenin aldığı biçim, yerleşim şekli ve tekrar sayısı tasarımcı için ürettiği ürünün özgünlüğünü belirler. Parçaların yeniden çizilmesi karakteristik özelliklerinin ihtiyaç duyduğu alana bağlı olan kısımlarda kaybolmasına kimi zamanda yenilenmesine ve çoğalmasına olanak tanır. Üretilen her yeni temsil için benzer işleyiş söz konusudur (**Şekil 3**).



Şekil 3: Haritalama süreci (©2022, Merve Şule Yörük).

Parçalar yerleştirildiği alandan sökülür. Ve kendisine yeni bir temsilde, yeni yerler edinir. Dikildiği alan da kendisi için kalıcı değildir. Sürekli bir devinim içinde olan nesneler, koordinat farkına, boyut değişikliğine uğrayarak yeniden ve yeniden üretilir (**Şekil 4**).



Şekil 4: Haritalama sürecinden türeyen nesneler (©2022, Merve Şule Yörük).

Plug-in City ütopyasında kullanılan çizimlere dair aktarımla ortaya çıkan, kentsel/mimari/mekanik/beşeri sistemler birlikte çalışır (Cook, 1999). Çizim nesneleri, kentin var olan fiziksel ve zihinsel tetikleyicileri ile yer değiştirir. Bu sayede değişken, dinamik ve kente eklenebilen "oluş halindeki yapının (building-in becoming)" takılmasına olanak tanır. Mimarın çizim nesnelerini çağırdığı alan ile kurduğu "ilişkisi olmayan" yaklaşım bir imalat alanı yaratırken çizim nesneleri aralarında yeniden ilişkilenir (Sandler, 2015).

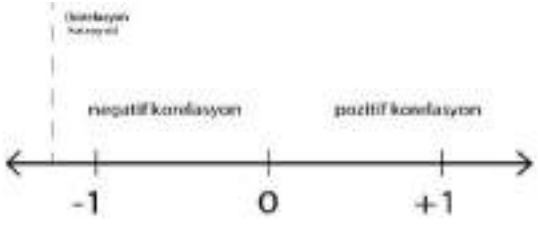
Haritalama sürecinden türeyen nesneler, mevcuttaki çevresel verilerin süperpozisyonları ihmal etmeyerek haritalama sürecine parçacıl eleman ve ilişkiselliklerini ekler. Parçacıl elemanların çizimleri ve mekânsal yorumları işleyiş, ölçek, bilgi katmanları arasında korelasyonlar üretir. Harita süreci, oluş halindeki devinimli serüveni beslemektedir (**Şekil 5**).



Şekil 5: Parçacıl elemanlar, korelasyonlar ve "oluş" devinimi (©2022, Merve Şule Yörük).

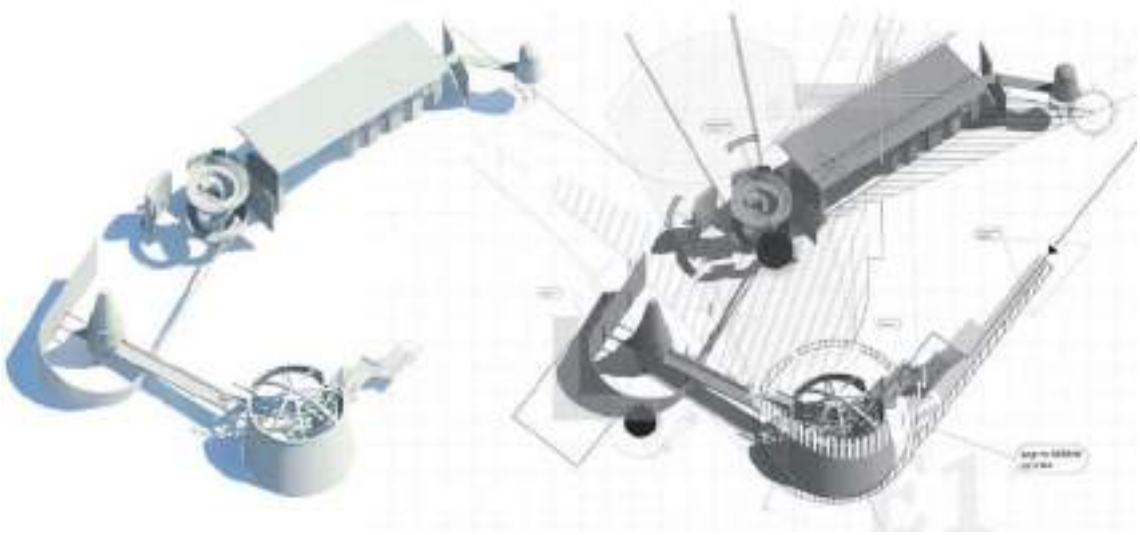
3.3. Sahne yaratımı

Aksonometrik ve izometrik çizimler ile desteklenmiş mekanik ve tekno-morfik çizim sahneleri hikayenin beslendiği korelasyon yöntemiyle oluşturulur. Hikaye ve çizim nesnelerinin ilişkisi arasında üretilen pozitif-negatif [-1,1] korelasyon, mekanın temsil alanında potansiyellerini ortaya çıkarır (**Şekil 6**).



Şekil 6: Korelasyon grafiği (©2022, Merve Şule Yörük).

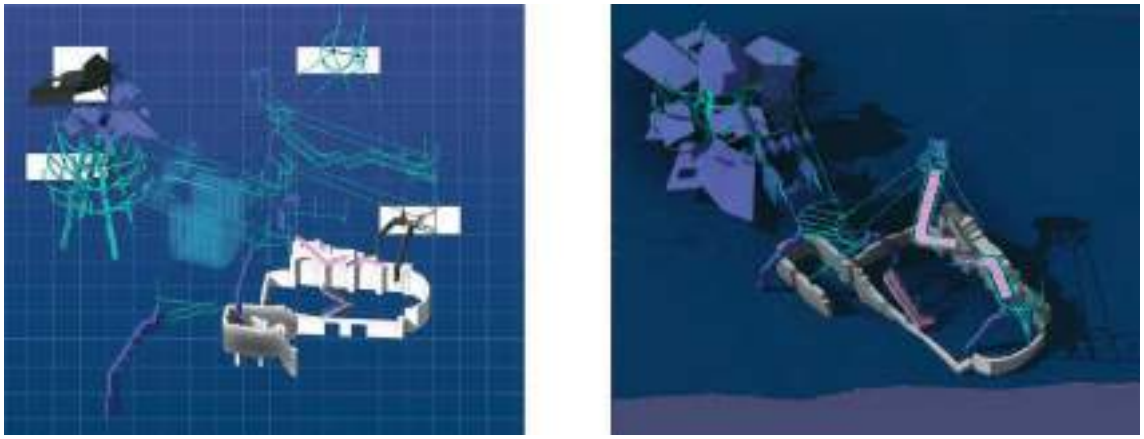
Çizim nesnelerinin ortaya çıkardığı düşünsellik, hikayeyi zaman-mekan yönüyle de etkiler. Böylelikle mekanın işlevsel ya da nesnel tanımı, çizim nesnelerinin devinimi, hareketi, dolaylılığı (ilişkisellik) ve çoklukları ile geçişli hale getirilir (**Şekil 7**).



Şekil 7: Sahne nesnelerinden mekânsal deneyim hikayesinin üretimi (©2022, Merve Şule Yörük).

3.4. Hibrit Atmosfer

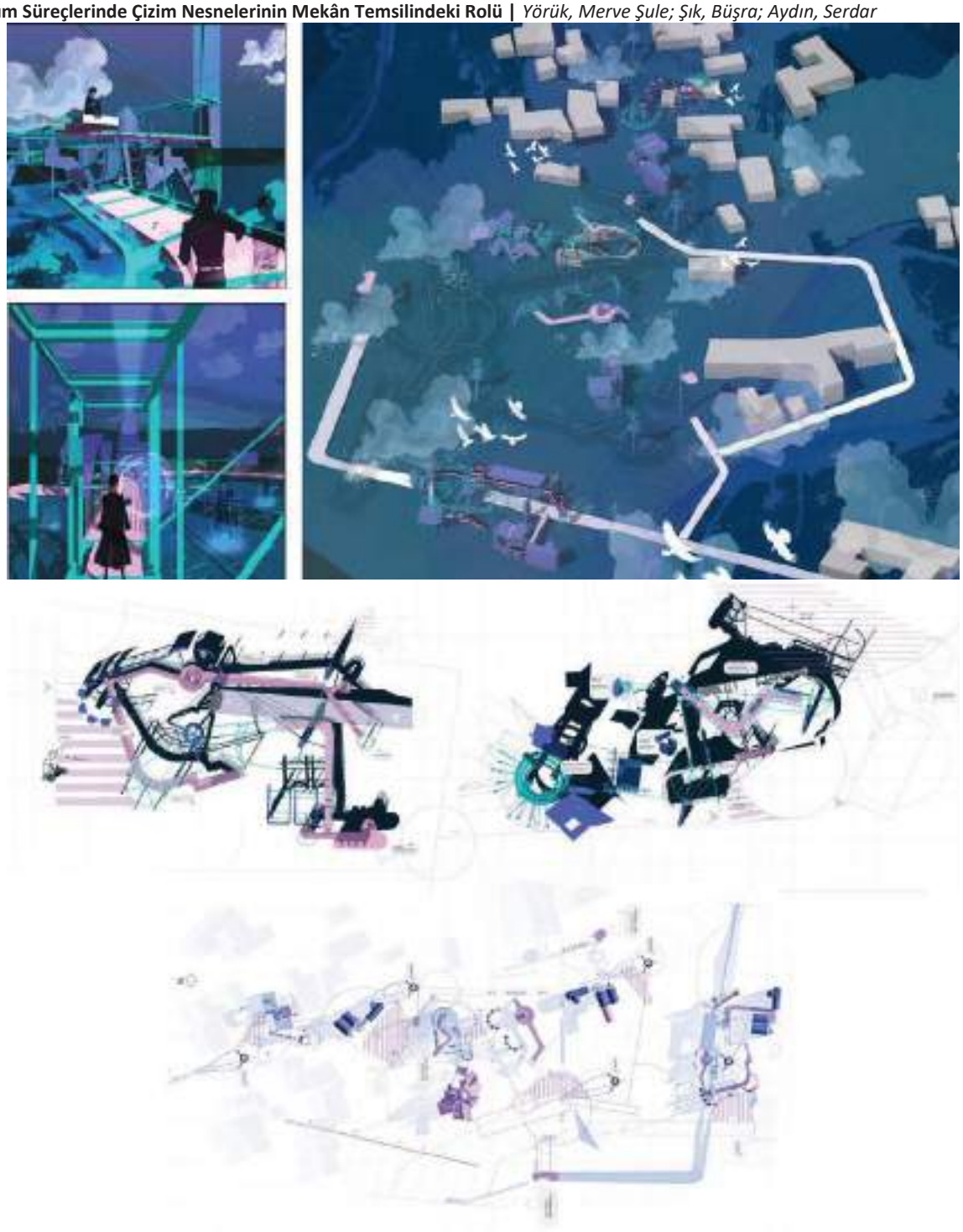
Sis, bulut, buhar, ışık atmosferik nitelikler olarak değerlendirilmiştir. Yapı, içerik ve zamanla kurduğu ilişkisellik atmosferi hibrit hale getirir. Nesneler öncelikle aralarında ilişki kurarlar Nesneler, alanlarını inşa ederek birleşim detayları ve farklılaşan çizim nesneleri katılımcısına ,öznesi, aktörü ya da seyircisine, göre değişen çizim nesneleri üretir. (**Şekil 8**). Atmosferik nitelikler mekanla bütünleşir ve mekanı dönüştürürken kendi kodlarını tekrar yazar; hava, inşa edilen mekana sızarak; sabit ve bitmişin yerine değişmeye açık bir yapı üretir (Batuk, 2019).



Şekil 8: Nesneler üzerinden atmosferik hibritleme (©2022, Merve Şule Yörük).

3.5. Aktör, Özne/Nesne

Geleneksel mimari mekanın temsil nesneleri, özneyi "çizimden sonra olmak üzere" aktif ya da pasif olarak çağırabilir. Tasarım girdisinin birinci öncülü olan özne, temsil alanında okunmaz hale gelebilir. Yine sahneyi oluşturan aksonometrik ve perspektif projeksiyonlar da, bazen özneyi temsil alanının dışına itebilir. Atmosferik anlatılar ve etkiler üzerine çalışılmış çizim nesneleri, öznenin hayal üzerinden müdahalesiyle imajinatif mekanlara dönüştürülebilir (Batuk, 2019). Her gözlemci, seyirci, özne veya aktöre göre farklılaşan deneyimler, temsil alanına aktarılabilir (**Şekil 9**).



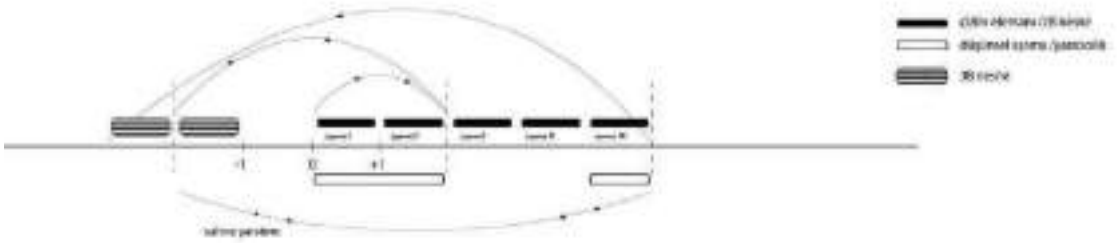
Şekil 9: Nesneler üzerinden atmosferik hibritleme (üst) ve ilişkisellik (alt) (©2022, Merve Şule Yörük).

Bryan Cantley, deneysel çalışmalarında kullanılan mekanik parçalar, işaretlemeler, taramalar, iki ve üç boyutlu çizimlerin bir arada kullanılması anlamsal ve sembolik katmanlaşmalar üretir. Çizim, kişisel deneyim ve birikimleri saptamak için içine dönerek hangi elemanın nasıl kullanılacağı, ne türden ilişkiler kuracabileceğine alternatif yollar ortaya çıkarır (Asar, 2020).

4. Tartışma ve Değerlendirme

Tasarım sürecinin değerlendirilebilir ölçek yaklaşımlarıyla ele alınması, çizim nesnesinin tekrarlanamaz ve öngörülemeyen keşiflere olanak sağladığı değişkenleriyle ilişkilerine odaklanmaktadır. Çizim; pratik, edim ve ortam araçlarıyla çoğalttığı korelasyonları, lineer ve döngüsel grafikleriyle okunaklı hale getirebilmektedir. Bu çalışma özelinde de yukarıda alt başlıklara ayrılarak çizim nesneleri üzerinden okunaklı hale getirilmeye çalışılan sezgisel süreçlerin sayısallaşımına dair korelasyonlar resmedilebilir (**Şekil 10**). Değerlendirilirken sezgisel süreçlerin

algoritmasını çıkaran, sayısallıkta üretimine işaret edilen korelasyon grafiği 2B çizim elemanları ile 3B nesneleri iki uca taşıyan bir özelliğe sahiptir. Aynı zamanda 2B nesneler ile subjektif yaratıcı düşünsel faaliyetler arasındaki bir paralellik üzerinden kurulan değerlendirme kanalı açılmıştır. Grafik, mimari atölye sürecinin en başından itibaren yeniden tekrar edildiği varsayımındaki düşünme edimselliğinde dahi proaktif tavır takınarak değişkenler ve ilişkiselliklerine dair farklılaşan olasılıklarını ortaya çıkarabilir.



Şekil 10: Çizim nesnelerine ait süreç korelasyon grafiği (©2022, Merve Şule Yörük).

Dijital araçların kullanımı üzerinden yaratıcı temsil üretiminin bir matematiğini arayan bu çalışmanın katkılarını birkaç ölçeğe birden ilişkilendirerek değerlendirmek mümkündür. Bu değerlendirmeler:

1. Sezgisel süreçlere ilişkin,
2. Korelasyonlar ve çağırdığı yanal ortamlara ilişkin
3. Dijital rastlantı atölyesi ve mimari atölye süreçlerine ilişkin

katkıları okutmaktadır. Bu bağlamda, sezgisel/bilişsel süreçler ile beklenmedik öğeler veya birikimle ortaya çıkarılan düşünsel aşamanın sahne yaratım izleğini takip ve tekrar edebileceği sayısal yaklaşımları aranması hedeflenmektedir. Korelasyon sağlayacak değişkenlerin zaman-mekan yönüyle sürece dahil edilerek belirsiz kılındığı üst-üste çakıştırmalar mevcuttur. Çakıştırılan temsillerin kurduğu bağıntılara farklı dijital tasarım araçlarının kullanıldığı denemeler de eklendiğinde çok boyutlu bir korelasyon ağının oluşumu gözlenebilmektedir. Korelasyonlar aracılığıyla bu belirsiz gibi görünen karmaşıklığın okunmasına dönük bilgi üretimi olanakları keşfedilebilecektir. Farklı seviyelerdeki mimari proje atölyelerinin sezgisel düşünme pratikleri ve süreçleri desteklenerek özgünleşebileceği ortamlara yönelen sınamalar, denemeler ve çalışmanın mimari atölye süreçlerine etkisini görünür kılan analitik veriler de araştırılmalıdır (**Şekil 11**). Böylece ortaya çıkarılmasını mümkün kılan potansiyeller ve tartışmalar yaratabilir.



Şekil 11: Farklı seviyelerdeki mimari atölye süreçlerinden yöntem denemesi, haritalama-maket çalışması (©2022, Habat Bekiroğlu).

4. Sonuçlar

Çalışmada Mardin Artuklu Üniversitesi, Mimarlık Bölümü mimari proje atölyelerinden biri olan Dijital Rastlantı (DR) tasarım stüdyosunun süreçlerinden beslenen temsil üretimi süreçleri üzerinde durulmaktadır. Çalışmanın, atölyenin sunduğu tasarım araçlarını bir yönteme dayandırma çabası vardır. Bu yöntemin üretilebilmesi için korelasyon

kavramından ve bunun üzerinden okunabilecek bir değerlendirme biçiminden bahsedilmektedir. Korelasyona dayalı değerlendirme biçimi spekülatif mimari çizimin, dijital mimari tasarımın güncel tartışmalarından biri olan parçacıl ve sürekli elemanlar düalitesi ile kurduğu tezat ilişkiyi açığa çıkarması bakımından bir tartışma alanı açmaktadır. Spekülatif mimari çizimi öne çıkarırken el çizimi, maket ve kolaj yöntemlerinin arasında, konvansiyonel mimari tasarım süreçlerinin aksine sıralı eklemeli bir şekilde mimari nesneleşmenin aynı zamanda sayısallaştırılabileceği bir alan aranmaktadır. Bu sayısallaştırma, görsel kodlama dillerinin sunduğu kütüphane ve algoritmalardan ziyade, sezgisel tasarım sürecinin ürettiği matematiği açığa çıkarmak olarak ele alınmaktadır. Ele alınan atölye çalışmasının bağlamını oluşturan Mardin mimarisi üzerine lokal düşünceler üreten bu araştırma, sunduğu korelasyona dayalı yöntem ve değerlendirme biçimleriyle de daha geniş kapsamlı katkılar sunmaktadır. Bu bakımdan çalışmanın sunduğu mimarlıkta tasarım araştırmasına dönük değerlendirmeler (1) sezgisel süreçlere, (2) korelasyonlara dayalı yanal virtüel alanlara ve (3) dijital tasarım yöntemlerinin kullanıldığı mimari proje atölyelerinin temsil üretimi bakımından kabul edilebilirliği üzerine tartışmalar sunmaktadır.

Teşekkür
Atölye sürecindeki katkıları için Mimari Proje dersi kapsamındaki Dijital Rastlantı grubunda yer alan isimlere ve bir sonraki döneme ait maket fotoğraflarını paylaşan Habat Bekiroğlu'na teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Allen, S. (2020, 17 November). Sigurd Lewerentz: Siting the Axonometric. *Drawing Matter.* Retrieved 16 May, 2022, from https://drawingmatter.org/sigurd-lewerentz-siting-the-axonometric/

Akın, Ö. (1986). *Psychology of Architectural Design*. London: Pion Lted.

Asar, H. (2020). İlişkisel bir şey olarak Mimari Temsil. [Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi], 110-118.

Aston, A., Porter, A., Holberton, T. (2015). Unit 21, Bartlett School of Architecture. *Architecture and Design Blog*. http://unit-21.com/

Batuk, A. (2019). Atmosferik Anlatılar Üzerinden Post-Dijital Çizim. [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi].

Brown, D.K. (2022). Idea-building. *Architecture Now*. Retrieved 16 May, 2022, from https://architecturenow.co.nz/articles/idea-building/

Cantley, B. (2013, 5 September). Two Sides of the Page: The Antifact and the Artefact. *AD Journal, 83 (5), Special Issue: Drawing Architecture,* 36-43. https://doi.org/10.1002/ad.1660

Cantley, B. (2018). Towards a taxonometric architecture: D-con: an. *Design Ecologies*, 7, 48–70, https://doi.org/10.1386/des.7.1.48_1

Cesare, B. (2014, 16 September). *Imaginary Body and Sections of Imagination by FORM:ULA-Bryan Cantley.* Metalocus. Retrieved 30 September, 2014, from https://www.metalocus.es/en/news/imaginary-body-and-sections-imagination-formula-bryan-cantley.

Cesare, B., Rebollo, S. (2014, 11 November). *Bryan Cantley. Dirty Geometries + Mechanical Imperfections.* Metalocus. Retrieved 16 May, 2022, from https://www.metalocus.es/en/news/bryan-cantley-dirty-geometries-mechanical-imperfections

Cook, P. (Ed.) (1999). *Archigram*. Princeton Architectural Press, New York.

Harman, G. (2020). *Nesne Yönelimli Ontoloji*, Tellekt.

Kulper, P. (2016). Sahnelenen Korku. *Betonart, 48(Tektonik)*, 59-61.

Sadler, S. (2005). *Archigram: Architecture without Architecture*. MIT Press, Cambridge, MA.

Şengün, T. H. (2016). Tektonik. *Betonart, 48(Tektonik)*, 3.

Tan, F. (2013). Çizim Mimarlığı: Mimari Bir Motivasyon Olarak Çizim. [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi].

Türk Dil Kurumu, 2007: *Türkçe Sözlük*, Türk Tarih Kurumu Basım Evi, Ankara.

Foursquare'in Places adlı Uygulama Programlama Arabirimi ile Toplanmış bir Çizgesel Konum Tabanlı Sosyal Ağ Veri Seti

Yasin Kutay Yüncüler
Keio Üniversitesi
kutayyunculer@gmail.com

Özet

Özellikle geride bıraktığımız 20 yıl içerisinde, hem mobil cihazlar hem de sosyal ağlar hayatlarımızın vazgeçilmez birer parçası haline geldi. Bunun doğal bir sonucu olarak, bu iki etmen hayatımızı birçok açıdan değiştirdi. Bu dönüşümler arasında iletişim, haberleşme, sosyalleşme ve alışveriş sayılabilir. Tüm bu beklenmedik gelişmelerin neticesinde hem dikkate değer sorular hem de daha önce hiç karşılaşmadığımız özgün ve karmaşık sorunlarla karşı karşıyayız. Ne var ki, tüm bunların en önemli sebeplerinden biri olmasına rağmen, sosyal ağlar bu soru işaretlerini giderecek önemli bir avantajı da beraberinde getiriyor: kullanıcılardan durmaksızın toplanan veriler. Bu nedenledir ki, birer veri kaynağı olarak sosyal ağlar araştırmacılar tarafından gittikçe sıklaşan bir şekilde kullanılmaya başladı. Çok çeşitli sorulara yanıt arayan bu çalışmaların odaklandığı konular arasında konum tabanlı veri setleri aracılığıyla kentsel ölçekteki olayları analiz etmek ve gelecekte yaşanacak değişimleri tahmin etmeye çalışmak da var. Her ne kadar hemen hemen bütün sosyal ağlardan konum tabanlı veri elde etmek mümkün olsa da, konum tabanlı sosyal medya ağlarında konum paylaşmanın zorunlu olduğu düşünülecek olursa, bu tür sosyal ağların bu tarz çalışmalar için diğer sosyal ağ türlerinden daha elverişli olduğu söylenebilir. Dolayısıyla, konum tabanlı sosyal medya ağlarının gelecekte bu ölçekteki analizler ve karar alma süreçleri için daha kritik bir role sahip olacağı sonucuna varılabilir. Benzer bir yaklaşımla, bu araştırma en popüler konum tabanlı sosyal ağlardan biri olan Foursquare'e odaklanmaktadır. Bu maksat çerçevesinde bu çalışma üç basamağa ayrılmıştır. Başlangıç olarak, Foursquare'in Places adlı uygulama programlama arabiriminin "explore" ve "nextvenues" adlı uç noktaları kullanılarak çizgesel kentsel veri toplanmıştır. Bununla birlikte, veri toplama süreci de detaylı olarak açıklanmıştır. Bu şekilde, çalışmanın ilerleyen adımlarında değinilecek bazı konuların daha kapsamlı tartışılabilmesine zemin hazırlamak hedeflenmiştir. Takip eden adımda verinin strüktürü ve veri setinin içeriği konu edilmiştir. Bu bölüm ile birlikte hem verinin çizgesel yapısı hem de içeriği ele alınmış ve veri setinin avantajları arasında da değinilecek işlemsel yönlerine bir giriş yapılmıştır. Son bölümde de hem veri setinin avantajları ve dezavantajları hem de potansiyel kullanım alanları çeşitli açılardan ve farklı senaryolar üzerinden ele alınmıştır. Bu ve benzeri veri kaynakarının gelecekte, özellikle de kentsel ölçekte karar alma süreçlerinde, önemli rol oynayacağı göz önünde bulundurulmuş ve bu çalışma içerisinde konuya hem teknik hem de pratik açılardan yaklaşılmıştır. Bu sayede, konunun kapsamlı bir şekilde tartışılması için uygun bir zemin hazırlanması da hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Konum tabanlı veri, Konum tabanlı sosyal ağ verisi, Çizgesel kentsel veri, Bir çizge olarak şehir, Foursquare.*

A Graph-like Location-based Social Network Dataset Collected through the Foursquare's Places API

Yasin Kutay Yunculer
Keio University
kutayyunculer@gmail.com

Abstract

Over the last two decades, both mobile devices and social network services (SNS) have become an essential part of our lives. As a result, they reshaped our daily routines in various aspects, from communication to socializing. Thus, as might be expected, unprecedented questions regarding these changes had arisen. On the other hand, along with being a significant cause, SNSs provide solutions to analyze this evolution through the data they collect from their users continuously. Thus, these and comparable data are widely utilized by several researchers to comprehend the shifts in our society, including the urban phenomena. These studies prove especially the potential of location-based data as they offer extensive answers to complex questions about urban analyses. In parallel, since sharing the location is mandatory in location-based social networks (LBSN), it would not be inaccurate to note that the data obtained through their application programming interfaces (API) covers the geolocation information broader than other types of SNSs. Therefore, it is possible to comment that their role in such analyses will become more critical in the future. From this perspective, this study focuses on Foursquare, one of the most popular LBSNs. Thus, this research follows a three-step structure. In the beginning, a graph-like urban-scale dataset is collected through Foursquare's Place API, primarily through two endpoints named "explore" and "nextvenues." Also, the data collection process is explained in detail to make it easier to discuss the data structure in the following parts. In the next step, both the data structure and the dataset's contents are described. Finally, this research discusses both advantages and disadvantages of the collected data and the potential uses of these and comparable datasets. Considering similar datasets might become an essential part of urban-decision making in the near future, this paper intends to approach the topic from both technical and practical perspectives through these three steps. By doing so, this research aims at providing a solid ground for a comprehensive discussion on the topic.

Keywords: *Location-based data, Location-based social network data, Graph-like urban-scale data, City as a graph, Foursquare.*

1. Introduction

Mobile devices have become more ubiquitous and smarter during the last two decades. Followingly, especially in the 2010s, the popularity of social network services (SNS) increased dramatically. As this pair turned into an irreplaceable part of our lives, our daily habits have changed drastically on several counts, mainly such as communication, socializing, and shopping. Also, as SNSs evolve the society from day to day, examining their irreversible effects has been attracting the attention of researchers too.

On the other hand, SNSs came with more than raising unprecedented questions. Thanks to the data they collect from their users continuously, these services are capable of providing well-rounded answers pointing to the mentioned changes. In parallel, recent studies in various research fields took advantage of the potential of SNS data with different motivations. Sensing urban land use (Jiang, Alves, Rodrigues, Ferreira & Pereira, 2015; Soliman, Soltani, Yin, Padmanabhan & Wang, 2017), revealing urban characteristics (Lansley & Longley, 2016; Shen & Karimi, 2016), mapping urban regions with specific functions (Shao, Zhang & Li, 2017), analyzing specific activities such as running (Balaban & Tunçer, 2016; Balaban & Tunçer, 2017), and identifying temporal urban events (Fu, McKenzie, Frias-Martinez & Stewart, 2018) are only a few of them.

As it is more visible through the studies noted above, research on urban phenomena through the SNSs mainly utilizes location-based data. Collecting such data from almost every SNS, even from a microblogging network such as Twitter, is doable since users can add their location to their posts. Still, as sharing the location is not optional but mandatory, the datasets obtained through location-based social networks (LBSN) contain broader geolocation data than other types of SNS.

Since it is one of the most popular LBSNs, the data collected through Foursquare's application programming interface (API) has also been utilized in different studies for various research goals. Some of the research directions in the field are modeling user activity preferences (Yang, Zhang, Zheng & Yu, 2015), characterizing urban mobility patterns (Manca, Boratto, Morell Roman, Martori i Gallissà & Kaltenbrunner, 2017), and analyzing behaviors of specific user groups such as tourists (Yang & Durarte, 2021; Mei & Wang, 2021).

In parallel to its potential revealed by the research mentioned above, this study is focused on Foursquare's Places API ("The Best Developers Choose Foursquare Places API," n.d.), especially its two endpoints called *"explore"* and *"nextvenues."* For this purpose, this proceeding consists of three essential parts. Firstly, a graph-like, urban-scale, and location-based dataset is collected through the mentioned endpoints of the Places API, and the data collection process is described. Followingly, the data structure and contents of the dataset are explained comprehensively. Finally, this dataset's advantages, disadvantages, and potential uses are discussed from various perspectives, which might soon become an essential part of urban management. Through this three-step structure, this study aims to discuss the role of these and comparable data sources in the future of architecture and urban design.

2. Data Collection

As a beginning, this study intends to collect a graph-like, urban-scale, and location-based dataset through Foursquare's Places API. For this purpose, A Python code that utilizes *"explore"* and *"nextvenues"* endpoints of the Places API is developed as a part of this research. Essentially, the workflow of this code library consists of three steps. Briefly, the first step triggers the workflow by the data obtained through the *"explore"* endpoint, the second one iterates through the *"nextvenues"* endpoint, beginning with the data delivered by the previous step, and the final step saves the collected data (**Figure 1**).

The first step of the data collection utilizes the *"explore"* endpoint of the Places API ("Get Venue Recommendations," n.d.). This endpoint takes a place name, such as a city or a region, as the input. Following this input, it returns the recommended venues in the given location ("Foursquare Places API," n.d.). This study utilizes this endpoint to list the recommended venues in the requested city as *iteration 0*. Then, the code library delivers this list to the next phase. By this means, the output of this step initiates the loop operated by the following one.

The second step is based on the *"nextvenues"* endpoint ("Get Next Venues," n.d.). This endpoint requires a venue ID as input and returns up to five venues where users frequently check in after the given venue ("Foursquare Places API," n.d.). With each iteration starting from *iteration 0*, the *next venues* of each venue in the list delivered by the previous iteration are requested from the Places API. Also, if the current iteration detects any *next venue* for the first time in the process, it adds that venue's ID to a list to be transmitted to the next iteration. By repeating this principle, the loop is executed until the code is not able to find any venue that has not been encountered during the process before.

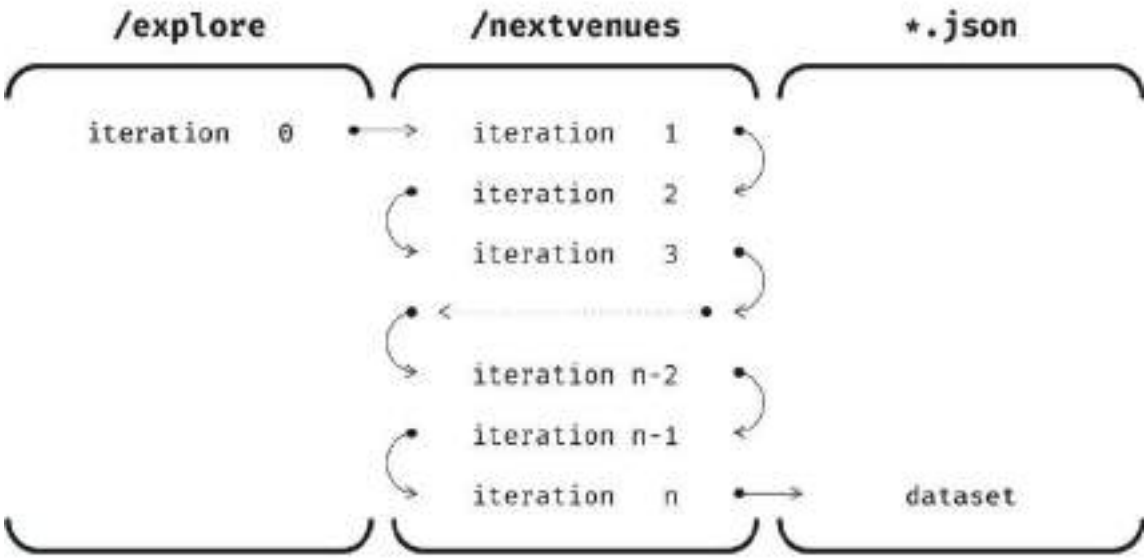


Figure 1: The data collection process (Author)

The data collection phase is concluded after the last iteration. So, the data is written to a file by the final step. Since both the endpoints of Foursquare's Places API mentioned above return the requested data in JSON (JavaScript Object Notation) file format ("Introducing JSON," n.d.), the collected data is also saved as a JSON file. Still, if required, the data might be saved in another file format such as CSV (Comma-separated Values), GeoJSON ("GeoJSON," n.d.), or GEXF (Graph Exchange XML Format) ("GEXF File Format," n.d.) by editing the Python code. Also, the JSON file might be converted into another file type through an additional step. By doing so, the dataset can be implemented in various digital tools.

3. Data Structure and Contents of the Dataset

Understanding the structure and contents of the dataset first is necessary to discuss both the advantages and disadvantages and the potential uses of the data collected as a part of this study. As mentioned above, the code library that performs the data collection process utilizes two endpoints of Foursquare's Places API; *"explore"* and *"nextvenues."* Therefore, both structure and contents of the dataset are dependent on which data fields these endpoints contain and in which format they deliver the requested data. This title approaches these two essential attributes of the dataset from this perspective.

Even though the *"explore"* endpoint is utilized to trigger the data collection and create *iteration 0*, the process is primarily based on the iterations conducted through the *"nextvenues"* endpoint. As explained in the previous title, the *"nextvenues"* endpoint takes a venue ID as the input and delivers up to five places users often visit after checking in the inputted venue. In other words, the data delivered by this endpoint consists of up to five nodes connected to the initial node by directed edges. In brief, this most basic unit of the dataset is a directed graph (digraph). So, even though the JSON file format is not designed to store or represent data as a graph, considering that the dataset saved by the process explained above is a compilation of the outputs of the *"nextvenues"* endpoint, the dataset contains a digraph (**Figure 2**). Also, by converting the JSON file into more compatible file formats, the dataset can be processed by graph analysis and visualization software.

The *"nextvenues"* endpoint also shapes the data contents, similar to the relation between this endpoint and the dataset's structure. So, describing the data fields contained by the output of the *"nextvenues"* endpoint would be sufficient to explain the data contents of the whole dataset. In short, this endpoint lists the next venues of a venue in the frequency order. Each item of this list contains a venue ID, venue name, location information such as address details, coordinates as latitude and longitude, and category of the venue like restaurant, museum, or bus stop (**Figure 2**). As these data fields are stored for every single venue in the dataset, they can be utilized to filter the venues or compare the venue composition of different cities or clusters among a city, as will be discussed in the following title.

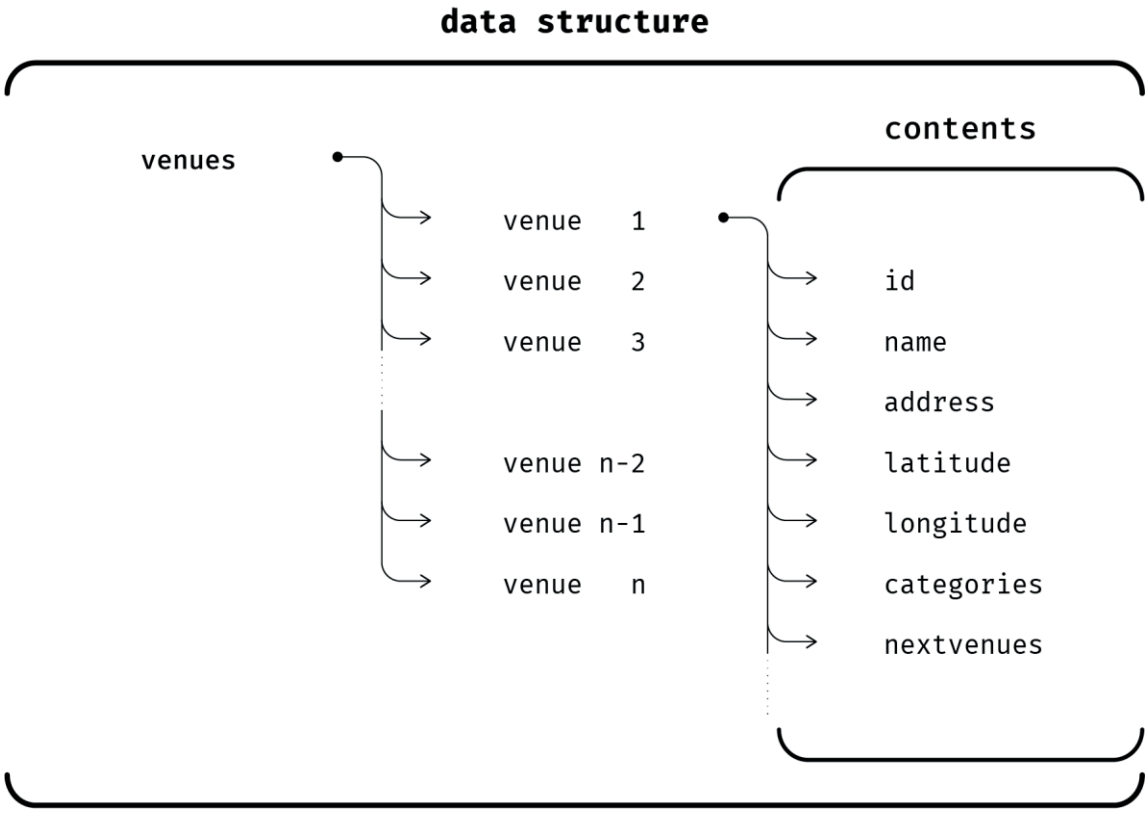


Figure 2: Data structure and contents of the dataset (Author)

4. Advantages, Disadvantages, and Potential Uses

By both its contents and data structure, the graph-like dataset collected through Foursquare's Places API comes with various advantages and ease of use, as well as some discrepancies caused by the limitations of Foursquare's Places API. As mentioned above, even though the collected data is saved as a JSON file to conduct a more fitting workflow to the Places API, the dataset can be easily converted to file types more compatible with network analysis and visualization software than JSON. Thanks to this flexibility, algorithms proposed by the graph theory can be applied to the urban-scale data. In addition, the dataset's contents enable the researchers to filter or visualize the data through several attributes of venues, such as venue category, location, and address. This title discusses the advantages, disadvantages, and potential uses of the dataset from both these angles.

4.1. Advantages

Since the data collection process is mainly based on the "nextvenues" endpoint of Places API, and the output of this endpoint is mathematically a digraph, the dataset created by the Python library is also a digraph that consists of venues as nodes and connections between those venues as edges. By this means, algorithms proposed within the graph theory can be utilized to convert the data stored by the dataset into information through digital tools such as Gephi (Bastian, Heymann & Jacomy, 2009) or Python libraries such as NetworkX (Hagberg, Schult & Swart, 2008)

(**Figure 3**). These algorithms are capable of doing various analyses, from calculating the centrality of each node to computing the clusters in a graph. Moreover, some recent studies are directly focussed on improving current algorithms in this field to propose more fitting versions targeting the social network datasets (Mojarad , Dehghan, Dehghan & Salar, 2021). Through these algorithms, the dataset can be processed to constitute information that might be useful for urban design and management, as will be discussed later.

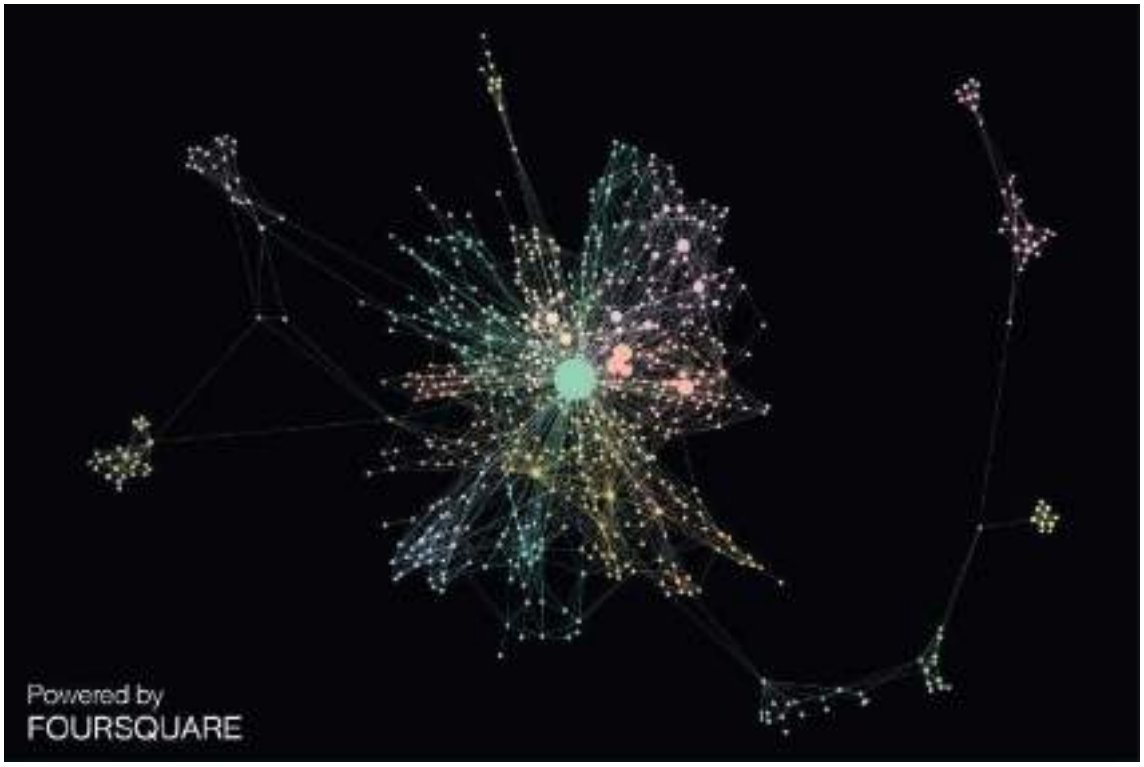


Figure 3: The visualization of Eskişehir as a graph through the data collected from Foursquare's Places API on Week 18, 2022 (Author)

In addition to its harmony with such algorithms, the data fields contained by the dataset carry a significant potential for further analysis and visualization. First of all, as the Places API provides the coordinates of venues, the data can easily be projected on a map through web services such as Mapbox ("Maps and location for developers," n.d.), JavaScript libraries such as Leaflet ("Leaflet: an open-source JavaScript library for mobile-friendly interactive maps," n.d.), or Python libraries such as Folium ("Folium," n.d.). This approach can be utilized to analyze a city periodically (**Figure 4**) or compare different cities within the same time frame (**Figure 5**). In addition to the visualization of geolocation data, the dataset can be filtered by data fields such as venue categories or address elements such as town or street. Similarly, these venue attributes can be utilized to enhance data visualization.

4.2. Disadvantages

Even though Foursquare's Places API's "nextvenues" endpoint provides data that enables the researcher to constitute an urban-scale location-based graph, the limited variety of data fields returned by this endpoint is a considerable setback. Besides the venue identification and geolocation data, this endpoint only provides the venue category. However, specific information about a venue, such as the total visitor count to a place or the walking distance between two locations, might be needed for further analysis. In that case, other endpoints of Places API or APIs of different digital services such as Google Maps ("Build awesome apps with Google's knowledge of the real world," n.d.) can be utilized to extend the coverage of the dataset. Also, recent studies discuss the accuracies of social network datasets by comparing them with relatively more conventional datasets (Skora & Silva, 2021).

Along with the nodes and edges, weights of the edges are also a practical attribute contained by the graphs ideally. Especially for some centrality and clustering algorithms, weights can be utilized to increase the accuracy of the calculations significantly. However, even though the "nextvenues" endpoint returns the next venues sorted by the visit counts, it does not contain the exact weights of connections between venues. As far as this research went,

unlike the missing data fields mentioned in the previous paragraph, it does not seem possible to calculate the weights as long as the API does not provide them directly.

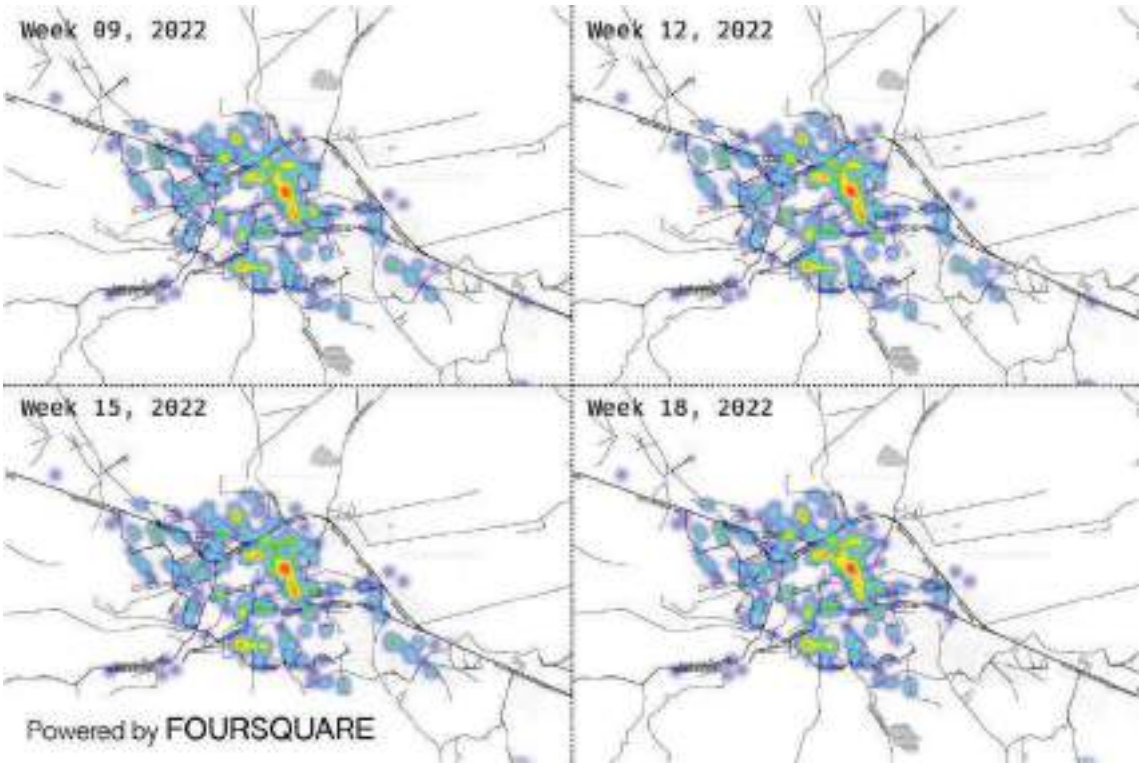


Figure 4: The visualization of Eskişehir as heatmaps through the data collected from Foursquare's Places API on four different weeks (Author)
(Map tiles by Stamen Design, under CC BY 3.0. Data by OpenStreetMap, under ODbL.)

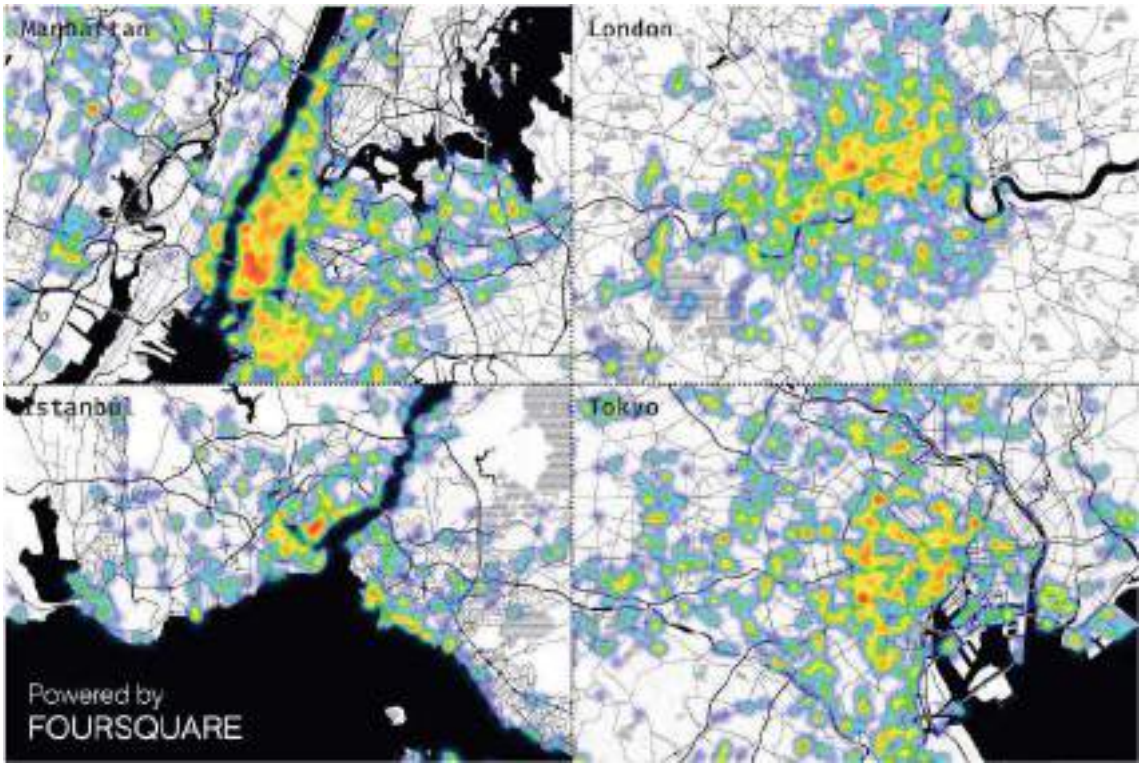


Figure 5: The visualization of Manhattan, London, Istanbul, and Tokyo as heatmaps through the data collected from Foursquare's Places API on Week 18, 2022 (Author)
(Map tiles by Stamen Design, under CC BY 3.0. Data by OpenStreetMap, under ODbL.)

4.3. Potential Uses

As explained above in detail, the dataset collected within this study consists of an urban-scale digraph. Thus, algorithms proposed within the graph theory can be practically implemented in the analyses of this data. Also, since the dataset holds various details from the coordinates of locations to venue categories, it can be utilized for various purposes, such as projecting the information created on a map or analyzing functional diversion in a city. This title discusses which valuable information for urban decision-making can be obtained from this dataset from these two perspectives, but primarily through the implementation of graph theory algorithms.

Clustering algorithms are mainly proposed to calculate the clusters in a graph. Considering the collected data is a digraph, these algorithms can be applied to this dataset to detect the regions in a city. Since it is possible to repeat this process periodically through the data collection explained above, this approach would draw more updated and practical borders than official ones. Moreover, each cluster can be analyzed by venue category mixtures or their connection with other regions. These and comparable information would help develop more suitable urban management strategies on varying scales.

As well as clustering algorithms, centrality algorithms might be utilized to convert this urban-scale data into information. Through these algorithms, it would be possible to detect the most popular points of interest in a city by analyzing the dataset proposed by this research. Also, by checking the changes by periodically collecting the data through the same process, it would be achievable to analyze the changes over time. Such continuous detection would be beneficial to predict the movements of urbanites in the future and make more accurate decisions on urban matters such as public transportation.

Even though this title approaches the potential uses of this dataset only through two perspectives explained above, it is necessary to highlight that it is likely to multiply the scenarios in which these and comparable datasets would be beneficial. Especially combining datasets obtained from multiple social network services or digital services would enhance the potential of these workflows extensively.

5. Conclusion

Considering the increasing popularity of mobile devices and SNSs, it would not be inaccurate to comment that their effects will keep being a part of our daily lives for a long time. Hence, they will become more critical and irreplaceable for our routines in the future. In parallel to this prevalence, the change triggered by them will deepen. Also, the data obtained through SNSs and similar digital services seems to be able to provide more and more accurate answers to the questions raised because of their existence in the beginning. In addition, as SNSs prevail more successfully and broadly, their data will become more practical in various aspects and on different scales, including urban management.

In parallel to this prediction, this study intended to both reveal and discuss the potential of Foursquare, one of the most popular LBSNs, for urban decision-making. Thus, this research approached the topic through a three-step process:

1. A graph-like, urban-scale, and location-based dataset is collected through Foursquare's Places API's two endpoints named "explore" and "nextvenues."
2. The data structure of the collected data and the dataset's contents are explained. These two steps aim to provide a solid basis from a technical perspective to discuss the dataset's potential.
3. Advantages, disadvantages, and potential uses of these and comparable datasets are discussed comprehensively from various perspectives.

By following these steps, the features and potentials of the dataset are discussed in technical and practical manners. Also, since the discussion is held through multiple scenarios, even though they are told briefly, this research drew a path for further research to be done consecutively in the future.

REFERENCES

Balaban, Ö., & Tunçer, B. (2016). Visualizing Urban Sports Movement. In A. Herneoja, T. Österlund, & P. Markkanen (Eds.), *eCAADe 2016: Complexity & Simplicity - Proceedings of the 34th International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe* (Vol. 2, pp. 89–94). University of Oulu, Oulu School of Architecture. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/ecaade2016_048

Balaban, Ö., & Tunçer, B. (2017). Visualizing and Analising Urban Leisure Runs by Using Sports Tracking Data. In A. Fioravanti, S. Cursi, S. Elahmar, S. Gargaro, G. Loffreda, G. Novembri, & A. Trento (Eds.), *eCAADe 2017: Sharing of Computable Knowledge! (ShoCK!) - Proceedings of the 35th International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe* (Vol. 1, pp. 533–540). Faculty of Civil and Industrial Engineering, Sapienza University of Rome. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/ecaade2017_181

Bastian, M., Heymann, S., & Jacomy, M. (2009). Gephi: An Open Source Software for Exploring and Manipulating Networks. *ICWSM 09: International AAAI Conference on Weblogs and Social Media*, 361–362. https://gephi.org/publications/gephi-bastian-feb09.pdf

Build awesome apps with Google's knowledge of the real world. (n.d.). Retrieved May 4, 2022, from https://developers.google.com/maps

Folium. (n.d.). Retrieved May 4, 2022, from https://python-visualization.github.io/folium/

Foursquare Places API. (n.d.). Retrieved March 18, 2022, from https://documenter.getpostman.com/view/3606954/S1TR3ewq

Fu, C., McKenzie, G., Frias-Martinez, V., & Stewart, K. (2018). Identifying spatiotemporal urban activities through linguistic signatures. *Computers, Environment and Urban Systems*, *72*, 25–37. https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2018.07.003

GEXF File Format. (n.d.). Retrieved May 4, 2022, from https://gexf.net/

GeoJSON. (n.d.). Retrieved May 4, 2022, from https://geojson.org/

Get Next Venues. (n.d.). Retrieved March 18, 2022, from https://developer.foursquare.com/reference/v2-venues-venue_id-nextvenues

Get Venue Recommendations. (n.d.). Retrieved March 18, 2022, from https://developer.foursquare.com/reference/v2-venues-explore

Hagberg, A. A., Schult, D. A., & Swart, P. J. (2008). Exploring Network Structure, Dynamics, and Function using NetworkX. In G. Varoquaux, T. Vaught, & J. Millman (Eds.), *Proceedings of the 7th Python in Science Conference* (Issue SciPy 2008, pp. 11–15). http://conference.scipy.org/proceedings/SciPy2008/paper_2/

Introducing JSON. (n.d.). Retrieved May 4, 2022, from https://www.json.org/json-en.html

Jiang, S., Alves, A., Rodrigues, F., Ferreira, J., & Pereira, F. C. (2015). Mining point-of-interest data from social networks for urban land use classification and disaggregation. *Computers, Environment and Urban Systems*, *53*, 36–46. https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2014.12.001

Lansley, G., & Longley, P. A. (2016). The geography of Twitter topics in London. *Computers, Environment and Urban Systems*, *58*, 85–96. https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2016.04.002

Leaflet: an open-source JavaScript library for mobile-friendly interactive maps. (n.d.). Retrieved May 4, 2022, from https://leafletjs.com/

Manca, M., Boratto, L., Morell Roman, V., Martori i Gallissà, O., & Kaltenbrunner, A. (2017). Using social media to characterize urban mobility patterns: State-of-the-art survey and case-study. *Online Social Networks and Media*, *1*, 56–69. https://doi.org/10.1016/j.osnem.2017.04.002

Maps and location for developers. (n.d.). Retrieved May 4, 2022, from https://www.mapbox.com/

Mei, X., & Wang, Y. (2021). Tourist Cognitive Map Generation Based on Travel Behavior Analysis Using SNS Data. *2021 IEEE 10th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, 938–941. https://doi.org/10.1109/GCCE53005.2021.9621814

Mojarad, M., Dehghan, O. R., Dehghan, A. R., & Salar, A. (2021). Development of Katz Similarity Index to Improve Link Prediction in Social Networks Based on Reliable Routes. *International Journal of Scientific Research in Computer Science and Engineering*, *9*(3), 1–5.

Shao, H., Zhang, Y., & Li, W. (2017). Extraction and analysis of city's tourism districts based on social media data. *Computers, Environment and Urban Systems*, *65*, 66–78. https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.04.010

Shen, Y., & Karimi, K. (2016). Urban function connectivity: Characterisation of functional urban streets with social media check-in data. *Cities*, *55*, 9–21. https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.03.013

Skora, L. E. B., & Silva, T. H. (2021). Comparing International Movements of Tourists: Official Census versus Social Media. *2021: Anais Estendidos Do XXVII Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web*, 45–48. https://doi.org/10.5753/webmedia_estendido.2021.17610

Soliman, A., Soltani, K., Yin, J., Padmanabhan, A., & Wang, S. (2017). Social sensing of urban land use based on analysis of Twitter users' mobility patterns. *PLOS ONE*, *12*(7), 1–16. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181657

The Best Developers Choose Foursquare Places API. (n.d.). Retrieved May 4, 2022, from https://foursquare.com/products/places-api/

Yang, D., Zhang, D., Zheng, V. W., & Yu, Z. (2015). Modeling User Activity Preference by Leveraging User Spatial Temporal Characteristics in LBSNs. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, *45*(1), 129–142. https://doi.org/10.1109/TSMC.2014.2327053

Yang, L., & Durarte, C. M. (2021). Identifying tourist-functional relations of urban places through Foursquare from Barcelona. *GeoJournal*, *86*(1). https://doi.org/10.1007/s10708-019-10055-9

7. OTURUM

PARALEL OTURUM 3

Computational Analysis for Design Development Evaluation in Spatial Planning

Hemza Boumaraf [1]; Mehmet İnceoğlu [2]
[1]Anadolu University; [2]Eskisehir Technical University
[1]boumaraf.hemza@gmail.com; [2]mehmeti@eskisehir.edu.tr

Abstract

The influence of new technological software on architectural design is increasing with every passing day. This led to new horizons discovery in spatial analysis and design interpretation and extended by engaging different techniques based on computational design and human-computer interaction. Throughout the architectural design process, decision-making on spatial performance parameters such as visibility, density, and building typology is frequently taken by examining a limited number of materials. They are conventionally optimized by employing repetitive experimentations without systematically evaluating the complete range of potential designs and their efficient outcomes. A computational design analysis approach of spatial morphological structure based on several indicators is presented in response to this challenge. This research compares contextual spatial analysis with computational methods and determines the consistency of Eskisehir technical university master plan expansion mechanisms through the relationship between layout and spatial arrangement, connectivity and accessibility, and built area and open space of the university map in two different periods (2005/2020). For density measurements, Ground Space Index (GSI), Floor Area Ratio (FAR), and Open Space Ratio (OSR) calculations in urban spatial planning are analyzed. Furthermore, the Isovist analysis (Attractiveness, Extent of observation, line of orientation, and arrangement) and their visual quality was examined using the logical interpretation approach. When compared to existing research, the findings uncovered improved computational accuracy in recognizing architectural processes. The collected visual and numerical data show that the visual quality of the observer's full view, as seen from the center of the university campus master plan, is directly related to the open space and built environment. The visibility and density characteristics of the university campus master plan showed that these analytical techniques are very responsive to the design limitation and context requirements. The presented application has evaluated the visual aspects of each of the university campus maps to deliver a technique to the designers so that they may implement their requested visual characteristics in the future design expansion.

Keywords: *Computational analysis, Spatial planning, Architectural design, Development mechanisms, Campus master plan.*

Mekansal Planlamada Tasarım Gelişimi Değerlendirmesi için Hesaplamalı Analiz

Hemza Boumaraf [1]; Mehmet İnceoğlu [2]
[1]Anadolu Üniversitesi; [2] Eskişehir Teknik Üniversitesi
[1]boumaraf.hemza@gmail.com; [2]mehmeti@eskisehir.edu.tr

Özet

Yeni teknolojik yazılımların mimari tasarım üzerindeki etkisi her geçen gün artmaktadır. Bu durum, mekansal analiz ve tasarım yorumunda yeni ufuklar keşfetmeye yol açmakta ve hesaplamalı tasarım ve insan-bilgisayar etkileşimine dayalı farklı tekniklerin kullanılmasıyla genişlemektedir. Mimari tasarım süreci boyunca görünürlük (visibility), yoğunluk (density) ve bina tipolojisi (building typology) gibi mekânsal performans parametrelerinin kararlaştırılması, sıklıkla sınırlı sayıda malzeme incelenerek alınmaktadır. Bu parametreler potansiyel tasarımların tamamını ve bunların verimli sonuçlarını sistematik olarak değerlendirmeden tekrarlayan deneyler kullanılarak geleneksel olarak optimize edilmektedirler. Mekansal morfolojik yapının çeşitli göstergelere dayalı bir hesaplamalı tasarım analizi yaklaşımı, bu zorluğa yanıt olarak sunulmaktadır, Bu araştırma, bağlamsal mekansal analizi hesaplama yöntemleriyle karşılaştırmakta ve iki farklı dönemde (2005 /2020) üniversite haritasının yerleşim ve mekansal düzenleme, bağlanabilirlik, erişilebilirlik ve yapılı alan ile açık alan arasındaki ilişki aracılığıyla Eskişehir teknik üniversitesi master planı genişleme mekanizmalarının tutarlılığını belirlemektedir. Yoğunluk ölçümleri için, kentsel mekansal planlamada ''Ground Space Index'' (GSI), '' Floor Area Ratio'' (FAR) ve ''Open Space Ratio''(OSR) hesaplamaları analiz edilmektedir. Ayrıca, İsovist analiz (Attractiveness, Extent of observation, line of orientation, and arrangement) ve görsel kaliteleri mantıksal yorumlama yaklaşımı kullanılarak incelenmiştir. Mevcut araştırmalarla karşılaştırıldığında, bulgular mimari süreçleri tanımada gelişmiş hesaplama doğruluğunu ortaya çıkarmaktadır. Toplanan görsel ve sayısal veriler, üniversite kampüs master planının merkezinden görüldüğü gibi, gözlemcinin tam görüşünün görsel kalitesinin açık alan ve yapılı çevre ile doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir. Üniversite kampüs master planının görünürlük ve yoğunluk özellikleri, bu analitik tekniklerin tasarım sınırlamalarına ve bağlam gereksinimlerine çok duyarlı olduğunu göstermiştir. Sunulan uygulama, tasarımcılara gelecekteki tasarım genişletmelerinde istenen görsel özellikleri uygulayabilmeleri amacıyla bir teknik sunmak için üniversite kampüs haritalarının her birinin görsel yönlerini değerlendirmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Hesaplamalı analiz, Mekansal planlama, Mimari tasarım, Gelişme mekanizmaları, Kampüs master planı.*

1. Background

The expansion of urban space, which ultimately determines a city's sustainability, is a critical issue for space planning and urban management. Growing areas have become denser, yet they have been planned inefficiently, resulting in abandonment and land transformation. Enormous data may be synthesized into significant information via spatial analysis. this data incorporates properties such as a big frequency, a variety of operators, and a temporal sequence (He et al., 2020; Huang et al., 2021).

The master plan of university campus presents a leading outline of expected campus growth and defines a set of architectural guidelines that are meant to direct design decisions in a way that adapts to the university's changing needs. The initial space layout concept is an important first step in any architectural design process. According to many existing examinations, the major master plan characteristics that usually impact decision-making are dependent on the layout and spatial arrangement, connectivity and accessibility, and built area and open space. These are generally studied by engaging conventional spatial analysis. Recently, multiple studies on university campuses aim to increase spatial growth capacity, optimize the successful outcomes of space creation, and maintain the validity and availability of an appropriate density of open space and built area on campus.

The design of urban spatial forms is an interplay of qualitative and quantitative planning based on urban transformation objectives (Manogaran et al., 2019; Preeth et al., 2018). It is critical to disclose effective and sustainable planning that permits the assessment of the effects of spatial change (Tiboni et al., 2021; Moraci et al., 2020; Campisi et al., 2020). The advantages of this operation include higher quality of living, social connections, and neighborhood relationships, improved pedestrian and biking activity, an enhancement in major sectors and the multifunctionality of the urban area (Herman and Rodgers, 2020). However, there is no quantitative analysis of the integrity between urban spatial form and planners' spatial design planning purpose depending on the planned system (Feng, 2019; Kuller et al., 2019). Contemporary computational design competencies permit cutting-edge data analysis, interpretation, and the emergence of complicated forms and spontaneous evolving novel processes as well.

Accordingly, this research examines Eskisehir technical university campus master plan aiming to decode university expansion requirements and cooperate with design specifications to direct the development plan decisions. It investigates a process by comparing multiple maps from different periods (2005/2020) to evaluate the expansion of the campus master plan. Furthermore, the analysis aimed to better understand how this university campus master plan could evolve and expand and the main spatial elements and environmental components that control its evolution mechanism. The in-depth analysis of the campus master plan engages two different techniques, “Contextual Analysis” and “Computational Analysis”. The analysis fundamentally tends to answer these questions: What main master plan elements have a key role in directing the expansion? How do the built area and open space interact during spatial development?

In order to efficiently respond to those questions, contextual and computational analysis techniques were involved by exploring design problems and environment requirements. The gathered data were classified into several categorical dimensions based on the research intents. The assessment process of layout and spatial arrangement, connectivity, accessibility, built area, and open space was the emphasis of contextual analysis. Whereas computational analysis allowed for the inquiry of density and visibility measurements through several indicators and techniques such as GSI, OSR, FAR variables (Pont and Haupt, 2010), and Isovist visibility analysis (Davis and Benedikt, 1979), using the computational design plugin Grasshopper inside Rhino software.

2. Case Study Area Overview

Eskişehir Technical University (ESTU) is situated in the Anatolian region of Turkey, exactly in the city of Eskişehir. The foundation of ESTU was back in 2018 after its detachment from Anadolu University. The main university campus “Iki Eylül”, has a total area of 4710 decares, including the land assigned as the area of future expansion. It has a land area size of 4.3 million square meters and a campus area of 114,034.47 square meters. The functions, approximate sizes, and interconnections between the open-closed spaces of the spatial elements that will be built in addition to the existing buildings and amenities have been identified. Simultaneously, the active campus plan is 574 000 m2, and the campus extension area is planned to be 454000 m2 (**Figure 1**). Based on the proposed development plan, the campus

is arranged to be expanded toward the north, away from Hasan Polatkan Airport on the southern side, along with the Muttalip highway on the eastern wall, and the transportation axis that runs parallel to the western wall.

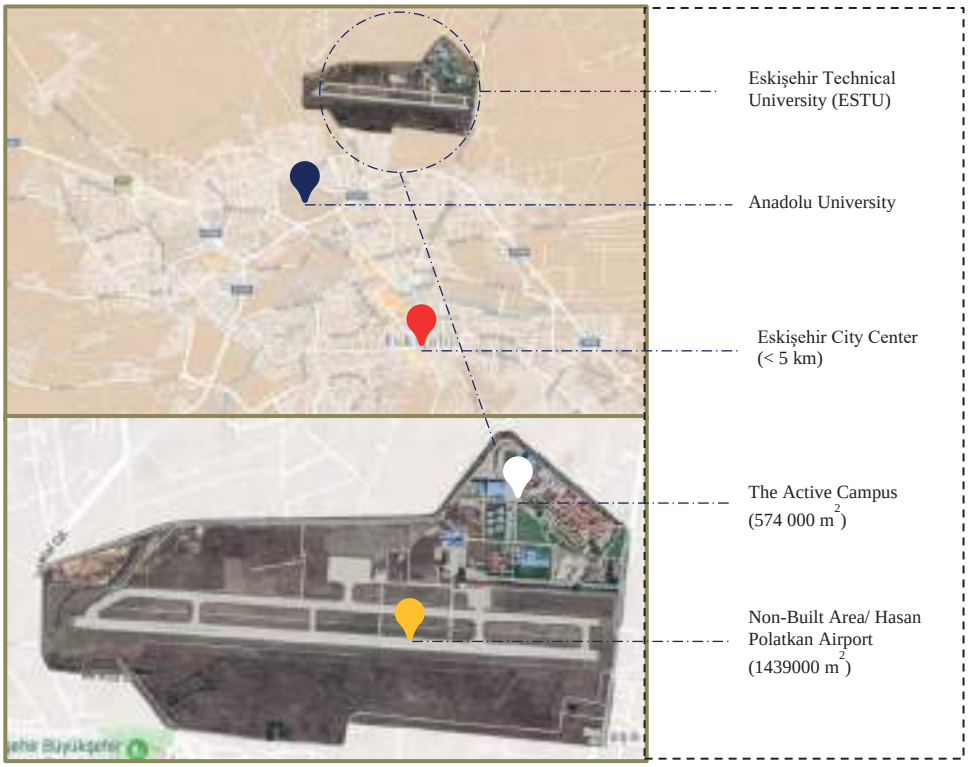


Figure 1: *ESTU location in the city of Eskişehir map. (Source: by the author).*

Currently, the university is trying to put in place again its spatial identity with a contextual and environmental approach. The relationship between different spatial parameters is required to be well arranged. The density of land-use and build/ non-built areas should be redefined according to the plan development proposed within the parcels organization.

This analysis describes the characteristics of the environmental and spatial functions, which are intended to be sustainably carried out in the “İki Eylül” Campus between 2020 and 2035, and the resource requirement needed for the study. It is aimed to prepare and implement the spatial limitations and context requirements within the early formulation of the generative design system. The development plan is prepared according to future spatial planning and existing design parameters of sustainable campus concept including a requisite target.

Getting a clear overview of the design elements of the university campus development plan makes the following analysis phases more oriented. Information about the expansion intent and the future crucial mechanisms of development comes in the first generative design system parameters. Generally, layout and spatial arrangement, connectivity and accessibility, and built area and open space are the most effective elements assigned by the plan. Those elements are more explored engaging different analyses discussed in the next sections of the research (ESTU, 2019). Recently, the university aims to increase the land's growth capacity and optimize the successful outcomes of space creation and also maintain the validity and availability of an appropriate density of open space and built area on campus.

3. Methods and Applications

Throughout the architectural design, decision making on spatial performance parameters such as visibility, density, and building typology, is frequently taken by examining a limited number of materials, optimized by repetitive

experimentations, without carefully evaluating the complete range of potential designs and their efficiency outcomes (Mueller et al., 2018). To systematically investigate the influence of spatial planning and the associated variable values, the study engaged different analysis methods. The analysis would not claim to give specific proposals to campus decision-makers or designers; instead, it helps to assess, classify and comprehend the existing data in reality as well as provide a conceptualization forward for research on the related subject. It employs the comparative research method (Voordt et al., 1997) to focus on architecture features and concerns responding to the improvement of campus infrastructures and mechanisms of integration. Special focus is given at particular points in time to the transformations of the master plans of the university, the map in 2005 compared to the map in 2020 (**Figure 2**). The in-depth analysis of the campus master plan engages two different techniques, "Contextual Analysis" and "Computational Analysis". It is through examining these master plans in an integrated and comparative way that we would be able to consider such discussions as the key that determines the main parameters required in future generations. The Contextual analysis is based on a qualitative assessment of the plans and observation-based interpretation of the needed data and information. Whereas, the computational analysis uses a quantitative assessment by engaging several parametric techniques to seek to explain various elements of the research subject. For this experiment two different techniques of analysis have been performed, density analysis and visibility analysis.

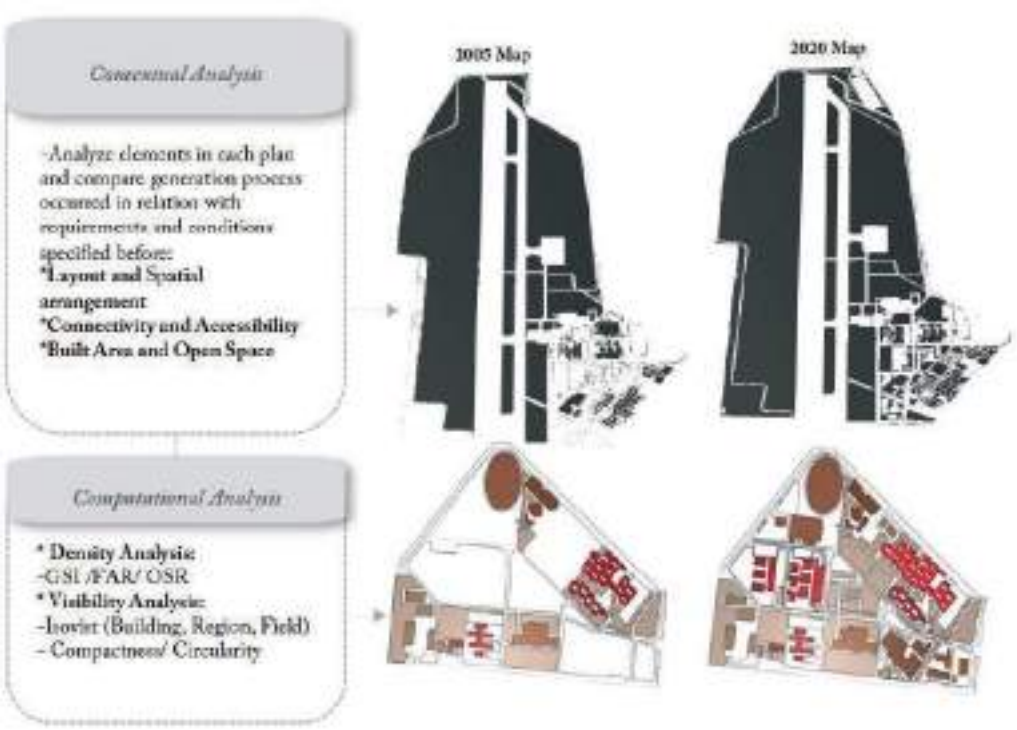


Figure 2: *Contextual analysis and computational analysis aspects for the data collection part (2005/2020 Maps). (Source: by the author).*

Stahle (2008) believes that density analysis is one of the most used techniques to recognize spatial development. It allows measuring different indicators considering open space partition and building volume. This technique engages different parts of the urban fabric such as parcels, footprints, blocks and streets to measure density in a specific area. For that reason, many other analytical applications could be anticipated in further advanced measures. Frequently a ratio between different techniques can be also engaged to comprehend relatively the performance between different elements. Berghauser and Haupt (2007), examined how each street is connected to the network in terms of integration and direction variance. While they proposed another approach to analyzing density by using different variables such as GSI, FAR, and OSR (Berghauser and Haupt, 2010). The Ground Space Index (GSI), measures buildings' footprints in a specific area by dividing the total built footprint area by the base land area. The outcomes are usually visualized through ground-based drawings. The Floor Area Ratio (FAR), essentially focuses on calculating the built area density in combination with the building's floor area existing in the same environment divided by the general base land area. It is known also as the indicator of land-use intensity that aims to understand the effect of volume features on a specific site. The higher level of ratio signifies a high number of floors per area. The Open Space Ration (OSR) is focused on measuring the existing open space through a specific area. The ratio of open space is calculated by dividing the non-

built area by the floor area. It is also engaged in measuring the indicator of an area's spaciousness, daylight measurements and ground levels.

Visibility analysis is one of such measurement tools which refers to a set of points visible from a given vantage point. In Hillier and Hanson's experiment, the space is viewed as a series of axial lines that form the longest view lines in a convex space. Their study indicates that the context of space has employed Isovist analysis to interpret visual perception. The communication of space comprises a set of tools for analyzing spatial systems using simple path and node diagrams (Hillier and Hanson, 1984). In the campus mater design, Isovist indexes such as area, degree of displacement angle, maximum radius boundary, and enclosure are very practical. This allowed them to assess some of the environment's basic dimensions, characteristics that their implicit or explicit preconceptions adopted to establish a more basic perception and a more comprehensive representation of the environment. As a result, the space is defined as a collection of accessible points extending from a single point in the same area (Esfandiari and Tarkashvand, 2020).

Within this section of the analysis, attempts have been made to measure the qualitative aspects of the environment and different findings have been obtained. This type of analysis requires a careful calculation of different parameters such as compactness and circularity (Benedikt and Mcelhinney, 2019). The complex relationship between the built area and open space in the campus master plan is reflected by this analysis. To have desirable results a large amount of computing time should have been carried out in both formulation and application of the parametric model. The visualization of spatial visibility is performed by colors referring to different results. The visibility analysis focused as well on different Isovist applications, it was instructive to see the closeness of the plans as well as the openness of the areas and how they behaved. These applications are mainly used to calculate the visibility of the buildings and their relations with the open spaces (Xiang et al., 2021).

4. Computation and Analysis Implementation

The main intention of this part of the research is to clarify the university campus structure with the potential for sustained expansion, carrying the basic framework for the campus's favorable development. The dependence between layout and spatial arrangement, connectivity, and accessibility, built area and open space of the university map in two different periods are used to compare contextual spatial analysis with computational methods and determine the consistency of Eskisehir technical university master plan expansion mechanisms.

4.1. Contextual Analysis

Studying the development of a master plan over time will allow exploring the various mechanisms that affect its formulation (Huang, 2007). For this aim, an in-depth qualitative analysis of the two different master plans was carried out enabling us to concentrate on the specifics and suggestive complexities of how the campus reacted to various circumstances and environmental limitations. The contextual analysis explores the connection between the different spatial elements through ESTU University's master plans. In doing so, it has sought to investigate how the plan has evolved in relationship to density, street networks and building patterns.

4.1.1 Layout and Spatial Arrangement

The main campus layout was developed spontaneously as long as there was no clear development plan for its expansion. Its spatial arrangement is defined by a range of repetitive structures. The campus master plan is strongly representing the existing circumstances of the area. It is essential to explain, identify and encourage campus identity to build a clear sense of location (Li et al., 2018). Establishing a relevant layout for the campus area as well as the environment surrounding is a task that should be effectively accomplished. ESTU campus master plan is created with regions geographically restricted or self-identified with the same initial progress and expansion. It is not impressive that the 2020 plan layout does not differ extensively from the 2005 plan, except that a few more buildings have been constructed inside the boundaries of the empty predefined regions (**Figure 3**). In the north, the plan expanded in the same formularization with slight changes in building patterns. The layout allows for alignment along the main axis, starting from the lower region of "Muttalip Bulvarı" to the northern area where there are a variety of important university functions (basically social functions). The pattern of expansion is maintaining the initial pattern that creates a focal point and a central dense environment with an appropriate distribution. Buildings placed in the north and northeast areas show the same patterns and look similar in several characteristics, thus highlighting an ideal continuity and a simplified identity of the master plan. Placing the main entrances of each building in all the regions away from

the main street was also an investigation. This has created a boundary between the inside and exterior of separated regions with interconnection and thereby enables the campus inward centralization. The spatial arrangement of the campus master plan does not anticipate sustainable growth guidance proposing for future spatial expansion and generation.

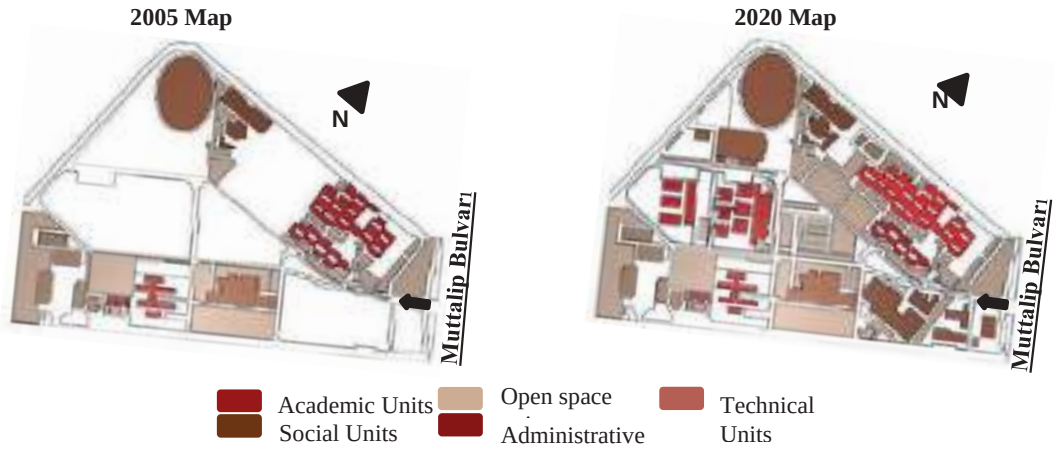


Figure 3: *Layout and spatial arrangement of the university campus master plan (2005/2020 Maps). (Source: by the author).*

4.1.2 Connectivity and Accessibility

The campus master plan is segmented with intersections between a series of the main axis and sub axis which permit street networks to be one of the essential elements of spatial connectivity. The main street as a core of the plan is dividing the area into two main parts north/south. It remains the same in both maps while other street networks disappeared and some others emerged. The main street has major importance and centrality which could be seen from its connectivity with other street networks and that makes it a geometrical force to areas division. The creation of a significant linear sub axis connecting the main street and the north part along with its boundary features progressively declining lines to the South allows the master plan to be more accessible. Also, every part of the plan is properly identified by the circulation of streets and bypasses that describe the connection between the buildings and their surroundings in two different patterns (**Figure 4**). The plan establishes vertically high division paths leaning significantly to the right. They allow for external circulation of the area while setting the key buildings inside the circulation zone in a symmetrical plan and generate spatially different street network patterns. The street on the west-east side of the university serves as a basis for the campus, with small service streets connected to it. The most significant pedestrian spine existing at the campus is that of the northeast. In addition, the external pedestrian street specifically marks the boundary between the inside and outside of each section of the plan. The comprehensive public transport network also covers easy transport and bus lines within the same main street direction. Some parts adjacent to the main street were kept unplanned, visibly emphasizing different paths that entered the main street. Pedestrians and vehicles move in parallel in the same direction. This is what makes the quality of pedestrian routes across the campus don't respond to the general accessibility. Although the main entrance orients the street network and the distribution of the parcels and functions within the master plan, the accessibility is not effectively integrated as a key element in the expansion of the university campus master plan. Furthermore, the relationships between various parcels and functions are neither geometrically represented nor integrated to maintain campus continuity.

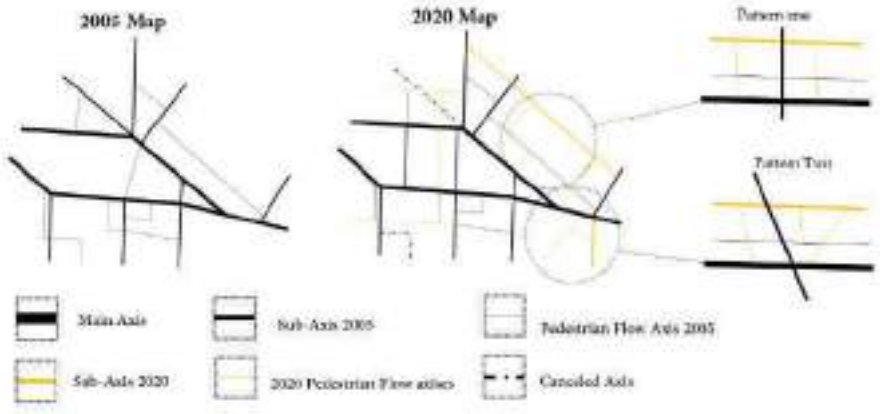


Figure 4: *Connectivity and accessibility of the university campus master plan (2005/2020 Maps). (Source: by the author)*

4.1.3 Built Area and Open Space

The university campus master plan was not fully built but somehow defined as an expression of randomization, which can be demonstrated by the grid system arranged in different locations without any expressive logic. The open space implementation and character are significantly presented as identification of the campus layout. The spatial arrangement was not a challenge towards uniformity but on the contrary in the creation of proportional distribution that connects the campus. The university master plan includes many open spaces, primarily in the campus core. It is providing a strong distinction between the north and the south, which highlights the central region. This refers to the spatial alignment of buildings around the main street, the layout of the plan in the north and the development of the eastern area where the main entrance is situated (**Figure 5**).

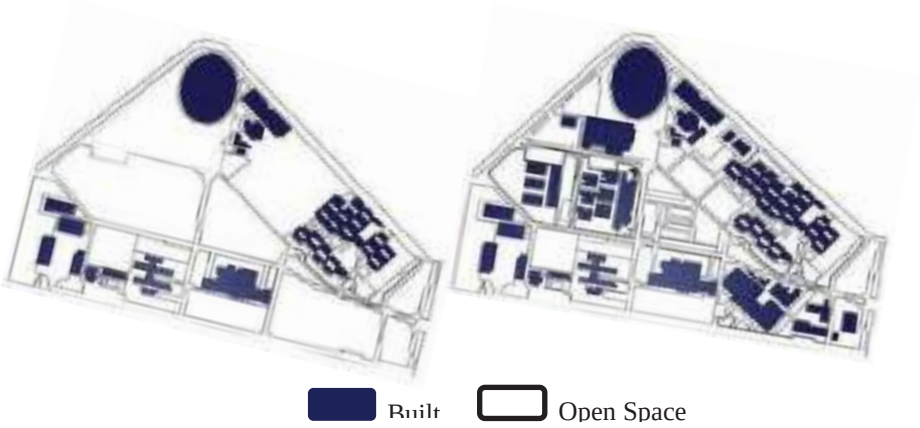


Figure 5: *Built and Open Space of the University Campus Master Plan (2005/2020 Maps). (Source: by the author)*

The relationship between buildings, parcels and the street networks was a result of unplanned generation which called for a focus on the spatial typology. A significant built and open space proportion is presented in each of the northern and south-western regions of the campus. This combination reflects simultaneous campus components, interaction centers and a prosperous university campus social environment. The master plan for the campus proposes increasing growth rates to generate open space. This approach is retaining the same design pattern in almost all parts of the master plan. The buildings' designs are based on four main different patterns (**Figure 6**).

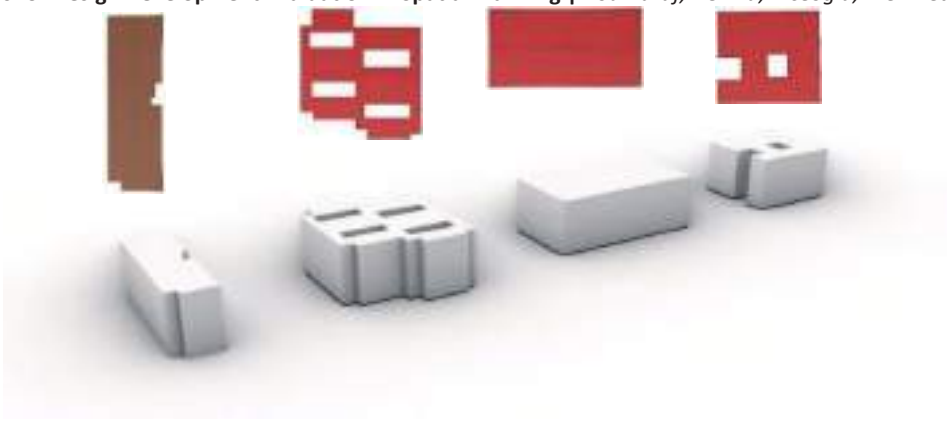


Figure 6: *Buildings Design Patterns at the University Campus Master Plan (2005/2020 Maps). (Source: by the author)*

4.2. Computational Analysis

Within this section of the research, an analysis of the two university campus 2005/2020 plans relied on computational techniques by measuring different features such as density, visibility compactness and circularity. It tries to explore the potential of the computational analysis methods to understand the university campus master plan development mechanisms and approaches. The computational analysis method is used effectively on the master plan scale to test various designs and their performance, but many challenges are presented while applying it on the real scale due to data calculation and parameters manipulation (Koenig, 2015). Several difficulties in limiting inputs and more important specifying the time involved in the process.

The computational analysis demands qualified practical designers to determine success purposes based on the understanding available at each phase of the creation of a master plan and interpreting the implications of the land use, density and design choices on those aims into numerical and geometrical data. For this experiment two different techniques of analysis have been performed, density analysis and visibility analysis.

4.2.1 Density Analysis

Density as discussed previously plays a crucial role in the formation of university master plan development phenomena. The relationship between the built environment and open space is very important to understand the growth behavior and predict future alternatives for space generation. This analysis is based on considering those two spatial elements with each one's characteristics. The set of indicators is modeled considering the morphological properties of the elements. Spacematrix, as an analytical approach (Pont and Haupt, 2010), parametrically represents urban topologies and comprises a three-dimensional reference system that allows for the assessment of variable values for structures of various geometries. Through this study, density analysis employs many components and functions using Grasshopper in Rhino to measure the necessary spatial parameters and presents the measurement findings in a graphical and comprehensible format, evaluates the spatial morphological structure, and highlights the limitations of urban organization structure. The integration of spatial syntax with computational interaction will support the examination of urban process changes.

Urban compositions cover different regions of the Spacematrix, allowing for the investigation of, on the one hand, well-known architectural features such as perimeter pattern buildings and area structures, and, on the other hand, the involvement that the completely separate factors play in the performance, density, and open space arrangement in this research case. The system is preconfigured by defining different parameters. On the X-axis is the ground space index, or GSI, and on the Z-axis is network density. The computational model's additional components are the open space ratio, OSR, and the number of floors. The building coverage of the master plan area is represented by GSI (GSI = F/A), where F represents the building footprint and A signifies the land surface which equals 574 000 m2. FAR identifies the relationship between total gross floor area and land area. Additionally, OSR could be computed using the variables FAR and GSI as OSR = (1-GSI)/FAR. After defining the scope and limitation of the research, an algorithmic model was prepared to simulate all the parts of the generative design system. The model is based on visual scripting that may be represented in long definitions and several components. This made the manipulation and control of all the processes difficult and time-consuming (**Figure 7**).

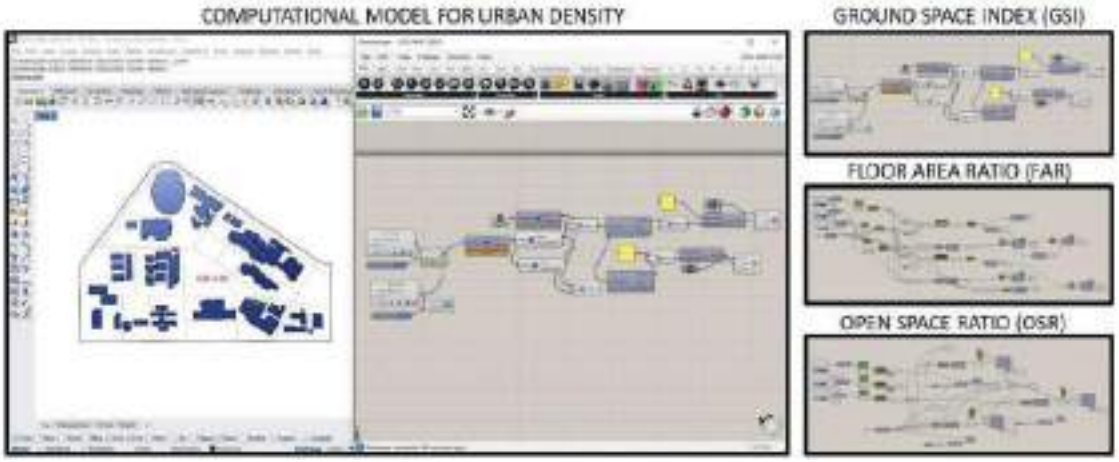


Figure 7: *Urban density analysis computational model / Components and main definitions. (Source: by the author)*

Therefore, many of those components are grouped under clusters with names to facilitate intervention (size, heights, and depth). The algorithmic model is a significant structure that went through many iterations to define the interconnection between the three system parts (functional connectivity, responsive density, and design pattern) by engaging several components and combining transmission between them. A large number of input parameters have to be redefined and engaged within the process to conduct more flexible actions. This makes the definition of the system inside Grasshopper canvas more complex and lets the designer intuitively face difficulties in managing components interaction.

The main indicators measured with this computational analysis showed a significant level of effectiveness in spatial analysis and simulation requiring just buildings' footprints as input data. It is a visual examination of the space density based on the buildings' footprint data applied with parametric design tools (GH codes). Engage both open space and building blocks, as well as computational techniques, to decode the university campus master plan's characteristics into indicators. First by formulating a computational data set for each building plan footprint recognizing both the volume and the environment open space. It is also shown that the density analysis gives more accurate outcomes than the spatial analysis methods concerning open space proportion and spatial layout structure classifications (**Figure 8**).

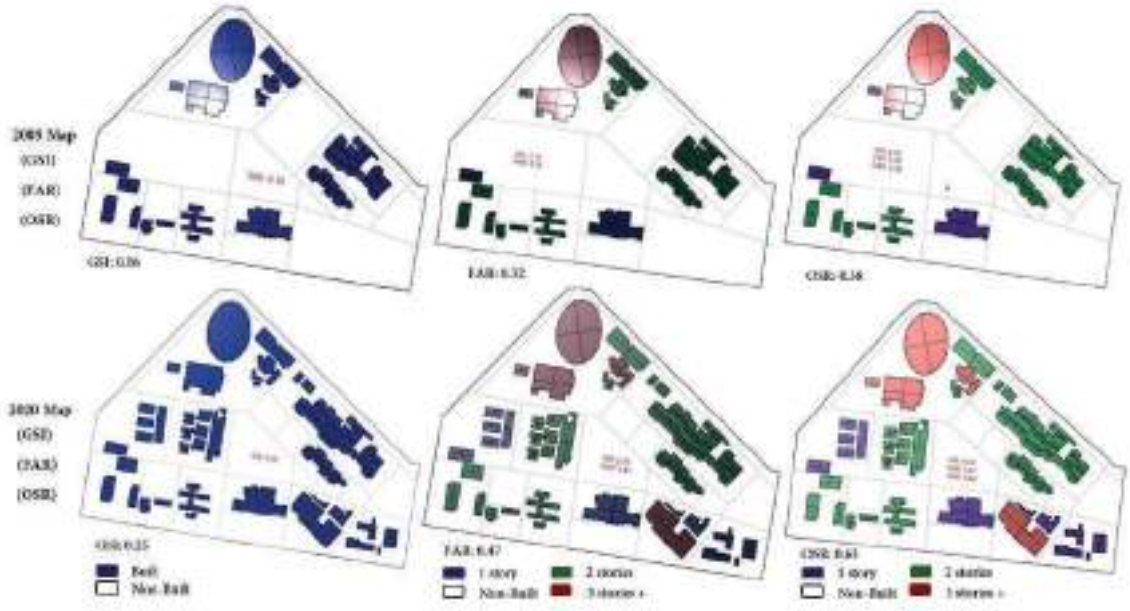


Figure 8: *Indicators of the morphological properties at the campus master plan (2005/2020 maps). (Source: by the author)*

Henriques et al., (2009) stated that attractiveness could be discovered in different forms such as closeness, relationship, usage, and importance according to the design aim. The analysis in this study only focused on the interaction between open space and built areas. Other social and cultural aspects are not involved in the research

because they depend on the users' personal feelings and desires that do not enhance the objectivity of the computational parameters. The attractiveness potential for the ESTU campus is calculated to embrace the street networking, open space, build environment, and the buildings' interconnections. The calculation considered the distance between the various campus facilities, the distance to the main entrance, and the user experiences resultant attractiveness of a grid point.

4.2.2 Visibility Analysis

Isovist describes the part of space that can be seen from a certain viewpoint and calculates the visibility of objects (Davis and Benedikt, 1979). The properties of Isovist are the correlation with subjective spatial experience. The Isovist region works with mapping the changes of visual properties along a specific path where the Isovist field is mapping properties on a scalar field. By displaying the number of arrays in contact with each face of the extruded volume, it is also conceivable to compute the building visibility and gather numerical data. Many components and functions used represent distinct types of Isovist calculations such as, Isovist field, Isovist region, properties and object visibility (Figure 9.). The engaged parameters are defined as follows:

- Attractiveness: index evaluates the amount of view expansion from the viewer's initial position and is related to the spatial experience of "expansion and context."
- Extent of observation: This index indicates the length between the viewer's point and the axis of the Isovist range composition, which demonstrates the degree of visual attraction and visual direction in the area where the viewer is considered to be.
- Line of orientation: This index evaluates the longest potential visibility and is related to environmental experience.
- Arrangement: The dimension of all covered boundaries is equal to this index. The restricted or bypassed edges are those whose values in the spatial perception are undefined or indeterminate. This index is related to the impressive spatial experience.

According to the stated design pattern and environmental parameters, the outcomes present a variety of possibilities from various locations. Numerous parametric Grasshopper analysis components just use assessment experience. An efficient interconnection of the algorithmic model enabled fast generation and instant results interpretation in any stage of the generation so that the impact of each specific data input could be tested and compared for a 2D scale. The Grasshopper definition is applicable for all experiment trials according to their input parameters and data manipulation. The algorithmic model is initially developed by extracting data from the main gird and involving them in the subsequent components such as lines and polygons that represent visibility values (**Figure 9**).

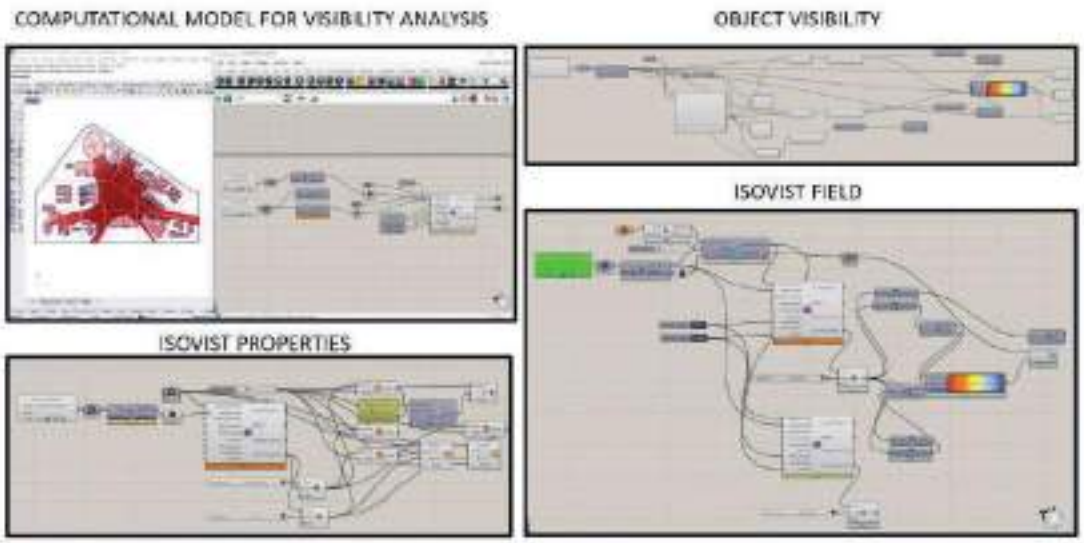


Figure 9: *Visibility analysis computational model / Components and main definitions. (Source: by the author)*

According to the Isovist analysis, the high visibility is shown more at the intersection of the streets which could be taken as a context requirement for generative design system application. There are also significant trends of open space existence from the southwest to the northeast, which are illustrated in orange and blue colors. The coherence

presented in the distribution of volumes within the area, some of them are better integrated and have high visual representation values, others show the opposite features. Both plan analysis results lead to an assumption that integration and openness central environment of open spaces are unclear concerning design.
Some areas on the university campus give the chance to visually connect all the parts of the plan while moving through the center. The main street in the center of the campus coming from the northeast main entrance is more dynamic than the others, and this provides both diagonal and horizontal connections between all the regions inside the campus. The open space between buildings is visibly presented in the design of most buildings. The Isovist shows that these types of design patterns are strongly clear enclosed. Also in terms of measure, the buildings with interior open space present a contrasting character to the rest of the environment (**Figure 10**).



Figure 10: *Visibility analysis results - CMP/CRL (2005/2020 Maps). (Source: by the author)*



Figure 11: *Visibility Analysis Results Isovist (2005/2020 Maps). (Source: by the author)*

The colored space in between the buildings represents a relatively compactness and circularity even if the results of the Isovist area seem to be nominal. This is the case in different open spaces which connect the area and play the role of a central environment. The blue color symbolizes exceptionally high space openness as seen from a given location, whereas the orange color represents relatively low space openness as experienced from a specific point. The point of reference is chosen to be on the center of the maps where all street networks intersect. The visibility analysis shows the value of centrality within a specific area. Some point of the environment has a small Isovist area but has relatively a high visual integration value because of density variance. These types of spaces are more considerable when it comes to inside integration, however, they feel very disconnected from the whole environment. Some other parts remain discrete to be detected by the analysis tool.

5. Results & Discussion

Studying the development of Eskisehir technical university's master plan over time allowed us to explore the various mechanisms that affected its formulation. The 2005 map demonstrates a significantly decreased degree of compactness compared to the subsequent map, some areas are still being preserved given the major development of the campus, which has undergone a noticeable reconstruction in recent years. While on the 2020 plan, a compromise between conception and realization is becoming considerably more influential, and campus improvement and expansion are at the center stage. It was a challenge to maintain the layout characteristics of the previous maps, while simultaneously developing new approaches to connect with multiple growing conditions throughout the university campus. To underline the aspects for evaluating the composition of the campus in this comparative research, the results show that the main problems identified for university campuses are; layout and spatial arrangement, connectivity, accessibility of built area and open space.

Hajrasouliha (2017) believes that the campus should be diverse, compact, strongly integrated, well-structured, sustainable and urbanized. The 2005 map demonstrates a significantly decreased degree of compactness compared to the subsequent map, significant areas are still being preserved given the major development of the campus, which has undergone a noticeable reconstruction in recent years. While on the 2020 plan, a compromise between conception and realization is becoming considerably more influential, and campus improvement and expansion are at the center stage. It was a challenge to maintain the layout characteristics of the previous maps, while simultaneously developing new approaches to connect with multiple growing conditions throughout the university campus. To underline the aspects for evaluating the composition of the campus in this qualitative research, the results show that the main problems identified for university campuses are; layout and spatial arrangement, connectivity and accessibility, built area and open space (**Table 1**).

The use of different design patterns without clear respect to the proportion of open space in a combination of built and non-built areas in the university campus highlighted difficulties in analyzing the environment by observation and visual analysis. As a result, utilizing computational techniques to evaluate the same master plan maps might be more effective. University campus buildings with their simple design pattern are distinguished from early buildings' characteristics. Also, it can be noticed that some of the buildings that were designed later have different architecture. The outcomes from this analysis highlight the development behavior of the university campus master plan give much more about the urban fabric morphology. This allows seeing that spatial development is differing from structured axial morphologies of the street network to a non-structured street network where the buildings and blocks are not regularly located alongside parcels division. The decision of the most attractive point for the design system differs from one area to another and it is linked to the user experience. In this study, the weight adjustment was permitted to be modified based on the unique requirements and characteristics. A more accurate analysis could be done to specify the exact attractive locations of each user of the university campus. Many other attributes such as social and cultural characteristics may be involved in future research.

Table 1: *Numerical data of the university campus master plan from spatial analysis (2005/2020 Maps)*

	Old Map 2005 (m^2) / (R%)	**Existing map 2020 (m^2) / (R%)**
Campus Total Area	11403447 m2	11403447 m2
Administrative Units	0.91%	≈ 2.1%
Social Units + Outdoor	80.32%	≈ 62%
Technical Units	0.87%	≈ 1.9%
Academic Units	17.9%	≈ 34%
Total distance/circumference	/	9.46 km = 9.460 m
Total parking area	/	49,044.00 m2

Engaging new computational methods within the design process can provide support for some of its steps, by generating several possibilities that search beyond predetermined design concepts or by changing some phases in unpredicted procedures. It seems that computationally generated design possibilities will be further responding to the user needs and integrated by the designer into a coherent whole under relation software-designer. The students' final designs fulfill a certain set of ideas and challenges. Computational analysis technique, in which algorithmic model is

employed, provides availability of highly specific and dynamic results open to precision and interpretation. This presents an important dominance for spatial and architectural design development. It is used effectively on the master plan scale to test various designs and their performance, but many challenges are presented while applying it on the real scale due to data calculation and parameters manipulation. Several difficulties in limiting inputs and more important specifying the time involved in the process. The computational analysis demands qualified practical designers to determine success purposes based on the understanding available at each phase of the creation of a master plan and interpreting the implications of the land use, density, and design choices on those aims into numerical and geometrical data.

The analysis values show that the proportion of open space within the environment is decisive to highlight the integration and openness of the space. The main benefit of this computational analysis is to facilitate the interpretation of the design environments where the marginal visibility is colored with orange and central visibility in red. The following table summarizes the features and related indicator values of the investigated university campus master plan, such as GSI, FAR, and OSR, among others, that are required for the development of a future design system (**Table 2**).

Table 2: *Computational design analysis outcomes (Numerical Data) (2005/2020 Maps).*

	Old Map 2005 (m^2) / (R%)	**Existing map 2020 (m^2) / (R%)**
Campus Built Area	≈ 67230 m2	454034 m2
Campus Un-built area	≈ 52736 m2	119966 m2
Active campus area	≈ 187196 m2	574000 m2
General open space	≈ 67%	20.90 %
Open space per parcel	40.30%	20.90 %
Open space per building	17% - 20%	17% - 40%
GSI	0.16	0.25
FAR	0.32	0.47
OSR	0.38	0.63
Building Visibility	1~127	0~74
Compactness	0.13~0.27	0.09~0.13
Circularity	0.22~0.87	0.39~0.89

The results show that density and visibility analysis may lead to predicting open space proposals for future design processes. A better analysis still can be engaged by many other computational tools among several practices. However, for this study scope, the visibility and density analysis can allow a generative design system to engage the collected data in the generation process. Besides, the university campus plan that was analyzed is mainly focused on features such as open space, street networks and building block interconnection. It also provides a comprehensive visual representation of the results that could be improved and clarified. It was interesting to comprehend how space functions and how future growth should behave. The visual analysis methods could be used as well to evaluate different other studies and assess the strengths and weaknesses of many design proposals to reach some effective design decisions.

The relationship between a digitalization degree and a regional incorporation degree can be used to assess the method's sophistication. The numerical specifications may be transferred into other computational analysis capabilities via an interactive platform to investigate the relationship between the digitalization degree and the appropriate framework extent of the spatial dimension.

6. Conclusion

It is always crucial to make effective decisions on design development when data availability is limited. Nowadays computational studies, which are primarily subjects in the field of architecture and urban planning, have become the focus of the intersection of computer capacities and spatial planning. The search in this kind of situation is based on exploring new techniques and tools that could provide numerical data to help designers and architects to achieve better designs. Consequently, the significance of sophisticated computer programs is getting increasingly crucial in

today's architectural fields of study, since several advanced software applications such as Grasshopper are widely acknowledged as generative tools. The measures involved in the research at a basic level compared to capacities that visual programing techniques could perform. All the data collected, including the use of an algorithmic tool to assist the programming methodology of the computational analysis, are regarded as empirical representations that demonstrate the outcomes of integrating design features in the master plan expansion studies. The engaged techniques need to be diverse to search for more performative possibilities with variance in characteristics and design patterns results.

This research is based on contextual and computational analysis of the university campus master plan in two different periods (2005/2020). On one hand, contextual analysis enabled one to pay attention to the specifics and suggestive complexities of how the campus reacted to various circumstances and environmental limitations. On the other hand, visibility and density characteristics of a university campus master plan development showed that these analytical techniques are very responsive to the design limitation and context requirements. Some spatial characteristics are formulated and converted into indicators so may be computed using Grasshopper as a computational tool. This initiates a particularly appropriate data collection for both campus buildings and open spaces. Perhaps in a more complex spatial fabric environment, these techniques have to be improved to process a huge number of numerical data and spatial structures. The analysis techniques used in this section of the research can be enriched and introducing some other data processing methods and morphological assessment approaches that consider open space and built area characteristics. The main intention is to recognize the university campus structure allowing the potential for sustained expansion, carrying the basic framework for the campus' functional development. The campus should be diverse, compact, strongly integrated, well-structured, sustainable, and urbanized. The presentation of the campus area to be as beneficial as possible for our research is provided in the form of maps. Much information is included such as density, zoning, build non-build, and pattern characteristics to describe the university campus typology. Some details such as scale, area limits, and locations are easy to describe, whereas many other attributes like design quality, walkability, and accessibility need different types of data to be calculated.

Correspondingly, this research is a comparative study that explores two spatial design analysis methods which are contextual analysis and computational analysis. It tends to prospect how can computational analysis can assist architects and urban planners in better understanding the development mechanism of specific university campus master plans. In addition to that, this research aims to facilitate the definition of the campus master plan crucial spatial problems that need to be decoded by involving more sophisticated approaches and systems such as computational and generative measurements. To sustainably design or generate an expansion of any university campus master plan, there would be a complete understanding of the development mechanisms and the interconnection logic of its spatial elements. For a public space and as a part of the urban tissue of the university campus, functional connectivity, responsive density and design pattern are the major elements that influence the generation process of the master plan.

Designers remain in control of making the main decisions, and they may determine the appropriate layout from the produced possibilities and post-process the findings to display comprehensive conceptual illustrations. Involving equivalent variables, might be extended to other spatial studies in research consideration. The outcomes of this comparative analysis within this work can be further improved and adapted to other university campus master plan specific situations in terms of design and building arrangement details, mainly of interest for open spaces and different form-shaped buildings. It was claimed that by evaluating Isovist indexes, a novel computational procedure to assess the visual quality of spatial structures could be presented. The findings demonstrated an interaction between the proportion of open space and built area and the Isovist indexes, which might be useful for urban designers and architects during design expansion decision-making. It is almost unexpected to provide any examples of absolute or subjective dominance in terms of visual quality based on the findings achieved, but the presented application has evaluated the visual aspects of each of the university campus maps to deliver a technique to the designers so that they may implement their requested visual characteristics to the future design expansion. Even though the Isovist parameters and the steps that help implementations have effective internal consistency, various outcomes have been reached despite the high potential analyses in the planning process. This procedure might be employed by other researchers as an adequate framework for other comparable investigations if further studies that will be conducted.

REFERENCES

Benedikt, M. L., & Mcelhinney, S. (2019). Isovists and the metrics of architectural space. *Proceedings 107th ACSA Annual Meeting*; Ficca, J., Kulper, A., Eds, 1-10.

Berghauser Pont, M., & Haupt, P. (2007). The Space mate: Density and the typo morphology of the urban fabric. Urbanism laboratory for cities and regions: progress of research issues in urbanism. *IOS Press*. 11-26. ISBN: 9781586037994

Berghauser-Pont, M. Y., & Haupt, P. (2010). *Spacematrix: space, density and urban form*. NAi Publishers.177-196. ISBN: 978-90-5662-742-3.

Campisi, T., Basbas, S., Skoufas, A., Akgün, N., Ticali, D., & Tesoriere, G. (2020). The Impact of COVID-19 Pandemic on the Resilience of Sustainable Mobility in Sicily. *Sustainability*, 12(21), 8829. DOI: 10.3390/su12218829.

Davis, L. S., & Benedikt, M. L. (1979). Computational models of space: Isovists and isovist fields. *Computer graphics and image processing*, 11(1), 49-72. DOI: 10.1016/0146-664X(79)90076-5.

Esfandiari, A. and Tarkashvand, A. (2020). Application of Isovist analysis and sightlines in measuring visual quality of residential complexes. *Quarterly Journal of Motaleate Shahri*, 9 (35), 19-32. DOI:10.34785/J011.2021.105

Estu (2019). Sustainable Eco-Campus Development Plan, Eskisehir Technical University (ESTU). https://www.eskisehir.edu.tr/uploads/anadolu/ckfinder/web/files/ecocampus_15_10_19.pdf. (Accessed: 25/03/2022)

Feng, W. (2019). Virtual display system of geological body based on key algorithms of three-dimensional modelling. *Earth Sciences Research Journal*, 23, 185–189. DOI: 10.3233/JCM-191016.

Hajrasouliha, A. (2017). Campus score: Measuring university campus qualities. *Landscape and Urban Planning*, 158, 166–176. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2016.10.007.

He, Y., Dai, L., & Zhang, H. (2020). Multi-branch deep residual learning for clustering and beamforming in user-centric network. *IEEE Communications Letters*, 24(10), 2221–2225. DOI: 10.1109/LCOMM.2020.3005947.

Henriques, R., Bação F., Lobo V., (2009). GeoSOM Suite: A Tool for Spatial Clustering, Computational Science and Its Applications. *ICCSA*. 257. DOI: 10.1007/978-3-642-02454-2_32.

Herman, K., & Rodgers, M. (2020). From tactical urbanism action to institutionalized urban planning and educational tool: the evolution of Park(ing) Day. *land*, 9(217). DOI: 10.3390/land9070217

Hillier, B. & Hanson, J. (1984). *The social logic of space* (Cambridge, Cambridge University press). DOI: 10.1017/CBO9780511597237. ISBN: 9780521233651.

Huang, K.S. (2007). Vision & Mechanism of Campus Planning: An Urban Design Prototype. *J.Architect*. 59, 189–202.

Huang, Z., Wang, T., Liu, W., Valencia-Cabrera, L., Pe´rez-Jime´nez, M. J., & Li, P. (2021). A fault analysis method for three-phase induction motors based on spiking neural p systems. *Complexity*, 2021, 1–19. DOI: 10.1155/2021/2087027.

Koenig, R. (2015). CPlan: An Open Source Library for Computational Analysis and Synthesis: An Open Source Library for Computational Analysis and Synthesis. eCAADe real time-extending the reach of computation. *Proceedings of the 33rd International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe*, (1), 245-250. DOI: 10.13140/RG.2.1.2001.9681.

Kuller, M., Bach, P. M., Roberts, S., Browne, D., & Deletic, A. (2019). A planning-support tool for spatial suitability assessment of green urban stormwater infrastructure. Science of the total environment, 686, 856-868. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.06.051

Li, Y.; Gu, Y.F.; Liu, C. (2018). Prioritizing performance indicators for sustainable construction and development of university campuses using an integrated assessment approach. *Journal of cleaner production*, (202), 959–968. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.08.217.

Manogaran, G., Shakeel, P. M., Fouad, H., Nam, Y., Baskar, S., Chilamkurti, N., & Sundarasekar, R. (2019). Wearable IoT smart-log patch: An edge computing-based Bayesian deep learning network system for multi-access physical monitoring system. *Sensors*, 19(13), 3030. DOI: 10.3390/s19133030.

Moraci, F., Errigo, M. F., Fazia, C., Campisi, T., & Castelli, F. (2020). Cities under pressure: Strategies and tools to face climate change and pandemic. *Sustainability*, 12(18), 7743. DOI: 10.3390/su12187743.

Mueller, J., Lu, H., Chirkin, A., Klein, B., & Schmitt, G. (2018). Citizen Design Science: A strategy for crowd-creative urban design. *Cities*, 72, 181-188. DOI: 10.1016/j.cities.2017.08.018.

Preeth, S. S. L., Dhanalakshmi, R., Kumar, R., & Shakeel, P. M. (2018). An adaptive fuzzy rule-based energy efficient clustering and immune-inspired routing protocol for WSN-assisted IoT system. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 1-13*. DOI: 10.1007/s12652-018-1154-z.

Stahle, A. (2008). *Compact sprawl: Exploring public open space and contradictions in urban density*. Doctoral dissertation, KTH. 125-143. ISBN: 978-91-7415-119-0.

Tiboni, M., Rossetti, S., Vetturi, D., Torrisi, V., Botticini, F., & Schaefer, M. D. (2021). Urban Policies and Planning Approaches for a Safer and Climate Friendlier Mobility in Cities: Strategies, Initiatives and Some Analysis. *Sustainability*, 13(4), 1778. doi:10.3390/su13041778.

Van der Voordt, T.J.M., Vrielink, D. and Van Wegen, H. (1997). Comparative floorplan-analysis in programming and architectural design, *Design Studies*, 18 (1), 67-88. DOI: 10.1016/S0142-694X(96)00016-6.

Xiang, L., Papastefanou, G., & Ng, E. (2021). Isovist indicators as a means to relieve pedestrian psycho-physiological stress in Hong Kong. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 48(4), 964-978. DOI: 10.1177/2399808320916768.

An Interdisciplinary Exploration on Climate Notion in Digital Design Research

Elif Serdar Yakut [1]; Ayşegül Akçay Kavakoğlu [2]
[1, 2] Istanbul Technical University
[1]serdarsa@itu.edu.tr; [2]https://www.aysegulakcay.com/, [2]akcaykavakoglu@itu.edu.tr

Abstract

Research related to climate concepts has started to be more interdisciplinary as the awareness of climate change increased in the last decade. Climate crisis, climate action, and climate-positive design research topics are common notions among design disciplines, especially in architecture and landscape architecture. These concepts are examined not only through structural and environmental design solutions but also design policies and action plans. It can be said that computation, digitalization, parametric variations, performance-based simulations of environmental effects, and production methods in digital design are initial topics that come to the forefront concerning methodology. The reflections of these methodologies differ according to the aims and perspectives of the design disciplines. This paper aims to examine which notions and word phrases are used in the literature on climate in digital design research in the field of architecture and landscape architecture. The scope of this study is to obtain findings on the differentiation of use of climate-related concepts and how these concepts are associated with other fields in an interdisciplinary manner by using published research articles' titles, abstracts and keywords as a dataset. The International Journal of Architectural Computing (IJAC) and Journal of Digital Landscape Architecture (JoDLA) are chosen as academic resources indexed in the Scopus database. The examination is conducted through the data mining method using the journal article dataset obtained from the database over the title, abstract, and keywords. The main words are separated and associated with various phrases, and binary term occurrences are examined in the study with a deductive approach. The outcomes are visualized through a map to reveal the relations of the notions that occur in the research. The findings reveal that both disciplines work on environmental issues from the context relationality stage. Although landscape architecture seems to be more related with the environment, climate and ecology trio, the binary-term occurrences show that there is not much difference in the research rates. Nevertheless, considering the close relations with environmental and climate issues in the landscape architecture discipline, the specialization is not high in terms of computational approaches regarding architecture. It is anticipated that this research may be used in future interdisciplinary literature and methodological approaches in digital design research in architecture and landscape architecture.

Keywords: *Data mining, Climate, Interdisciplinary research, Digital design, Data visualization.*

Disiplinlerarası Bir İnceleme

Elif Serdar Yakut [1]; Ayşegül Akçay Kavakoğlu[2]
[1,2] İstanbul Teknik Üniversitesi
[1]serdarsa@itu.edu.tr; [2] https://www.aysegulakcay.com/, [2]akcaykavakoglu@itu.edu.tr

Özet

İklim değişimi üzerine farkındalığın artmasıyla, iklim kavramı üzerinden geliştirilen araştırma alanları daha çok disiplinlerarası olarak ele alınmaya başlamıştır. İklim krizi, iklim eylemi ve iklim-pozitif tasarım araştırma konuları, mimarlık ve peyzaj mimarlığı başta olmak üzere tasarım disiplinleri arasında güncel ortak kavramlar olarak ön plana çıkmaktadır. Bu kavramlar yapısal ve çevresel tasarım çözümleri üzerinden incelendiği gibi tasarım politikaları ve eylem planları üzerinden de çalışılmaktadır. Sayısal tasarım alanında hesaplama, dijitalleşme parametrik varyasyonlar, çevresel etkiler üzerinde performansa dayalı simülasyonlar ve üretim yöntemlerinin alan içinde metodoloji ile ilgili olarak ilk akla gelen konular olduğu söylenebilir. Bu metodolojilerin yansımaları tasarım disiplinlerinin amaçlarına ve bakış açılarına göre farklılık göstermektedir. Bu çalışmanın amacı Mimarlık ve Peyzaj Mimarlığı disiplinlerinde iklim konusunun sayısal tasarım araştırma alanlarında literatürde hangi sözcük öbekleri üzerinden ele alındığını incelemektir. Bu disiplinlerarası incelemenin sonucunda iklim kelimesinin alanda hangi kavramlar üzerinden ayrıştığı, hangi araştırma alanlarıyla ilişkilendiği ve disiplin bazında hangi kavramların birlikte daha sık kullanıldığı ve yayımlanan araştırma içeriklerinin başlık, özet ve anahtar kelimeler üzerinden ne kadar okunduğu ile ilgili bulgular elde edilmesi hedeflenmiştir. Bu bağlamda Scopus veritabınında yer alan International Journal of Architectural Computing (IJAC) ve Journal of Digital Landscape Architecture (JoDLA) dergileri akademik kaynak olarak seçilmiştir. Veri tabanından elde edilen dergi makale veri seti; başlık, özet ve anahtar kelimeler üzerinden veri madenciliği yöntemi ile incelenmiştir. İncelemede tümdengelim yaklaşımı ile ana sözcükler, daha sonra sözcük öbeklerine ayrıştırılmış ve sonunda da hangi ikili terim oluşumlarının araştırmalarda ne kadar ve hangi ilişkiler üzerinden yer aldığı haritalama yöntemi ile görselleştirilmiştir. Bulgular, her iki disiplinin de bağlam ilişkiselliği aşamasından itibaren çevresel konular üzerinde çalıştığını ortaya koymaktadır. Peyzaj mimarlığı daha çok çevre, iklim ve ekoloji üçlüsü ile ilişkili gibi görünse de ikili terim oluşumları mimarlıktaki araştırmalara oranla çok fazla fark olmadığını göstermektedir. Bununla birlikte, peyzaj mimarlığı disiplininde çevre ve iklim konuları ile yakın ilişkiler göz önüne alındığında, mimarlığa ilişkin hesaplamalı yaklaşımlar açısından uzmanlaşma değeri yüksek görünmemektedir. Araştırmanın gelecekteki disiplinlerarası yaklaşımlarda literatür ve metodolojik yaklaşımlar açısından kullanılabileceği öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Veri madenciliği, İklim, Disiplinlerarası araştırmalar, Sayısal tasarım, Veri görselleştirme.*

1. Introduction

The environmental problems that started to increase in the last decade and the awareness in parallel both had a significant impact on design disciplines. Due to the sudden impact of the industrial revolution, urbanization and natural area degradation have started to arise. Current design discourses and methodologies are sourced from these environmental problems and their spatial echoes. The greenhouse effect, urban heat island, and eminent carbon footprint are fundamental grounds for global warming and climate crises (Hardy, 2003). Since 2015, the necessity of keeping global warming at 1.5 degrees has started to be mentioned with the significant risks that 2.0 will bring (United Nations, 2015). Reducing carbon emissions, which is the most crucial regulator for reducing the greenhouse effect, and rebinding the carbon in the atmosphere to the soil have constantly been on the agenda with the Paris agreement (United Nations, 2015) and Cop26 (COP26, 2021). Therefore, the importance of numerical methods has increased for the performative evaluation of ecological and environmental characteristics. In this regard, both indoor and outdoor sustainability studies such as surface water collection (Reed, 2018), enhancing micro-climate (Gaspari & Fabbri, 2017; Naboni, 2014), or energy-intensive facade designs (Mokhtar et al., 2017) were produced with simulations and analyses offered by digital technologies. In addition, social interactions and their impact on the environment opened up novel gates in spatial studies. Therefore, the spatial projections that emerge from reciprocal relations which are handled with a performative approach has pushed the designers to seek new computational methods and methodologies (Kalay, 1987; Oxman, 2014). These methodologies vary in architecture and landscape architecture regarding the design problem and process. The foundations of the design problems are set upon space and environment, and many notions may vary in terms of use and definition like time, movement, scale, material, etc. Therefore design, simulation and production mediums, process, methods and methodologies also differ accordingly.

Differentiations can be spotted if the reciprocity of the digital and computational design methodologies, consisting of rules and procedures, are examined in design disciplines. In connection with each discipline's theoretical background, design procedures and contextualizing in digital approaches vary. Therefore, it can be deduced that the model inputs required in architectural design do not have the exact equivalent in landscape design and even fall short. The engagement of computational methodologies within the landscape design process is ongoing. While this engagement deals with various aspects in the focus of architectural design, it is also crucial to reveal its adaptation in landscape design. Ervin (2018) proposes three modes to explain this engagement in phases: new tools, new languages, and a new design environment. The initial mode uses the software as a tool while highlighting its importance in the design process by giving an operational function. Another is creating a new language that aims to improve the design by customization via writing codes or software. Finally, he argues that the interconnectedness of all the digital devices used today creates a new environment for the production of computational "interactive" and "responsive" landscape design, developed through the concept of the "Internet of Things (IoT)".

That is to say, digitalization has created a ripple effect that forces production and design approaches to evolve and change. In particular, design practices put the way of production and the roles of designers up for discussion. Therefore, it is crucial to examine both the constraining aspects and the facilitating effects of digital tools. The engagement of digital tools and computational methods in the design has evolved from drawing planes into coding interfaces. This development process created interchangeable characteristics for designers, from "draughtsman" identity to "scripting" capability (Aish, 2013). However, reflections of these changes in designer identities varied regarding discipline purposes, congruity of digital tools, and scope. From this point of view, alignment with cross-disciplinary assessments on computational approaches and notions provides critical sight to the coherence of current digital design trajectories and overcoming the limitations of potentials.

2. Content

This paper aims to examine the design discourse trajectories concerning climate awareness in digital design regarding architecture and landscape architecture. Co-word analysis and data mining methods revealed the differences and gaps in related literature concerning climate crisis, climate action, and climate-positive terms. Two academic journals, the International Journal of Architectural Computing (IJAC) and the Journal of Digital Landscape Architecture (JoDLA) journals, are selected as the primary sources. Issues published in these journals were evaluated regarding concurrency, starting from 2016, the origin of JoDLA publishing, to 2021. 2016 is also the year that the Paris Agreement entered into force to reduce countries' emissions and adapt to the impacts of climate change.

The methodologies and approaches for climate responsiveness and the environmental sentience of design disciplines are the focus throughout the cross-disciplinary evaluation. Regarding this, the method of the research was structured in six stages: (1) gathering the metadata of research from the indexed database, (2) preparation of the data, including selection and assessment of data pertinent to the title, keywords, and abstracts, (3) context relationality with the environment, ecology and climate keywords using all metadata, (4) data sorting based on binary term occurrences to create relevant sub-groups, (4) goal and method sentence extraction, (5) data mining by creating word associations in RapidMiner processor and mapping the extracted results as patterns with GraphCommons (**Figure 1**). The evaluation of resemblances and incongruities followed the relational mapping of the data obtained from both sources. During the metadata collection phase, the data of both journals were obtained from the Scopus database by excluding the studies with missing data or inaccessibility. With this approach, an evaluation pool was created throughout Title-Abstract-Keyword (TAK) and Goal and Method Sentence (GMS) clusters.

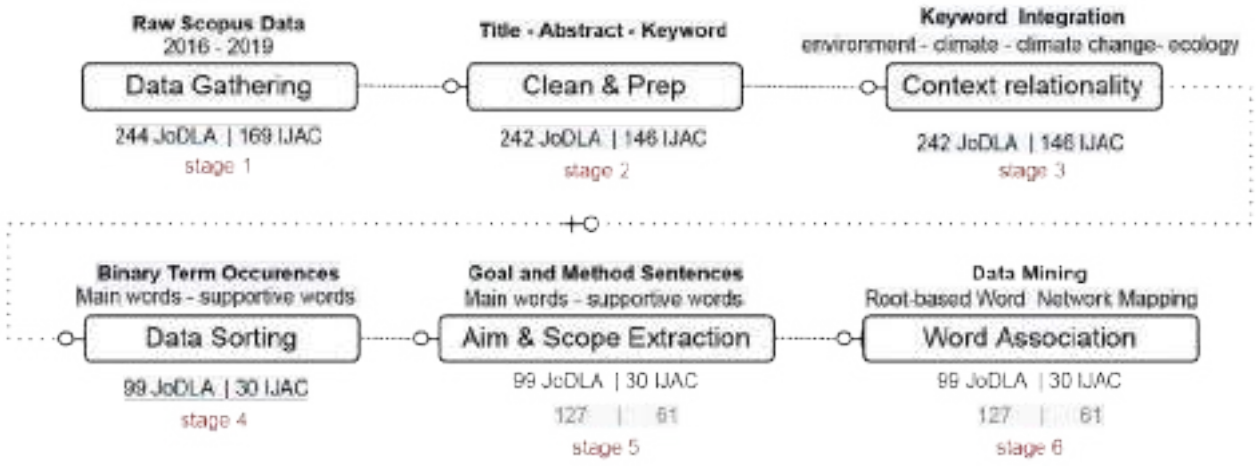


Figure 1: The research was defined into six main steps; data gathering, cleaning and data preparation, context relationality, data sorting, aim &scope extraction, and word association. (Source: authors)

3. Mapping the Trajectories

With the revolutionary creation of Sketchpad by Ivan Sutherland in the 60s, architecture became more interested in integrating the digital and computational fields into its design process. The initial interest was in tool innovation and adaptation. Afterwards, the researchers sought the potential of these in terms of mediums. Various researches have expanded the deeper relations of computability in architecture, such as theoretical backgrounds (Rocha, 2004). Some directed the academic research orientations toward design research (Koutamanis, 2005; McCullough&Mitchell, 1994; Carpo, 2017). Besides research on theory and practice, design education research gained importance in integrating computation and digital mediums into architecture and design education. In parallel with the connection of computational design with architecture, the Computer-Aided Architectural Design (CAAD) conference series has played a vital role in broadening and deepening this new field of research (Herr, 2020; Sperling et al., 2019; Yazar & Uysal, 2017). These conferences have regional focuses such as the Association for CAD in Architecture in North America (ACADIA), Computer Aided Architectural Design in Europe (eCAADe), The Association for CAAD Research in Asia (CAADRIA), The Ibero-American Society of Digital Graphics (SIGraDi) and The Arab Society for CAAD (ASCAAD).

On the other hand, there has been only one conference named Digital Landscape Architecture (DLA) focusing on computational design in landscape architecture since 1999. In particular, studies examining the research focus of the articles published in CAAD conferences individually (Chiu et al., 2002) or across them (Turk et al., 2001) have taken an ontological approach. Seni and Hodges explain ontology as a formal conceptualization of "what exists" within the domain of science (Seni & Hodges, 1996).

3.1. Data Gathering, Cleaning and Preparation

In information science, ontology is related to a technique that enables knowledge sharing and reuse (Chieh-Jen Lin, 2005). Thus, ontological approaches coincide with data mining techniques related to bibliographic studies. In this context, there are common interests like automated classification (Martens et al., 2003) and contextual relations

(Bhatt & Martens, 2009). In this paper, ontological literature reviews of architecture and landscape architecture disciplines were conducted regarding digital and computational design domains. To this end, the bibliography was searched by going back to the publishing origin of the Journal of Digital Landscape Architecture (JoDLA). The concurrence of the International Journal of Architectural Computing (IJAC) and Journal of Digital Landscape Architecture (JoDLA) was elaborated in a time interval between 2016-2021, as aforementioned. Both journals adopt peer-reviewed and discipline-specific computational approaches. IJAC is dedicated to broadening the foundations of computer-aided architectural design, which was found by eCAADe, ACADIA, SIGraDI, CAADRIA, and CAADFutures (Acadia).

On the other hand, JoDLA has a theoretical and practical focus on landscape architecture lenses, primarily in the annual international Digital Landscape Architecture conference (Gis. point). The recent articles of the specified time interval of these journals constituted the metadata of the research. Accordingly, by eliminating the null data, 146 out of 169 articles for IJAC and 242 out of 244 articles for JoDLA were obtained from the Scopus database.

3.2. Context Relationality

In this step, before moving on to the detailed word-based associative analysis, the basic relationship of both journals with the context of the research was questioned. For this purpose all titles, keywords and abstracts were organized. In order to further infer on climate change and climate-responsive design tendencies of both disciplines, fundamental keywords were structured into two groups, main words and supportive words list. Considering the relation of climate change research between environmental science (Scopus, 2021) and its ecological solutions; ecology, environment, and climate were determined as the most related keywords with supportive words listed; awareness, change, sustainability, responsive, micro, and efficiency. Firstly, to eliminate the unrelated data and out-of-context issues, context relationality was checked by using only the main words and climate change terms. Primarily, the general contextual relations were elaborated into keywords such as "ecology (eco.)", "environment (env.)", "climate(cl.)", and "climate and change (CC.)." The word "environment" has been the subject of significant research in both journals. %31.5 of the research in the IJAC journal and %36.3 in the JoDLA journal contain this word. However, at this point, it should be considered that the word "environment" can also describe design environments or interactive spaces in the field of computational design. Therefore, the word “environment” in research should be evaluated in its context. While it is frequently used in climate and environmental issues research, it also creates a second context for new digital design interfaces.

3.3. Data Sorting and Extraction

For further inferences as a qualitative evaluation of climate responsive and environmental-oriented topics, relevant studies were extracted from metadata in two ways pertinent to the main and supportive word occurrences. Studies that involve 20 binary root-term occurrence combinations of these terms among abstracts were extracted, such as "environ – climat", "ecolog – sustainab", "climat – micro" etc. (**Table 1**). Binary terms are essential to select the more relevant studies considering the ambiguous term iterations like "environment." The presence of these word groups for both journals gives a general idea about the research trends. Articles were selected throughout the year, considering the binary term occurrences on abstracts (**Table 2**).

Table 1. Root-terms of related keywords and binary occurrence combinations list. Main word list was crossed with all to combine all possibilities. (Source: authors)

Main Word List	Root-Terms	Supportive Word List	Root-Terms	Binary Combinations	
Ecology	**ecology**	aware	aware	1-environ - ecolog	11-ecolog - chang
Ecological		awareness		2-environ - climat	12-ecolog - sustainab
environ	**environ**	change	chang	3-environ - awar	13-ecolog - responsiv
environment		changing		4-environ - chang	14-ecolog - micro
environmental		sustainable	sustain	5-environ - sustainab	15-ecolog - efficien
environmentalist		sustainability		6-environ - responsiv	16-climat - awar
climate	**climat**	responsive	responsive	7-environ - micro	17-climat - chang
climatic		responsiveness		8-environ - efficien	18-climat – sustainab
climatically		micro-climate	micro	9-ecolog - climat	19-ecolog - responsiv
		micro-scale		10-ecolog - awar	20-climat - micro
		efficiency	efficien		21-climat – efficien
		efficient			

After removing the duplicates, the data set was downgraded for both sources: JoDLA to 99 from 242; IJAC to 30 from 146. By this means, the most relevant studies were filtered for notion and scope extraction through sentence level. Then, sentences including all kinds of goal and methodology information were selected by filtering keywords such as goal, aim, method, purpose, propose, etc. As a result of this process, 127 sentences for JoDLA and 61 sentences for IJAC were extracted.

Table 2. By using root terms binary term occurrences were evaluated by year for both journals. (Source: authors)

		environ								ecolog							climat					
		ecolog	climat	awar	chang	sustainab	responsiv	micro	efficien	climat	awar	chang	sustainab	responsiv	micro	efficien	awar	chang	sustainab	responsiv	micro	efficien
IJAC	2021	1	0	0	4	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2020	3	0	1	3	2	1	1	2	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2019	0	4	0	6	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	1	1
	2018	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2017	0	1	0	2	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	2016	0	0	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Total	30	4	5	1	20	3	5	4	6	0	1	4	1	0	0	1	0	4	1	1	2	1
		13%	17%	3%	67%	10%	17%	13%	20%	0%	3%	13%	3%	0%	0%	3%	0%	13%	3%	3%	7%	3%
JoDLA	2021	3	4	0	4	1	0	1	2	1	0	3	1	0	0	0	0	3	1	0	2	0
	2020	5	2	1	3	2	0	1	0	2	1	0	2	0	0	0	2	5	1	0	1	0
	2019	1	1	0	3	0	0	0	0	2	0	2	0	0	1	1	0	4	1	0	1	0
	2018	1	1	1	4	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	3	0	0	2	0
	2017	3	2	0	3	0	2	1	4	1	0	1	0	1	0	2	0	2	0	0	0	1
	2016	1	1	2	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Total	99	14	11	4	21	4	2	4	6	7	1	8	4	1	1	3	3	18	3	0	6	1
		14%	11%	4%	21%	4%	2%	4%	6%	7%	1%	8%	4%	1%	1%	3%	3%	18%	3%	0%	6%	1%

3.4. Word Association and Network Mapping

As the main stage of the data mining phase, the word groups in the basic sentence structure, such as conjunctions and prepositions, and unnecessary information such as place of publication, etc., were removed. In this way, the meaningful roots of the remaining words were obtained. Then, the most frequent words in the data set were grouped using the FP-Growth operator. At the same time, the association rules between the words were analyzed with the association rules operator (North, 2016). Network mappings were created for both journals, considering the association rules and supporting values of binary comparisons of words from the data set. These associations were visualized regarding color codes, link thickness, node positioning and size via a web-based network mapping interface named Graph Commons (Arıkan, 2021). In association with rule creation, data mining was run using word stems. With this attempt, some words emerged such as comput, simul, creat, or chang sourced from various word clouds such as computerization, computability, simulation, change, creation etc. These words were illustrated as the most common meanings with association rules translated into connection forces in keyword network mappings.

4. Results

Considering both journals' depth of keyword variations and their relational graph, the main drivers which stood out were data size and variety. The proficiency in the computational approaches and environmental-focused methodologies among disciplines has significantly shaped the relations. Due to these issues, the most repeated and related notions formed the focal center. As the repetition of keywords and their relationship with the main topics decreases, it pulls out of the center of network mapping. It was observed that some concepts such as model, fabrication, and material have shaped the center. These concepts are associated with orbital concepts such as application, process, environment and project. The supporting concepts in the orbital sphere have different degrees of relationship with the other leading concepts. In association with rule creation, data mining was run using word stems.

In JoDLA, dominant words were "model", "simulate", and "environ". However, when the first data was run and illustrated according to support values, the "method" term shaped the whole network. Nevertheless, the "method" term remains ubiquitous. A manual evaluation was made to disaggregate the research to see if it introduces a method or uses a defined one. By this means, the terms that were repeated in 32 sentences, which belong to 9 different

studies, were eliminated out of 127. According to the final network mapping of JoDLA (**Figure 2**), "model" got the highest value with 0.213, followed by "propose" with 0.164. These keywords have been repeated respectively above 21% and %16. On the other hand, it can be seen that the highest support value of IJAC is incompatible with the network mapping trajectories. Even though the "method" keyword was ranked as the highest support value at 0.249, after the "comput" related to the computation and computing variations, it fell behind the "fabrication" and "material" in network mapping. The difference rests on the evaluation method, which focuses on the keyword repetitions and combinations of multiple occurrences in various keyword groups. Therefore, although the support values of "fabrication" for IJAC or the "environment" for JoDLA were not high, they formed important nodes in network maps due to their intense connections with various nodes. On the other hand, it can be said that the word "method," which has the highest support values in IJAC's network mapping, was overshadowed by the relations between the words "comput" and "fabrication" with other words. Even though the "method" keyword was ranked as the highest support value at 0.249, after the "comput" related to the computation and computing variations, it fell behind the "fabrication" and "material" in network mapping. The difference lay on the evaluation method which considers not only term occurrences but also combinations of various binary relations for each word. In this manner, despite the support values, specific words were highlighted as nodes like "fabrication" for IJAC, and "environment" for JoDLA.

Consequently, the scope of JoDLA is more focused on climate and environment-oriented approaches, which are heavily nourished by intertwined concepts such as "environment", "model-nature", "urban-biotop" or "simulate-hydrolog". These complex relations are shaped by the main node of "model" and supportive nodes such as "develop", "propose", "simulate", "process", and "environment". It can be deduced that the research focuses on developing a new model proposition with new tools, software, algorithms, or simulations. Especially "model" oriented research shares the links between computational and design-related innovative tools and applications. Although expected, there is no direct link between "environment" and "model". This connection was established only with the word "simulation". The critical point here is that it can be argued that the term "environ," which has only one connection with the word "ecolog", does not come close to the main focus of research. The "simulation" keyword shares a strong relation with coastal research regarding different erosion and water levels in hydrological investigations. Also, new tools and software come to the fore for urban landscape research, specifically for predicting future projections.

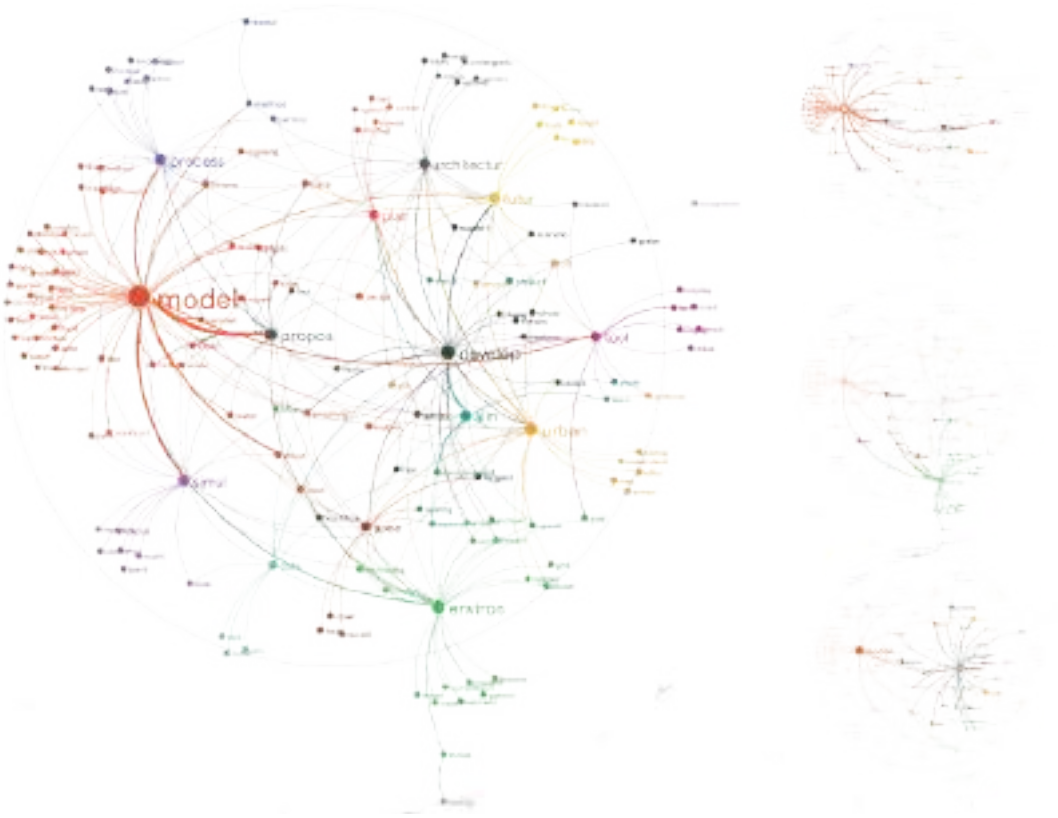


Figure 2: Keyword network mapping of JoDLA. The image was prepared using the Graph commons interface and edited by illustrator. (Source: authors)

According to the word "environment" constitutes an essential node in all research regarding both repetition and multiple relationships. When examined with its sub-words, it can be said that the studies fit into two different contexts. One of these contexts is about the combination of words such as "immersive", “interact", "human", "virtual", and "augment." This combination concludes that the most current topics, such as interactive environments as an interface, are included in the research. The other one is about "measure" and "potential." It can be said that it forms the context of environment-oriented research based on "tools" such as "space" and "data."

In IJAC's network mapping (**Figure 3**), dominant keywords stand out as "fabrication", "compute", and "material" at first glance. Similar to the previous mapping, despite their support values and important nodes in network mapping showing a correlation, their importance varied. When the item list support values were evaluated among all keywords in IJAC, "method" got the highest value with 0.249, followed by "compute" with 0.180. Also, "fabrication" with 0.180, "material" with 0.131, and "process" with 0.098 follow after, even though they are overruled in the network mapping. In particular, it can be said that the computational approaches that focus on climate and environment-oriented research in the lense of architecture, are mainly grounded on new material production, new construction techniques, and mechanization techniques developed for this purpose. Keywords such as "robot", "fabrication-manufacture", "fabrication-structure", "material-print" and "compute-aid" form the basis of this inference. Moreover, considering the relationships of the keyword "process", which has close ties with "fabrication" and new "material", related to words such as "novel" and "neural network", and "machine". It is seen that current methods such as artificial intelligence and machine learning are studied in specific areas. When going from the center to the orbits in the relationship map, it is seen that keywords such as "artificial" - "intelligent" and "deep" - "learn" appear in two separate groups concerning these issues. When these examples are examined on an article basis, it can be seen that studies are focusing on climate change and environment-oriented design, such as disaster-shelter design. However, similar research including words like "nature" and "environment" are used in different contexts.



Figure 3: Keyword network mapping of IJAC. The image was prepared using the Graph commons interface and edited by illustrator. (Source: authors)

5. Conclusion

General inferences can be made for both journals when the obtained network mappings and quantitative comparisons are evaluated holistically. This evaluation discusses the correspondences and incongruities of digital approaches and notions of environment-oriented design in both disciplines. It can be said that inferences are made for both disciplines, especially in terms of digital and computational techniques and approaches to deal with climate and environmental issues. In this way, interpretations were obtained regarding how both disciplines deal with climate and environmental issues, especially through digital design and computational approaches. Although research approaches in architectural

design focus much more on digital fabrication and building material, different specialized subjects have also been studied.

In landscape architecture on the other hand, it has been seen that the subjects which are encircling around new design models and simulation techniques as methods are closely related to each other. By the top-down methodology of the research, differences were obtained regarding general approaches to climate and environmental research. In particular, it has been found that both disciplines work on environmental issues from the context relationality stage. Also, the contextual query of the word "environ" was examined in terms of its relations with computational approaches in the association network mapping stage. Then, by the binary-term occurrences, even though it has been seen that the landscape discipline generally relates to these issues more than the discipline of architecture, the differences were not as high as expected. The significant point is that JoDLA's "climate-change" binary review has increased since 2017, while IJAC's special issue focused on resilient design and accordingly climate matters in 2019. Nevertheless, considering the close relations with environmental and climate issues in the landscape architecture discipline, the specialization was not high in terms of computational approaches regarding architecture.

REFERENCES

Acadia. IJAC. Retrieved 24.06.2021 from http://acadia.org/content/network#ijac

Aish, R. (2013). First build your tools. Inside Smartgeometry: Expanding the Architectural Possibilities of Computational Design, 36-49.

Arıkan, B. (2021) Graph Commons. Retrieved 20.12.2021 from https://graphcommons.com/about

Bhatt, A., & Martens, B. (2009). The Topics of CAAD: An Evolutionary Perspective. Joining Languages, Cultures and Visions: CAAD Futures 2009, Proceedings of the 13th International CAAD Futures Conference, Montréal. Les Presses de l'Université de Montréal,

Carpo, M. (2017). Introduction. In The Second Digital turn: Design Beyond Intelligence. MIT press.

Chieh-Jen Lin, M.-L. C. (2005). Ontology Based Design Knowledge Detective Agent.

Chiu, M., Lin, C., Jeng, T., & Lee, C.-H. (2002). Re-Searching The Research Problems with CAAD: Data Mining in i-CAADRIA.

COP26. (2021). Glasgow Climate Pact. https://ukcop26.org/wp-content/uploads/2021/11/COP26-Negotiations-Explained.pdf

Ervin, S. (2018). Turing Landscapes. In B. Cantrell & A. Mekies (Eds.), Codify: Parametric and Computational Design in Landscape Architecture (pp. 89-116). Routledge.

Gaspari, J., & Fabbri, K. (2017). A study on the use of outdoor microclimate map to address design solutions for urban regeneration. Energy Procedia, 111, 500-509.

Gis.point. JoDLA Journal of Digital Landscape Architecture. Retrieved 24.06.2021 from https://gispoint.de/jodla.html

Hardy, J. T. (2003). Climate change: causes, effects, and solutions. John Wiley & Sons.

Herr, C. M. (2020). CAADRIA at Age 25: Mapping our Past, Present, and Future.

Kalay, Y. (1987). Computability of design. John Wiley& Sons.

Koutamanis, A. (2005). A biased history of CAAD.

Martens, B., Brown, A., & Turk, Z. (2003). Automated Classification of CAAD-related Publications: Conditions for Setting-Up a Keywording System.

McCullough, M., Mitchell, W. J. (1994). The Second Industrial Revolution. In Digital Design Media, Wiley.

Mokhtar, S., Chronis, A., & Leung, C. (2017). Neighbourhood shading impacts on passive adaptive façade collective behaviour. 17th International conference, CAAD Futures 2017,

Naboni, E. (2014). Integration of outdoor thermal and visual comfort in parametric design. 30th International PLEA Conference,

North, A. M. (2016). Basic Association Rule Mining in RapidMiner. In M. Hofmann & R. Klinkenberg (Eds.), RapidMiner: Data mining use cases and business analytics applications (pp. 97-118).

Oxman, R. & Oxman, R. (2014). Theories of the digital in architecture, Routledge, Taylor & Francis Group.

Reed, C. (2018). Generative modeling and the making of landscape. In Codify (pp. 50-63). Routledge.

Rocha, A. J. M. (2004). Architecture theory, 1960-1980: emergence of a computational perspective Massachusetts Institute of Technology].

Scopus. (2021). Analyze search results. Retrieved from https://www.scopus.com/term/analyzer.uri?sid=1186f559500c4afa04a7b696cc53eefa&origin=resultslist&src=s&s=TITLE-ABS-KEY%28%22climate+change%22%29&sort=plf-f&sdt=b&sot=b&sl=31&count=343470&analyzeResults=Analyze+results&txGid=43500743f30dc4e7ed56ff9a981121e5

Seni, D. A., & Hodges, W. S. (1996). Common grounds and relationships between information technology and philosophy. École des sciences de la gestion, Université du Québec à Montréal, Centre de.

Sperling, D., Vizioli, S. H. T., Botasso, G. B., Tiberti, M. S., Santana, E. F. Z., & Sígolo, B. d. O. O. (2019). Crossing Timelines-Main research topics in the histories of eCAADe and SIGraDi.

Turk, Z., Cerovsek, T., & Martens, B. (2001). The Topics of CAAD. In Computer Aided Architectural Design Futures 2001 (pp. 547-560). Springer.
United Nations. (2015). Paris agreement. Report of the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change (21st Session, 2015: Paris). Retrieved December,
Yazar, T., & Uysal, S. (2017). Mimarlıkta Sayısal Tasarım Kavramları Üzerine Bir Çalışma. MSTAS 2017, 127.

Kamusal Mekân Analizinde Entropi ve Kronotop İlişkisi: İstanbul Hamam Halvetleri

Muhammet Ali Heyik [1]; Cemile Gül Gürcan[2]
[1] Madrid Politeknik Üniversitesi, [2] Yıldız Teknik Üniversitesi
[1]muhammetaliheyik@gmail.com; [2]cemilegulgurcan@gmail.com

Özet

Mekân okuma ve araştırmaları için kentsel ve yapısal ölçekte, anlamsal, algısal, sözdizimsel vb. nitel ve nicel teori ve yaklaşımlar uzun yıllardır kullanılmaktadır. Kamusal mekânın karmaşık ve çok yönlü yapısının çözümlenmesi ve bu incelemeler ışığında yapılan çıkarımların tasarım bilgisine eklenmesi önemlidir. Kotnik, sayısal mimarlıkta geometrinin kullanımı için mantıksal ilişkilerin nicelleştirilmesi, dolayısıyla da bilimsel düşünme ve metodolojinin sürece dahil edilmesine dikkat çekmektedir. Bu doğrultuda çalışmalar geliştirilmekte olsa da mekânın zamansal ve fonksiyonel motiflerinin modellenmesi ve süreçte etkin kullanımı konusunda az çalışma bulunmaktadır. Matematiksel analiz yöntemleri, mimari uzmanlık ve çıkarımlar ile birleşerek mekânsal organizasyonu analiz etme açısından tasarım süreci için birçok seçenek sunacaktır. Bu bağlamda çalışmanın amacı, temelde aynı işleve, benzer mekansal ve geometrik kurguya sahip farklı hamamlarda yer alan halvetlerde nitel ve nicel analiz yöntemi olarak kronotop ve entropi yaklaşımlarının bir arada kullanım potansiyellerinin araştırılmasıdır. Çalışmada, mekân analizi kapsamında morfolojik, topolojik ve kronotopik yaklaşımların bütünleşmiş kullanım potansiyelleri ve sınırlılıkları İstanbul çarşı hamamları örneklemi üzerinden test edilerek incelenmektedir. Hamamların belirli bir tipolojide biçimlenmesi, kamusal mekân özelliğine sahip olması, entropi ve sözdizim değerlerinin motiflerle bir arada yorumlanmasını desteklemektedir. Eyice'nin hamam tipolojisine uygun seçilen 17 adet hamam ile gerçekleştirilen çalışmada, mekân sözdizimi, entropi ve kronotopik analizler yapılmıştır. Öncelikle veri seti için hamamların plan ve kesit çizimleri düzenlenmiş ve bu çizimler altlık olarak kullanılarak analize yönelik yeni çizimler üretilmiştir. Sayısal analizler, literatüre dayalı formüller üzerinden betik kodu ve görsel kodlama ile oluşturulan analiz algoritması aracılığıyla Rhino/Grasshopper ortamında gerçekleştirilmiş, grafik ve tablo çıktı dosyaları halinde derlenmiştir. Elde edilen analiz değerleri, tipoloji, ölçek, işlev, dönem ve kronotop olmak üzere örneklem kategorizasyonu ile belirlenen faktörler üzerinden istatistik ve grafik analizlerle sentezlenmiştir. Bulgular araştırma soruları üzerinden değerlendirildiğinde, yapı ölçeğinde hamamlar için sayısal değerler üzerinden anlamlı/anlamsız ilişkiler tespit edilse de mekân ölçeğinde halvetler için sayısal değerlerin kronotopik motifler ile güçlü ve anlamlı korelasyona sahip olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Kamusal mekân, Hamam, Kronotop, Entropi, Mekân analizi.*

The Relationship between Entropy and Chronotope in the Analysis of Public Space: Istanbul Hamam Halvets

Muhammet Ali Heyik [1]; Cemile Gül Gürcan[2]
[1] Technical University of Madrid, [2] Yıldız Technical University
[1]muhammetaliheyik@gmail.com; [2]cemilegulgurcan@gmail.com

Abstract

Quantitative and qualitative theories and techniques, such as semantic, perceptional, syntactic, and so on, have been employed for many years in urban and building scale spatial analysis. Decoding the complex and multi-layered presence of public places, as well as the addition of syntheses and outputs to design knowledge, is critical. The quantification of logical relations for the use of geometry in computational architecture, as well as the integration of scientific thinking and methodology, has been highlighted by Kotnik. There is few research on how to model and exploit spatial patterns effectively in relation to function and time. In terms of spatial configuration analysis, mathematical analysis methodologies combined with architectural knowledge and conclusions will provide various possibilities for the design process. In this respect, the aim of the research is to consider the option of combining chronotop and entropy approaches as a qualitative and quantitative analysis method on halvets from various hamams that have a similar function, spatial and geometric concept. The study utilizes a sample group of Istanbul bazaar hamams to investigate the integrated use potentials and limitations of morphological, topological, and chronotopic techniques within the framework of space analysis. The fact that the hamams are formed in a certain typology and have the feature of public space supports the interpretation of entropy and syntax values together with motifs. Space syntax, entropy and chronotopic analyzes were made in the study, which was carried out with 17 hamams selected in accordance with Eyice's hamam typology. First of all, the plan and section drawings of the hamams were organized and recreated for the data set and new drawings for analysis were produced by using these drawings as a base. Numerical analyzes were carried out in the Rhino/Grasshopper environment through an analysis algorithm created with script code and visual coding based on literature formulas, and were compiled as graphical and table output files. The collected analysis data were synthesized using statistical and graphical analyses based on the sample categorization variables of typology, scale, function, period, and chronotope. When the data are compared to the research questions, it is clear that the values for the halvets at the spatial scale have strong and meaningful correlations with the chronotopic motifs, whereas the hamams at the building scale show significant/meaningless relationships.

Keywords: *Public space, Hamam, Chronotope, Entropy, Spatial analysis.*

1. Giriş

Hesaplamalı tasarım teknolojileri kuram ve pratikleri içerisinde, kamusal mekânda etmen tabanlı simülasyon ve optimizasyon (Yang & Gu, 2020); kitle kaynak dijital platformlarının veri güdümlü tasarım modellerinde kullanımı (Batty, 2013); kullanıcı etkileşimli kamusal mekân teknolojileri (Costa & Ioannidis, 2017) vb. farklı analitik araç ve yöntemlerin bütünleşik kullanıldığı inovatif çalışmalar yer almaktadır. Matematiğin epistemolojik kökeninden yola çıkarak Husserl, Heidegger, Merleau-Ponty ve çağdaş sinirbilim çalışmaları referansında mekân için bedensel algı ve deneyime dayalı bir açılım ortaya koymaktadır (Kotnik, 2014). Araştırma kapsamında geometrinin bu iki açılımı sayısal, biçimsel ve davranışsal örüntüleri (Alexander, 1977) ile kamusal mekân analizi/okuması üzerinden sorgulanmaktadır. Kamusal mekânın çeşitli, çok katmanlı, belirsiz ve organik yapısını rasyonelleştirme, mantıksal olasılıkları keşfetme ve permütasyona dayalı çözüm üretimi süreçlerinde (Terzidis, 2014) entegre sayısal yaklaşımlar, bağlamsal değişime uyum sağlamada kritik bir faktördür. Bu diyalektik ilişkiler ağının mekânsal temsilleri, özellikle kolektif deneyim ve deney arasındaki farklı bilgi türleri (Latour, 2006), mekân analiz süreçlerine ancak belirli düzeyde yansıtılabilmektedir. Burada kamusal mekânın sosyal üretimi (Lefebvre, 1991; Soja, 1989), normatif ve betimleyici bir dile sahiptir. Dolayısıyla mekân analizlerine yönelik karma yaklaşımların geliştirilmesi, analitik ve sentetik bulguların desteklenmesi önemlidir.

Kamusal mekân analizinde entropi ve kronotop ilişkisi üzerine gerçekleştirilen çalışmanın amacı, aynı işlev ve benzer biçimlenişe sahip, çok katmanlı kamusal mekânın çözümlenmesinde nitel ve nicel analiz yöntemlerinin bir arada kullanım olanaklarını araştırmaktır. Bakhtin'in anlatı türleri içerisinde kullandığı 'kronotop' (1981), yaklaşımının Shannon tarafından bilgi kuramında belirtilen bilginin ölçülmesine dayanan 'entropi' (1948) teorisi ve Hiller ve Hanson tarafından ortaya konulan 'mekân sözdizimi' (1984) teorisinin mekânsal analiz süreçlerinde birlikte değerlendirilmesi hedeflenmektedir. Çalışma kapsamında kamusal mekân olarak İstanbul Tarihi Yarımada üzerindeki çarşı hamamları ve kronotop kavramıyla ilişkili derinleştirilen halvet türleri ele alınmaktadır. Hamamlar, kentsel doku ve sosyal yaşantı ile etkileşim, toplumsal değerleri ile mekânsal biçimlenme ve fonksiyon özellikleri nedeniyle örneklem olarak seçilmiştir.

2. Kronotop kavramı

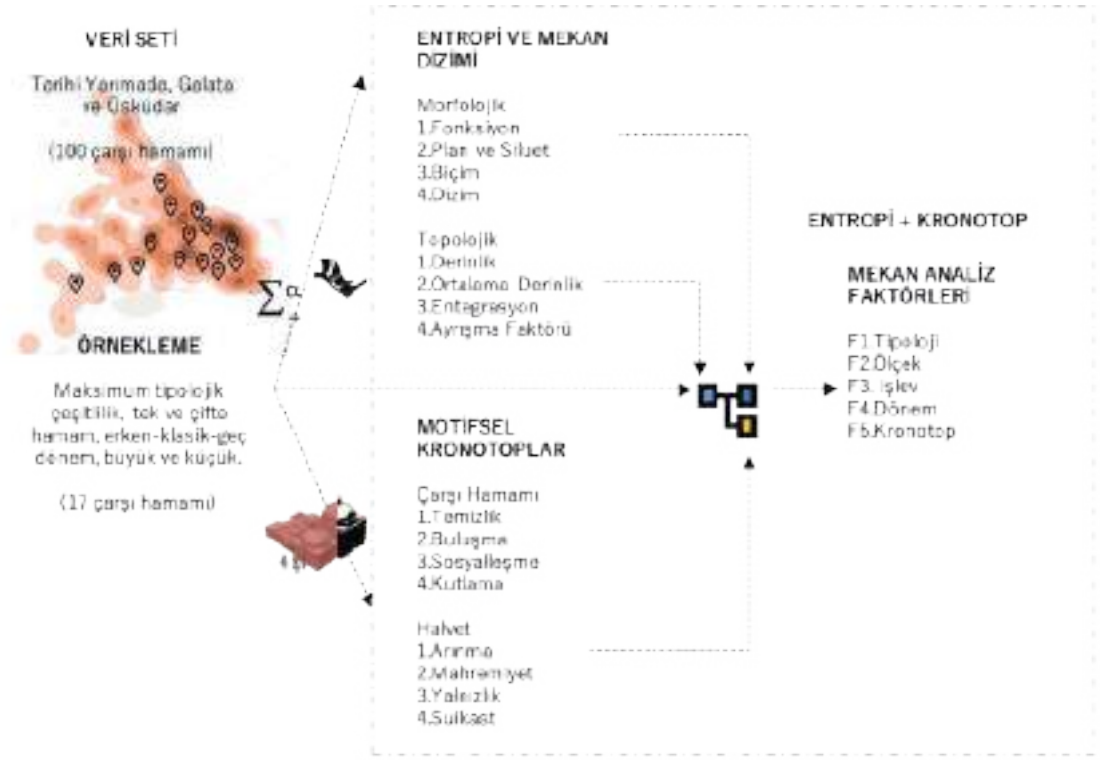
Einstein'ın görelilik teorisinden anlatı formu olarak geliştirilen kronotop kavramı ile mekân ve mekânın dördüncü boyutu olarak zamanın bütünlüğü, içkinliği ve temsil biçimleri vurgulanmaktadır. Bakhtin'in anlatı türü kapsamında kronotopları ve aralarındaki ilişkileri açıkça ifade etmekten kaçındığı için ardılı çok sayıda araştırmada farklı kronotop sayı ve sınıflandırmaları görülmektedir. Bu farklılıkları sentezleyen beş önemli soyutlama düzeyi; mikro, yerel (motifsel), büyük (baskın), genel, diyalojik kronotoplar (Bemong & Borghart, 2010) bu kapsamda önemlidir. Ayrıca bazı eylemlerde (buluşma, halk meydanı, eşik) ilişkin kronotop yerine 'motif' kavramının da kullanımı dikkat çekmektedir (Bakhtin, 1981). Türkçe'de süs öğesi kullanımının ötesinde mimarlık sözlüğünde latince (motivos) kökenli motif için 'hareket eden, örge' ifadeleri (Hasol, 1979) yer almaktadır. Objektif ve tekrarlanabilir niteliklere sahip mekânsal entropi verileri, karmaşıklığa bağlı üretilen motifsel kronotoplar ve ilişkileriyle birlikte değerlendirilmektedir. Bu kapsamda çözümlenen içkin temsillerin sayısal verilerin değerlendirilmesini ve dolayısıyla da mekân okunmasını destekleyeceği öngörülmektedir.

3. Entropi

Kentsel ve yapısal mekân analizinde kullanılan mekân sözdizimi, doğal hareket (natural movement) (B Hillier et al., 1993), yaygın merkezilik (pervasive centrality) (Bill Hillier & Bartlett, 1999) ve entropi gibi pek çok teori ve teknikle desteklenmektedir. Mekânsal elemanlar arası ağın grafik ve motif temsiliyle bir bütün olarak veya her bileşen/bölgenin sistem tasarımında göreceli rolü nicel olarak incelenmekte ve belirlenebilmektedir (Karimi, 2018). Mekân sözdiziminin kapsadığı teorilerden entropi, en temel ifadeyle bir değişkendeki 'bilgi miktarı' olarak tanımlanabilir (Shannon & Weaver, 1949). Yapılı çevre bağlamında 'uyarlanabilirlik indeksi' (Baird, 1972), sanat alanıyla ilişkili olarak 'karmaşıklık düzeyi' (Arnheim, 1971), tarihi çevre (romanesk ve gotik katedral örneği) için 'tipolojik sınıflandırma' (Gero & Jupp, 2002), kentsel ağ sistemi sentaks değerleriyle 'anlaşılırlık ölçeği' (Volchenkov & Blanchard, 2007), siluet ölçeğinde 'estetik değer' (Bostancı &Ocakçı, 2009), yapı (eğitim mekanları) ölçeğinde 'uyarlanabilirlik' (Coelho & Heitor, 2017) gibi farklı kullanım potansiyellerine sahiptir. Çalışmada entropi, kentsel ağ yapısı ve kamusal mekân analizi süreçlerinde 'morfolojik ve topolojik ölçüm' aracı olarak kullanılmaktadır. Burada örneklem alanı fonksiyon, biçim ve siluet değerleri ile morfolojik; mekânsal derinlik, entegrasyon ve ayrışma faktörleri ile topolojik olarak ölçümlenmektedir.

4. Metodoloji

Araştırma metodolojisi sorgulama, ayıklama, örnekleme, analiz ve sentez aşamalarından oluşmaktadır (**Şekil 1**). İlk olarak Power BI ortamında tipolojik özellikleri, tarihsel süreci, künye ve saha ve literatür taramalarından derlenen konum bilgilerini içeren CBS tabanlı veri seti oluşturulmuştur. Ayıklama bölümünde araştırma soruları doğrultusunda veriler iki farklı ölçekte yeniden düzenlenmiştir. Burada detaylı analizlerin gerçekleştirileceği aşama için uygun format oluşturulmuştur. Veri analizi aşaması için morfolojik ve topolojik değerler Rhino-Grasshopper ortamında hesaplanmıştır. Entropi hesapları için algoritma oluşturulmuş, mekân dizimi hesapları için 'Entropi ve Mekân Dizimi Analizi' kısmında açıklanan mekân dizimi formüllerini kullanan Space Syntax (Nourian et al., 2013) eklentisi kullanılmış ve oluşturulan algoritmaya entegre edilmiştir. Kuramsal çerçeveye bağlı olarak veri görselleştirme aşamasında ise haritalama teknikleri kullanılmıştır. Motifsel kronotoplar ise detaylandırılan örnekleme bağlı literatür taramasıyla tespit edilmiştir. Sentez aşamasında, bulgular arasındaki anlamlı ilişkiler ve entegre yaklaşımın potansiyelleri/sınırlılıkları incelenmiştir.



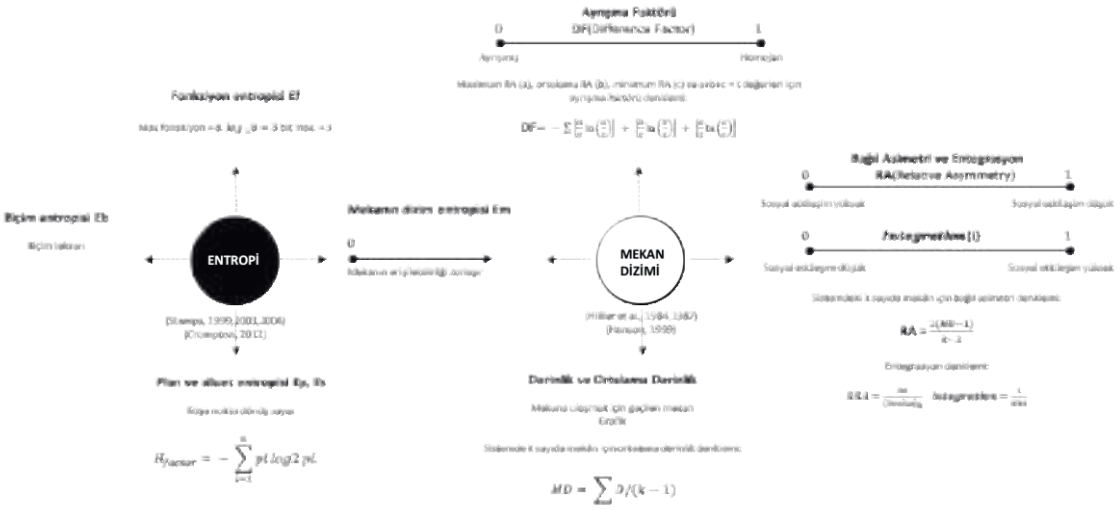
Şekil 1: Akış diyagramı (yazar)

4.1. Veri Seti ve Örneklem

Veri setinde künye bilgilerinin erişilebilirliği dikkate alınarak 27'si özgün kullanımda, 13'ü âtıl, 11'i yeniden işlevlendirilen, 49'u yok olmuş toplam 100 hamam yer almaktadır. Tespitler birinci yazarın tez çalışmasına dayanmaktadır. Detaylı örneklem kümesi için Eyice'nin hamam tipolojisini (Kanetaki, 2004) içeren mekânsal parametrelere bağlı çeşitlenen 17 hamam belirlenmiştir. 11'i klasik dönem olmak üzere erken klasik ve geç döneme ait, büyük, orta ve küçük ölçeklerde, çift ve tek tipolojideki hamamların detaylı plan ve kesit çizimleri düzenlenmiştir. Ortak formata uygun olarak plan ve kesitler üzerinden biçim, fonksiyon, kontur ve aksiyal harita çizimleri ile veri seti oluşturulmuştur

4.2. Entropi ve Mekân Dizimi Analizi

Çalışma kapsamında veri seti içerisinde toplanan yapılar yapısal ölçekte alt kategorilere ayrılarak incelenmiştir. Hamamlar, soğukluk, ılıklık, sıcaklık ve külhan olarak dört ana mekân üzerinden ayrıştırılarak incelenmiştir. Soyunma, wc vb. ara mekanlar "ılıklık" altında, depo vb. servis alanları "külhan" altında, yalnızca sirkülasyona ayrılmış alanlar "geçiş" altında ele alınmıştır. Sıcaklık ise altında farklı işleve sahip mekanları barındırması nedeniyle "eyvan", "halvet" ve "göbek taşı" olmak üzere üç alt kategoriye ayrılmıştır.



Şekil 2: Hesaplama yöntemi (yazar)

Entropi için hesaplanan faktörler:
Fonksiyon entropisi (E_f) (Stamps, 2003), hamamlarda en fazla 8 fonksiyon bulunması nedeniyle $log\ _2 8 = 3$ bit hesaplamasıyla maximum entropi 3 olabilir. Mekân alanlarının işlevsel dağılımı üzerinden hesaplanmıştır (Güzelci & Sener, 2019). Plan (E_p) ve siluet (E_s) (kontür) entropisi (Stamps, 1999, 2004), plan ve siluet kontür köşe noktaları baz alınarak dönüş sayısı üzerinden hesaplanmıştır. Biçim entropisi (E_b) (Crompton, 2012), biçimlerin birim tekrarı üzerinden hesaplanmıştır. Aksiyal grafik üzerinden derinlik değeriyle hesaplanan Mekânın dizim entropisi (E_m) (Bill Hillier et al., 1987) ne kadar yüksekse diğer mekanlara ulaşmak ve diğer mekanlardan bu mekana ulaşmak o kadar zor olmaktadır. Hesaplama yöntemleri ve detayları **Şekil 2**'de özetlenmiştir.
Basit Entropi denklemi:

$$H_{factor} = -\sum_{i=1}^{n} \quad pilog2\ pi. \tag{1}$$

Mekân dizimi için hesaplanan faktörler:
Derinlik (Depth: D): Derinlik, sirkülasyon yani mekanlar arası geçişi baz alan, bir mekâna erişmek için geçilen mekân sayısıyla doğrudan ilişkili bir kavramdır (Bill Hillier & Hanson, 1984). Grafik gösterimde oluşturulan nodlar ve çizgiler üzerinden hesaplanmaktadır.
Ortalama derinlik (Mean Depth: MD): Derinlik her mekân için ayrı hesaplanırken ortalama derinlik ise her mekân için hesaplanan derinliğe bağlı bütün mekân (hamam) için ortalama bir değere karşılık gelmektedir. Sistemde k sayıda mekân için ortalama derinlik denklemi:

$$MD = \sum \qquad D/(k-1) \tag{2}$$

Entegrasyon: Bağıl asimetri (Relative Asymmetry: RA) olarak hesaplanan entegrasyon, bir mekânın diğer mekanlarla ilişkisinin yoğunluğuna karşılık gelen 0 ile 1 arasında bir değerdir (Bill Hillier & Hanson, 1984). Mekânın entegrasyon değeri 1'e yakın olduğunda, geçirgenliğin ve sosyal etkileşimin yüksek olduğu belirtilmektedir (Dicle & Okuyucu, 2009). Sistemdeki k sayıda mekân için bağıl asimetri denklemi:

$$\text{RA} = \frac{2(MD-1)}{k-2} \tag{3}$$

Ayrışma faktörü (Difference Factor: DF): Mekânın ayrışma düzeyine karşılık gelen 0 ile 1 arasında yer alan bu değer, 1'e yaklaştıkça sistemdeki mekanların eşit entegrasyon değerlerine sahip olmaları nedeniyle daha homojen bir sisteme, 0'a yaklaştıkça ise birbirinden farklılaşmış ve yapılandırılmış mekanlara karşılık gelmektedir (Hanson, 1999). Maximum RA (a), ortalama RA (b), minimum RA (c) ve a+b+c = t değerleri için ayrışma faktörü denklemi:

$$Difference\ factor = -\sum \quad \left[\frac{a}{t} ln\ ln\ \left(\frac{a}{t}\right)\right] + \left[\frac{b}{t} ln\ ln\ \left(\frac{b}{t}\right)\right] + \left[\frac{c}{t} ln\ ln\ \left(\frac{c}{t}\right)\right] \tag{4}$$

4.3. Motifsel Kronotopların Tespiti

Einstein'ın görelilik teorisinden anlatı formu olarak geliştirilen kronotop kavramı ile mekân ve mekânın dördüncü boyutu olarak zamanın bütünlüğü, içkinliği ve temsil biçimleri vurgulanmaktadır. Bakhtin anlatı türü içerisinde kronotopları ve aralarındaki ilişkileri açıkça ifade etmediği için çok sayıda araştırmada farklı kronotop sınıflandırmaları görülmektedir. Bu farklılıkları sentezleyen beş önemli soyutlama düzeyi; mikro, yerel, baskın, genel, diyalojik kronotoplar (Bemong & Borghart, 2010) bu kapsamda önemlidir. Ayrıca buluşma eylemi ve halk meydanı, eşik gibi kavramlara ilişkin kronotop yerine 'motif' kavramının da kullanımı dikkat çekmektedir (Bakhtin, 1981).

Mimarlık ve teknoloji arakesitinde kronotop kavramı ve kronotopik tasarım çevre ile bütünleşen etkileşime dayalı tasarım süreçlerini aktörlerin eş zamanlı fiziksel ve dijital ortamlarda müdahalelerine açmaktadır. Araştırma kapsamına ele alınan motifsel kronotoplar kamusal mekanların kolektif deneyim bağlamında oluşturduğu belirgin kesitleri ifade etmektedir. Veri setinde yer alan 17 hamam ve halvetleri bu bağlamda sorgulanmaktadır.

Bu doğrultuda, objektif ve tekrarlanabilir niteliklere sahip mekânsal entropi verileri, karmaşıklığa bağlı üretilen motifsel kronotoplar ve ilişkileriyle birlikte değerlendirilecektir. Burada çözümlenen içkin temsillerin ve sayısal bulguların metodolojik olarak entegre kullanımlarının mekânsal analiz sürecini destekleyeceği öngörülmektedir.

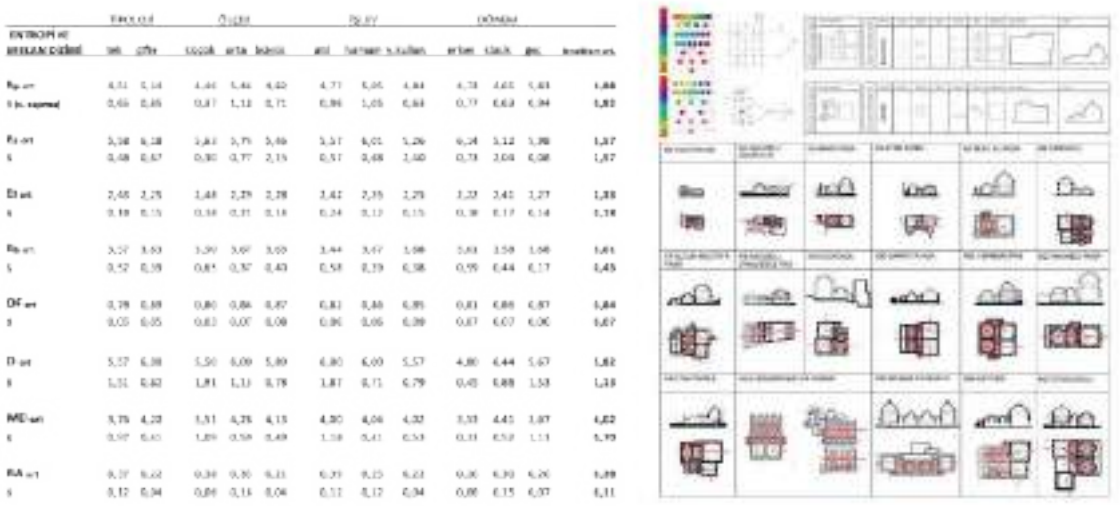
5. Bulgular

Veri setinde yer alan hamamlar (Hn) ölçeğine göre küçükten büyüğe: H1= Hacı Evhad, H2= Havuzlu (Musalla), H3= İshak Pasa, H4= Ayşe Kadın, H5 =Kılıç Ali Pasa, H6= Çardaklı, H7= Küçük Mustafa Pasa, H8= Valide Sultan, H9= Hoca Pasa, H10= Samatya Ağa, H11= Çemberlitaş, H12= Mahmud Pasa Hamamı, H13= Tahtakale, H14= Üsküdar Büyük, H15= Haseki Ayasofya, H16= Beyazıd, H17= Cağaloğlu olarak isimlendirilmiştir.

Mekânsal analiz parametrelerine bağlı toplam beş kategorik faktör (F1-tipoloji, F2-ölçek, F3-işlev, F4-dönem ve F5-kronotrop) üzerinden örneklem analiz edilmiş, veriler arasında anlamlı/anlamsız ilişkiler elde edilmiştir. Bulgular grafiksel dille ilişkili biçimde aktarılmaktadır.

5.1. Morfolojik ve Topolojik Bulgular

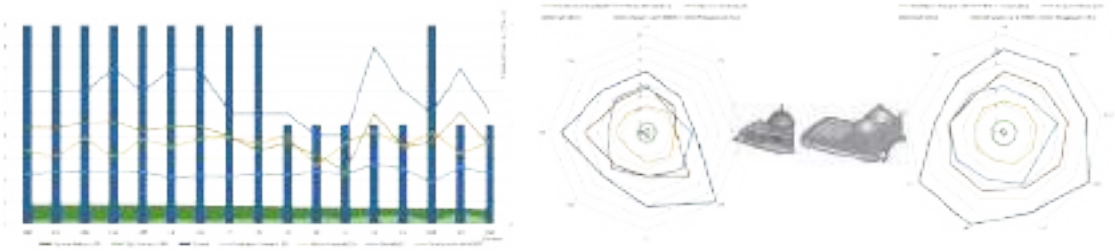
Veri seti üzerinden sayısal ortamda gerçekleştirilen mekân analiz sonuçları SPSS ortamında betimleyici istatistikle incelenmiştir. Entropi ve sentaks değerleri arasındaki ilişkilerin tespiti için korelasyon matrisi oluşturulmuştur (**Şekil 3**). Analizde, RA ile E_f, MD ve DF arasında anlamlı bir ilişkiye rastlanmıştır.



Şekil 3: Entropi ve Mekân dizimi değerleri istatistik analizi ve örneklem gösterimi (yazar)

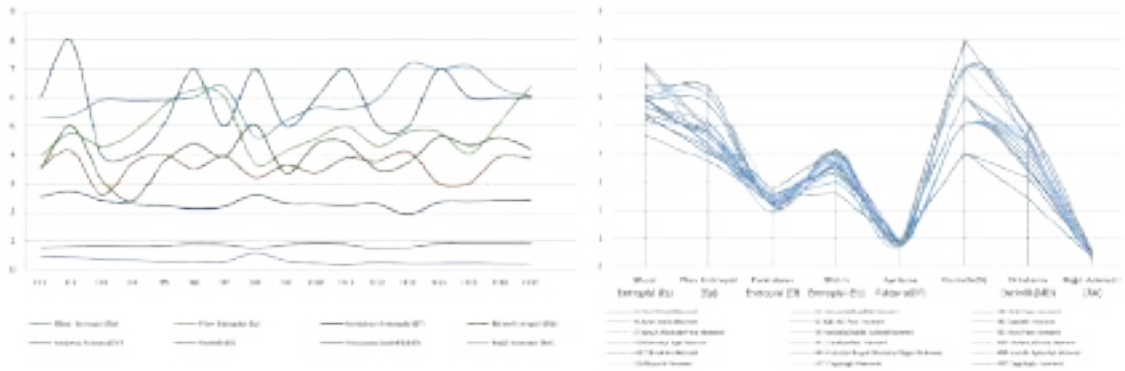
F1-Tipoloji;
Tipoloji ile ayrışma faktörü (DF) arasında güçlü düzeyde pozitif (r= +.73) ve anlamlı (p<.001) bir ilişki bulunmuştur. Tipoloji ile bağıl asimetri (RA) arasında ise aynı düzeyde, negatif ve anlamlı (r=-.73, p<.001) bir ilişki bulunmuştur. Simetrik özellik gösteren çifte hamamların DF değeri yüksek, RA değeri tek hamamlara göre daha düşüktür. Tek

hamamlarda RA değerinin çifte hamamlara görece yüksek olmakla birlikte bu değerin en fazla .58 olduğu görülmektedir. Hamam tipinin derinlik (D) ile anlamlı bir ilişkisine rastlanmamıştır. H13, diğer çifte hamamlara görece daha az homojen özellik göstermekte olup DF değeri düşüktür. H13'te asimetrik plan özelliğinden dolayı tek hamam özelliklerine daha yakın değerler görülmektedir (**Şekil 4**).



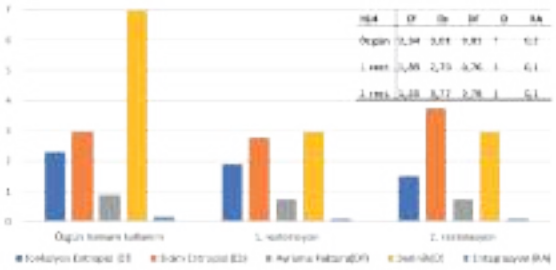
Şekil 4: Tipoloji için örneklem bulgularının temsili (yazar)

F2-Ölçek;
Ölçek ve bağıl asimetri (RA) değerleri arasında güçlü düzeyde negatif (r= -.71) ve anlamlı (p<.001) bir ilişki bulunmuştur. Yani hamamlarda boyut büyüdükçe bağıl asimetri azalmaktadır. Ayrışma faktörü (DF) için standart sapmanın S=.07 ile en küçük olduğu görülmüştür. Derinlik (D) değerlerinde kümelenmenin daha fazla olduğu, standart sapmanın ise S=1.13 ile en yüksek olduğu tespit edilmiştir. (**Şekil 5**).



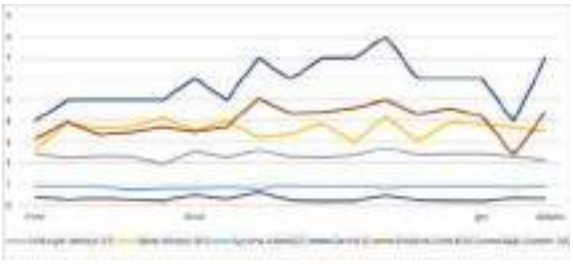
Şekil 5: Örneklem entropi-sentaks değerleri (yazar)

F3-İşlev;
H14'ün geçirdiği birinci ve ikinci restorasyonlarda fonksiyon entropisi (E_f), bağıl asimetri (RA), derinlik (D) ve ayrışma faktörü (DF) değerlerinin azaldığı görülmektedir. Bu durum sistemdeki işlevlerin azalması ve mekân plan kurgusundaki değişimlerin bu değerlere etkisinden kaynaklanıyor olabilir (**Şekil 6**).



Şekil 6: H14 işlev değişimi entropi-mekân dizimi bulguları (yazar)

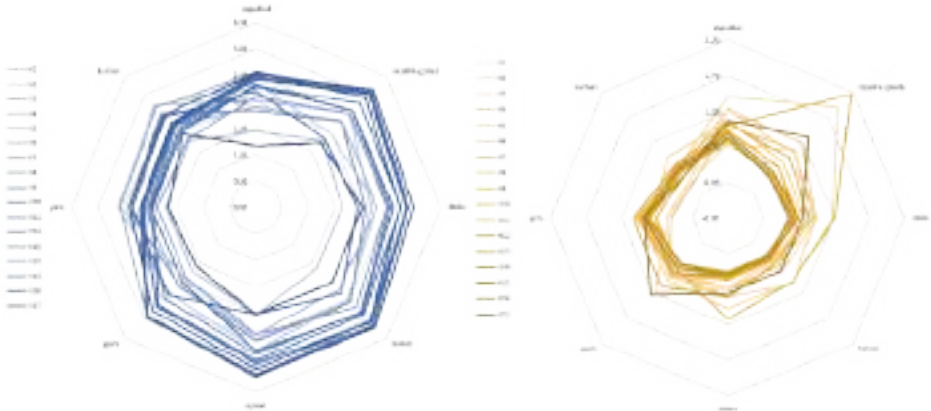
F4-Dönem;
Hamamlarda dönem faktörü ile mekân analiz değerleri arasında anlamlı bir ilişkiye rastlanmamıştır. Yalnızca derinlik (D) ve ortalama derinlik (MD) değerlerinde özellikle Klasik dönem hamamlarında artma eğilimi görülmektedir (**Şekil 7**). Ancak standart sapma sırasıyla S= .88 ve S= .52 olduğu için Dönem ile ilişkisi hakkında net bir çıkarım yapılamamaktadır.



Şekil 7: Dönem için örneklem bulgularının temsili (yazar)

F5-Kronotop;

Mekân dizim entropisi (E_m) analizlerinde değerlerin en yüksek olduğu mekanların eyvan ve halvet olduğu görülmektedir. En derin mekân; 7 hamamda Halvet, 8 hamamda Halvet ve Eyvan, 2 hamamda Eyvandır. Yani halvet ve eyvan mekanları erişilebilirliğin en az olduğu mekanlar olarak bulunmuştur. Mekân entegrasyon (I_m) değerlerinde ise giriş, geçiş, soğukluk, ılıklık ve sıcaklıkta göbek kısmının en yüksek değerlere sahip olduğu yani sosyal etkileşimin en yüksek olduğu mekanlar olarak tespit edilmiştir (**Şekil 8**).

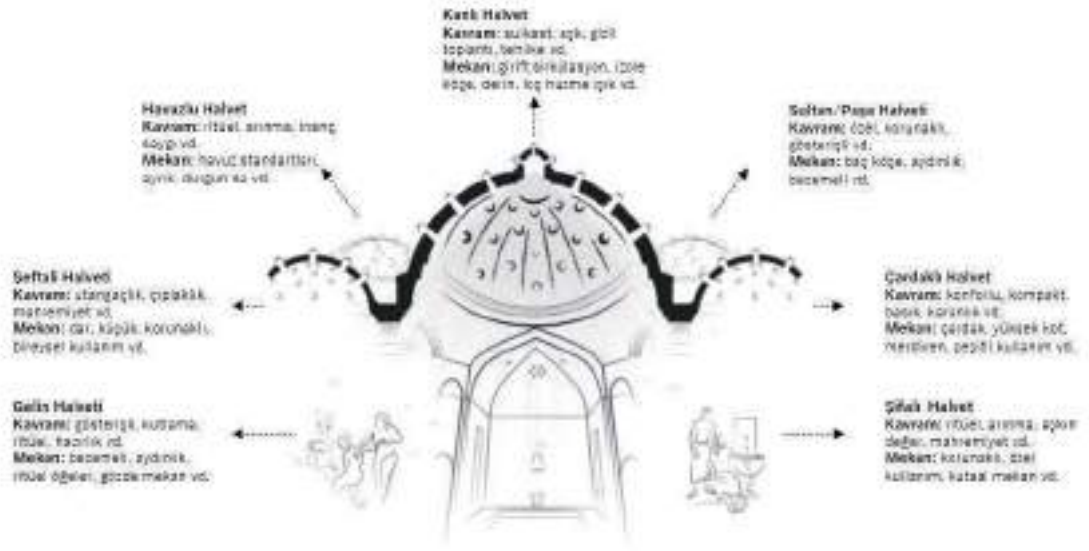


(a) (b)

Şekil 8: Örneklem a) mekân dizim entropisi b) mekân entegrasyon değerleri (yazar)

5.2. Morfolojik ve Topolojik Bulgular

Metodoloji kısmında belirtildiği gibi hamamların sosyal yaşantı, kültürel ritüel ve kolektif değerler ile bütünleşik yapısı farklı motifsel kronotopları öne çıkarmaktadır. Burada gerçekleştirilen inceleme, mekânsal işlev ve karakterler üzerinde yoğunlaşmaktadır. Hamamların temel yıkanma işleviyle ilişkili, arınma, temizlik, mahremiyet ve yalnızlık kavramları ön plana çıkmakla birlikte, bir araya gelme ve toplanma mekanları olması, gelin hamamı vb. özel durumlarda belirli ritüellerin gerçekleşmesi ön plana çıkmaktadır. Kelime anlamı olarak tenhalık ve çekilme karşılığı olan halvetler, hamam tipolojisinde genellikle özel kullanım sağlayan odacıklar olarak yer almaktadır. İşlevsel özelliklerinin yanında korunaklı, dar, havuz, yüksek kot, merdiven vb. farklı mekânsal özelliklere sahip olan halvetler zaman-mekân bağlamında kavramsal ve mekânsal karşılıkları üzerinden çözümlenmiştir. Bu doğrultuda veri seti, temel kaynaklar ve yazarın tezi referanslarıyla belirgin karaktere sahip, yedi adet (Gelin Halveti, Şeftali Halvet, Havuzlu Halet, Kanlı Halvet, Sultan/Paşa Halveti, Çardaklı Halvet, Şifalı Halvet) halvet kronotopu tespit edilmiştir (Koçu, 1958; Haskan, 1995) (**Şekil 9**). Mekânsal analizi desteklemesi için bu motifler çözümlenmiştir.



Şekil 9: Halvet (kadın-erkek) motifleri illüstrasyon (yazar)

6. Değerlendirme ve Sonuçlar

Kamusal mekân olarak hamamlarda yapı ölçeğinde ve halvetler üzerinden mekân ölçeğinde kronotop ve entropi yaklaşımlarıyla gerçekleştirilen analiz çalışmasında elde edilen bulgular, araştırma soruları üzerinden değerlendirilmiştir:

AS1. Yapısal ölçeğe dayalı morfolojik ölçümler ile halvetler bağlamında tespit edilen motifsel kronotoplar arasında ne tür ilişkiler bulunmaktadır?

Hamamlarda halvetler için mekânın dizim entropisi ($E_{m)}$ ve derinlik (D) değerlerinin sistemde (en) yüksek değerde olması, mahremiyet ve korunaklı olmak gibi öne çıkan kronotop motifleri ve kavramlarını desteklemektedir. Yalnızca hamamlarda değil, konutta yatak odaları gibi her tip yapıda derinliği fazla olan mekanların genel sirkülasyon akışından izole olduğu ve mahremiyet ihtiyacına karşılık geldiği görülmektedir. Burada mekân dizim entropisi mekâna erişim zorluğu ile doğru, entegrasyonu ise mekânın izole özelliği ile ters orantılıdır. Diğer taraftan fonksiyon entropisi (Ef) değerlerinin her bir hamam için birbirine oldukça yakın olması yıkanma kültürü ve termal kurgunun belirgin etkisini göstermektedir. Entropi değerleri termal kurguya bağlı gelişen kurgunun ve yinelemelerin yıkanma ritüeli ile mantıksal ilişkisini doğrulamaktadır. Motifsel kronotoplar bu denklem içerisinde mekân okumasını destekleyen düğüm noktaları olarak değerlendirilebilir.

AS2. Karmaşıklık (yüksek entropi) değerleri yapının sürekliliği ve dönüşümü için potansiyel göstergeler olarak kullanılabilir mi? Bu doğrultuda entropi değerlerinin yeniden kullanıma etkisi nedir?

Literatürde yer alan entropiye bağlı uyarlanabilirliğin ölçülmesine yönelik çalışmalar doğrultusunda, sayısal analiz ile elde edilen değerler bu bağlamda sorgulandığında anlamlı bir çıkarıma ulaşılamamıştır. E_s'nin yüksek standart sapmaya sahip olduğu görülmektedir. Dolayısıyla plan üzerinden iki boyuta indirgenen tipoloji çalışmalarında kesit düzleminin önemi vurgulanabilir. Örneklem bağlamında entropi değerleri yapının dönüşümünde ve yeniden kullanımında belirleyici değil, destekleyici potansiyel bir etkiye sahiptir. Ayrıca yüksek entropi değerleri ile uyuşmayan âtıl kullanımlarda mülkiyet ve yakın çevre gibi çok çeşitli aktörler rol almaktadır.

AS3. Mekânsal analiz değerleri belirlenen beş faktöre bağlı nasıl değişmektedir?

Hamamlar, tipoloji, ölçek, işlev ve dönemsel niteliklerine göre incelendiğinde; (I) Çifte ve tek hamamların tipolojilerindeki simetri farklılıklarının RA ve DF değerleri üzerindeki etkilerine dair anlamlı bulgular elde edilmiştir. Çifte hamamların daha homojen özellikte olduğu görülmektedir. Hamamların genelinde etkileşimin ortalama düzeyde olduğu ancak tek hamamlarda etkileşimin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. (II) Ölçekten bağımsız, DF değerleri baz alındığında mekân kurgusu nedeniyle hamamların homojen özellik gösterdiği görülmektedir. (III) Mekân kurgusundaki değişimler E_f değerine etki etmektedir. (IV) Dönem faktörüyle ilişkisi görülen D ve MD değerleri hakkında tutarlı çıkarımlar için örneklem sayısının arttırılması öngörülmektedir.

Sonuç olarak hamam ve halvet motifleri üzerine derinleşen araştırma, bütünleşmiş mekân analiz yaklaşımı ile hesaplamalı tasarım kültürüne ve örneklem alanıyla tarihi çevre ve kültürel mirasın çok yönlü analizine katkı sunmaktadır. Sayısal mekân analizi sonucunda elde edilen değerlerin anlamsal ilişkilerinin ve tutarlılıklarının değerlendirilmesi, mekânın çözümlenmesinde farklı yaklaşım olanaklarının ortaya çıkmasını sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

Alexander, C. (1977). *A pattern language: towns, buildings, construction*. Oxford university press, ISBN 13: 9780195019193

Arnheim, R. (1974). *Entropy and art: An essay on disorder and order*. Univ of California Press, ISBN: 0520026179

Baird, J. C. (1972). Application of information theory to man-environment systems. *Journal of the American Institute of Planners*, 38(4), 254-257. https://doi.org/10.1080/01944367208977615

Bakhtin, M. M. (1981). *The dialogic imagination: Four essays, ed. Michael Holquist*, trans. Caryl Emerson and Michael Holquist (Austin: University of Texas Press, 1981), ISBN 13: 9780292715349

Batty, M. (2013). *Urban informatics and big data*. A Report to the ESRC Cities Expert Group, 1-36. http://www.spatialcomplexity.info/files/2015/07/Urban-Informatics-and-Big-Data.pdf

Bemong, N., Borghart, P., De Dobbeleer, M., Demoen, K., De Temmerman, K., & Keunen, B. (2010*). Bakhtin's theory of the literary chronotope: Reflections, applications, perspectives* (p. 213). Academia Press.

Bostanci, S. H., & Ocakçi, M. (2009). Kent siluetlerine ilişkin tasarım niteliklerinin, entropi yaklaşımı ile değerlendirilmesi. *İTÜ Dergisi/a*, 8(2), 27-36. http://itudergi.itu.edu.tr/index.php/itudergisi_a/article/view/222

Coelho, C., & Heitor, T. (2017). Adaptability retrieval in artistic learning environments. *In Proceedings of the 11th International Space Syntax Symposium* (pp. 7-1). Instituto Superior Técnico. http://hdl.handle.net/10316/43722

Costa, C. S., & Ioannidis, K. (2017). *The Making Of The Mediated Public Space Essays on emerging urban phenomena*. Edições Universitárias Lusófonas. http://hdl.handle.net/10437/9851

Crompton, A. (2012). The entropy of LEGO®. In *Environment and Planning B: Planning and Design* 39(1), 174-182. https://doi.org/10.1068/b37063

Çil, E. (2006). Bir Kent Okuma Aracı Olarak Mekân Dizim Analizinin Kuramsal ve Yöntemsel Tartışması. *Megaron,* 1(4), 218-233. https://app.trdizin.gov.tr/publication/paper/detail/TnpjeE5UQXc

Dicle, A., & Okuyucu, S. E. (2009). Yeniden Kullanıma Adaptasyon ve Sosyo-Kültürel Sürdürülebilirlik Bağlamında Afyonkarahisar Millet Hamamının Değerlendirilmesi. *Megaron*, 3(3).

Gero, J. S., & Jupp, J. R. (2002). Measuring the information content of architectural plans. In Hippolyte PL ' Miralles E (eds), *SIGraDi Caracas* 2002, Ediciones Uni. Central de Venezuela: 155–158. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/Show&_id=caadria2010_016/paper/4450

Güzelci, O. Z., & Sener, S. M. (2019). An Entropy-Based Design Evaluation Model for architectural competitions through multiple factors. In *Entropy*, 21(11), 1064. https://doi.org/10.3390/e21111064

Hanson, J. (1999). *Decoding Homes and Houses. In Decoding Homes and Houses*. https://doi.org/10.1017/cbo9780511518294

Hillier, B. (2007). *Space is the machine: a configurational theory of architecture. Space Syntax,* ISBN 13: 9780955622403

Hillier, B., & Hanson, J. (1984). *The social logic of space*. CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, ISBN 0521233658

Hillier, B., Hanson, J., & Peponis, J. (1987). Syntactic Analysis of Settlements. In *Arch. & Comport*. 3(3), 217-231.

Hillier, B., Perm, A., Hanson, J., Grajewski, T., & Xu, J. (1993). Natural movement: or, configuration and attraction in urban pedestrian movement. In *Geographie Economie Societe* (Vol. 20, pp. 29–66). https://doi.org/https://doi.org/10.1068/b200029

Hillier, B., & Bartlett. (1999). *Centrality as a process: accounting for attraction inequalities in deformed grids* (pp. 107–127).

Kanetaki, E. (2004). The still existing ottoman hamams in the Greek territory. *Odtü Mimarlik Fakültesi Dergisi= Metu journal of Faculty of Architecture*, 21(1-2), 81-110.

Karimi, K. (2018). Space syntax: consolidation and transformation of an urban research field. In *Journal of Urban Design* (Vol. 23, Issue 1, pp. 1–4). https://doi.org/10.1080/13574809.2018.1403177

Kotnik, T. (2014). … there is geometry in architecture. In *Form-Rule, Rule-Form Symposium* (pp. 35-43). Innsbruck university press. https://research.aalto.fi/en/publications/there-is-geometry-in-architecture.

Latour, B. (2006). Which protocol for the new collective experiments?. *Boletín CF+ S*, 32/33. http://habitat.aq.upm.es/boletin/n32/ablat.en.html

Lefebvre, H. (1991). *The production of space* (Vol. 142). Blackwell: Oxford, ISBN 13:9780631181774

Okuyucu, Ş. E., & Coban, G. (2021). Analysis of the refunctioned millet hamami through space syntax. *The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication - TOJDAC*, 11(1), 268–281. https://doi.org/10.7456/11101100/015

Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27(3), 379–423. 0.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x

Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. Urbana: University of Illinois Press, ISBN 13: 9780252725487

Soja, E. W. (1989). *Postmodern geographies: The reassertion of space in critical social theory*. Verso. ISBN 13: 9780860919360

Stamps, A. E. (1999). Physical Determinants of Preferences for Residential Facades. *Environment and Behavior*, 31(6), 723–751. https://doi.org/10.1177/00139169921972326

Stamps, A. E. (2003). Advances in visual diversity and entropy. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 30(3), 449-463. https://doi.org/10.1068/b12986

Stamps, A. E. (2004). Entropy And Vısual Dıversıty in The Envıronment. *Journal of Architectural and Planning Research*, 21(3), 239–256. https://www.jstor.org/stable/43031079

Terzidis, K. (2014). *Permutation design: buildings, texts, and contexts*. Routledge, https://doi.org/10.4324/9781315795911

Volchenkov, D., & Blanchard, P. (2007). Discovering important nodes through graph entropy encoded in urban space syntax. arXiv preprint arXiv:0709.4415v1

Yang, C., & Gu, Z. (2020). Optimization of Public Space Design Based on Reconstruction of Digital Multi-Agent Behavior Taking the public space of the North Bund in Shanghai as an example. *Proceedings of the 25th International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA) 2020*, Volume 1, 335-344. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/2015%20+dave=2:/Show?caadria2020_094

8. OTURUM

NİTEL ÇALIŞMALAR

Lizbon'un Deneyim Haritalaması Üzerine Fenomenolojik Bir Araştırma

Feyza Nur Koçer Özgün[1]; Ethem Gürer[2]
[1,2]İstanbul Teknik Üniversitesi
[1]kocerf@itu.edu.tr; [2]egurer@itu.edu.tr

Özet

Gidilen şehre dair zihindeki önyargıları (ön bilgileri) oluşturan ve her türlü araştırma, öğrenme ve deneyim sonucunu içeren bilgilerin öznel ve özgün temsil ortamlarından birisi de haritalamalardır. Gözlemleyen kişide yer etmiş olan önyargılarla şekillenen ve farklı deneyim süreçleriyle harmanlanan turist olma deneyimi, şehrin var olan yapısının salt nesnel bir bakışla görülmesinden öte; karakteristik bir şehir imgesi formuna kavuşmasını sağlamaktadır. Bu çalışmanın çıkış noktasını, daha önce gidilmemiş bir şehri turist olarak nasıl ölçeriz sorusu oluşturmaktadır. Çalışma, farklı katmanlarda Lizbon şehrine odaklanarak şehre dair araştırılan, deneyimlenen ve bu deneyim sonrası elde edilen verilerin toplamında şekillenmiş olup; her adım için haritalamalar yapılmıştır. Bu bağlamda özne konumundaki turist ve nesne konumundaki şehir, fenomenoloji ve hermenötiğin bir arada müdahil olduğu bir yöntemle ele alınmıştır. Turistik şehir imgesini paranteze alarak, parantezin içerisinde kalan her bir öğeyi, yani farklı katmanların oluşturduğu haritaları hermenötik olarak yorumlamak ve yorumlanan bu katmanları fenomenolojik indirgemelerle açıklayarak, şehri bir turistin nasıl ölçebileceğinin bilgisine ulaşmak hedeflenmektedir. Parantez içi öğeler olarak atfedilebilecek katmanlar ise Lizbon şehrine dair dolaylı ve doğrudan deneyim aktarımlarına dayanmaktadır. Seyahat için söz konusu olan araştırma kısmı internet ortamındaki gezi blogları ve televizyon programlarından elde edilen verilerin derlenmesi ile oluşturulan ve turistik gezi öncesinde detaylı bir program çıkarmayı sağlayan verilerden oluşmaktadır. İkinci kısım doğrudan deneyimi içermektedir ve dört günlük bir Lizbon gezisini aktarmaktadır. Bu katman, fenomenolojik askıya alma tabirinin bilinçli olarak uygulandığı asıl kısmı oluşturmaktadır. Gezi sonrasında yapılacak çalışmalar ise Lizbon hakkında farklı deneyim sahiplerinin doğrudan ve dolaylı deneyimlerinin aktarımlarına dayanmaktadır. Yarı-planlı gezi, rastlantısal gezi, okuma ve izleme deneyimlerine dayanan bu aktarımlar, fenomenolojik katmanları güçlendiren dört ayrı haritalama ile temsil edilmiştir. Çalışma sonucunda ortaya çıkması beklenen haritalamaların arasındaki oluşabilecek ilişkiler ise bir turist gözünden şehrin nasıl ölçülebileceğine dair bilgileri farklı bir katman haritası formatında sunmaktadır. Nitel araştırmanın bir parçası olarak yapılan fenomenolojik gözlemler, farklı katılımcılardan elde edilecek deneyim parametrelerinin kendi aralarındaki ve konum bağlantılı ilişkileriyle geliştirilebilecek ve şehrin turistik rotalarını görünmeyen değerleriyle birlikte öne çıkarabilecek dijital bir modele dönüşme potansiyeline sahiptir.

Anahtar Kelimeler: *Deneyim haritalaması, Nitel araştırma, Fenomenoloji, Hermenötik, Lizbon.*

A Phenomenological Study on the Experience Mapping of Lisbon

Feyza Nur Koçer Özgün[1]; Ethem Gürer[2]
[1,2]Istanbul Technical University
[1]kocerf@itu.edu.tr; [2]egurer@itu.edu.tr

Abstract

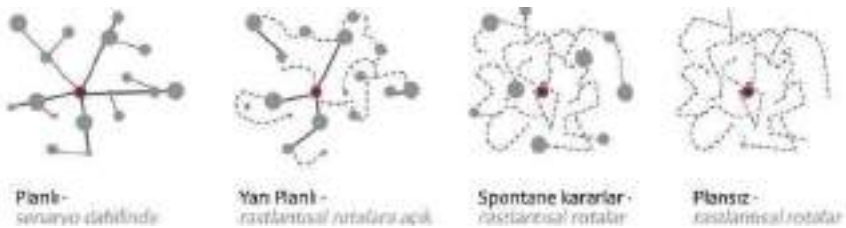
Mapping is one of the subjective and original representation environments of the information, and includes the results of all kinds of research, learning, and experience that creates the prejudices (pre-knowledge) in the mind about the city visited. The experience of being a tourist, shaped by the prejudices ingrained in the observer and blended with different experience processes, is beyond seeing the existing structure of the city with a purely objective view; it provides a characteristic city image form. The starting point of this study is the question of how to measure a city that has not been visited before as a tourist. The study has been developed by the sum of the data researched, experienced, and focused on the city of Lisbon in different layers. In this context, the tourist as a subject and the city as an object are discussed in a way that phenomenology and hermeneutics are involved together. Mapping was used for each step of these phenomenological layers. By bracketing the touristic city image, it is aimed to try to reach the knowledge of how a tourist can measure the city by hermeneutical interpretation of each item within the brackets, and by explaining these interpreted layers with phenomenological reductions. The layers that can be attributed as parenthetical items are based on indirect and direct transfers of experience about the city of Lisbon. The research part in question for travel consists of data created by compiling the data obtained from travel blogs and television programs on the internet and providing a detailed program before the touristic trip. The second part includes the direct experience and recounts a four-day trip to Lisbon. This layer constitutes the main part where the term phenomenological suspension is applied consciously. The studies to be carried out after the trip are based on the direct and indirect experiences of people with different experiences about Lisbon. These transfers, which are based on semi-planned travel, random travel, reading, and watching experiences, are represented by four different mappings that strengthen phenomenological layers. The relationships that may occur between the mappings expected to emerge as a result of the study, on the other hand, present information of the experience in a different layer map format. Phenomenological observations made as a part of qualitative research have the potential to turn into a digital model that can be developed with the relationship between the experience parameters to be obtained from different participants and their location-related relationships, and that can highlight the touristic routes of the city with their invisible values.

Keywords: *Experience mapping, Qualitative research, Phenomenology, Hermeneutic, Lisbon.*

1. Bir Turist Olarak Gezme Eylemi

Turist olma durumu hakkında farklı tanımlamalar yapılabilmekle birlikte, kabul gören ifadelerden biri de 'yerleşik olarak yaşanan yerden ayrılarak, geri dönülen süreye kadar bir rota üzerinde seyahat etmektir (He ve diğ., 2014). Günümüzde rehber kitapların ve televizyondaki seyahat programlarının çoğalması ile gidilmek istenen herhangi bir yerle ilgili bilgilere kolayca erişilebilmektedir. Gidilecek yerin coğrafi ya da tarihi bilgilerini içeren araştırmalar yerine rehber kitapların ya da gezi programlarının sıklıkla takip edilmesi ise edinilmek istenen bilginin deneyim odaklı olarak talep edilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu anlamda deneyim odaklı yayın yapan medyalar turist sayısına doğrudan katkı yapmasa da gezme sürecindeki davranışlarda ve turistik yerlerde tematik rotaların oluşmasında pay sahibidir (Flognfeldt, 2005). Sosyal medyada ilgi gören bir fotoğrafın çekildiği yere gelen ziyaretçi sayısının artması ya da gezi bloglarında olumsuz yorumlar yapılan bir yerle ilgili yeni düzenlemeler yapılarak reklamlar hazırlanması bu durumun örneklerindendir. Müzeler, anıtlar, doğal veya tarihi değeri olan yerler birincil çekim merkezlerini oluşturmaktayken, şehre dair pozitif etki bırakma niteliğine sahip çeşitli kafeteryalar, restoranlar, otel veya eğlence aktiviteleri ikincil çekim merkezlerini oluşturmaktadır (Ashworth ve Tunbridge, 1990). Bu iki çekim merkezi türünün bir arada bulunduğu şehirlerse bir şehrin turistik olmasını sağlayan en önemli faktörlerden biridir (Zarrili, ve Brito, 2013). Planlanan bir seyahatte, yaşanan ülkenin dışında bir yere gitme durumu söz konusu ise, yurt içi seyahatlerinden farklı olarak genellikle daha detaylı bir ön araştırma yapmak tercih edilir. Turist durumundaki gezginler, önceki seyahat deneyimlerine dayanarak maksimum verimde ve tatmin edici bir seyahat süreci yaşamak için gidilecek yerle ilgili güncel bilgileri edinmek ya da alternatifler oluşturmak gibi yollara başvurabilirler (He ve diğ., 2014). Turistlerin kendi kişisel alışkanlıklarını göz önüne alarak yaptıkları tercihler; yaşanacak turistik seyahat deneyimini de etkilemektedir (Garvill, Marell ve Nordlund, 2003). Düzenli olarak tekrar edilen ve kişisel olarak her defasında pozitif sonuçlar alma beklentisine dayanan alışkanlık durumu, aynı zamanda seyahat sürecindeki karar alma ve harekete geçme konusundaki süreci hızlandırır (Verplanken ve Aarts, 1999); ki seyahat etmeye alışkın birisi için bu durum gidilecek ülkede kalınacak yerden, gezerken kullanılabilecek ulaşım araçlarına kadar pek çok durumda belirleyici olacaktır. Bu anlamda gezi sürecindeki planlama 'tercih bazlı' ya da 'senaryo bazlı' olarak adlandırılabilir (Garling ve diğ., 1998).

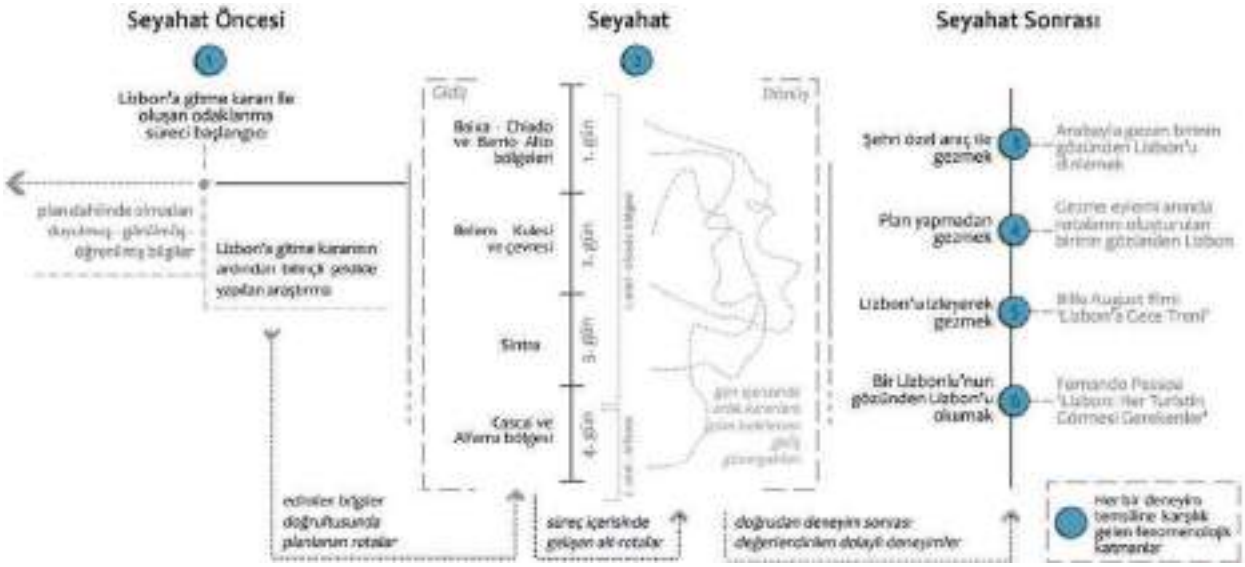
Varılmak istenen nokta ile turistin kurduğu ilişki sabit değildir ve çeşitli iç-dış ya da doğal ve kişisel faktörlerden etkilenerek dinamik ve geçici bir yol izler (Baggio, R. ve Sainaghi, 2011). Gidilen şehirde her ne kadar önceden yapılmış bir hazırlık olmadan tercih bazlı seçimler yapılacak olsa da kişisel olarak ilgi duyulan bir müze görüldüğünde aniden ziyaret etme kararı almak ya da önceki bir seyahatte karşılaşılmış olan olumsuz bir durumun tekrarlanmaması için bu defa farklı bir yaklaşımın izlenmesi, gezinin ilerleyişini değiştirebilen durumlardır. Gün gün planlanan seyahatlerde ise gidilmesi gereken yerler önceden belirlenerek, seyahat süresince konaklanacak yerle, ulaşım imkanlarıyla, hatta günlük hava durumu tahminleriyle bağlantılı olarak günlük rotalar oluşturulur. İzlenen rotalar ise turist gözünden anlaşılan şehir imgesinin üzerindeki en etkili faktörlerden biridir. Gün batımının izlenebileceği bir seyir terasına gece geç saatlerde gidilmesi ile görülmeden geçilecek bir manzara ya da yanlış planlama sonucu önemli bir müzenin kapalı olduğu gün ziyarete gidilmesi; izlenen rotaların seyahat sürecindeki deneyimi kısıtlayabilecek etkiye örnek olarak verilebilir. Bunların yanında seyahat süreçlerini sadece rastlantısal ya da planlı olarak ayırmak, turistik deneyimdeki esnekliğe çok uygun bir yaklaşım oluşturmaz. Zira gezen kişilere, gidilecek yerle ilgili ön bilgilere ya da seyahat sürecindeki şartlara göre gezi sırasında izlenecek rotalar da değişiklik gösterebilir (**Şekil 1**). Seyahatin ilk günlerinde planlı şekilde izlenen rotalar daha sonra rastlantısal gezilere yerini bırakabilir. Aynı şekilde plansız bir gezi yapılırken zaman zaman gidilecek yerlere karar verilerek süreç içerisinde belirlenmiş rotalar izlenebilir.



Şekil 1. Seyahat sırasında izlenebilecek rota yaklaşımları (Kaynak: Yazarlar).

Turizm ve turistlik kavramları hem teoride hem de pratikte farklı bilgi ve deneyim süreçleri içerdiği için nicel ölçüm verileri kadar nitel ölçümlerin de değerlendirilmesi gerekli hale gelmiştir (Baggio, 2019). Sayısal tasarımda

kullanılabilecek model ve uygulamalarda yalnızca nicel verilere dayanan araştırma sonuçlarını kullanmak ise özellikle mimarlık ve tasarım gibi toplum, kültür ve diğer sosyal katmanlardan beslenen çalışma alanları için yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle çalışmadaki muğlak katmanların ele alınması sürecinde Husserl'in paranteze alma (Husserl, 1962) yönteminden faydalanılmış ve belirsiz, ölçülemeyen bir deneyimi ölçmek için (Moles, 2004) fenomenoloji ve hermenötik yöntemler izlenerek ele alınmıştır. Lizbon'un katmanlarla incelenmesi, nesne durumunda askıya alınmış kavram olarak *şehri* ön plana çıkarırken, bu katmanların oluşturulması hermenötik olarak yorumlanan haritalamalara dayanmaktadır. Yorumlanan katmanların ifade edildiği haritalamalarla temsil edilmiş veriler üzerinde yapılabilecek fenomenolojik indirgemelerin ise şehrin özüne dair bilgilere ulaştırması hedeflenmektedir. Bir adım geriye atarak ele alınan duruma bir de uzaktan bakmayı ifade eden fenomenolojik indirgeme (Ihde, 1986) yöntemi ile, aynı zamanda fenomenolojik bir bakış açısıyla şehri ele alabilmek için deneyim süreçlerine olayın dışından bakabilmek amaçlanmıştır. Yorumlama sürecinde ise deneyim sırasındaki içinde olma ve deneyim sonrasındaki uzaktan bakma durumlarındaki birbirlerini etkileyen kavram ve süreçler, yapılan haritalamalar üzerinden Ricoeur'ün 1984'te önermiş olduğu hermenötik spiral (Gürer, Özkar ve Çağdaş, 2016) bağlamında ele alınmıştır. Çalışma kapsamındaki fenomenolojik ve hermenötik yöntemlerin uygulandığı yatay ve dikey katmanlar alt-yöntem olarak, altı farklı deneyim temsilini ifade etmektedir (**Şekil 2**).



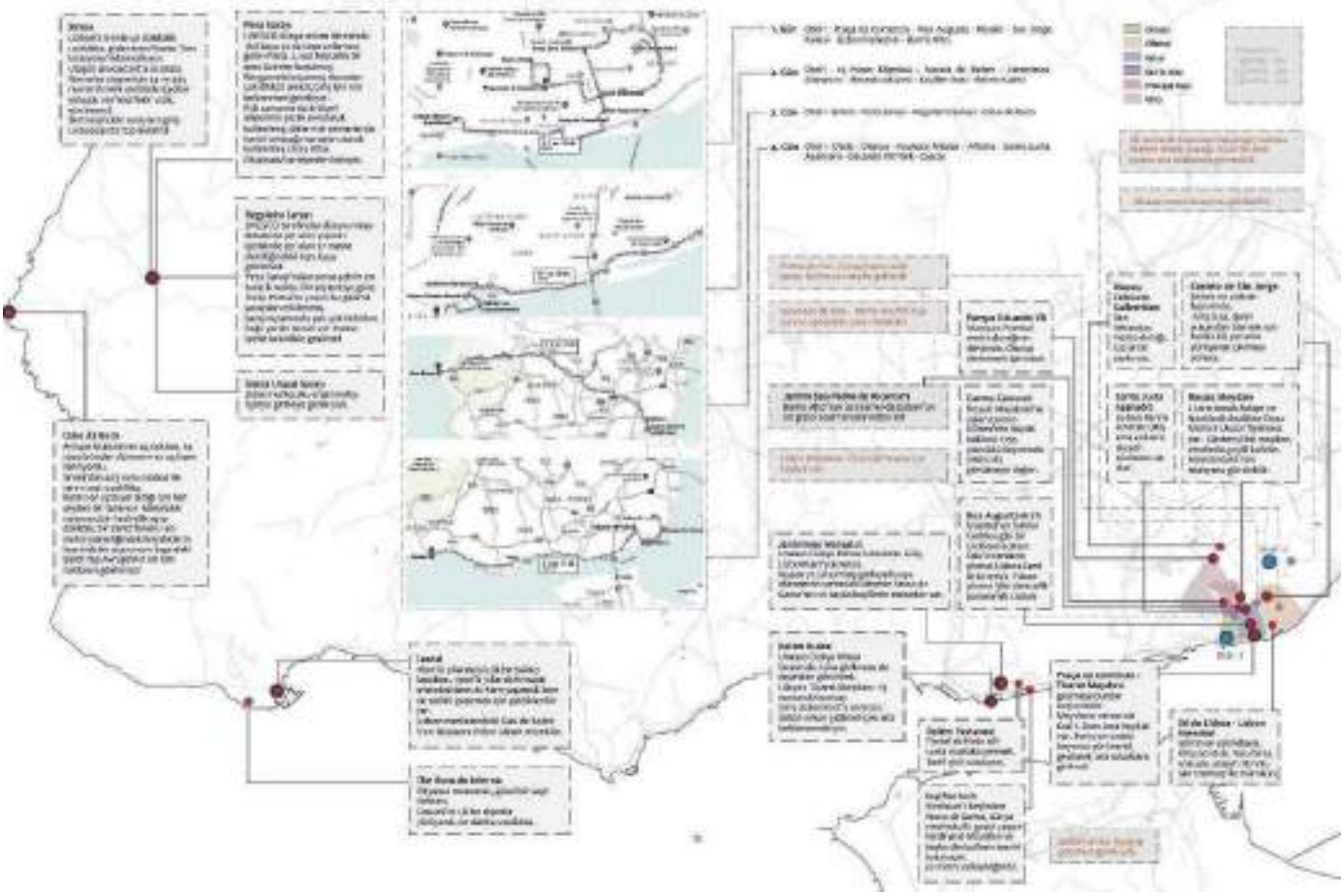
Şekil 2. Yatay ve dikey katmanların oluşturduğu çalışma yöntemi (Kaynak: Yazarlar).

2. Seyahat Öncesi

Bu çalışmada Lizbon'a bilinçli şekilde odaklanmanın ve şehre ait bilgileri daha dikkatle ele almanın başladığı süreç, Portekiz'e gitme kararının verilmesinden sonraki zamana tekabül etmektedir. İnternet ortamından erişimi mümkün olan dört ayrı blogda yer alan Lizbon gezi notları, televizyon programı olarak yayınlanan iki gezi programı ve kişisel çevre dahilinde Lizbon'da bulunmuş olan kişilerce önerilmiş bilgileri içeren bir haritalama sonucu (**Şekil 3**) bir gezi rotası oluşturulmuştur. Dört günlük gezi süresince Lizbon'un hangi bölgelerinde nerelerin görülmesi gerektiği ve bu bölgeler arasında hangi ulaşım araçlarının daha kolay kullanılabileceğine dair küçük planlamalar yapılmış; gün içerisinde görülmesi gereken yerlere gitme zamanları ve bölgelerin içlerindeki geziler ise o anki duruma göre şekillenmek üzere ucu açık bırakılmıştır. Bu anlamda Şekil 1'deki rota yaklaşımlarına göre gezide çoğunlukla yarı planlı bir sistemle rotaların izlendiği söylenebilmektedir. Oluşturulan rotalar, farklı deneyim süreçlerinden geçmiş kişiler tarafından çoğunlukla olumlu etki bıraktığı belirtilmiş olan ya da görülmesi gereken yerler şeklinde nitelendirilmiş alanların derlenmiş bir versiyonu olmakla birlikte; rotaların çıkartılmasında, konaklanacak yerlerin konumu önemli bir faktör olmuştur. İlk 3 gün süresince kalınacak otelin Baixa-Chiado bölgesinde olması ve son 1 günlük konaklamanın Alfama bölgesine yakın olması, rotaların düzenlemelerinin de bu alanları odak noktası seçerek gelişmesini sağlamıştır.

Lizbon ile ilgili turistik noktalara ve günlük deneyimlere dair genel bilgileri içeren hazırlık aşaması, 4 gün süresince deneyimlenecek seyahatte dikkat edilen ana hatları belirtmektedir. Seyahat sırasında görülen yerlere dair bilgilerin takip edilebilmesi amacıyla metin olarak derlenerek seyahat süresince geziye eşlik etmiş bilgilerin haritaya aktarılması ile oluşturulmuş bu ön bilgiler, seyahat deneyiminin öznelliğini ve esnekliğini içermemektedir. Zira henüz gidilmemiş

ve sadece turistik bilgiler hakkında araştırmalar yapılmış bir şehre dair zihinde oluşan imajlar da bu bilgilerin çizdiği sınırlar kadardır.

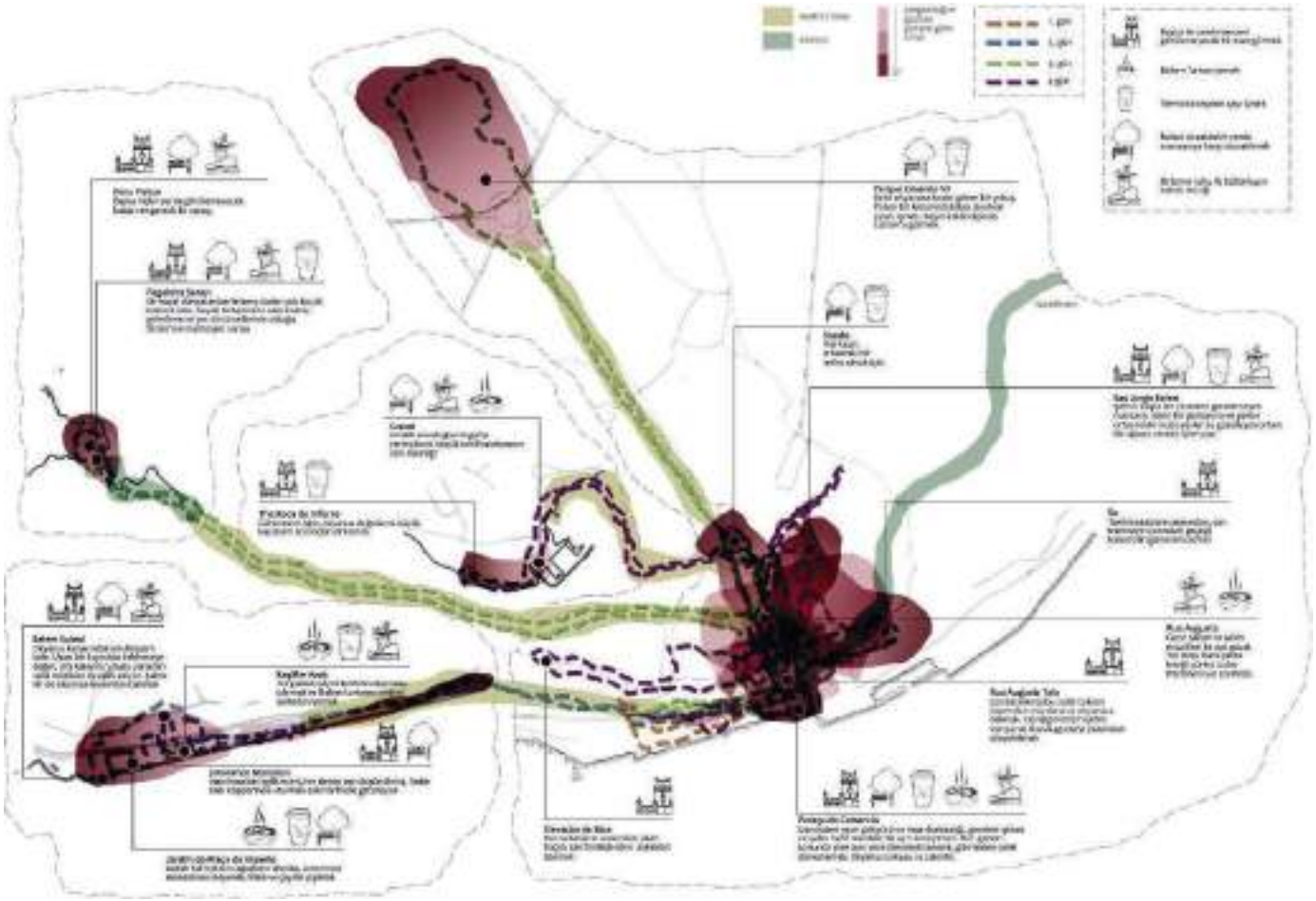


Şekil 3. Harita A. Seyahat öncesinde hazırlanan notların haritalanması ve tahmini rotaların oluşturulması (Kaynak: Yazarlar).

3. Seyahat Deneyimi

Lizbon'a gerçekleştirilen ve doğrudan deneyim kısmını içeren seyahat 08.10.2019 – 11.10.2019 tarihlerindeki 4 günü kapsamaktadır. Her ne kadar seyahatin öncesinde derlenen bilgilerin gezi sırasında takip edilen rotaların oluşturulmasında etkisi olsa da gezilen yerlerin durumu, kişisel tercihler, çevresel faktörler gibi nedenlerle varılmak istenen noktalara farklı güzergahlar izlenerek ulaşılmış ve kesin hatlar içeren bir plan takibinden çok, şehrin o tarihlerdeki karakterinin etkisiyle gelişmiş bir ağ formuna dönüşmüştür. Doğrudan deneyim sürecinde şehri tanımaya ve yaşamaya yönelik keşifler, her farklı yerde kendine özgü bir karaktere sahip olsa da özünde birbirleriyle bağlantılı eylem ve duyguları açığa çıkarmaktadır. Şehrin bir turist tarafından deneyimlenmesi sürecinde ortamla ve koşullarla şekillenen ve tümüyle öznel olan bu eylem ve duygular ise yorumlamaya açık bir ölçek oluşturur. Bu ölçeklerde mekânsal ve zamansal olarak şehre dair çeşitli tariflemelerde bulunmaya olanak tanıyabilmektedir. Bu bağlamda hazırlanan ilk haritalama çalışmasında, seyahat sürecinde ziyaret edilen yerler ve izlenen rotalar, doğrudan deneyim sırasında ortaya çıkan beş ana ölçek doğrultusunda ele alınmıştır (**Şekil 4**). Lizbon'un bu anlamda en keyif verici deneyimlerinden biri, dünyanın başka hiçbir yerinde görülmesi mümkün olmayan bir yeri görmek ve şehrin neden bu kadar özel olduğunu anlamayı sağlayacak büyük ya da küçük bir yapı ya da eseri, belki de bir doğal güzelliği izleyerek zaman geçirmektir. Bu yerler çoğunlukla turistik mekân olarak nitelendirilmiş ve halihazırda pek çok ziyaretçinin gidip görmek istediği yerler olmakla birlikte, aslında neden o noktanın mutlaka görülmesi gerektiğinin kişisel olarak farkına varıldığı anda ortaya çıkabilmekte ve anlık olarak yaşanan deneyimden kaynaklanmaktadır. Lizbon'da bu farkındalığı yaşatan pek çok nokta olmakla birlikte, özellikle dışarıdan görmek ve içinde gezmek arasında tümüyle farklı bir haz yaşatan yerler; Jeronimos Manastırı, Rua Augusta Takı'nın üstü, The Boca de Inferno burnu ve Sintra'daki Regaleira Sarayı'nın bahçesi olmuştur. Bu yerler seyahat öncesi yapılan araştırmalarda ve incelenen gezi bloglarında görülmesi gereken yerler olarak bahsedilirken, nasıl deneyimler yaşanabileceğinden bahsedilmemiştir. Şehirde görülmesi gereken pek çok detay olmakla birlikte, kişisel deneyim süresince bu deneyimleri destekleyen, belki de tadını almayı

sağlayan kısım, Lizbon'un yöresel tatlısı sayılan Belem Turtası'nı herhangi bir yerde durup bir manzara karşısında yiyebilmek olmuştur. Seyahat daha da kişiselleştirildiğinde ise, sakin bir zihinle şehirden keyif almayı sağlayan çay içme deneyimi öne çıkmış ve sırt çantasında taşınan küçük bir termos yolculuk boyunca eşlik etmiştir. Dışarıdan temin edilmesi gereken herhangi bir şey olmadığı için sadece izlenen rota içerisinde göze hoş gelen bir yerde oturma ihtiyacı oluşturan bu ölçek, şehirdeki büyük parklardaki bir banktan, bir kaldırım kenarına kadar geziye bir es verme noktası oluşturmuştur. Turta ve çay her ne kadar izlenen rotalardaki keyif verici detaylardan olsa da seyahat deneyimine şehrin sunduğu katkılardan biri de bu turistik şehirdeki yapılaşmanın pitoreskleri bozmadan oluşmuş olması ve yüksek yapılaşmanın şehirdeki manzara oluşturan noktaların önüne geçmemesidir. Bu anlamda turistik bir şehir yapan etmenlerden biri de tepelerden oluşan Lizbon'un, turistlerin karşısına bir anda çıkabilen bir seyir terasında şehri yüksekten izleme imkânı sunmasıdır (Zarrili, ve Brito, 2013). Şehrin kıyıda köşede kalmış ya da tam kalabalığın ortasında ama bir o kadar sakin ve yemyeşil parklarında bir ağaç altı bulmak da seyir terasları kadar şehri güzelleştiren bir öge olmuştur.



Şekil 4. Harita B. Seyahat deneyimlerinin haritalanması ve gezi sürecinde izlenen rotalar (Kaynak: Yazarlar).

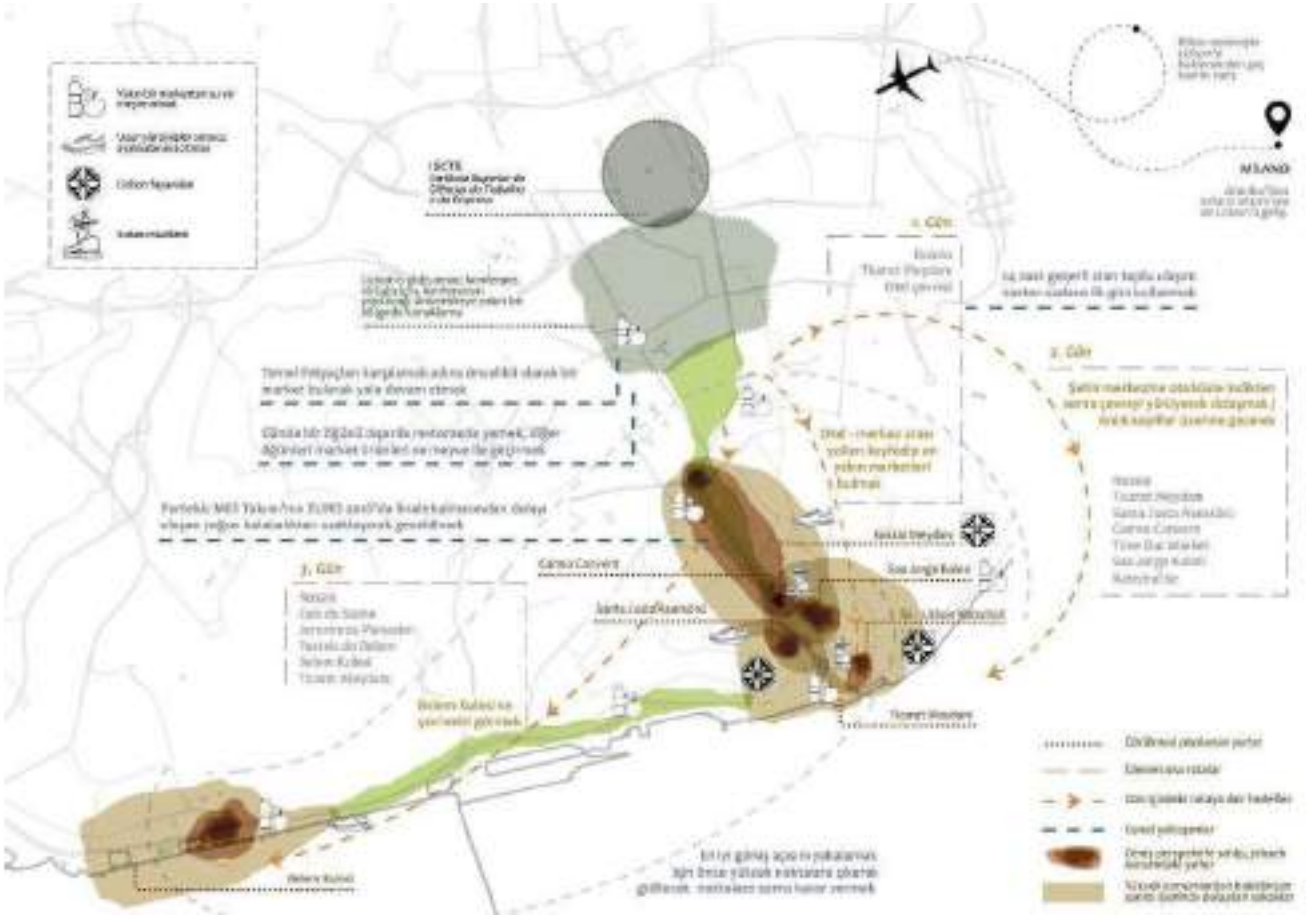
4. Seyahat Sonrası

Seyahat sonrası süreci, farklı kişiler tarafından doğrudan ve dolaylı olarak Lizbon deneyimlerinin aktarılması ile haritalamalarının oluşturulmasına dayanmaktadır. Aktarılan doğrudan deneyimler, Lizbon'u farklı zamanlarda ve farklı amaçlarla deneyimlemiş iki kişinin deneyimlerini (Gezgin 1 ve Gezgin 2) kapsamaktadır. Dolaylı deneyimler ise, Lizbon'un bir filmde izlenerek (Gezgin 3) ve bir kitap okunarak (Gezgin 4) nasıl gezilebileceğine dair verilerin haritalanması ile görselleştirilmiştir. Fenomenolojik katman olarak atfedilen aktarılan deneyim haritalama çalışmaları, ele alınan katmanların çizilme sürecinde her bir çizimin de bir sonraki çizimi görsel yorumlama olarak etkilediği yani hermenötik bir döngü oluşturduğu varsayılarak, haritalandıkları sıraya göre verilmiştir.

4.1. Lizbon'un Rastlantısal Gezilmesi

Şekil 4'te doğrudan deneyimin işlenmesinin ardından, ele alınan ilk katman, Lizbon'la ilgili hiçbir araştırma yapmadan şehri üç gün içerisinde keşfeden bir gezginin deneyimlerini içermektedir. Çoğunlukla o tarihlerde çekilmiş olan

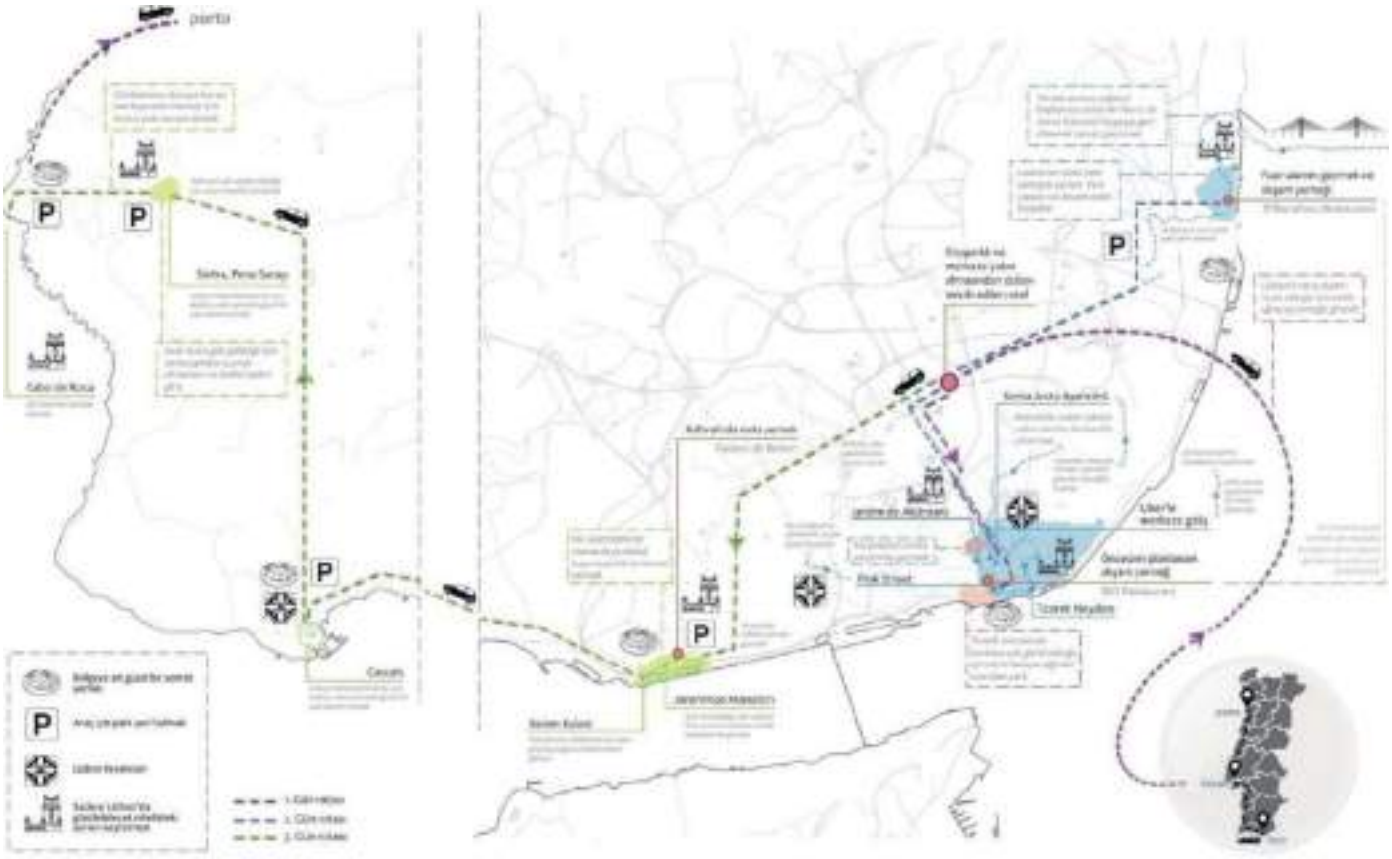
fotoğraflarla ve anlattıkça geçmişe dönük hatıraların anımsanmasıyla, yolculuk süreci karşı tarafa aktarılmıştır. 8 – 12 Temmuz 2016 tarihlerinde gerçekleştirilen bu seyahatte Lizbon'a gidiş amacı, 11 – 12 Temmuz 2016'da ISCTE Üniversitesinde gerçekleştirilen bir konferans sunumu öncesinde şehri gezmektir. Milano'dan aktarma ile gelinen Lizbon şehri ile ilgili daha önce herhangi bir araştırma yapılmamış olması ve şehir içerisinde sadece turist haritaları ile gidilecek yerlere karar verilmesi, Gezgin-1'in şehri algılaması ve şehri yorumlamasında etkili bir faktör olmuştur. Lizbon'dan hemen önce Milano'ya gidildiği için hem Milano gezisinin yorgunluğu hem de farklı bir ülkeden başka farklı bir ülkeye geçiş süreci, Lizbon'a varılan ilk günde daha uzak mesafelere gidilememesine neden olmuştur. Üç günlük seyahat süresince anlık isteklere ve koşullara göre yapılan rota belirlemelerinde iki önemli durum ön plana çıkmıştır. Temel ihtiyaçları temin etmek ve en iyi görüş açısına sahip olunacak yerleri bulmak bu anlamda gezi süresince izlenen rotaya yön veren etmenler olmuştur. **Şekil 5**, Gezgin-1'in aktardığı seyahat deneyimi temel alınarak oluşturulmuş, net olarak hatırlanamayan güzergahlar nedeniyle çoğunlukla daha muğlak bir görsel dille ifade edilmiştir.



Şekil 5: Harita C. Gezgin-1'in rastlantısal olarak gezdiği Lizbon'a dair doğrudan deneyimlerini aktarması (Kaynak: Yazarlar).

4.2. Lizbon'un Özel Araçla Gezilmesi

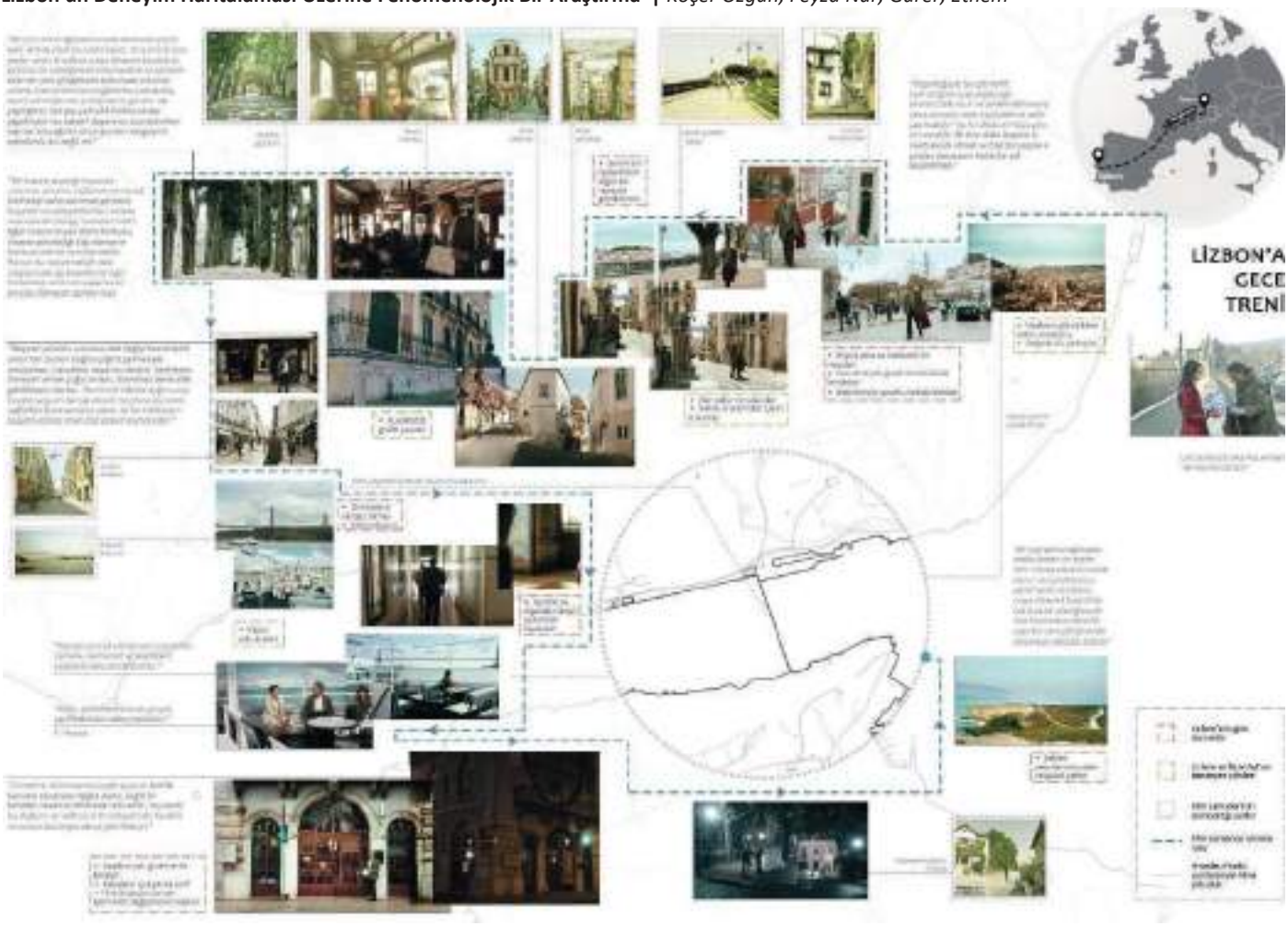
Aktarılan doğrudan deneyime dayanan ikinci seyahat, Gezgin-2'nin 9 – 10 – 11 Ağustos 2019 tarihlerinde gerçekleştirdiği Lizbon gezisini ele almaktadır. Yaz tatili için özel araçla Portekiz turu yapmak için havayoluyla Faro'ya gidilmesi ve daha sonra orada kiralanan araçla kıyı boyunca en güneyden Porto'ya kadar çıkılması hedeflenmiştir. Portekiz turu yapmaya seyahatinden kısa süre önce karar veren Gezgin-2, seyahati öncesinde detaylı bir çalışma yapmamakla birlikte genel olarak görmek istediği ve öneri olarak aldığı yerleri belirleyerek, ana rotalarını günlük olarak belirlemiştir. Bu seyahat deneyiminde farklılık oluşturan en önemli etmense özel araçla gezen bir turistin deneyimlerini içermesidir. Bunun yanında araçla şehri gezmenin pozitif yönlerinden biri, çoğunlukla şehir merkezi ve yakın çevresinde konaklayan ve gezen turistlerin ilk planda gitmeyi tercih etmeyecekleri yerleşim yerlerine araçla kısa sürede gidilebilmesi sonucunda farklı bir bakış açısından, sanki yerleşik olarak Lizbon'da yaşayan biri gibi şehri keşfetme şansı elde edilmesidir (**Şekil 6**). Seyahat süresince esas alınan yaklaşımlardan en önemlisi, şehri keşfetmenin bir adımının da yöresel yemekleri tatmak ve şehrin iyi restoranlarına gitmek olduğunu düşünen Gezgin-2'nin, turistik olarak gezilecek yerler kadar yemek yenilecek restoranları da araştırarak gitmesi olmuştur. Burada Lizbon'a özgü farklı yemekleri deneyimleme isteği, gidilecek restoranlara göre yeni rotaların oluşmasına imkân vermiştir.



Şekil 6: Harita D. Gezgin-2'nin özel araçla gezdiği Lizbon'a dair doğrudan deneyimlerini aktarması (Kaynak: Yazarlar).

4.3. Lizbon'un İzlenerek Gezilmesi: Lizbon'a Gece Treni

Doğrudan deneyimde kişisel olarak orada bulunarak anı yaşamak, bir turist olarak deneyimlenmesi gereken bir süreç olmakla birlikte, bu çalışmada fenomenolojik katmanlar oluşturmak için dolaylı deneyimlerden de yararlanılmıştır. Bu dolaylı deneyimlerden ilki, Pascal Mercier'in aynı isimli romanından uyarlanan, Bille August'un yönettiği Lizbon'a Gece Treni filminin izlenmesini kapsamaktadır. Filmdeki ana karakterin daha önce hiç görmemiş olduğu bir şehir olan Lizbon'a ani bir şekilde gidiş kararı alması ve olay örgüsünün tümüyle yabancı olduğu bir şehirde geçirdiği zamanı içermesi nedeniyle bu çalışmada Lizbon'a Gece Treni filmi seçilmiştir. Filmi izleyen Gezgin-3, daha önce Lizbon'a gitmemiş biri olarak filmi izlediği sırada ve film sonrasında görüş ve düşüncelerini aktarmıştır. Filmi izleyene kadar Lizbon'a dair herhangi bir bilgisi olmadığı için, genel olarak film sahnelerinin geçtiği dış mekanları, daha önceden bulunduğu yerlerle eşleştirerek aklında Lizbon'a dair bir bakış oluşturmuştur. Gezgin-3 bu anlamda Lizbon'u çoğunlukla İstanbul'a benzeterek ve sahnelerde geçen yerleri daha öncelerde doğrudan gezip gördüğü yerlere benzeterek tariflemiştir. İki şehirde de hala kullanılmakta olan eski tramvay hatları ise bir diğer benzerlik olmuştur. Film süresince birkaç defadan fazla olarak vapur yolculuğu yapılması ve kıyılar arasında gidip gelinmesi, Gezgin-3'te, Lizbon'da karşılıklı iki kıyının da İstanbul'un Avrupa ve Anadolu yakası gibi olduğu ve iki kıyı arası geçişlerin yoğun olarak kullanıldığı izlenimini uyandırmıştır. Filmde geçen birkaç sahnede geniş açıyla şehir gösterildiğinde, yerleşimlerin yamaçlar üzerine oturtulmuş vaziyette olması ve deniz görüntüsünün herhangi bir yüksek yapıyla kesilmiyor olması, İstanbul'un yüksek tepelerinden dahi denizin görülemediği düşünüldüğünde Lizbon'un önemli özelliklerinden biri olarak değerlendirilmiştir. Film bazında Lizbon şehrinin iki farklı dönemde gösteriliyor olması ve bu dönem aralığının yaklaşık 30-40 yıl olması; şehri yorumlamak için farklı karakterlerin etkili olabileceğine dair bir izlenim uyandırmıştır. Ancak filmde eski ve yeni hali gösterilen iç ve dış mekanlar genellikle aynı durumlarını koruyarak herhangi bir değişikliğe uğramamıştır. Gezgin.3 İstanbul şehrinde çeyrek asrı geçebilecek bir sürede kentsel ölçekte büyük değişiklikler olabileceğini, ama Lizbon'un eski görüntüsünü korumasının bu anlamda güzel bir farklılık oluşturduğunu belirtmiştir. Lizbon haritasına ve filmde geçen Lizbon kesitlerinin konumlarına aşina olmayan Gezgin-3, sadece filmde gösterilen köprüden ve yüksek yerlerden bakıldığı halde arka fonda denizi görebildiğinden hareketle, filmdeki rotanın belirli bir eksende izlendiğini belirtmiştir. Bu ekseni ise, bir Lizbon haritası üzerinde iki yakın kıyıyı birbirine bağlayan 25 Nisan Köprüsü ve çevresini içine alan dairesel bir alanın tercih edilmiş olabileceğini düşünerek yorumlamıştır (**Şekil 7**).

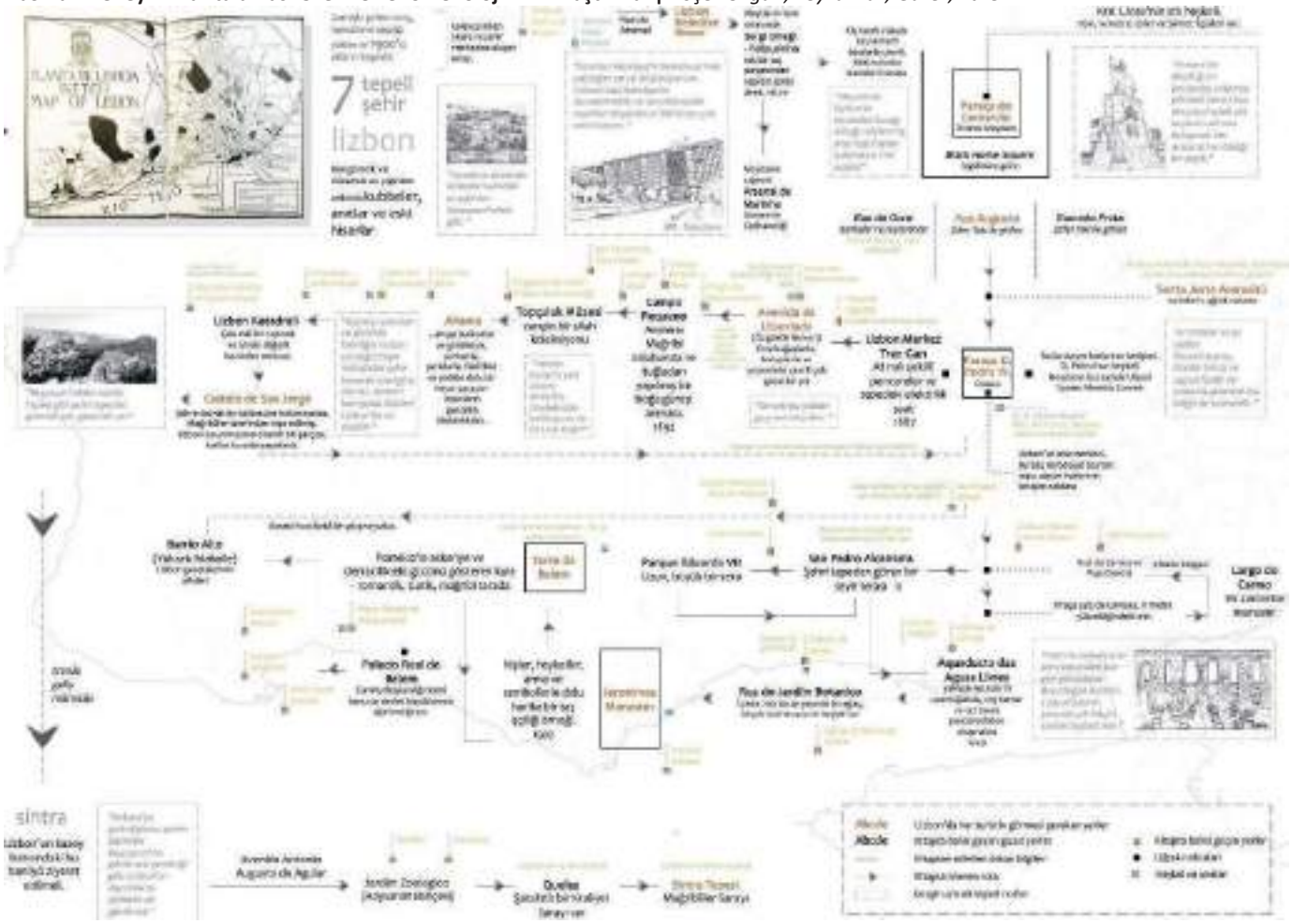


Şekil 7: Harita E. 'Lizbon'a Gece Treni' filmini izleyen Gezgin-3'ün aktarmış olduğu dolaylı Lizbon deneyimi (Kaynak: Yazarlar).

4.4. Lizbon'un Okunarak Gezilmesi: Lizbon, Her Turistin Görmesi Gerekenler

Lizbon şehrine dair oluşturulmaya çalışılan katmanlardan bir diğeri de daha önce Lizbon'a gitmemiş ve Lizbon'la ilgili herhangi bir bilgi sahibi olmayan biri tarafından okunacak bir seyahat kitabı ile şehrin keşfedilmeye çalışılmasıdır. Bu anlamda Portekiz'in ünlü yazarlarından biri olan Fernando Pessoa'nın kaleme almış olduğu 'Lizbon, Her Turistin Görmesi Gerekenler' kitabı seçilmiştir. Kitabın okuyucusu Gezgin-4, kitap üzerinde kişisel notlar alarak ve sözlü olarak değerlendirmelerde bulunarak kitapta geçen ve kendisi önemli gördüğü detaylı bilgileri aktarmıştır. Kitaptaki tasvirler ve tarihi bilgilerin kaynaklandığı küçük hikayeler kuvvetli olduğu için Gezgin-4 kendi hayatındaki kesitlerde yer alan şehir imgeleriyle Lizbon'a dair imajlar hayal edebilmiştir. Kitabın arkasında bulunan ancak oldukça küçük bir alanda Lizbon merkezini gösteren harita üzerinden okuma süreci desteklenmiştir. Fakat kitapta anlatılan yerlerin sadece çok küçük bir kısmını içeren bu harita, okuyucunun takip edebileceği bir süreklilik içermemektedir. Bununla birlikte kitap içerisinde yazarın anlatımıyla şekillenen rotalar daha kesintisiz ve birbirleriyle bağlantılı şekilde ilerlediği için, Gezgin-4 Lizbon şehrini değerlendirildiğinde bir harita imajından çok, bahsi geçen görülmesi gereken yerlerin birbirleriyle ilişkisi ve bir yerden başka bir yere geçerken kullanılan yollar bazında bağlantılarla şehri tarif etmiştir.

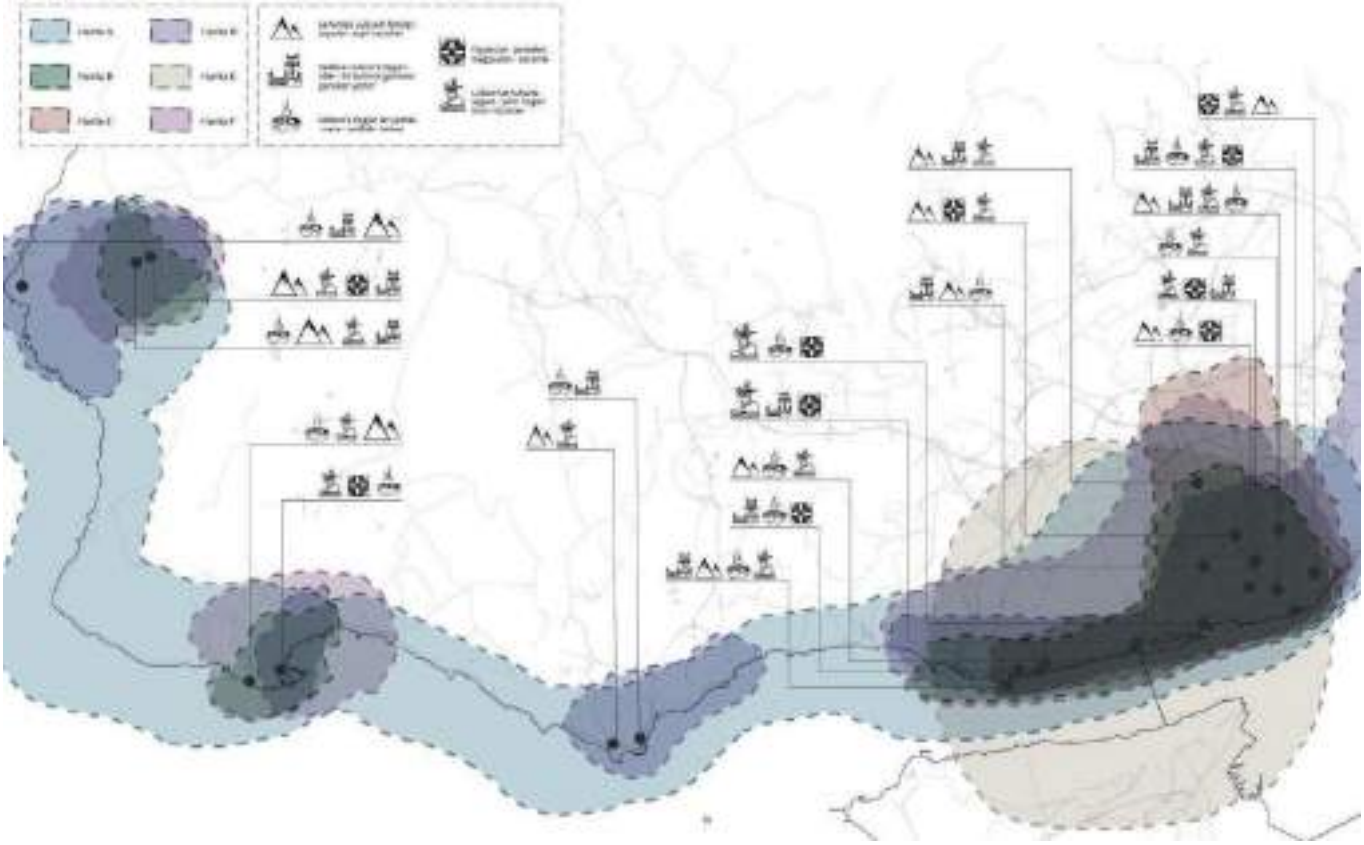
Kitap, deniz yoluyla şehre gelen bir turistin merkeze ulaşacağı yol güzergahından başlayarak şehir içerisinde arabayla ve zaman zaman yürüyerek ilerleyen yazarın, şehirde karşılaşılabilecek hemen hemen tüm mimari, sanatsal ve kültürel ögelerin anlatımıyla devam etmektedir. Sadece dışarıdan bakılarak değil, çoğu zaman içleri görülmesi gereken sarayların, müzelerin ve kiliselerin iç mekân detaylarının da anlatıldığı kitapta, mimarlara ve yapım tarihlere de sık sık yer verilmiştir. Yazar, turistlerin sıklıkla gittikleri ve mutlaka görülmesini önerdiği yerler dışında, gidiş güzergahlarında yer alan eserlere dair bilgileri de es geçmeyerek, bir turistin merak edebileceğini düşündüğü hemen her yapıyı, heykeli ve anıtı anlatmıştır. Kitabın okuyucusu Gezgin.4, kitap üzerinde kişisel notlar alarak ve sözlü olarak değerlendirmelerde bulunarak kitapta geçen ve kendisi önemli gördüğü detaylı bilgileri aktarmıştır.



Şekil 8: Harita F. Gezgin-4'ün aktarmış olduğu dolaylı deneyim (Kaynak: Yazarlar).

5. Deneyim Katmanlarının Hermenötik Olarak Değerlendirilmesi

Haritalama çalışmalarında arka planda kullanılan şehir içerisindeki sınırları gösteren ana harita aynı olmakla birlikte, her bir deneyim katmanı için deneyime özgü olarak öne çıkan ölçekler doğrultusunda harita lejantları oluşturulmuştur. Bu bağlamda çalışmada geçen haritalamaların yorumlanmasındaki hermenötik sürecin başlangıcı, öncelikle seyahat deneyimlerine içinde ve dışında bir mesafe ile bakma durumudur. Görselleştirme sürecinde izlenen sırayla haritalar ele alındığında ise hem hazırlanış hem de yorumlama sürecinde devamlı bir akışın varlığı ortaya çıkmaktadır. Hazırlanan ilk harita, bir sonraki haritaya dair bir çizim bilgisinin temeli oluşturmuş; bir sonraki harita ise bir önceki haritadan hareketle kendi özgün formatına kavuşmuştur. Bu anlamda nesnel bir bilgi üretme amacından çok, deneyimle öznel olarak elde edilen üstü kapalı bilgilerin ortaya çıkartılması amacıyla gerçekleştirilen yorumlama işlemi; Lizbon'a dair genel geçer turistik bilgilerin dışında bir bakış açısıyla hazırlanan haritalamaların üzerinden şehre dair ölçekler sunmaya çalışmaktadır. Turistik seyahat sürecinde takip edilen rotalar, deneyimin seyrini değiştiren ve turistin zihnindeki şehrin algılama biçimini oluşturan bir bileşendir. Bu kapsamda haritalama çalışmalarında dikkate alınan ilk nokta, şehrin belli bir rota üzerinde deneyimlenebiliyor ve algılanabiliyor olması durumudur. Doğrudan deneyim haritalamaları olan Harita B, C ve D içinde bulunulan zamanın koşulları ve yer yer planlanmış eylemlerle birlikte şekillenen rotaları ifade eder niteliktedir. Dolaylı deneyimin kullanıldığı Harita A, E ve F'de ise çeşitli imajlar ve yazılı ifadeler üzerinden bir akış takip edilebilmekle birlikte, şehrin var olan ve turist tarafından ölçülebilecek etmenlerinden fiziksel mesafeler, yönelimler ve geçen süreler bakımından herhangi bir rota bilgisi vermemektedir. Dolaylı deneyim haritalamalarının arka planında aynı ölçekte ve tüm Lizbon'u gösteren haritaya yer verilirken, doğrudan deneyim haritalarında bu arka plan haritasının sadece gezginle ve doğrudan deneyimin geçtiği yerlerle ilgili kısımlarla ilişkisi ele alınmıştır. Yapılan bu haritalamalar çakıştırıldığında ise, tüm dolaylı ve doğrudan deneyimlerin ortak olarak işaret ettiği ve turistlerin sadece turistik yerleri ziyaret etmelerinden öte; seçilen rotalarda da belirleyici olan ve Lizbon'a dair üzeri kapalı bilgilerin sıyrılarak belirginleşmesini sağlayan bir bütüncül harita ortaya çıkmıştır (**Şekil 9**).



Şekil 9: Harita A, B, C, D, E ve F. Fenomenolojik katmanların işlendiği haritaların çakıştırılması (Kaynak: Yazarlar).

6. Sonuç

Lizbon deneyimlerini içeren ve fenomenolojik olarak şehri askıya alarak farklı katmanlarla şehrin bir turist olarak nasıl ölçülebileceği sorusunu araştıran bu çalışmada, fenomenolojik katmanlar olarak haritalama çalışmaları yapılmış ve oluşturulan bu haritaların hermenötik olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Lizbon şehrine yapılan bir yolculuk deneyimi baz alınarak; seyahat öncesi, seyahat süreci ve sonrası olmak üzere üç ana başlıkla deneyimler gruplandırılmıştır. Seyahat sonrası süreçte ölçülebilir verileri çoğaltmak adına, şehri bir turist olarak gezmiş farklı kişilerin deneyimlerinden yararlanılmış, aktarılan bu deneyimler de dolaylı ve dolaysız olmak üzere ele alınmıştır. Her bir katman için farklı etmenler göz önüne alınarak hazırlanan haritalamalarda, gezginlerin kendi kişisel görüş ve deneyimleri, konumlarla ilişkili olarak gösterilmiştir. Gezginler ve şehir içerisindeki konumlarla kurulan bu ilişki ise gezginlerin izledikleri rotalarla görsel olarak haritalara işlenmiştir.

Lizbon şehrinin bir turist gözünden nasıl ölçülebileceğinin keşfi adına yapılan haritalama çalışmaları, doğrudan ya da dolaylı deneyimden bağımsız olarak ortaya çıkan çeşitli *ölçekle*r oluşturmaktadır. Turistik seyahat sürecinde takip edilen *rotalar*, deneyimin seyrini değiştiren ve turistin zihnindeki şehrin algılama biçimini oluşturan bir bileşendir. Huzur, mutluluk, keyif gibi kavramların şehir üzerindeki karşılıkları ise, bir yerde geçirilen zamanla birlikte ele alındığında anlaşılabilmektedir. Gezilirken izlenen rotalardaki yönelimler veya birden çok olmak üzere aynı yerlere gidilmesi, o yerle ilgili pozitif düşüncelerin olduğunu gösteren bir *zaman* faktörü olduğunu ifade etmektedir. Hazırlanan haritalamalar incelendiğinde zaman faktörünün izdüşümleri olan etmenlerse; turistin bir yerde bulunduğu süre içerisinde deneyimleyebildiği şehre özgün *tatlar, dokular* veya *mekanlar*dır.

Bu kapsamda haritalama çalışmalarında dikkate alınan ilk nokta, şehrin belli bir *rota* üzerinde deneyimlenebiliyor ve algılanabiliyor olması durumudur. Doğrudan deneyim haritalamaları olan Harita B, C ve D içinde bulunulan zamanın koşulları ve yer yer planlanmış eylemlerle birlikte şekillenen rotaları ifade eder niteliktedir. Dolaylı deneyimin kullanıldığı Harita A, E ve F'de ise çeşitli imajlar ve yazılı ifadeler üzerinden bir akış takip edilebilmekle birlikte, şehrin var olan ve turist tarafından ölçülebilecek etmenlerinden fiziksel mesafeler, yönelimler ve geçen süreler bakımından herhangi bir rota bilgisi vermemektedir. Doğrudan deneyim sürecinde gezginlerin birebir olarak yaşadıkları yorulma, bir yere giderken en kısa mesafeli yol yerine keyif vereceği düşünülen yolu tercih etme, başka bir yere giderken gecikme gibi durumlar sadece deneyimi yaşayan kişiler tarafından şehre dair bilgi vermektedir. Bununla birlikte, her deneyim

kendi içerisinde farklı ölçeklendirilmiş haritalarla ifade edilmiştir. Bu noktada tercih edilen harita ölçeği, gezginlerin deneyimleri sırasında geçirdikleri *zaman* faktörünü ifade eden ve konuma dair bilgi sahibi oldukları alanlara odaklanarak ifade edilmiştir. Dolaylı deneyim haritalamalarının arka planında aynı ölçekte ve tüm Lizbon'u gösteren haritaya yer verilirken, doğrudan deneyim haritalarında bu arka plan haritasının sadece gezginle ve doğrudan deneyimin geçtiği yerlerle ilgili kısımlarla ilişkisi ele alınmıştır. Yapılan bu haritalamalar çakıştırıldığında ise, tüm dolaylı ve doğrudan deneyimlerin ortak olarak işaret ettiği ve turistlerin sadece turistik yerleri ziyaret etmelerinden öte; seçilen rotalarda da belirleyici olan ve Lizbon'a dair üzeri kapalı bilgilerin sıyrılarak belirginleşmesini sağlayan bir bütüncül harita ortaya çıkmıştır.

Hazırlanan haritalar ayrı ayrı ele alındığında fazlasıyla öznel görünen beğeni ve tercihler, kişisel veya çoğu zaman rastlantısal oluştuğu düşünülen gezi rotaları; haritalar çakıştırılarak bakıldığında ise, belirli noktalarda çeşitli kesişim kümeleri oluşturmaktadır. Bu anlamda Lizbon, yapılan haritalamalardaki kesişim kümeleri bakımından değerlendirildiğinde şehirdeki yükselti farkları ile oluşan manzaralar, şehre Lizbon karakterini kazandıran yapılar ve yerler, şehre özgü tatlar, her an farklı bir yerde karşılaşılabilen değişik dokular – seramikler ve Lizbon'un ruhunu yansıtan sokak müzikleri, şehre dair deneyimlerin sunduğu birer ölçek olarak tespit edilmiştir. Farklı deneyimler sonucu ortaya çıkan bu ölçekler Lizbon'daki turistik mekanlar olarak tabir edilen yerlerle farklı biçimlerde eşleşerek, gelen turistlerin deneyimlerini etkilemektedir. Bununla birlikte turistin bir mekândan aldığı keyif ya da rotasının şekillenmesini sağlayan bir öge olarak şehre dair bir deneyim bilgisi katmanını temsil etmektedir. Bu bağlamda çalışma, şehrin bir turist tarafından nasıl ölçülebileceğine dair bir keşif çalışması olup, Lizbon'u farklı şekillerde deneyimleyebilmiş turistlerin aktaracakları bilgilerle geliştirilebilecek niteliktedir. Sayısal tasarım araçlarının kullanıldığı çalışmalardaki veri setlerinin nicel araştırmalarla elde edilen ölçümlere dayanması, özellikle mimarlık gibi sosyal ve kültürel yapılara oldukça bağlı bir disiplinde farklı veri katmanlarını da kullanmayı gerektirmektedir. Bu anlamda yapılan çalışma, konumlara bağlı bireysel deneyimleri zenginleştirmek adına geliştirilebilecek dijital çalışmalarda kullanılabilecek bir araştırma yöntemi sunmaktadır. Yakın gelecekte kullanımı daha da yaygınlaşma potansiyeline sahip olan Sanal Gerçeklik uygulamalarında coğrafi bilgiler ve fiziksel çevre kullanımı dışında yaratılan daha insan-odaklı sanal ortamlar, fenomenolojik gözlemler ve hermenötik değerlendirmeler ile farklı bir perspektif kazanabilecektir.

KAYNAKLAR

Ashworth, G. J., & Tunbridge, J. E. (2000). *The tourist-historic city*. Routledge.
Baggio, R. (2019). Measuring tourism: methods, indicators, and needs. In *The future of tourism*. Springer, Cham. 255-269
Baggio, R., & Sainaghi, R. (2011). Complex and chaotic tourism systems: towards a quantitative approach. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*.
Flognfeldt Jr, T. (2005). The tourist route system–models of travelling patterns. *Revue belge de géographie*, *1*, 35-58.
Gärling, T., Gillholm, R., & Gärling, A. (1998). Reintroducing attitude theory in travel behavior research: The validity of an interactive interview procedure to predict car use. *Transportation*, *25*(2), 129-146.
Garvill, J., Marell, A., & Nordlund, A. (2003). Effects of increased awareness on choice of travel mode. *Transportation*, *30* (1), 63 -79.
Gürer, E., Özkar, M., & Çağdaş, G. (2015). A hermeneutical sketch of design computation.
He, Z., Yang, L., & Guan, W. (2014). A day-to-day route choice model based on travellers' behavioural characteristics. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *138*, 738-747.
Husserl, E. (1962). *Ideas: General introduction to pure phenomenology.* Collier Books.
Ihde, D. (1986). *Experimental phenomenology: An introduction*. Suny Press.
Kutlay-Cengiz, M. (2017). Lizbon Gezi Notları. *Ayağımın Tozuyla.* https://www.ayagimintozuyla.net/lizbon-gezi-notlari.html
Lorenz, T. (2018). 25 Things to do in Lisbon. *Taylor's Tracks.*
Moles, A. A., Rohmer, E., & Bilgin, N. (2004*). Belirsizin bilimleri: insan bilimleri için yeni bir epistemoloji.* Yapı Kredi Yayınları.
Şahin, E. (2017). Lizbon Gezi Rehberi. *Egeli Gezgin Ege.* https://www.egeligezginege.com/lizbon-gezi-rehberi/
Tudjarov, S. (2018). How to Spend 3 days in Lisbon – The Ultimate Travel Itinerary. *Global Castaway.*
Verplanken, B., & Aarts, H. (1999). Habit, attitude, and planned behavior: is habit an empty construct or an interesting case of goal-directed automaticity?. *European review of social psychology*, *10*(1), 101-134.
Zarrili, L., & Brito, M. (2013). Lisbon experience. Mobility, quality of life and tourist image: a survey. *Geojournal of tourism and geosites*, *12*(2), 203-213.

Mimarlıkta Sayısal Tasarım Araştırma Alanının Anahtar Kelimeler Üzerinden Kapsamlı Analizi: 1969-2022

Rezzan Efil Erdoğan [1]; Şule Taşlı Pektaş[2]
[1]İstanbul Teknik Üniversitesi; [2]Bağımsız Araştırmacı
[1]efilerdogan1993@gmail.com; [2]suletasli@gmail.com

Özet

Mimarlıkta sayısal tasarım araştırmaları son yıllarda giderek yaygınlaşmakta, fakat bunlar üzerinde yeterince bibliyometrik analiz yapılmamaktadır. Bu çalışma bahsedilen eksikliği kapatmak amacıyla yapılmış olan sistematik bir analizi sunmaktadır. Bibliyometrik analiz en genel tanımıyla belli bir kategorideki yayınların kantitatif ve istatistiksel olarak incelenmesi demektir. Çalışmanın konusu olan bibliyometrik analizin temel amacı alanın entelektüel gelişimini gözler önüne sermektir. Bu amaçla, konuyla ilgili 1969-2022 yılları arasında basılmış ve Scopus® veri tabanında indekslenmiş makalelere ulaşılmıştır. Sayısal tasarım disiplinler arası bir alan olduğu için yapılan arama mimarlık disipliniyle sınırlı tutulmayıp sonrasında konuyla ilişkili olmayan makaleler manuel olarak elenmiştir. VOSviewer© yazılımı ile makalelerin anahtar kelimeleri temel alınarak bibliyometrik analizler yapılmıştır. VOSviewer© bibliyografik verilere dayalı ağ diyagramları üretme amaçlı bir yazılımdır. Çalışmada kullanılan bibliyometrik analiz bilim haritalamasına odaklanmıştır. Bilim haritalaması, yayınların anahtar kelimeleri arasındaki ilişkileri bu anahtar kelimelerin yayınlarda birlikte geçme sıklığına göre ölçen ortak kelime analizi yöntemiyle yapılmıştır. Çalışmada üretilen ağ diyagramı aynı zamanda anahtar kelimelerin zaman içindeki gelişimlerini incelemek için yıllara göre dağılımlarını göstermek üzere de düzenlenmiştir. Bunun yanı sıra anahtar kelimelerin yıllar içerisindeki değişimlerini daha iyi anlayabilmek için anahtar kelime dağılımları hem 10 yıllık dönemlere ayrılarak hem de tüm yılları kapsayacak şekilde incelenmiştir. 10 yıllık dönemlerde makalelerde en çok kullanılan anahtar kelimeler için çubuk diyagramları oluşturulmuştur. Bu diyagramlarda hangi anahtar kelimelerin hangi yıllarda daha popüler olduğu açıkça görülmektedir. Çalışmanın bulguları mimarlıkta sayısal tasarım araştırmalarının temel konularına, bu konuların birbiriyle ilişkilerine, alandaki temel eğilimlere ve anahtar kelimelerin yıllara göre evrimine ışık tutmuştur. Sonuç olarak, yapılan bu çalışma mimarlıkta sayısal tasarım araştırmalarının gelişimine önemli bir katkı sağlamış ve alanla ilgili gelişmeleri sistematik bir şekilde sunmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Mimarlıkta sayısal tasarım, Bibliyometrik analiz, Veri madenciliği, Bilim haritalaması, Veri görselleştirme*

A Comprehensive Analysis of Computational Design Research in Architecture through Keywords: 1969-2022

Rezzan Efil Erdoğan [1]; Şule Taşlı Pektaş [2]
[1]Istanbul Technical University; [2]Independent Scholar
[1] efilerdogan1993@gmail.com; [2]suletasli@gmail.com

Abstract

The amount of studies on computational design in architecture has been increasing rapidly in recent years. However, there is a lack of bibliometric analyses which compile research on the subject. Therefore, the current study aims to close this gap and presents a systematic analysis of computational design studies in architecture. In general, bibliometric analysis refers to the quantitative and statistical analyses of publications in a specific category. The main purpose of the bibliometric analysis is to monitor the intellectual progression of the field. For this purpose, articles published from 1969 to 2022 and indexed in the Scopus® database were accessed. Since computational design is an interdisciplinary field, the search was not limited to the discipline of architecture. Then, articles not related to the subject were eliminated manually. Bibliometric analyses, which were based on the keywords of the articles, were conducted using VOSviewer©. VOSviewer© is a software application for generating network diagrams on the basis of bibliographic data. The bibliometric analysis used in the study focused on science mapping. Science mapping was employed through co-word analysis to analyse the co-occurrences of keywords and to identify the relationships and interactions between the topics. The produced co-word network map was also developed to indicate the distribution of the most common keywords by the years. Furthermore, in order to better understand the changes of keywords over the years, the keyword distributions were analyzed both in ten-year periods and as a whole. Bar charts were created for the most common keywords in the articles in decadal periods. In these diagrams, it is clearly seen which keywords were more popular in which years. The findings of the study provided insights into the main topics of computational design research in architecture, the relationships between main topics, the research trends in the area and the evolution of keywords over the years. As a result, this study made an important contribution to the development of computational design research in architecture and presented the improvements in the research field in a systematic way.

Keywords: *Computational design in architecture, Bibliometric analysis, Data mining, Science mapping, Data visualization*

1. Giriş

Sayısal tasarım günümüz mimarlık teori ve uygulamalarında önemli bir yere sahiptir. 1970'lerin başından itibaren büyük bir hızla gelişmekte olan mimarlıkta sayısal tasarım araştırmalarında yıldan yıla hem araştırmacı sayısının hem de bu araştırmacıların ürettiği çalışmaların arttığı gözlemlenmektedir. Bu alanda son elli yılda pek çok araştırma yapılmış ve hatırı sayılır bir bilgi birikimi olmuştur. Bu birikimler sayesinde sayısal tasarım, mimarlık disiplini başta olmak üzere yapı tasarımı ile ilgili birçok alanda önemli bir yer edinmiştir. Buna rağmen mimarlıkta sayısal tasarım üstüne kapsamlı bir bibliyometrik analiz henüz yapılmamıştır ve araştırma alanının uzun süreli gelişimini sistematik yöntemlerle analiz eden çalışmaların eksikliği hissedilmektedir. Bu eksikliği kapamak üzere yapılmış olan bu keşifçi çalışma, mimarlıkta sayısal tasarım araştırmalarının bibliyometrik analiz tekniklerini kullanarak panoramik bir görüntüsünü oluşturmayı hedeflemektedir. Bibliyometrik analiz en genel tanımıyla belli bir kategorideki yayınların kantitatif ve istatistiksel olarak incelenmesi demektir. Bu tür analizlerde yazarlar, anahtar kelimeler, atıflar ve ilgili kurumlar gibi veriler kullanılarak bir araştırma alanı içindeki eğilimler ve öne çıkan unsurlar belirlenebilmektedir. Bibliyometrik analizde bu bilgilerin açığa çıkarılması için yayınlarla ilgili çeşitli metrikler üzerinden hesaplamalar yapılmaktadır (Cobo ve diğ., 2011).

Açıklanan perspektif içinde, bu çalışma, son elli üç yılda yayınlanmış ve Scopus® veri tabanı tarafından indekslenmiş makalelerin anahtar kelimelerini temel alarak mimarlıkta sayısal tasarım araştırmalarındaki ana temaları ve eğilimleri incelemeyi amaçlamaktadır. Anahtar kelimeler, yayınların içeriklerini o alanda çalışan tüm araştırmacıların ortak bir şekilde anlayacağı biçimde temsil ettikleri için bibliyometrik analizde önemli bir metriği oluşturmaktadır. Anahtar kelimeler üzerinden yapılan analizler bir bilim alanındaki ana temaları, bunların birbiriyle ilişkilerini ve zaman içinde gelişimlerini incelemeyi olanaklı kılmaktadır (Van Eck & Waltman, 2010). Analizler için Scopus® gibi önemli veri tabanlarından alınan bilgilerle uyumlu çalışan VOSviewer© yazılımı kullanılmıştır. Metinde ilk olarak çalışmada kullanılan yöntemlerden bahsedilmektedir. Daha sonra araştırmanın bulguları sunulmuştur. Sonuç bölümü ise bulgulardan elde edilen çıkarımların ve araştırmanın bilimsel katkılarının açıklanmasından oluşmaktadır.

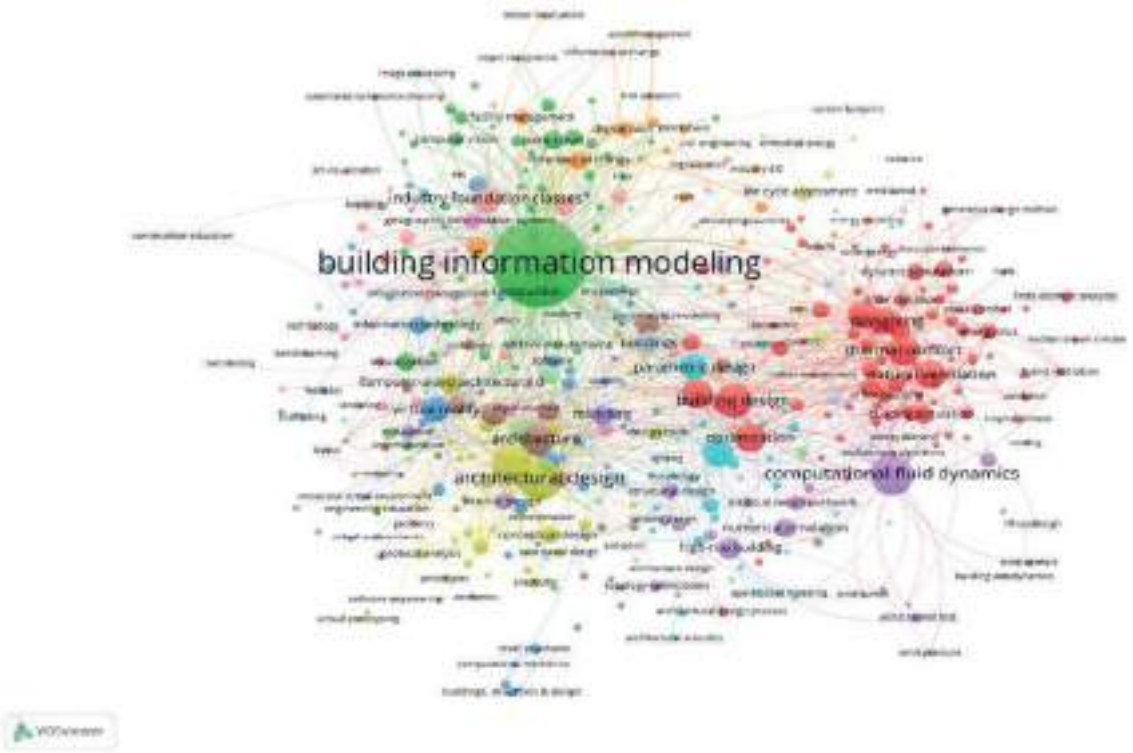
2. Yöntem

Çalışmadaki bibliyometrik analiz bilim haritalaması yöntemine odaklanmıştır. Bilim haritalaması; disiplinlerin ve araştırma alanlarının kavramsal, entelektüel açıdan ve sosyal olarak nasıl yapılandığının görsel olarak temsilidir (Cobo ve diğ., 2011). Bu çalışmada, mimarlıkta sayısal tasarım araştırmalarını haritalamak için yayınların anahtar kelimeleri arasındaki ilişkilerin güçlerini bu anahtar kelimelerin yayınlarda birlikte geçme sıklığına göre ölçen ortak anahtar kelime analizi tekniği (Coulter ve diğ., 1998) kullanılmıştır. Analizler için bibliyografik verilerden ağ yapısına dayalı haritalar oluşturmak amacıyla geliştirilmiş bir yazılım olan VOSviewer© kullanılmıştır. VOSviewer©, Leiden Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Çalışmaları Merkezi'nde Nees Jan van Eck ve Ludo Waltman tarafından geliştirilmiştir (Van Eck & Waltman, 2010). Bu aracın diğer bibliyografik yazılımlara kıyasla ana avantajı, büyük haritaları kolayca işleyip yorumlanabilecek bir şekilde gösterme kapasitesidir. Çalışmamız 53 yıllık büyük bir veriyi içermektedir ve bu nedenle de analizler için VOSviewer© tercih edilmiştir. İlgili makaleler Scopus© arama motoru ile toplanmıştır. Arama dönemi, 1969'dan 2022'ye kadar olan tüm yılları kapsayacak şekilde ayarlanmıştır. Arama terimlerinin tanımlanması için Scopus© veri tabanında sayısal tasarım araştırmalarıyla ilgili birçok anahtar sözcük arama kombinasyonu denenmiştir. Tüm bu kombinasyonlar göz önünde bulundurulduğunda (comput* OR digital) AND ("architectural design" OR "building design" OR "architectural education") arama dizesinin mimarlıkta sayısal tasarım alanı ile ilgili en uygun içerikte makalelere ulaşmayı sağladığı görülmüş ve arama bu anahtar kelimelerle yapılmıştır. Bu arama sonucunda 7241 makaleye ulaşılmıştır. Daha sonra bu makalelerin başlık, anahtar kelime ve özetleri manuel olarak incelenmiştir. İnceleme sonucunda yapı tasarımıyla ilişkili olmayan makaleler listeden çıkartılıp veriler düzenlenmiştir. Sonuçta 1989 makale mimarlıkla ilişkili olmadığından elenmiştir. Böylelikle toplamda 5252 makale üstünden analizler yapılmıştır. Bibliyometrik veriler Vosviewer©'a aktarıldıktan sonra makalelerin anahtar kelimeleri rafine edilmiştir. Vosviewer© bu amaçla bir eş anlamlılar dosyası kullanmaktadır. Eş anlamlılar dosyası, analizde birbirine çok benzediği için (tekil/çoğul veya aynı kelimenin farklı yazılımları vb.) aynı anahtar kelime olarak incelenmesi gereken kelimeleri belirlemek ve anahtar kelime listesinde olmaması gereken kelimeleri elemek (kurum adı, genel sözcükler, vb.) için kullanılan bir kelime listesi içermektedir ve yazarlar tarafından oluşturulmuştur. Çalışmadaki bibliyometrik analiz, konular arasındaki ilişkileri ve etkileşimleri belirlemek için makalelerdeki ortak anahtar kelime ağlarına odaklanmıştır (Van Eck & Waltman, 2010). Vosviewer©'de bu analizin çıktısı; mesafenin iki anahtar kelime arasındaki ilişkilerin gücünü, yani bu anahtar kelimelerin makalelerde birlikte kullanılma sayısını, temsil ettiği mesafeye dayalı bir ağ görselleştirmesidir. Daha büyük

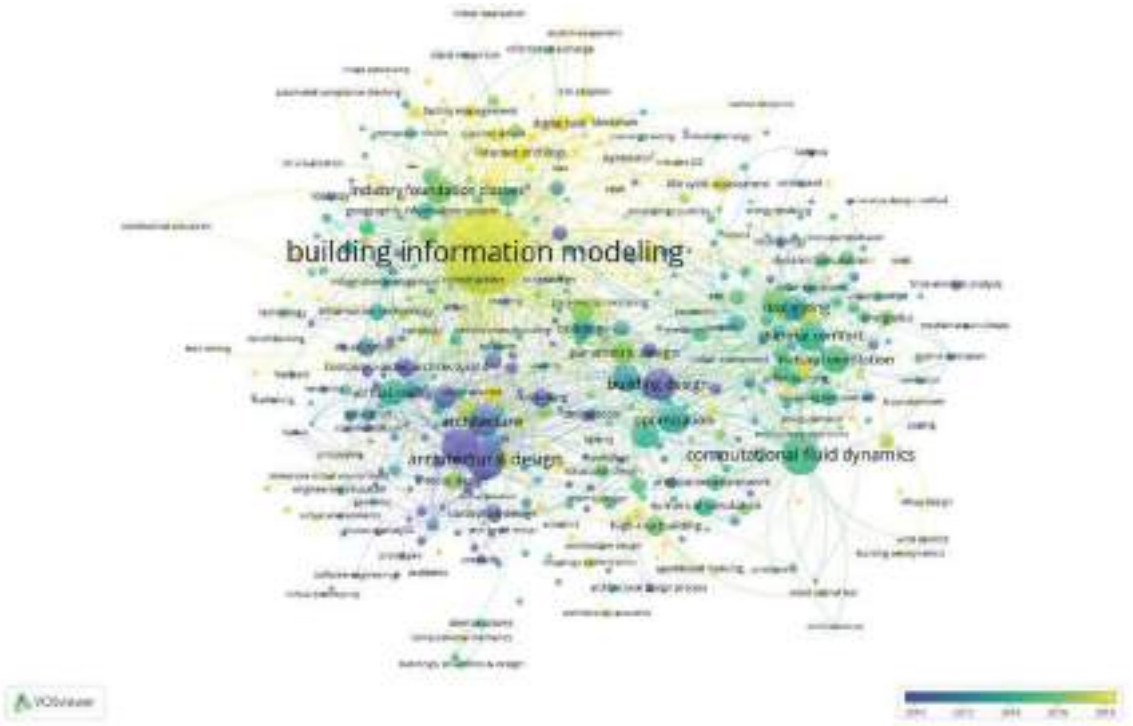
bir mesafe, ögeler arasında zayıf bir ilişki olduğunu göstermektedir. Öge etiketi boyutu, anahtar kelimenin bulunduğu yayınların sayısıyla orantılıdır ve farklı renkler, yazılımın kümeleme algoritması tarafından kümelenen farklı bilgi alanlarını temsil etmektedir. Aynı kümedeki anahtar kelimeler aynı renkte gösterilmektedir. Makalelerde geçme sıklığı yüksek olan kavramların nokta simgesi daha büyük olup aralarındaki toplam bağlantıların fazla olduğu kavramlar arasındaki çizgiler ise daha kalındır.

3. Bulgular

Analiz sonucunda oluşturulan anahtar kelime analizi ağ diyagramı, alandaki ana araştırma temalarına karşılık gelen en önemli anahtar kelimeleri ve anahtar kelime kümelerini ortaya çıkarmıştır (**Şekil 1**). **Şekil 2** ise anahtar kelimelerin ortalama kullanım yılına göre bir renk kodlaması içermektedir. Bu görselde daha açık renkte olan anahtar kelimeler daha yeni olanlardır. Ayrıca on yıllık dönemlerde makalelerde en çok kullanılan anahtar kelimeler için çubuk diyagramlar oluşturularak, hangi anahtar kelimelerin hangi yıllarda daha popüler olduğu ve hangi yıllarda kullanımının düştüğü incelenmiştir (**Şekil 3-8**).



Şekil 1: Mimarlıkta sayısal tasarım araştırmaları anahtar kelime analizi ağ diyagramı (1969-2022) (Yazarlar tarafından üretilmiştir.)



Şekil 2: Mimarlıkta sayısal tasarım araştırmaları anahtar kelime zaman çizelgesi (1969-2022) (Yazarlar tarafından üretilmiştir.)

Oluşturulan grafiklerin incelenmesi mimarlıkta sayısal tasarım alanının nasıl büyük bir hızla büyüdüğünü gözler önüne sermiştir. Bu gelişme özellikle 2011 yılından günümüze daha da dramatik boyutta gerçekleşmiştir. En fazla kullanılan anahtar kelimelerin kullanım miktarları 2001-2010 yılları arasındaki dönemde 1991-2000 yılları arasındaki döneme göre yaklaşık iki kat artarken, 2011-2020 arası dönemde bir önceki döneme göre yaklaşık 10 kat bir artış görülmüştür (**Şekil 4,5 ve 6**).

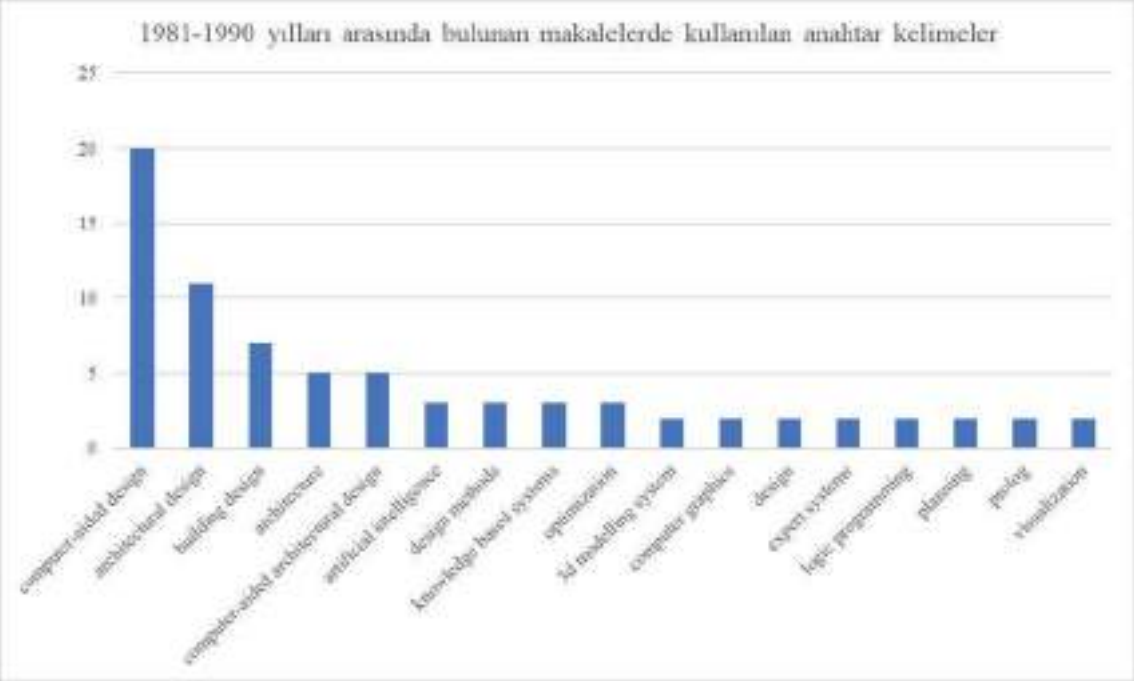
Şekil 1'de gösterilen mimarlıkta sayısal tasarım araştırmaları anahtar kelime analizi ağ diyagramı incelendiğinde en büyük kümenin doğal havalandırma, gün ışığı aydınlatması ve termal konfor gibi yapı performansıyla ilgili anahtar kelimelerin oluşturduğu küme olduğu görülmektedir. **Şekil 3-8**'de sunulan dönemlere göre makalelerde en çok kullanılan anahtar kelimeler grafiklerinde de görüldüğü üzere, yapı performansıyla ilgili anahtar kelimeler çoğunlukla form bulma ve eğitim gibi mimarlıkta sayısal tasarım alanının başka boyutlarıyla ilgili olanları geri planda bırakmıştır. Bu durumun bir sonucu olarak tüm zamanlarda en çok kullanılmış olan ikinci anahtar kelime "hesaplamalı akışkanlar dinamiği (computational fluid dynamics)"dir. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği mimarlık alanında ısı, havalandırma ve yangın simülasyonlarında kullanılmaktadır ve bu terimin önemi 90'lı yılların başından bu yana giderek artmaktadır.

Şekil 1'deki diyagramdaki ikinci en büyük küme yapı bilgi modellemesi kümesidir. Bu kümenin en önemli anahtar kelimesi olan "yapı bilgi modellemesi" 1969-2022 yılları arasında en çok kullanılan anahtar kelimedir. Daha önceki dönemlerdeki yayınlarda ürün modellemesi (product modeling) olarak geçen yapı bilgi modellemesi terimi en çok kullanılan anahtar kelimeler listesine ilk olarak 2001-2010 yılları arasındaki dönemde girmiştir. 2011-2020 döneminde bu alandaki araştırmalar büyük bir ivme kazanmış ve bu anahtar kelime "hesaplamalı tasarım" ve "parametrik tasarım" gibi diğer önemli anahtar kelimeleri oldukça geride bırakmıştır. Bu eğilim 2021-2022 dönemini gösteren **Şekil 8**'de de gözlemlenmektedir. Yapı bilgi modellemesi aynı zamanda tüm anahtar kelimeler içinde bağlantı gücü en yüksek olan yani makalelerde başka anahtar kelimelerle birlikte en sık kullanılmış olan anahtar kelime olma özelliği de göstermektedir. Yapı bilgi modellemesinin yapı performansıyla ve diğer önemli mimarlıkta sayısal tasarım alanlarıyla ilişkisi çok güçlüdür. Yine bu alan son yıllarda dijital ikiz, nesnelerin interneti ve miras kavramlarıyla da yoğun bir şekilde ilişkilendirilmiştir.

1981-1990, 1991-2000 ve 2001-2010 yılları arasındaki dönemlerde anahtar kelimelerin kullanım sıklığına bakıldığında ilk üç sıradaki en çok kullanılan anahtar kelimeler sırasıyla: "bilgisayar destekli tasarım", "mimari tasarım" ve "bina tasarımı"dır (**Şekil 3, 4 ve 5**). Analizin başladığı 1969 yılından itibaren "bilgisayar destekli tasarım (CAD)" terimi

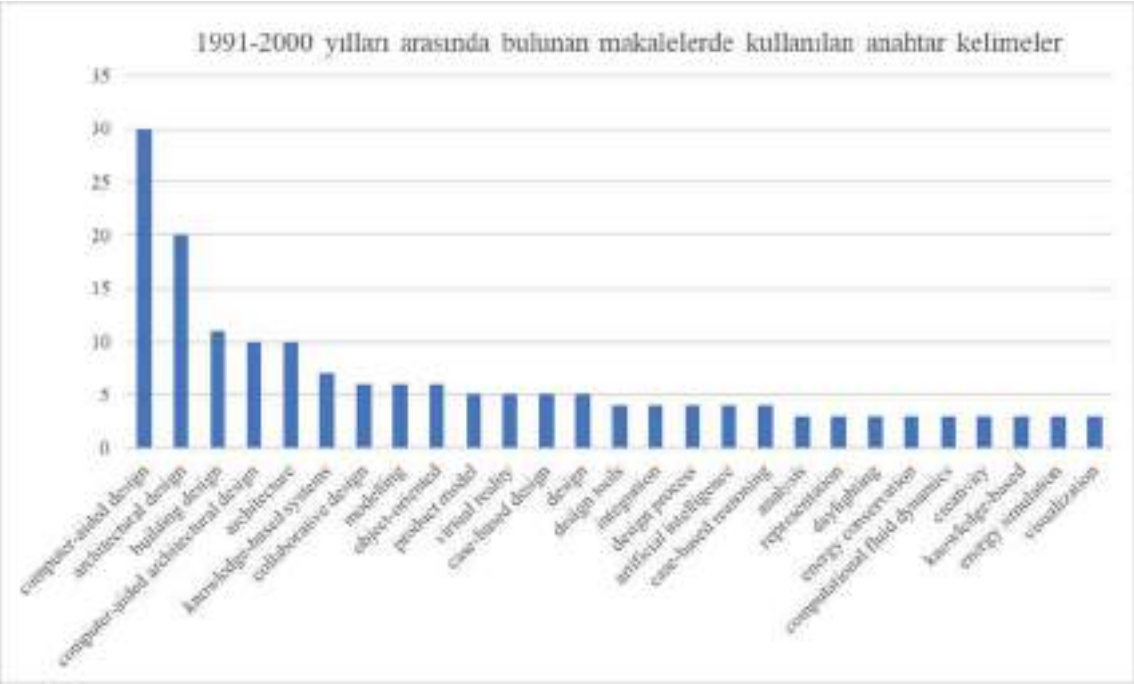
literatürdeki yerini almaktadır. 1969-2000 yılları arasında ilk sırada yer alan bilgisayar destekli tasarım, 2011-2020 yılları arasında ilk sıradaki yerini yapı bilgi modellemesine "BIM" bırakmıştır. 1969-2022 yılları arasındaki analizde de yapı bilgi modellemesi teriminin ilk sırada olduğu görülmektedir.

1969-1980 yılları arasında kullanılan anahtar kelimelerden biri olmayan "bilgisayar destekli mimari tasarım (CAAD)" terimi 1980'lerden itibaren ortaya çıkmış olup etkisini zamanla arttırmıştır. Fakat 2011-2020 yılları arasında bu terimin mimarlıkta sayısal tasarım araştırmalarındaki yaygın kullanımı son bulmuştur. 1969-1980 yılları arasındaki dönemde bilgisayar destekli tasarım dışında sıklıkla kullanılan anahtar kelimeler: "mimari tasarım", "mühendislik tasarımı", "bilgisayar grafikleri", "robotlar", "veri yapıları" ve "otomatik tasarım"dır. Özellikle otomatik tasarımın önemli bir konumda olması bu dönemdeki araştırma çabalarının temel olarak tasarım süreçlerini otomatik hale getirmeyi amaçladığını göstermektedir.



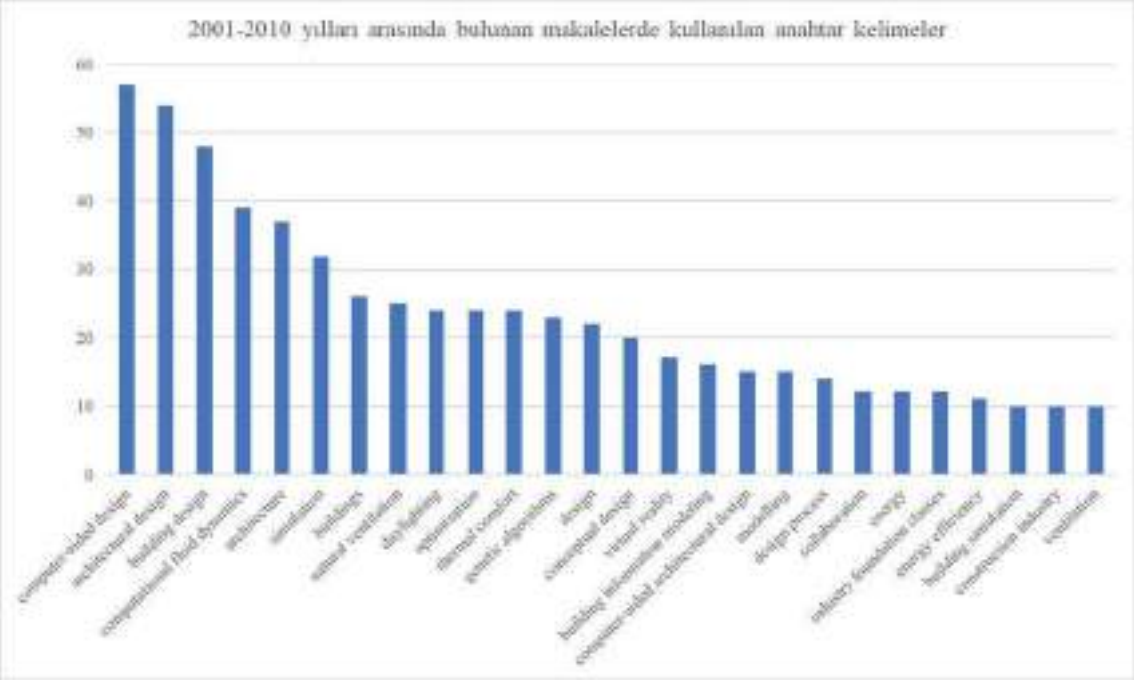
Şekil 3: 1981-1990 yılları arasında bulunan makalelerde kullanılan anahtar kelimeler (Yazarlar tarafından üretilmiştir.)

1981-1990 yılları arasındaki süreçte temel kavramlardan sonra en sık kullanılan anahtar kelime "yapay zeka"dır (**Şekil 3**). Yapay zekanın geçmişi 1943 yılına yani İkinci Dünya Savaşı'na kadar uzanmaktadır. Yapay zeka çalışmalarının odağında "mekanik robotların düşünebilmesi" yer almaktadır. Yaşamın birçok alanında kullanılan yapay zeka gelişen teknolojiyle birlikte mimarlık alanında da aktif olarak rol almaktadır. Bu yaklaşımla birlikte mimarlık alanına interaktif, enformasyonel ve akıllı gibi yeni sıfatlar gelmiştir. Bugün mimarlık alanında bilişim teknolojisi kullanımının artması ile yaygınlaşan akıllı yapı/mekan tasarlama anlayışı, yapay zekanın mimarlıkta kullanılmasının bir sonucudur (Taşçı & Aktaş, 2016). 1981-1990 yılları arasında en sık kullanılan anahtar kelimeler arasında olan yapay zeka, sonraki yıllarda da etkisini sürdürmüş ve son yıllarda yapay zekanın bir dalı olan "makine öğrenmesi" en önemli anahtar kelimeler arasına katılmıştır (**Şekil 8**). Bu yıllar arasında diğer bir önemli anahtar kelime "bilgi tabanlı sistemler"dir. 1980'lerin başında geliştirilmeye başlanan bu sistemlerin 1981-1990 yılları arasında kullanımı artmıştır. Ancak bilgi-tabanlı sistemler mimarlık alanında mevcut çizim sistemleriyle birlikte çalışamadıkları ve ara yüzleri mimarların alışık oldukları formatlarda olmadığı için kullanımları uzun süre akademik çevrelerle sınırlı kalmıştır (Taşlı & Özgüç, 2001). Bu terimle bağlantılı olarak "mantıksal programlama", "uzman sistemler" ve "tasarım asistanı" terimleri de aynı dönemde önem kazanmıştır. Mimarlık terimi 1981-1990 yılları arasında ilk sırada yer alırken ilerleyen yıllarda arka sıralara düşmüştür. Bu durumun nedeni ise yapı alanında sayısal tasarımın ortaya çıkışının erken zamanlarda öncelikli olarak mimarlık alanında olmasına rağmen ilerleyen dönemlerde yapıyla ilgili mühendislik alanlarına doğru kaymasıdır. Disiplinler arası bir konu olan mimarlıkta sayısal tasarımın özellikle 2010'dan sonra gelişen teknolojiyle birlikte ilgili mühendislik disiplinlerinde (veya bu disiplinlerle işbirliği içinde) daha fazla araştırıldığı sonucuna ulaşılmaktadır.



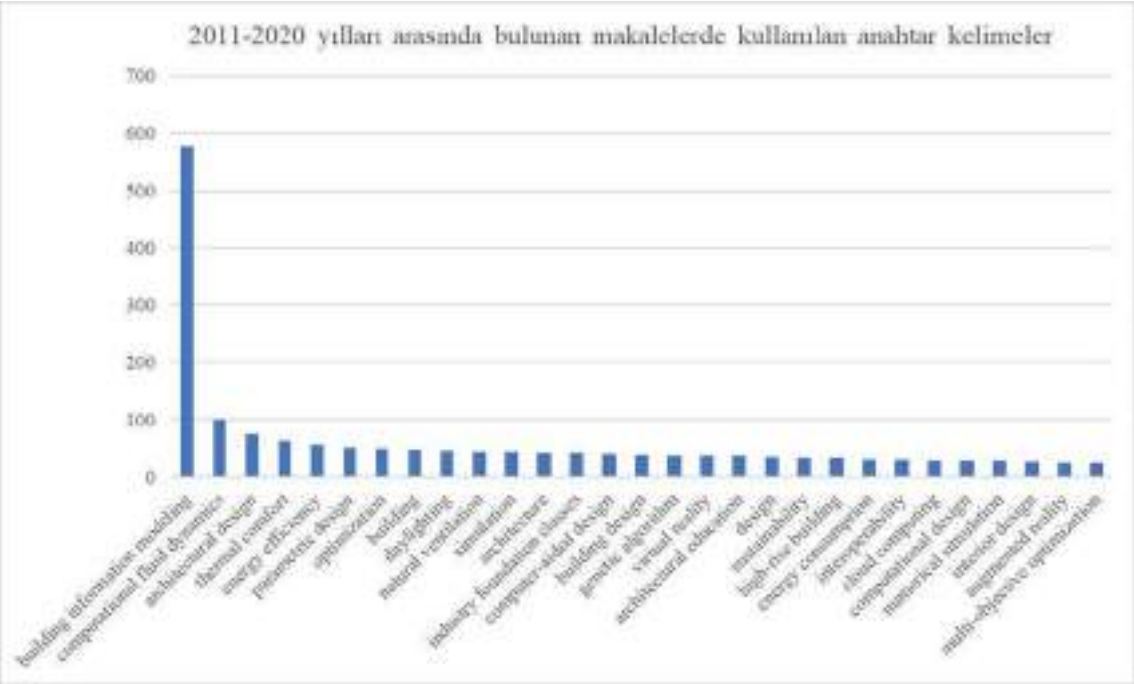
Şekil 4: 1991-2000 yılları arasında bulunan makalelerde kullanılan anahtar kelimeler (Yazarlar tarafından üretilmiştir.)

1991-2000 yılları arasında yapı tasarımının işbirlikli bir süreç olmasının önem kazanmasıyla birlikte "işbirlikli tasarım" terimi sık kullanılan anahtar kelimelerden biri olmuştur (**Şekil 4**). Bu yıllarda pek çok araştırma mimarlık uygulamaları ve eğitiminde işbirlikli tasarım konusuna eğilmiştir. Yine bu dönemde bir diğer önemli anahtar kelime olarak "nesneye-yönelik" terimi ortaya çıkmıştır. 1990'ların başında çıkan nesneye-yönelik sistemlerin gelişmesi mimarlık alanında bir çığır açmıştır (Taşlı Pektaş, 2008). Bu terimin ortaya çıkışıyla birlikte "modelleme", "sanal gerçeklik", "ürün modelleme" ve "görselleştirme" terimleri de önem kazanmıştır. Genel olarak 1990'lı yıllar üç boyutlu modelleme ve görselleştirmenin büyük bir ivme kazandığı yıllardır. Succar'ın (2009) yapı bilgi modellemesine geçiş süreci modeline göre nesneye yönelik modelleme bu sürecin ilk aşamasını oluşturmaktadır. Bu dönemde henüz yaygın adıyla anılmayan BIM'in temelleri aslında 1980'lerin sonlarında atılmaya başlanmıştır.



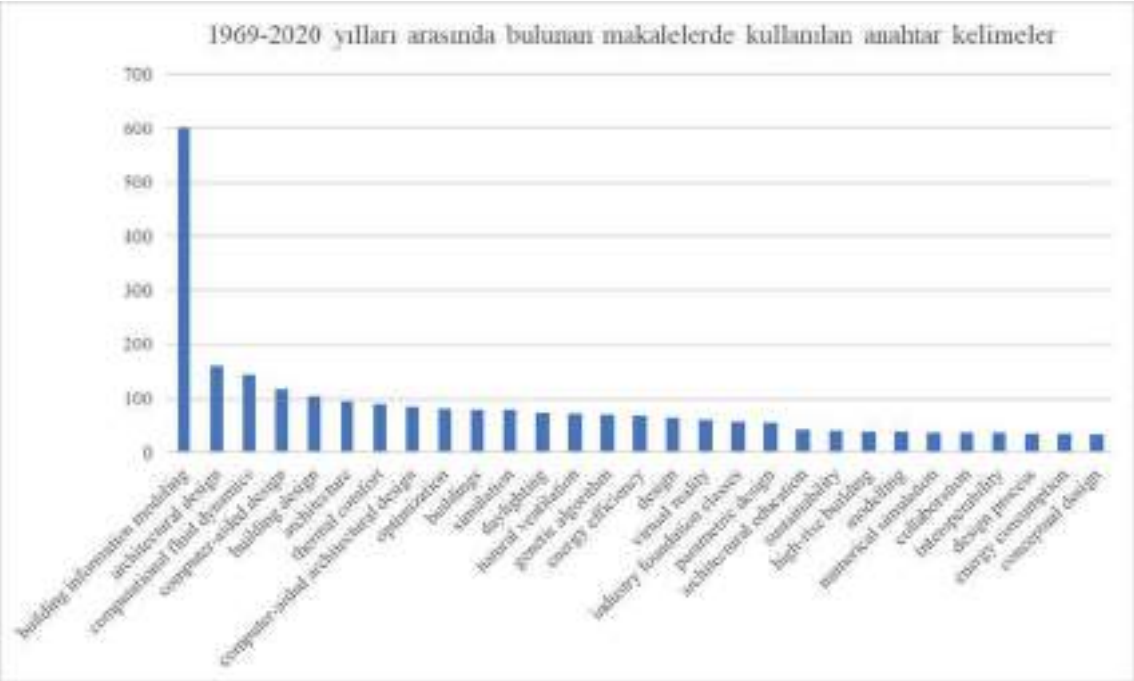
Şekil 5: 2001-2010 yılları arasında bulunan makalelerde kullanılan anahtar kelimeler (Yazarlar tarafından üretilmiştir.)

2001-2010 yılları arasında ise "hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD)" teriminin önem kazandığı görülmektedir (**Şekil 5**). İlk olarak 1991-2000 yılları arasında yapılan analizde görülen terim, sonraki zaman aralıklarında önemini arttırarak ilk sıralarda yerini almıştır. 2011-2020 ve 2021-2022 yılları arasında bulunan makalelerde kullanılan anahtar kelimeler arasında ikinci sırada yer almaktadır. CFD, sayısal çözümlere ulaşmak için yüksek hızlı dijital bilgisayarlarda gerçekleştirilen bilgisayar programlarının veya yazılım paketlerinin kullanılmasını içeren sayısal simülasyonları kullanarak sıvı akışının incelenmesi anlamına gelir (Tu ve diğ., 2018). CFD bina performansının tahmin edilmesi ve değerlendirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bina performans simülasyonları, yapısal kararlılık, akustik kalite, doğal aydınlatma, termal konfor/havalandırma ve iç mekan hava kalitesi gibi alanlarda kullanılmaktadır. Sayısı giderek artan yüksek yapıların inşasında çevresel faktörlerin kontrolü hem zor hem de önemli olduğu için simülasyonun değeri artmıştır. Bu nedenle CFD'ye giderek daha çok ihtiyaç duyulmakta ve terim önem kazanmaktadır. Bu dönemde yapıların çevresel performanslarının simüle edilmesine olan ilginin artmasıyla birlikte CFD teriminin yanı sıra simülasyon, doğal havalandırma, gün ışığı, optimizasyon ve termal konfor gibi terimler de üst sıralarda yerlerini almıştır.



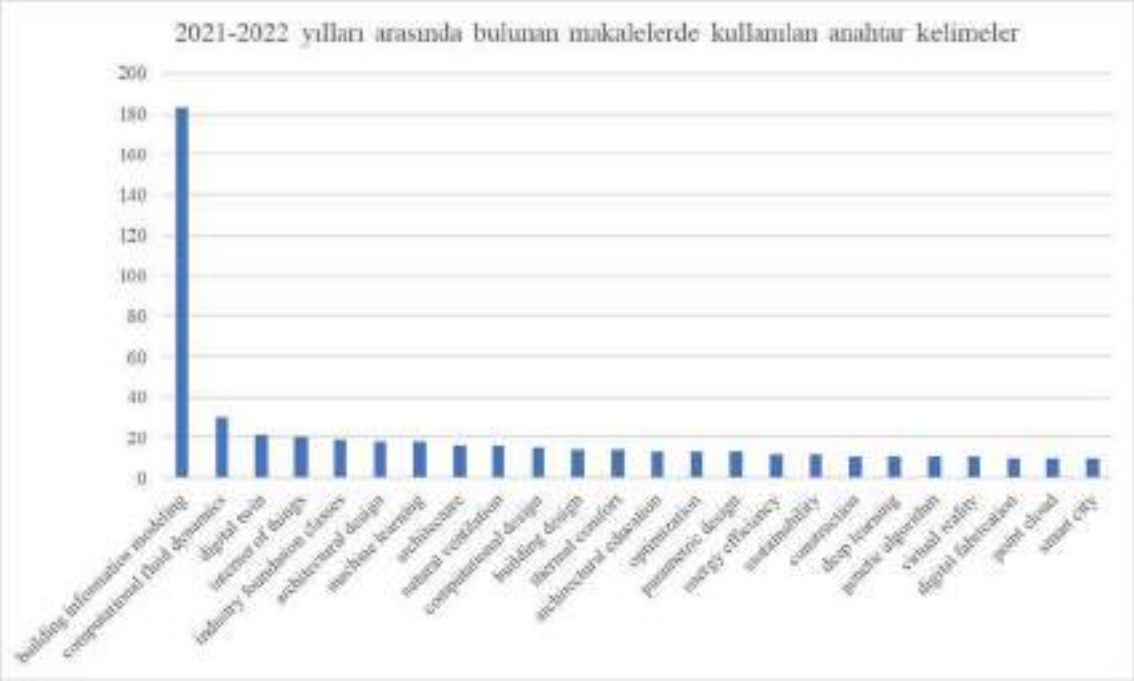
Şekil 6: 2011-2020 yılları arasında bulunan makalelerde kullanılan anahtar kelimeler (Yazarlar tarafından üretilmiştir.)

Listeye ilk defa 2001-2010 yılları arasına giren yapı bilgi modellemesi "BIM" terimi 2011-2020 yılları arasında sayısal tasarım araştırmalarında kullanılan en popüler anahtar kelime olmuştur (**Şekil 6**). Bunun yanı sıra 1969-2022 yılları arasındaki tüm anahtar kelime analizinde de "yapı bilgi modellemesi" terimi ilk sırada yer almıştır (**Şekil 7**). Mimarlık alanında geliştirilen yazılımlar ve uygulamalar sayesinde BIM'in kullanım alanı yıldan yıla artmıştır. BIM'in mimarlıkla diğer disiplinlerin bir arada ve uyum içinde çalışmasına yönelik önemli katkıları olmuştur. BIM teriminin yıllar içerisinde öneminin katlanarak artması ve tüm yıllardaki anahtar kelime analizinde ilk sırada yer almasının nedenleri: disiplinler arası bir konu olması, zamanla yapı alanında bir standarda dönüşmesi ve ortaya çıktıktan kısa bir süre sonra literatürde tek bir şekilde ifade edilmeye başlamasıdır. Ayrıca BIM tasarım temsili, bilgi yönetimi ve bina simülasyonu gibi birçok alanda hakimiyet göstermekte ve kamu otoriteleri tarafından proje teslim formatı olarak dünya çapında kabul görmektedir.



Şekil 7: 1969-2020 yılları arasında bulunan makalelerde kullanılan anahtar kelimeler (Yazarlar tarafından üretilmiştir.)

2011-2020 arasındaki dönemde BIM'den sonraki diğer etkili anahtar kelime CFD'dir. CFD teriminin etkinliğinin artmasıyla beraber CFD ile ilişkili olan bazı terimlerin de kullanılma sıklığının artmış olduğu görülmektedir. Bu terimler: "yüksek yapılar", "ısı konforu", "gün ışığı", "sayısal simülasyon", "doğal havalandırma", "enerji tüketimi" ve "enerji verimliliği"dir. Aynı dönemde ilk sıralarda yer alan "parametrik tasarım" terimi önceki yıllardaki analizlerde yer almamaktadır. Son 15 yılda parametrik tasarım, mimarlık alanına oldukça hızlı bir şekilde adapte olmuştur. Hatta bu terimin son yıllarda eski popülaritesinin azaldığı ve anahtar kelime listesinde daha geriye düştüğü gözlemlenmektedir (**Şekil 8**).



Şekil 8: 2021-2022 yılları arasında bulunan makalelerde kullanılan anahtar kelimeler (Yazarlar tarafından üretilmiştir.)

2021-2022 yılları arasındaki önemli anahtar kelimelere bakıldığında yapı bilgi modellemesi kavramının yine ilk sırada olduğu görülmektedir (**Şekil 8**). CFD ikinci sırada yer alarak önemini sürdürmektedir. Son yıllarda öne çıkan diğer anahtar kelimeler: "dijital ikiz", "nesnelerin interneti", "endüstri temel sınıfları (IFC)", "makine öğrenmesi" ve "hesaplamalı tasarım" olarak sıralanmaktadır. Bunlardan "hesaplamalı tasarım" ve "endüstri temel sınıfları (IFC)" eskiden beri önemini arttırarak sürdüren anahtar kelimelerdendir. Diğerleri ise listeye son yıllarda girmişlerdir. "Dijital ikiz" kavramı ile üç boyutlu bilgisayar modeli ve gerçek varlıklar (bina, şehir vb.) arasında eş zamanlı ve çift yönlü bilgi akışına olanak sağlayan modelleme ve yönetim anlayışı kastedilmektedir. Temsil ve simülasyon modellerindeki tek yönlü veri akışı, sensörler gibi gerçek varlıklardan sanal modellere bilgi aktaran teknolojiler sayesinde çift yönlü hale gelerek bu varlıkların hayat döngülerinin yönetimini kolaylaştırmaktadır (Boje ve diğ., 2020). "Nesnelerin interneti" tanımlaması ise adından da anlaşılacağı üzere sadece bilgisayarların değil nesnelerin de internete bağlanabilmesi ve bu şekilde yapılan veri alışverişi ile fiziksel nesnelerin ağa veri sağlayabilmesi ve internet aracılığıyla yönetilebilmeleri olanaklarına işaret etmektedir (Ghosh ve diğ., 2020). Son yıllarda popüler hale gelen diğer bir terim olan "makine öğrenmesi" verileri ayrıştırmak, bu verileri öğrenmek ve öğrendiklerine göre kararlar vermek için algoritmalar kullanan süreçlerdir (Alpaydın, 2010). Makine öğrenmesinin bir türü olan "derin öğrenme" son dönemde özellikle öne çıkmıştır.

4. Sonuç

Bu çalışma, mimarlıkta sayısal tasarımın nasıl hızlı büyüyen ve dönüşen bir alan olduğunu ortaya koymuştur. Sayısal tasarımla ilgili uzmanlaşma arttıkça ve araştırma konuları çeşitlendikçe alan daha disiplinler arası bir hale gelmiştir. Bu nedenle sayısal tasarım alanında yıllar içinde çok fazla terim ve kavram türemiştir. Sayısal tasarımla ilgili terminolojilerin zamanla farklılaştığı gözlemlenmekle birlikte aslında kullanılan kavramların çok da yeni olmadığı, geniş bir ufukla ortaya atılan ve bir zamanlar hayal olan konseptlerin teknolojinin gelişmesiyle birlikte ete kemiğe büründüğü görülmektedir. Bütün bu gelişmelerin sonucunda sayısal tasarım araştırmalarının artık refleksif olarak kendisine de yönelmesi gerektiği ve bu çalışmada olduğu gibi alanın nereden nereye gittiğinin daha sistematik yöntemlerle tartışılmasına gereksinim duyulduğu aşikardır. Sonuç olarak, 53 yıllık büyük bir veriyi içeren çalışmamız mimarlıkta sayısal tasarım araştırmaları hakkında önemli bilgilere ulaşmamıza katkı sağlamış ve alanla ilgili gelişmeleri gözler önüne sermiştir. Benzer çalışmaların artması araştırma alanını daha iyi kavramamıza yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

Alpaydin, E. (2010). *Introduction to Machine Learning Second Edition*. The MIT Press.

Boje, C., Guerriero, A., Kubicki, S., & Rezgui, Y. (2020). Towards a semantic Construction Digital Twin: Directions for future research. *Automation in Construction, 114, 103179*. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103179

Cobo, M.J., López-Herrera, A.G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2011). Science mapping software tools: Review, analysis, and cooperative study among tools. *Journal of the American Society for Information Science and Technology, 62(7), 1382-1402.* https://doi.org/10.1002/asi.21525

Coulter, N., Monarch, I., & Konda, S. (1998). Software engineering as seen through its research literature: A study in co-word analysis. *Journal of the American Society for Information Science*, *49(13), 1206-1223.* https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4571(1998)49:13<1206::AID-ASI7>3.0.CO;2-F

Ghosh, A., Edwards, D. J., & Hosseini, M. R. (2020). Patterns and trends in Internet of Things (IoT) research: future applications in the construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management. 28(2), 457-481.* https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2020-0271

Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction, 18(2), 357-375. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003*

Taşçı, B. G., & Aktaş, Ö. (2016). Yapay Zeka ve Mimarlık. *Yapı Dergisi*, 413.

Taşlı Pektaş, Ş. (2008). Mimarlıkta Yapı Bilgi Modellemesi Uygulamaları. *Mimarlık Dergisi*, 346.

Taşlı, Ş., & Özgüç, B. (2001). Dynamic Simulation in Virtual Environments as an Evaluation Tool in Architectural Design. *Architectural Science Review, 44(2), 139-144. https://doi.org/10.1080/00038628.2001.9697464*

Tu, J., Yeoh, G. H., & Liu, C. (2018). *Computational fluid dynamics: a practical approach*. Butterworth-Heinemann.

Van Eck, Nees Jan, & Waltman, L. (2010). Software Survey: VOSviewer, a Computer Program for Bibliometric Mapping. *Scientometrics*, *84 (2): 523-538.* https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3

Mimarlık Pratiğinde YBM'ye Geçiş Sürecinin Sosyo-teknik Bakış Açısıyla Nitel Analizi

Tuğçe Zeynep Baçnak [1]; Hasan Burak Çavka[2]; Fehmi Doğan[3]

[1, 2, 3]İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Bölümü;
[1]tugcebacnak@iyte.edu.tr; [2]hasancavka@iyte.edu.tr; [3]fehmidogan@iyte.edu.tr

Özet

Yapı bilgi modellemesi (YBM), geleneksel tasarım yaklaşımlarına kıyasla farklı disiplinlerden gelen katılımcıların çok daha erken bir aşamada oluşturulan bir dijital model üzerinden proje süreçlerine entegrasyonunu sağlamayı amaçlar (Kensek ve Noble, 2014) ve mimari tasarımın tüm aşamalarını ortak bir üç boyutlu dijital model üzerinden yürütülmesini amaçlar. İş akışındaki bu farklılaşma, mimarlık pratiğinin çalışma kültürüne radikal bir biçimde meydan okumaktadır. Çalışma kültüründeki bu değişimin odağında kullanıcılar vardır. Bu nedenle, YBM'nin benimsenmesi sadece teknoloji odaklı bir değişim olmanın ötesinde, tasarım sürecindeki aktörlerin pratikleri üzerinden de okunabilecek sosyo-teknik bir dönüşümdür. YBM ortamının mimari projelerdeki verimliliği ve avantajları birçok çalışmada ele alınmış ve ortaya konmuştur (Afsari, Eastman, ve Shelden, 2016; Azhar, 2011; Azhar, Khalfan, ve Maqsood, 2012; Chen ve Tang, 2019; Eastman, Teicholz, Sacks, ve Liston, 2011). Ancak bu çalışmalar temelde teknoloji odaklı olup YBM'nin benimsenmesindeki insan faktörü görece ikinci planda bırakılmıştır. Bu çalışma, mimari iş akışında YBM'nin benimsenmesinin sosyo-teknik doğasını anlamaya çalışarak, katılımcıların bu değişimdeki rolünü ve etkilerini nitel analiz yoluyla ele almayı amaçlamaktadır. Bu çalışmada, iki farklı saha çalışmasında katılımcılarla yürütülen görüşmeler yoluyla elde edilen verilerin incelemesi sunulmuştur. Niteliksel olarak kodlanan veri miktarını artırmak için saha çalışmaları devam etmektedir. Ön bulgular, YBM'nin benimsenmesinin erken aşamalarının var olan ekip üyelerindeki direnç, yeni roller ve sorumluluklar, ekip üyelerinde değişiklik ve eğitim gibi sosyal faktörlerle önemli ölçüde ilişkili olduğunu göstermektedir. Yazılımdan kaynaklanan teknolojik zorluklar ve yenilikler, benimsemenin ilk aşamalarında ikincil bir etken olarak dile getirilmiştir. Her iki vakada da ilk strateji, YBM'nin kişilere yeni olan teknolojik özelliklerini öğrenmek yerine insan temelli benimseme stratejileri olarak analiz edilmiş ve YBM'yi benimsemenin başarı düzeyinin, insanların bu yeni teknolojiye yönelik tutumlarıyla doğrudan ilişkili olduğu saptanmıştır. YBM uygulamalarını merkeze alarak katılımcılar arası etkileşim, sosyal süreçteki değişim ve benimsenme pratiklerine ilişkin meseleler incelenen vakalardaki öne çıkan temalar olarak belirlenmiştir. Bu anlamda, YBM'nin benimsenmesinin erken aşamalarındaki başlıca insan temelli sorunlar, mevcut iş akışlarında YBM'yı uygulayabilmek için için sosyo-teknik bir yaklaşımın gerekli olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: *YBM'nin benimsenmesi, Nitel analiz, Sosyo-kültürel yaklaşım, YBM'ye geçişteki zorluklar*

Qualitative Analysis of BIM Adoption In Architectural Practice From A Socio-technical Perspective

Tuğçe Zeynep Baçnak [1]; Hasan Burak Çavka[2]; Fehmi Doğan[3]

[1, 2, 3]İzmir Institute of Technology
[1]tugcebacnak@iyte.edu.tr; [2]hasancavka@iyte.edu.tr; [3]fehmidogan@iyte.edu.tr

Abstract

Building information modeling (BIM) aims to integrate participants from different disciplines into project processes through a digital model created at a much earlier stage compared to traditional design approaches (Kensek ve Noble, 2014) and aims to carry out all stages of architectural design over a common three-dimensional digital model. This differentiation in workflow radically challenges the working culture of architectural practice. This cultural shift in the workflow places the user at the center. Therefore, the adoption of BIM is not only a technology-oriented change, but also a socio-technical transformation that can be read through the practices of the actors in the design process. There have been several studies on the benefits and efficiency of the BIM environment in architectural projects (Afsari, Eastman, ve Shelden, 2016; Azhar, 2011; Azhar, Khalfan, ve Maqsood, 2012; Chen ve Tang, 2019; Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2011). However, these studies are mainly technology-oriented and the human factor in the adoption of BIM remains as a gap. Research in this area examines how the integration of BIM into architectural workflows affects participants and their roles and strives to understand the socio-technical aspects through qualitative research. In this study, the analysis of the data obtained through interviews with the participants in two different field studies is presented. Preliminary findings show that the early stages of BIM adoption are significantly associated with social factors such as resistance in existing team members, new roles, and responsibilities, change in team members, and training. In the early phases of adoption, technological obstacles and advances were considered as a secondary consideration. BIM adoption success was shown to be closely linked to people's attitudes regarding this new technology in both situations, which were assessed as human-based adoption techniques rather than learning about its new technological characteristics. Based on a focus on building information modeling (BIM), the interaction between the participants, the change in the social process and the issues related to the adoption practices were determined as the prominent themes in the examined cases. Human-based challenges in BIM adoption's early phases have shown that a socio-technical approach is essential to integrate BIM into current processes.

Keywords: *BIM Adoption, Qualitative analysis, Socio-cultural theory, BIM adoption barriers*

1. Giriş

Tasarım alanında deneyimlenen her yeni teknoloji, tasarım iletişimi, iş akışı ve süreci için yeni bir yöntemler bütünü önerir. Bunun sonucu olarak tasarımcılar "yapma biçimlerini" ve teknik bilgilerini değiştirmeye yönlendirilir. Bu değişimi tetikleyen YBM uygulamalarının temellerinden biri bütünleşik proje teslimidir (Integrated Project Delivery). Bütünleşik proje teslimi, eskimiş projeler, uygulanamayan tasarımlar, öngörülemeyen problemler, hatalı maliyet ve zaman hesaplamaları gibi sorunları azaltmayı amaçlamaktadır (AIA 2007). Bu proje teslim yaklaşımlarında, bir projenin tüm paydaşlarının erken tasarım sürecinden son aşamalara kadar iş birliği içinde çalışmaları beklenmektedir (Kensek ve Noble 2014). Bu proje teslim sisteminin zorluklarından biri, katılımcıların kendi disiplinleri içerisinde alışık oldukları mesleki pratiklerini, yani bildiklerinin ötesinde yeni bir yapma biçimi öğrenmelerini gerektirmesidir. Bu çalışma düzeni, mimari uygulamadaki rutin iş akışına, tüm proje ortaklarını her aşamada bir arada tutarak farklılaşmaktadır. Bu nedenle, bir mimarın tasarım aşamaları boyunca geleneksel "yapma şekli" sosyo-kültürel ve sosyo-teknik yönlerden sorgulanır (Sackey, Tuuli ve Dainty, 2015; Deutsch, 2011; Oraee ve diğ., 2017; Arayici ve diğ., 2011). YBM ile ilgili ortak görüşlerden biri, proje paydaşları arasında iş birliğini teşvik etmesidir (Deutsch, 2011; Eastman ve diğ., 2011; Azhar, Khalfan ve Maqsood, 2012; Oraee ve diğ., 2017; Park ve Lee, 2010). İnsanlar arasındaki iş birliği, proje yaşam döngüsünde performansı ve verimliliği arttırmayı amaçlasa da pratikte bunun sonucu, farklı düzeylerde ve farklı boyutlarda birçok değişikliği gerektirir (Deutsch, 2011). Bu değişiklikler, çeşitli disiplinlerden insanlarla sosyal bir ortamda karmaşık bir dönüşümdür. YBM uygulamasından kaynaklanan değişikliklere uyum sağlamanın getirdiği zorluklar, benimsemenin halihazırda var olan deneyim ve bilgi birikimi üzerine inşa etmekten ziyade bilinenin üzerine yeniden öğrenmenin gerçekleştiği bir süreç olarak görülmesi anlamında radikaldir. Bu çalışma, tasarım fikirlerinin salt temsilinin ötesinde bir süreç ve tasarım aracı olarak görülen YBM'nin mimari tasarımda benimsenmesine ilişkin farklı boyutları anlamayı hedeflemektedir. Bu çalışmada, tasarım fikrinin tüm tasarım paydaşları ve proje üyeleri tarafından sağlanan bir dizi tasarım temsili aracılığıyla geliştirildiği ve sonuçlandırıldığı varsayılmaktadır. YBM'nin benimsenmesinin, tasarımın erken aşamalarında ne kadar bazı zorluklara sahip olsa da tasarım ekibindeki bireylerin çalıştığı organizasyonun çalışma kültürü, ek zorluklar ekleyebilir veya benimseme sürecini kolaylaştırabilir. Her tasarım ekibinin kendi çalışma kültürünün olmasının yanı sıra her bir ekip üyesi bireysel düzeydeki çalışma kültürüyle buna katkıda bulunur. Dolayısıyla her projeye özgü organizasyonel ve operasyonel bir yapı da bulunmaktadır. Tüm bu profesyonellerin farklı ölçeklerdeki iş birliği, belirli karmaşıklıkları beraberinde getirmektedir. Bu nedenle bu çalışmada, YBM'nin benimsenmesinin pratikte ne olduğu sorusunun her mimari proje deneyimine özgü benzersiz bir yanıtı olduğu kabul edilerek, bu deneyimleri tanımlayabilecek çerçevelerin betimlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla, sözü edilen süreçler içerisinde bireylerin deneyimlerine odaklanan bir yaklaşımla araştırma kurgulanmıştır.

1.1. Sosyo-teknik YBM Yaklaşımı

Yapı bilgi modellemesi, geleneksel tasarım yaklaşımlarına kıyasla farklı disiplinlerden gelen katılımcıların çok daha erken bir aşamada oluşturulan bir dijital model üzerinden proje süreçlerine entegrasyonunu sağlar (Kensek ve Noble, 2014) ve mimari tasarımın tüm aşamalarını ortak bir üç boyutlu dijital model üzerinden yürütülmesini amaçlar. Çalışma kültüründeki bu değişimin odağında kullanıcılar vardır. Bu nedenle, YBM'nin benimsenmesi sadece teknoloji odaklı bir değişim olmanın ötesinde, tasarım sürecindeki aktörlerin pratikleri üzerinden de okunabilecek sosyo-teknik bir dönüşümdür. Başka bir deyişle, sistemler veya çalışma ortamları yalnızca insan dışı unsurları içeren değil aynı zamanda insan aktörleri de içeren sosyo-teknik sistemlerdir (Kasali, 2013). YBM ortamının mimari projelerdeki verimliliği ve avantajları birçok çalışmada ele alınmış ve ortaya konmuştur (Afsari ve diğ., 2016; Azhar, 2011; Azhar ve diğ., 2012; Chen ve Tang, 2019; Eastman ve diğ., 2011). Ancak bu çalışmalar temelde teknoloji odaklı olup YBM'nin benimsenmesindeki insan faktörü göz ardı edilmiştir. Sosyo-teknik, 'sosyal' ve 'teknik' arasındaki karşılıklı ilişkiyi ifade eder ve "sosyal" olan ile "teknik" olanı keskin bir şekilde ayırmadan bütüncül bir biçimde ele almayı önerir. Artan karmaşıklık ve karşılıklı bağımlılık ile "teknik" olanın bile süreç içinde doğrusal olmayan davranış sergilediği varsayılabilir. Bunun doğal bir sonucu da teknik olanın optimizasyonunu sağlamaya çalışmaktır. Sosyo ve teknik bir araya geldiğinde 'tasarlanmamış', doğrusal olmayan ilişkilerin miktarı artırma eğilimindedir ve aynı zamanda aslında sistemin performansına zarar veren ilişkiler ortaya çıkabilir (Walker, G. H., Stanton, N. A., Salmon, P. M., ve Jenkins, D. P. ,2008). Bu nedenle bu sosyo-teknik yaklaşım büyük oranda 'ortak optimizasyon' kavramını merkeze alır.

Bu çalışma, mimari iş akışında YBM'nin benimsenmesinin sosyo-teknik doğasını anlamaya çalışarak, katılımcıların bu değişimdeki rolünü ve etkilerini nitel analiz yoluyla ele almayı amaçlamaktadır. Bu çalışmada, iki farklı vakadaki

katılımcılarla görüşme yoluyla nitel araştırma teknikleri kullanılmıştır. Toplanan veriler, MaxQDA kullanılarak analitik kodlama yoluyla incelenmiştir. Kodlanan veri miktarını artırmak için veri toplama süreci devam etmektedir.

Ön bulgular, YBM'nin benimsenmesinin erken aşamalarının direnç, yeni görev ve sorumluluklar, ekip üyelerinde değişiklik ve eğitim gibi sosyal faktörlerle önemli ölçüde ilişkili olduğunu göstermektedir. Yazılımdan kaynaklanan teknolojik zorluklar ve yenilikler, benimsemenin ilk aşamalarında küçük bir endişe olarak katılımcılar tarafından dile getirilmiştir. Her iki vakada da temel amaç, YBM'nin yeni teknolojik özelliklerini öğrenmek yerine insan temelli benimseme stratejilerini anlamak olmuştur. YBM'yi benimseme başarı düzeyinin, insanların buna yönelik tutumlarıyla doğrudan ilişkili olduğu varsayımı tartışılmıştır. Sonuç olarak, YBM'nin benimsenmesi ve daha yaygın uygulanması için, konunun sosyo-teknik bir yaklaşımla ele alınması odak noktası olarak kabul edilmektedir. YBM aracılığıyla mimarlık pratiğinde etkileşim ve sosyal süreçteki değişim, benimsenme sürecinden geçen incelenen iki vakada da gözlenen temel sorun olması açısından önemlidir.

2. Yöntem

Bu çalışmadaki nitel araştırmanın veri toplama yöntemi, YBM'yi benimseme sürecinde yer alan kişilerle yapılan yarı yapılandırılmış görüşmelere dayanmaktadır. Görüşmeler, kişilerin deneyimleri hakkındaki görüşlerini, düşüncelerini, duygularını kendi sözleriyle ifade etmelerine olanak tanır (Abdelmohsen, 2011). Bu nedenle, veri toplamaya yönelik yarı yapılandırılmış görüşmeler belirli bir akışı takip etmiş ancak katılımcıları katı bir şekilde yönlendirmeden ve betimleyici anlatımlarına izin verecek şekilde kurgulanmıştır. Çalışmada uygulanan görüşme türü, bir sorgulama hattını takip eden ancak açık uçlu kalan ve konuşma diline dayalı bir yaklaşımla gerçekleştirilen yarı yapılandırılmış görüşme olarak kabul edilen, 90-120 dakika arasında değişen uzunluktaki görüşmelerdir.

2.1. Vaka Belirlenmesi

Öncelikle YBM'ye olanak sağlayan üç boyutlu dijital modelleme programlarının Türkiye distribütörleri ile görüşülmüş ve YBM'ye geçiş deneyimi edinen ofisler ile ilgili bilgi toplanmıştır. Bu araştırma ortaya koymuştur ki, YBM geçiş sürecini deneyimleyip uygulamasını sürdürülebilir kılabilen tasarım ofisi sayısı Türkiye için sınırlıdır. Vakalar belirlenirken öncelikle göz önünde bulundurulan değişkenler; (1) karmaşık ve yayık organizasyon yapısına dayalı kompleks ilişkileri elimine etmemizi sağlamak amacıyla ofislerin küçük ölçekli olması, (2) YBM'ye geçiş deneyimi elde etmiş ve kullanımını sürdürmüş olması, (3) görüşme yapılacak kişilerin yüz yüze veya çevrimiçi görüşme için ulaşılabilir ve bilgi paylaşımına açık olması ve (4) bu kişilerin YBM sürecinde aktif veya kilit rol oynamış olması olarak belirlenmiştir. Bu kriterler göz önüne alındığında, ulaşılan ofisler arasından potansiyel vaka sayısı üç olarak belirlenmiş ve bu tasarım ofislerinden ikisi ile görüşmeler sonuçlandırılıp çalışmaya dahil edilmişlerdir.

Vakalar, araştırmanın yürütüldüğü sırada YBM'nin benimsendiği bilinen ofislerden stratejik olarak seçilmiştir. Aynı zamanda görüşme yapılacak kişilerin araştırmacı tarafından erişilebilir olmasına özen gösterilmiştir. Proje teslim yöntemi, organizasyon yapısı, iş akışı ve proje karmaşıklığı açısından aralarında farklılıklar bulunan ve YBM'nin benimsenmesinde bir karşılaştırma yapılmasını sağlayan karşılaştırılabilir ofis ölçeği ve ortak YBM benimseme deneyimlerine sahip iki durum, araştırma için seçilmiştir. Her iki ofis çalışmalarını Revit programı üzerinden yürütmektedir. İlk olarak, ofislerden görüşülecek kilit kişileri-benimsemeyi tetikleyen-YBM şampiyonu kişileri belirlemek için ofisin organizasyon yapısı hakkında bilgi toplanmıştır. Ofislerin web sayfaları taranmış ve bu ofislerde çalışan tanıdık kişilerin yardımıyla bu bilgileri elde edilmiştir. Seçilen bu katılımcılarla yapılacak görüşmeler için belirli bir akışı takip eden sorular ve ve genel bir görüşme protokolü hazırlanmıştır. Araştırmanın konusu, amacı ve görüşme soruları katılımcılara görüşmeden önce yazılı olarak aktarılmıştır. Böylece katılımcılara görüşmenin içeriği hakkında bir ön bilgi verilmiştir. Buradaki amaç, katılımcının cevaplarını önceden hazırlaması değil, görüşmenin yapısına ve akışına aşina olmasıdır. Üç mimar, bir iç mimar ve bir makine mühendisi ile beş görüşme yapılmıştır. Her bir görüşme 60 ile 90 dakika arasında sürmüştür. Görüşmelerin süresi, konuşmacının YBM projesindeki aktif rolü bağlı olarak aktardıkları bilgilerin ayrıntı derecesine göre değişiklik göstermiştir (**Tablo 1**).

Tablo 1: Katılımcılar ve görüşmeler üzerine bilgi

	Katılımcı	Görev Tanımı	BIM Benimsenmesindeki Kilit Rol	BIM Aracı Kullanım Durumu	Görüşme Ortamı	Görüşme Süresi	Görüşme Tarihi
Vaka 1	**C1-IA1**	İç Mimar/Ofis Sahibi	Karar mercii	Kullanmıyor	Çevrimiçi zoom toplantısı	01:23:09	14.07.2021
	C1-A2	Kıdemli Mimar	İlk Benimseyen	Aktif BIM kullanıcısı	Çevrimiçi zoom toplantısı	01:44:24	26.05.2021
	C1-A3	Kıdemli Mimar	Ana motive edici/ İlk Benimseyen	Aktif BIM kullanıcısı	Çevrimiçi zoom toplantısı	01:19:01	16.06.2021
Vaka 2	**C2-E1**	Makine Müh. /Kurucu Ortak	Ana motive edici	Kullanmıyor	Çevrimiçi zoom toplantısı	01:09:20	17.07.2021
	C2-A1	Kıdemli Mimar	BIM Şampiyonu	Aktif BIM kullanıcısı	Çevrimiçi zoom toplantısı	01:36:01	05.06.2021

2.2. Vaka 1

İlk vakada İstanbul'da bir iç mimarlık ofisinin büyük ölçekli bir otel kompleksi projesindeki deneyimleri incelenmiştir. Proje programında 20.000 m^2'den fazla proje alanına sahip otel binası, rezidanslar ve konutlar yer almaktadır. Görece büyük ölçekli sayılabilecek olmasının dışında, projenin program anlamında karmaşıklığı, ekiplerin dağıtılmış olması ve üç farklı ülkede bulunması bu vakayı inceleme için uygun kılmıştır. Saha araştırmasının yapıldığı sırada devam etmekte olan bu proje global ölçekte bir iş birliği örneği teşkil etmiştir. Ofis tasarım ekibi 15 kişiden oluşmaktadır. Ofisin sahibi ve yöneticisi, sektörde 50 yıllık mesleki deneyime sahip bir iç mimardır (C1-IA1). Ofis sahibi dışında ekip üyeleri iki kıdemli mimar (C1-A2 ve C1-A1), altı iç mimar, bir ast mimar, bir teknik ressam ve yalnızca AutoCAD ile çalışan bir stajyer mimar ve bir stajyer iç mimardır. 1985 yılında C1-IA1 tarafından kurulan ofis, o zamandan bu yana İstanbul'da aynı lokasyonda bulunmakta ve 3000 m^2'lik bir mobilya fabrikasının üst katında faaliyet göstermektedir. Böylece ofiste üretilen atölye çizimleri doğrudan imalat için iletilmekte ve bu sayede mimarlar ürettikleri çizimlerin tüm üretim sürecini yakından takip edebilmektedirler.

C1-IA1 ofiste nihai kararları veren ve ofis sahibi olarak yapılan işleri onaylayan kişidir. Bürosunda çalışan mimarlar, profesyonel olarak uzun yıllara dayanan deneyiminden dolayı detay çözümleri konusundaki uzmanlığına güvenmektedir. C1-IA1 belirli formatlardaki çizim dosyalarını açmak ve incelemek için ön seviyede AutoCAD kullanabilmektedir. Bunun dışında ağırlıklı olarak el çizimleri ile mimari detay çözümleri üretmektedir. Revit kullanıcısı olmadığı için YBM sürecine doğrudan dahil değildir. Rutin iş akışındaki rolü, el çizimleri aracılığıyla mimari detay çözümleri üretmek, bunları mimarlara ileterek tasarım bilgilerini AutoCAD'e aktarmak ve AutoCAD çizim sonuçlarını kontrol etmektir. Aynı zamanda müşterilerle iletişim kuran ve mevcut müşteri ağı üzerinden projeler alan kişidir.

Beş yıllık mimar olan C1-A2, bu ofiste çalışmaya başlamadan önce YBM süreçleri hakkında herhangi bir deneyime veya pratik bilgiye sahip olmasa da ofiste ilk benimseyenlerden biri olmasıyla çalışmadaki kilit kişilerdendir. Daha önceki çalıştığı mimarlık ofislerinde YBM üzerine eğitim almış olsa da bu bilgileri bu ofislerde kullanmadıklarını ifade etmiştir. Kişinin motivasyonu mimari ve teknik becerilerini geliştirmekten ileri gelmiş ve böylece YBM'yi iş akışına entegre edebildiği gözlemlenmiştir. C1-A2, vaka çalışması yapılırken yazılımları ve YBM uygulamalarını en rahat kullanan katılımcılardan biri olarak öne çıkmıştır.

C1-A3, ofisin YBM'yi benimseme sürecinde kilit bir role sahiptir, çünkü YBM'yi benimseme fikrini ilk tetikleyen kişidir. Ofis sahibi C1-IA1'i ve diğer tüm ekip üyelerini bu benimsemeye başlamaları için motive etmiştir. Bu fikri tetiklediği sırada Revit yazılımına aşina olduğunu ancak aracı kullanma konusunda herhangi bir pratik deneyime sahip olmadığını ifade etmiştir. Ayrıca bu YBM benimseme deneyiminden önce YBM süreçlerine dair de deneyimi olmadığını belirtmiştir.

2.3. Vaka 2

İkinci vaka için odaklanılan ofis, biri mimar, diğeri makine mühendisi (C2-E1) olan iki ortak tarafından kurulmuştur. Kurucu ortaklar, inşaat detaylandırma konusunda uzun yıllara dayanan deneyime sahip kıdemli bir mimar, YBM koordinatörü olarak çalışan kıdemli bir mimar, dört mimar ve dört genç mimar tarafından oluşturulan ekip on iki kişidir. Ofis, tüm mimarların iş istasyonlarının ortak bir alana yerleştirildiği bir açık ofis konfigürasyonuna sahiptir. Sadece baş mimar ve makine mühendisi (C2-E1) orta yaşlı kıdemli mimar ile birlikte ayrı odalara sahiptir ancak cam ayırıcılar aracılığıyla açık ofis alanı ile görsel teması vardır.

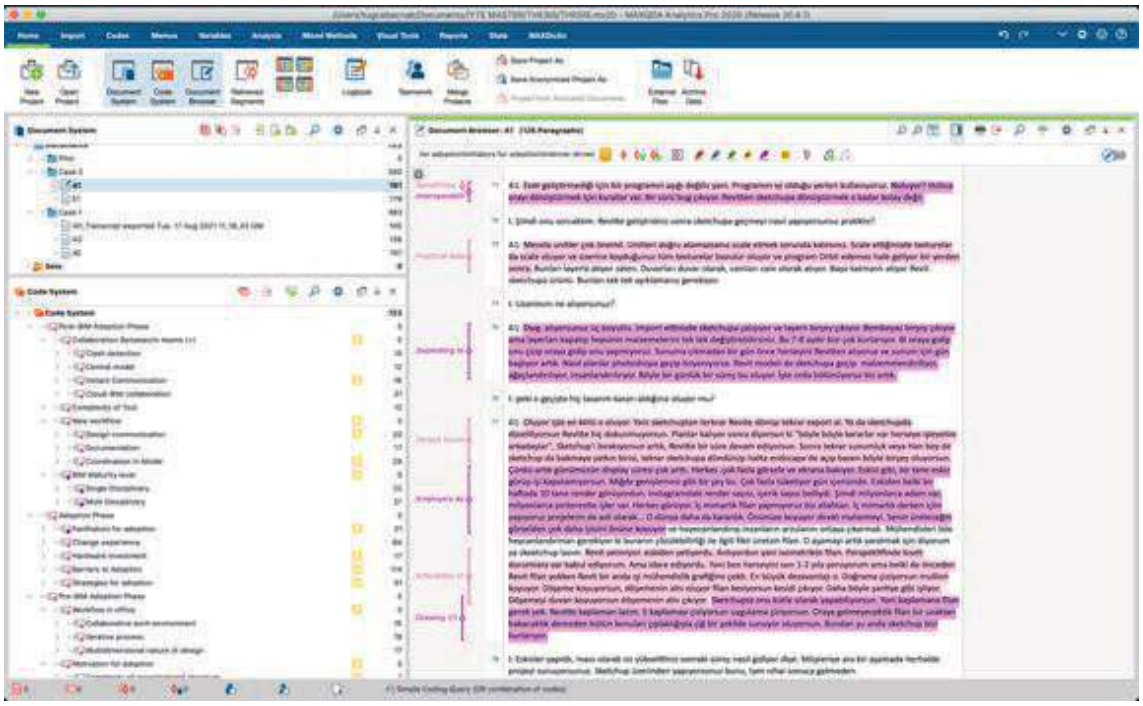
C2-E1'in bu çalışmadaki kilit rolü, YBM'nin benimsenmesine karar veren kişinin kendisi olmasıdır. Süreçteki rolü, ekip üyelerini YBM'yi benimsemeye ve benimseme stratejilerini belirlemeye motive etmek ve yönlendirmek olmuştur. Revit becerilerine veya herhangi bir pratik YBM deneyimine sahip olmadığını belirtmiş ancak benimseme aşamalarında ofisinin ana motivasyon kaynağı kendisi olmuştur.

C2-A1 ekibe katılmadan önce, önceki iş deneyimlerinden dolayı YBM teknolojisi ve süreçleri konusunda deneyime sahiptir. Çalışmaya konu olan bu ofiste ise, YBM hakkında bilgisi olan ve bilgisini yaymaktan ve YBM felsefesini diğer ekip üyelerine anlatmaktan sorumlu olan tek kişi olduğunu ifade etmiştir. Bu bağlamda C2-A1'in kilit rolü ofiste YBM "şampiyonu" olmasıdır.

2.4. Veri Toplanması ve Analizi

Bu çalışmada, YBM'ye geçiş süreçlerini deneyimlemiş iki ofis, saha çalışması için belirlenmiş ve bu ofisteki katılımcılar ile görüşmeler yapılarak veri toplanmıştır. Saha verilerini derinlemesine incelemek ve olguları tanımlamak için analitik kodlama kullanılmıştır. Bu inceleme üzerinden, kodlama ile ortaya çıkan anlamlı örüntüler belirlenmiştir. Analiz için yaklaşım, temellendirilmiş kuramdır ve açık kodlama, eksen kodlaması ve seçici kodlama adımlarını takip edilmiştir.
Nitel verilerin kodlaması ile, olası temaları oluşturacak olan analitik kategoriler tanımlanmıştır. Bu kategoriler ortaya konulduğunda, araştırmacı bu kategorileri karşılaştırarak aralarında ilişki ve bağlantılar oluşturmaya başlamıştır. Bu kategoriler arasındaki bağlantılar aracılığıyla teorik bir model oluşturulmuştur. Son olarak, analiz sonuçları, görüşme dökümlerinin örnekleri ve görüşme bölümü ile ilgili oluşturulan kategoriler sunulmaktadır.

Tüm kodlama adımları, nitel veri analiz yazılımı (MaxQDA) ile yapılmıştır (**Şekil 1**). Yazılım, belgelerin düzenlenmesini, verilerin kodlanmasını ve analiz edilmesini ve sonuçların çeşitli formatlarda sunulmasını sağlamaktadır.



Şekil 1: Çalışmada kullanılan MaxQDA yazılımının arayüzünden bir ekran görüntüsü (Bacnak, 2021)

Görüşmenin giriş soruları, katılımcının kişisel bilgilerine dayanmaktadır. Böylece kişinin mesleki deneyimi, iş yerindeki görev tanımı ve sorumlulukları ile YBM hakkındaki bilgi düzeyinin yüzeysel olarak öğrenilmesi amaçlanmıştır. Bunun dışında mülakat, YBM öncesi iş akışı, benimseme süreci ve YBM sonrası iş akışı olmak üzere üç ana bölümden oluşacak şekilde yapılandırılmıştır. Bu üç sürece dahil olan deneyimlere dair derinlemesine bilgi toplamak çalışmada önem arz etmiştir. Bu nedenle, sorular belirli bir cevap aramak için değil, katılımcıları süreçlerden birine odaklamak ve deneyimlerinin anlatımını tetiklemek amacıyla yapılandırılmıştır. Burada sorular açık uçlu olarak sorulmuş ve çoğunlukla katılımcı ile yapılan görüşme sırasında evrilmiştir. Her aşamada, YBM'nin benimsenmesinin ana faktörleri olarak mevcut literatürde tartışılan insan, süreç ve teknoloji hakkında bilgi toplamaya özen gösterilmiştir (Kensek ve Noble, 2014). Bu faktörlerin bir sürece işaret eden benimseme ile zamana bağlı ilişkisini kurmak için YBM öncesi deneyimler, YBM sonrası deneyim ve benimseme aşaması süreçlerini kapsayacak şekilde sorular oluşturulmuştur. Bu nedenle görüşmelerde soru yapısı değişse de her görüşmede yukarıda belirtilen aşamalar hakkında yeterli bilgiye ulaşılması hedeflenmiştir.

2.5. Analitik Kategoriler

Nitel veri analizi ile üç ana tema altında 11 üst kategori geliştirilmiştir. Buna göre üst kategorileri bilgilendirmek için nitel veri segmentlerinden oluşan 35 kategori oluşturulmuştur. Her kategori, görüşmelerin dökümünden bölümlerle tez çalışmasında ayrıntılı olarak açıklanmıştır (Baçnak, 2021).

Temsil edilen tüm metinler yazar tarafından Türkçe ses kayıtlarından metne çevrilmiştir. Üst kategoriler ve kategorileri aşağıdaki gibidir:

1. İşbirlikçi çalışma ortamı, yinelemeli süreç ve tasarımın çok boyutlu doğası alt kategorileri dahil olmak üzere ofiste iş akışı.
2. Örgütsel yapının karmaşıklığı, aşağıdan yukarıya motivasyon, çizimlerin güncellenmesi, benimsemeyi başlatanlar, projelerin karmaşıklığı ve koordinasyon eksikliği alt kategorilerini içeren benimseme motivasyonu.
3. İlk modelin LOD (Level of Detail)'si, güven, rekabet ve ihtiyaç olarak YBM alt kategorilerini içeren benimseme kolaylaştırıcıları.
4. Tutumdaki değişiklik, ekip üyelerinde değişiklik ve rol ve sorumluluklardaki değişiklik alt kategorileri ile değişimin deneyimi.
5. Donanım yatırımı
6. Zaman kısıtlamaları, altyapı, çoklu yazılım kullanımı, insanların direnci ve yazılım becerilerine karşı uzmanlık alt kategorileri dahil olmak üzere benimseme engelleri
7. Eğitim, "projeksiyon projesi", dayanışma, yaparak öğrenme ve YBM şampiyonu alt kategorilerini içeren benimseme stratejileri.
8. Merkezi model, anlık iletişim, bulut-YBM iş birliği ve çakışma algılama alt kategorileri dahil ekipler arası/ekip içi iş birliği.
9. Tasarım aracının karmaşıklığı
10. Tasarım iletişimi, dokümantasyon ve modelde koordinasyon alt kategorilerini içeren yeni iş akışı.
11. Çok disiplinli ve tek disiplinli alt kategorileri de dahil olmak üzere YBM olgunluk düzeyi.

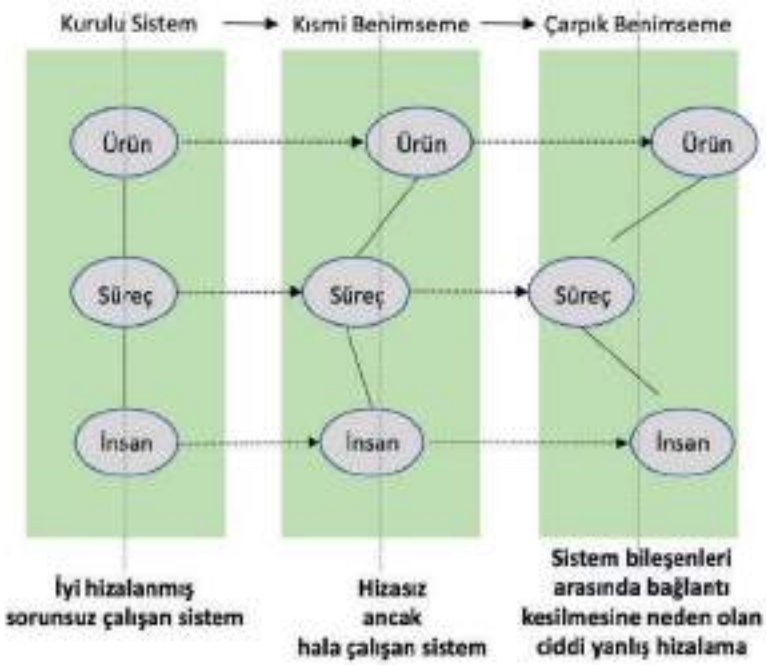
YBM'ye geçişteki erken aşamaya dair oluşturulan kodlamaların insan faktörleriyle ilişkili olduğu gözlenmiştir. Geçişi kolaylaştıran etmenler olarak güven, rekabet, YBM'ye geçişi bir ihtiyaç olarak görme kodları oluşturulmuştur. Yaşanan değişimler ekip üyelerinin değişmesi, görev ve sorumlulukların değişmesi olarak kodlanmıştır. Bu aşamada her iki vakada da görülen ana stratejiler ekip içi eğitim ve dayanışma olmuştur. Karşılaşılan zorluklar ise yine insan faktörü ile yakından ilişkilidir. Bunlar, ekip üyelerinin değişime direnmesi ve mimari yetkinlik ile yazılım yetkinliklerinin örtüşmemesi olarak kodlanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

YBM'nin benimsenmesi, yalnızca bir teknolojik geçiş olarak tanımlanabilecek bir sürecin ötesine geçer, çünkü benimseme sosyo-kültürel bir ortamda gerçekleşir. Bu anlamda, teknolojiyi benimsemeye ilişkin faktörleri, insan-

süreç-teknoloji, çerçevesinde ele alınmalıdır. Bu üçlü yapı analitik bir ayrışma önerse de temelde birbiri ile ilişkilenen faktörleri anlamak için kuramsal bir altlık sunar. Bir inovasyonun başarılı bir şekilde benimsenmesi için bu üç faktörün.

dengeli olarak değişime katılması gerekmektedir. Kensek ve Noble'a (2014) göre YBM'nin benimsenmesinde insanlar, süreç ve ürün yeni bir rutin oluşturmak için birlikte evrimleşmelidir (Kensek ve Noble, 2014)(**Şekil 2**).



Şekil 2: İnsanların, süreçlerin, ürünlerin (teknoloji) olası birlikte evrim senaryoları aracılığıyla çeşitli benimseme düzeyleri. (Kaynak: Kensek ve Noble 2014)

Ürün faktörü bu araştırmada teknolojinin kendisi olarak kabul edilmektedir. YBM'ye geçiş, kâğıt tabanlı tasarımdan CAD'in benimsenmesine geçişten sadece pratikte değil, sosyolojik açıdan da köklü değişiklikler nedeniyle farklıdır. Temel olarak, yeni teknolojinin iş akışlarına adapte edilebilmesi için sosyoteknik sistemdeki bireylerin yeni beceriler ile roller öğrenmeleri ve yeni sosyal ilişkileri rutinlerine entegre etmeleri gerektiği söylenebilir. İlk vakada, YBM'ye geçiş, bir mimar (C1-A3) tarafından tetiklenmiş ve benimseme konusundaki nihai karar ofis sahibi tarafından verilmiştir. Diğer çalışanlar bu karar aşamasının bir parçası olmamıştır. İlk vakadaki katılımcıların ifadelerine göre, ekip üyelerinin çoğunluğu YBM'nin benimsenmesini reddetmişlerdir. Bu, bir organizasyonun karar süreci dışında her bireyin, karar sürecinin bağımsız olarak gerçekleştiğini göstermektedir. Ekip üyelerinin değişime direnç göstermeleri sebebiyle ekip üyelerinde değişime gidildiği ofis sahibi tarafından ifade edilmiştir.

> ***(İnsanların Direnci)*** **C1-A2**…Bu saydığım 6 kişiden sadece C1-A3 reviti öğrendi. Projenin başında o da bilmiyordu. Bu projeyle beraber öğrendi. Diğerlerinin hepsi, eski ofiste olanlar, öğrenmeyi reddettiler. Sonra yeni aldığımız kişiler var projeye dahil olanlar. Mesela hiç revit bilmeyenler geldiler ofise aslında. Tam bu projeyi satın alma sürecinde işe giren biri vardı XX diye mesela, o reviti öğrendi mesela. O da hiç bilmiyordu. Ben çok az biliyordum. Yani XX ofisindeyken birkaç ders almıştım. Orasının da bir BIM'e geçiş süreci vardı. O süreçte çalışanlarına ders veriyorlardı. Orda ders almıştım ama ben de tamamen burada geliştirdim, bu projede geliştirdim kendimi.

> ***(Ekip Üyelerinde Değişiklik)*** **00:05:17 C1-IA1**…Hatta bir hanımefendiyi hoca olarak tutup bizim firmada, çalışan elemanlarıma Revit dersi aldırdım biraz öğrensinler diye. Ama çok başarılı olamadık. Çünkü o zaten sofistike bir program baya. Özellikle modellemeler vs LOD 500 düzeyinde bu işi kıvırıp bir hakkın yapabilmek için sadece dediğim gibi kalem tutan mimar değil artı detay bilgisi olan arkadaşa ihtiyaç var… Yapamadık çünkü önceki kadro çok zayıf kaldı yani. Ben ders aldırmama rağmen çok zayıf kaldı. Onların üstüne şefkatle de eğilemedik.

> **00:37:26 C1-IA1**…Dolayısıyla ben kendi yetiştirdiğim elemanlarıma "Revit öğrenin" demek yerine, apayrı bir Revit kadrosu kurup o elemanları kendime mahfuz tuttum.

İkinci vakada, kurucu ortak, bir YBM uygulama ofisinden etkilenmiş ve gözlemleri aracılığıyla YBM'nin avantajları konusunda hali hazırda ikna olduğu gözlenmiştir. YBM konusundaki bilgi eksikliği sorgulanmadan, YBM'nin benimsenmesine ilişkin karar kurucu ortak tarafından tepeden inme bir stratejiyle verilmiş, ancak ekip üyeleri tarafından şiddetle reddedilmiştir. İkinci vakada YBM uzmanı mimarın ekibe katılması, YBM uygulaması açısından ofis için bir kırılma noktası olmuştur. YBM şampiyonu, diğer birkaç benimseme stratejisi başarısız olduktan sonra personelin YBM'ye uyum sağlaması konusunda çalışmıştır. Ancak ekip üyelerinin gösterdiği direnç işten ayrılmalar ile sonuçlanmıştır.

> ***(İnsanların Direnci)*** **00:18:57 C2-E1**…Neyse yaşadığımız en büyük sorun şeydi... bizde devamlı çalışan çocukların dirençleri. Çünkü autocad biliyorlar yıllarca ve yeni bir şey öğrenmeye zorluyorsun onları, ve reddediyorlar çaktırmadan. Engel çıkartıyorlar… Onu da çok denedim önce bizim çocuklara eğitimler aldırdım filan. Yok abi dönmüyorlar, döndüremiyorsun. Önce alışık ya, "ben bununla (Revit) bitiremem" diyor. Hop tekrar Autocad'e geçiyor. Süre açısından problem...

İkinci vakada ilk vakada da olduğu gibi ofis sahipleri ekiplerine yeni üyeleri dahil ederek YBM'yi benimseme sürecinde yol alabildiklerini ifade etmişlerdir.

> ***(Ekip Üyelerinde Değişiklik)*** **00:21:34 C2-E1**…Baktı olmayacak böyle. Mevcut elemanları bu sisteme döndüremeyeceğim. O zaman "Revit masasına yeni eleman alacağım" dedim. Sıfır tamam? Revit'i bildiğini iddia eden işte ilanla, görüşmelerle filan 3-4 kişi geldi.

Kullanıcı eğitimi, her iki durumda da YBM uygulamasını kolaylaştıran bir strateji olarak ifade edilmiştir. Ayrıca, ofis sahipleri tarafından eğitimin YBM uygulamasını etkinleştirme üzerindeki etkisinden bahsedilmiştir. Bu süreci kolaylaştıran bir diğer etmen meslektaşların yardımlaşması, tüm katılımcılar tarafından belirtilmiştir. Personelin YBM konusundaki yetersiz pratik bilgisi, ortak amaca ulaşmak için aralarında dayanışmaya neden olmuştur. Bu durum iki vakada da ortak olarak gözlenmiştir.

> ***(Dayanışma)*** **00:45:22 C1-A2**…Oldu. Oldu aslında. Daha öncesinde şöyleydi, Revit üzerinden projeyi öğreniyoruz ya, tam herkes tam anlamıyla bilmiyordu. Yeni katılanlar da bilmiyordu. yeni katılanlardan da revit bilenlerin hiç birisi LOD 500 filan çizmemişti. Bundan dolayı çok fazla birbirmize soru sorma oluyordu. "Bunu nasıl yapcaz?" diye diye revit ekibindeki kişiler arasında aslında daha bir yakınlaşma oldu. Oturma düzeni de yine öyle oldu. Herkes birbirine daha yakın oturmaya başladı. Öyle yani oldu bir farklılaşma oldu. Ama bu biraz da şeyden, bilgisizliğin getirdiği o dayanışma şeyinden dolayı oldu.

Yaparak öğrenme, vakalarda ana YBM uygulama stratejilerinden biri olarak ön plana çıkmıştır. Analize göre çalışanların ilk yaklaşımı, sunulan yeni teknolojiyi süreç içerisinde deneyim yoluyla öğrenmek olmuştur.

> ***(Yaparak Öğrenme)*** **00:33:50 C1-A3**…Dosyayı nasıl indireceğimi falan zaten bi sorarak, bir de karşı tarafta da kimse bilmiyor ya Revit'i, BIM360'ı da kimse bilmiyor. Yüklenici bilmiyor, XX Mimari ekibi ile iletişime geçmem gerekiyordu, ya da kendim araştırarak öğrenmem gerekiyordu… Ben direkt geçtim, dedim hani herşeyi bırakıp geçmem lazım, zaten imalat başlamadı henüz. Direkt girdim, "bana verin bir iş ben çabalayayım" dedim…Aynen, bakarak, kurcalayarak öğrendim. Sonra skype'dan falan araşıyorduk, ben böyle yapıyorum doğru mu diye, onlar bana yol gösteriyordu. Ben o şekilde öğrendim Revit'i.

YBM'nin benimsenme aşamasında, ekip içindeki kişiler ile farklı ekiplerdeki kişiler arasında koordinasyonun sağlanması için iletişim teknolojilerinin yoğun olarak kullanıldığı belirtilmiştir. Sosyal medya ve video konferans platformları, çalışanların önce pratik bilgiye ulaşması, özümsemesi ve geliştirmesi, daha sonra YBM süreçlerinde ortaya çıkan sorunları uygulamalı olarak çözmek için tercih ettiği ve bu sayede bilginin işbirlikçi bir çalışma ortamında mobilize edilmesini sağlayan araçlar olarak belirtilmiştir.

Süreç açısından ele alındığında YBM'nin benimsenmesi, tasarım eylemlerin yapısında bir değişikliğe yol açtığı söylenebilir. Tam olarak uygulanmış bir YBM iş akışında, mimari uygulama sürecinin, tüm proje ortaklarının birbirleriyle iş birliği yaptığı, nesne yönelimli bir dijital tasarım ortamında kurulması beklenir. Tasarım iletişiminin, iş birliğinin ve tüm tasarım aşamalarının yeni sürece uyum sağlaması beklenir. Ancak, mimari uygulamadaki sosyo-kültürel karmaşıklıklar, teorideki bu YBM süreci tanımlarından pratikte sapmalara yol açmıştır. Her iki durumda da organizasyonların yenilikçiliği bir yana, tasarım süreci belirli bir düzeyde değişime uğrayabilmiştir. Bunun sebebi, YBM kullanıcıları yeni iş akışına uyum sağlayıp ortak bir üç boyutlu model aracılığıyla iletişim kurabilmiş, iş birliği ve tasarım yapabilmişken, baş tasarımcılar bunun yerine teknolojiyi benimsemeye çalışmamış ve geleneksel CAD tabanlı süreçlere devam etmişlerdir. YBM kullanıcılarının YBM kullanıcısı olmayan baş tasarımcılara mesleki bilgi açısından bağımlılıkları karışık bir iş akışıyla sonuçlanmıştır. Bu, mimari becerilerin ve mimari uzmanlık düzeyinin süreç değişikliği üzerinde bir etkisi olduğunu göstermektedir. Geleneksel süreçlerden YBM iş akışlarına başarılı bir geçiş, YBM'yi benimseyenlerin pratikte tasarım problemi çözücüleri olduğu durumlarda mümkün görünmektedir.

4. Sonuçlar

YBM öncesi aşamada, tasarım süreçleri için ofis çalışanları belirleyici bir faktör olarak ön plana çıkmıştır. YBM'ye geçiş süreçlerinde iki vakada da kilit katılımcılar dönüşümde önemli rol oynamıştır. Bu katılımcıların tutumları, benimseme aşamasına geçmek için ekiplerde tek motivasyon kaynağı olmaları açısından önemli olduğu görüşmelerde ifade edilmiştir. Teknolojiye ilişkin faktörler ise, geçiş aşaması için katılımcılar tarafından ön plana çıkarılmamıştır. Literatürdeki güncel çalışmalar YBM'nin benimsenmesinin teknolojik boyutlarına vurgu yapmasına rağmen, bu çalışmadaki saha verileri Arayıcı'nın (2011) çalışmasında da ele alındığı gibi benimseme sürecinin sosyo-teknik bir konu olduğunu göstermektedir. YBM benimseme aşaması, geçiş ve dönüşümün yoğun olarak gerçekleştiği dinamik bir süreç olarak gözlemlenmiştir. Teknolojiyi benimsemenin zorluklarının yanı sıra, ofislerin yaşadığı zorlukların esas olarak kullanıcılarla ilgili olduğu saptanmıştır. Bu anlamda sunulan bulgular güncel literatürdeki bazı çalışmaları desteklemektedir. Örneğin, Deutsch (2011), YBM ve bütünleşik tasarım konusundaki araştırmasında insanlara odaklanmakta ve YBM uygulamasının büyük oranda sosyolojik bir olgu olduğuna vurgu yapmaktadır (Deutsch, 2011). Buna paralel olarak, bu çalışmada da süreçteki İlişkiler, yeni roller ve sorumluluklar ve insanların direnişi gibi teknik olmayan ancak sosyal meseleler olan temalar ön plana çıkmıştır.

KAYNAKLAR

Abdelmohsen, S. M. A. (2011). *An Ethnographically informed analysis of design intent communication in BIM-enabled architectural practice.* Georgia Institute of Technology,

Afsari, K., Eastman, C. M., & Shelden, D. R. (2016). *Cloud-based BIM data transmission: current status and challenges.* Paper presented at the ISARC. Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction.

AIA. 2007. Integrated project delivery: A guide. AIA California Council and American Institute of Architects (AIA) Washington, DC.

Arayici, Y., Coates, P., Koskela, L., Kagioglou, M., Usher, C., & O'Reilly, K. (2011). Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice. *Automation in construction, 20*(2), 189-195. doi:https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.016

Azhar, S. (2011). Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and management in engineering, 11*(3), 241-252.

Azhar, S., Khalfan, M., & Maqsood, T. (2012). Building information modelling (BIM): now and beyond. *Construction Economics and Building, 12*(4), 15-28.

Baçnak, T. Z. (2021). *An inquiry into the adoption process of building information modeling in architectural practice* (Master's thesis, Izmir Institute of Technology).

Chen, C., & Tang, C. (2019). Development of BIM-based innovative workflow for architecture, engineering and construction projects in China. *International Journal of Engineering and Technology*.

Corbin, Juliet, and Anselm Strauss. 2008. "Strategies for qualitative data analysis." *Basics of Qualitative Research. Techniques and procedures for developing grounded theory* 3.

Deutsch, R. (2011). *BIM and integrated design: strategies for architectural practice*: John Wiley & Sons.

Eastman, Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*: John Wiley & Sons.

Gu, Ning, and Kerry London. 2010. "Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry." *Automation in construction* 19 (8):988-999.

Kasali, A. (2013). *An ethnographic study of the role of evidence in problem-solving practices of healthcare facilities design teams.* Georgia Institute of Technology,

Kensek, K., & Noble, D. (2014). *Building information modeling: BIM in current and future practice*: John Wiley & Sons.
Sackey, E, M Tuuli, and A Dainty. 2015. "Sociotechnical systems approach to BIM implementation in a multidisciplinary construction context." *Journal of management in engineering* 31 (1):A4014005.
Saldaña, Johnny. 2021. *The coding manual for qualitative researchers*: sage.
Succar, Bilal. 2009. "Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders." *Automation in construction* 18 (3):357-375.

Mimarlıkta Sayısal Tasarım Araçları Tercihleri Üzerine Niteliksel Araştırma

Kadir Öztürk [1]; Fehmi Doğan[2]; Altuğ Kasalı[3]
[1,2,3]İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
[1]kadirozturkarchitecture@gmail.com; [2]fehmidogan@gmail.com; [3]altugkasali@iyte.edu.tr

Özet

Çağdaş mimari uygulama ve araştırmalarında başat temalardan biri olan sayısal tasarım, mekana ilişkin düşünme biçimimizde köklü değişikliklere yol açmıştır. Sayısal tasarım uygulamaları, mimarlık üretiminde giderek daha baskın hale gelse de mekan hakkında düşünme ve hayal etme biçimimizdeki yansımalarına yönelik derinlemesine çalışmalar hala gerekmektedir. Bu araştırma, sayısal tasarım uygulamaları ile birlikte mekanı kavramsallaştırma biçimimizde yaşanan değişiklikleri sorgulayarak modern mekan anlayışımıza ilişkin nelerin korunduğunu, uyarlandığını veya ihmal edildiğini tartışır. Sunulan çalışma ile sayısal tasarım araçlarını kullanan deneyimli uygulayıcılarla gerçekleştirilen görüşmeler üzerinden mekanla ilgili kavramsallaştırmaların farklı boyutlarının anlaşılması amaçlanmaktadır. Görüşmelerden elde edilen veriler nitel tematik inceleme yöntemiyle analiz edilmiştir. Bu araştırma iki ana soru etrafında şekillenmektedir. Hesaplamalı tasarım pratiğinde mimari mekan nasıl hayal edilir? Prosedürlerin kesin, tanımlayıcı ve kurala dayalı olduğu hesaplamalı tasarım yaklaşımlarında mimari mekan çok katmanlı, tanımlanması ve ifade edilmesi zor bir kavram olarak nasıl ele alınır? Mimari kelime dağarcığına aktarılan sayısal terminoloji, tasarımcıların sadece sözlü ifadelerine değil, aynı zamanda mimari mekan hakkındaki düşüncelerine de hakim olmaktadır. Sayısal tasarım araçlarının, tasarımcıların göz önünde bulundurdukları parametrelerin yanı sıra mekanı hayal ederken onların düşünme biçimleri üzerinde de etkisi olduğu tartışılmaktadır. Buradaki varsayım, birden fazla katman ve anlam barındıran bir kavram olarak mekanın hesaplanabilir değişkenlerinin yanında hesaplanamaz yönleri de olduğu ve sayısal tasarım pratiğinin bu iki yönü nasıl ele aldığını araştırmanın keşfetmeye değer olduğudur. Sayısal düşünce, mekanın ölçülebilir yönlerini düşünmek ve temsil etmek için uygun bir ortam sağlarken, mekanın tarif edilemez ve belirsiz yönleri de hesaplanabilir olanın sınırlarını ortaya çıkarabilir. Mekan kavramının sayısal tasarım teknolojileriyle nasıl yeniden düşünüldüğüne ilişkin bulgular irdelenmeye değerdir. Bu bildiri kapsamında "Tasarım sürecinizde sayısal tasarım araçlarını tercih etmenizin nedenleri nelerdir? Daha mı verimliler, üretken süreci mi kolaylaştırıyor, görselleştirmeye ve mekanı düşünmeye mi yardımcı oluyor, yaratıcılığı mı arttırıyor?" sorusuna verilen cevaplara ilişkin incelemeler aktarılacaktır.

Anahtar Kelimeler: *Mimari mekan, sayısal tasarım, tasarım araçları.*

Qualitative Research on Computational Design Tools Preferences in Architecture

Kadir Öztürk [1]; Fehmi Doğan[2]; Altuğ Kasalı[3]
[1,2,3]İzmir Institute of Technology
[1]kadirozturkarchitecture@gmail.com; [2]fehmidogan@gmail.com; [3]altugkasali@iyte.edu.tr

Abstract

Computational design, a primary recurring theme within contemporary architectural practice and research, has led to drastic changes in the way we think about the concept of space. While the practices of computational design have become increasingly dominant in the production of architecture, its repercussions in the way we think about and imagine space need to be fully examined. This research investigates the changes experienced in the way we conceptualize space within computational design practices, and discusses what is preserved, adapted or neglected from our modern understanding of space. Following a particular research agenda, the investigation aims at understanding space-related conceptualizations of designers through interviewing experienced practitioners. The data from the interviews are analyzed through qualitative thematic analysis. This research is shaped around two main questions; How architectural space is imagined in computational design practice? How is architectural space considered as a multi-layered, loosely defined and ineffable concept in computational design approaches in which procedures are precise, descriptive and prescriptive? The terminology of computation, now being imported into the architectural vocabulary, seems to dominate not only designers' verbal articulation but also designers' thinking over architectural space. It is argued that computational tools have an impact on designers' way of thinking while imagining space, alongside the parameters that they consider. The assumption here is that space as a multi-layered and multi-meaningful concept has both computable and non-computable aspects and that it is worth exploring how computational practice treats both aspects. While computation may provide an appropriate medium for thinking about and representing the quantifiable aspects of space, the ineffable and ambiguous aspects of space highlight the limits of what is computable. The initial results indicate an indirect, if any, interest in the concept of space and how it could be rethought with the new computational technologies. Within the scope of this paper, reviews of the answers given to the question of "What are the reasons why you use computational tools in your design process? Is it more efficient, does it facilitate the generative process, does it help in visualizing and spatial thinking, does it enhance creativity?" will be presented.

Keywords: *Architectural space, computational design, design tools.*

1. Giriş

Çağdaş mimari uygulama ve araştırmalarında başat temalardan biri olan sayısal tasarım, mekana ilişkin düşünme biçimimizde köklü değişikliklere yol açmıştır (Oxman, 2006; Carpo, 2017). Sayısal tasarım uygulamaları, mimarlık üretiminde giderek daha baskın hale gelse de mekan hakkında düşünme ve hayal etme biçimimizdeki yansımalarına yönelik derinlemesine çalışmalar hala gerekmektedir. Bu araştırma, sayısal tasarım uygulamaları ile birlikte mekanı kavramsallaştırma biçimimizde yaşanan değişiklikleri sorgulayarak modern mekan anlayışımıza ilişkin nelerin korunduğunu, uyarlandığını veya ihmal edildiğini tartışır. Sunulan çalışma ile sayısal tasarım araçlarını kullanan deneyimli uygulayıcılarla gerçekleştirilen görüşmeler üzerinden mekanla ilgili kavramsallaştırmaların farklı boyutlarının anlaşılması amaçlanmaktadır.

Bu araştırma iki ana soru etrafında şekillenmektedir. Hesaplamalı tasarım pratiğinde mimari mekan nasıl hayal edilir? Prosedürlerin kesin, tanımlayıcı ve kurala dayalı olduğu hesaplamalı tasarım yaklaşımlarında mimari mekan çok katmanlı, tanımlanması ve ifade edilmesi zor bir kavram olarak nasıl ele alınır?
Mimari kelime dağarcığına aktarılan sayısal terminoloji, tasarımcıların sadece sözlü ifadelerine değil, aynı zamanda mimari mekan hakkındaki düşüncelerine de hakim olmaktadır. Sayısal tasarım araçlarının, tasarımcıların göz önünde bulundurdukları parametrelerin yanı sıra mekanı hayal ederken onların düşünme biçimleri üzerinde de etkisi olduğu tartışılmaktadır. Buradaki varsayım, birden fazla katman ve anlam barındıran bir kavram olarak mekanın hesaplanabilir değişkenlerinin yanında hesaplanamaz yönleri de olduğu ve sayısal tasarım pratiğinin bu iki yönü nasıl ele aldığını araştırmanın keşfetmeye değer olduğudur. Sayısal düşünce, mekanın ölçülebilir yönlerini düşünmek ve temsil etmek için uygun bir ortam sağlarken, mekanın tarif edilemez ve belirsiz yönleri de hesaplanabilir olanın sınırlarını ortaya çıkarabilir. Mekan kavramının sayısal tasarım teknolojileriyle nasıl yeniden düşünüldüğüne ilişkin bulgular irdelenmeye değerdir.

2. Kapsam

Yukarıda genel çerçevesi tanımlanan araştırma, sayısal tasarım araçlarını kendi pratiklerinde kullanan tasarımcılarla yapılan görüşmeler ve bu görüşmelerde katılımcıların kendi ifadelerinin veya kavramsallaştırmalarının incelenmesi üzerinden ilerlemiştir. Araştırma planı dahilinde bu görüşmeler çalışmayı kısaca tanıtan bir giriş metni ve devamında katılımcılara yöneltilen açık uçlu yedi sorudan oluşmaktadır. Giriş metninde sayısal tasarım araçlarının mimari pratikte baskın hale gelinceye kadarki tarihsel süreçte temsil araçları, tasarım araçları ve mimari mekan konularında yaşanan dönüşümlere değinilmiştir. Katılımcıları tasarım süreçlerinde sayısal araçları kullanmaya yönelten dinamiklerin keşfedilmesi planlanmıştır. Sayısal tasarım araçlarını diğerlerinden farklı ve avantajlı kıldığı muhtemel bazı açılımlar soru içinde yöneltilerek katılımcılar kişisel nedenlerini ve görüşlerini açıklaması yönünde teşvik edilmiştir. Bu bildiri kapsamında "Tasarım sürecinizde sayısal tasarım araçlarını tercih etmenizin nedenleri nelerdir? Daha mı verimliler, üretken süreci mi kolaylaştırıyor, görselleştirmeye ve mekanı düşünmeye mi yardımcı oluyor, yaratıcılığı mı arttırıyor?" sorularına verilen cevaplara ilişkin incelemeler aktarılacaktır.

3. Yöntem

Görüşme soruları ve araştırma yöntemi çalışma sürecinde literatür araştırmaları, sayısal tasarım konusunda kabul gören akademisyenlerden alınan görüşler ve pilot görüşmeler doğrultusunda güncellenerek kurgulanmıştır. Görüşme soruları internet üzerinden yazılı olarak belirlenen katılımcılara iletilmiş ve yazılı olarak yanıtlamaları istenmiştir. Katılımcılar sayısal tasarım uygulamalarında farklı ölçeklerde projelerde görev alarak deneyim kazanmış mimarlar, akademisyenler ve bağımsız tasarımcılardan oluşmaktadır. Araştırma kapsamında 18 katılımcının görüşleri incelenmiştir. Görüşmelerden elde edilen veriler nitel tematik inceleme yöntemiyle analiz edilmiştir.

4. Bulgular

Bu bildiri kapsamında odağa alınan soru ile, katılımcıların sayısal tasarım araçlarını tercih etme nedenlerini belirlemek ve sayısal tasarım araçları ile geleneksel tasarım araçları arasındaki benzerliklerin, farklılıkların ve varsa diğer konuların ortaya çıkarılması hedeflenmektedir. Katılımcılar kendi tasarım süreçlerinde, özellikle düşünsel aşamalar ve temsil sistemleri olmak üzere, farklı tercih etme nedenlerine ilişkin detaylı görüş bildirmeleri yönünde teşvik edilmişlerdir. Elde edilen veriler değerlendirilerek sayısal tasarım araçlarını tercih etme nedenlerine ilişkin farklı çıkarımlar yapılması hedeflenmiştir.

Katılımcılar her ne kadar üzerinde homojen bir görüş birliği oluşturmasalar da sayısal tasarım araçlarını tercih etme nedenlerini açıklarken yaratıcılık kavramına sıklıkla değinmişlerdir. Katılımcılardan bazıları sayısal tasarım araçlarını yaratıcılığı arttırıcı bulurken, bir kısmı bu araçları tercih etme nedenlerinin yaratıcılıktan bağımsız olduğunu belirtmişlerdir. Daha az bir grup ise diğer tasarım araçlarının yaratıcılık üzerine ne kadar etkisi varsa sayısal tasarım araçlarının da o kadar etkisi olduğu yaklaşımını gündeme getirmişlerdir. Katılımcıların ifadeleri kapsamında, yaratıcılık kavramı özgürlük, yenilik, görselleştirme ve imkansızı mümkün kılma gibi farklı başlıklarla da bağdaştırılmaktadır. Örneğin katılımcıların sayısal tasarım araçları kullanımında özgürlük kavramına ilişkin beklentileri ikircikli bir durum ortaya çıkarmaktadır. Katılımcılar kullandıkları araçların onlara özellikle geometri ve biçim konularında tam ve kesin bir kontrol sağlamasını beklemektedirler. Fakat özellikle erken tasarım süreçlerindeki biçimsel araştırma aşamalarında bu kesinlik beklentisi yerini tasarımcının öngöremediği tüm biçimlerin hesaplanarak onun için listelenmesi beklentisine bırakmaktadır. Bu noktada tasarımcı kurguladığı tasarım sistemi ile diyaloga girerek sayısal tasarım aracını işlem yapma kapasitesinden faydalandığı bir tasarım ortağına dönüştürmektedir. Sayısal tasarım araçlarının yaratıcılığı arttırdığını belirten katılımcılar da mimari temsil ve üretime ilişkin yeni sunulan teknik imkanları dayanak göstermişlerdir. Bir bakıma, sayısal tasarım araçlarını yaratıcılığı destekleyici olarak nitelendiren katılımcılar pratik faydaları nedeniyle bu araçları tercih ettiklerini açıklamışlardır.

4.1. Yaratıcı Sürece İlişkin Bulgular

Beş katılımcı, hesaplamalı tasarım araçlarının yaratıcılık üzerinde olumlu etkileri olduğunu belirtmiştir. Hesaplamalı tasarım araçları, farklı faydaları gözetilerek yaratıcılık geliştirici olarak nitelendirilmiştir. Örneğin, hesaplamalı tasarım araçlarının önceden tasarlanması, temsil edilmesi ve üretilmesi imkansız olan formları mümkün kıldığı belirtilmiştir. Katılımcılardan MH, soruya verdiği cevapta aşağıdaki ifadeleri kullanmıştır.

MH: *Yenilik amaçtır. Şimdiye kadar görülmemiş, üretilemeyen, tasavvur edilemeyen mimari formlar yaratmak. Hesaplamalı tasarım araçları zihni ve hayal gücünü genişletir.*

Katılımcılar hesaplamalı araçlarının tasarım, temsil ve üretim süreçlerinin tümünü etkilediğini belirtmişlerdir. Hesaplamalı tasarım araçlarının sunduğu yeni olanakların ve/veya artan kapasitelerin, bu araştırmanın bazı katılımcıları tarafından da yaratıcılık üzerinde belirleyici etkisi olduğu ifade edilmiştir.

Yaratıcılığı destekleyici görüşlerin ön plana çıkan boyutlarından biri ise hesaplamalı tasarım araçlarının tasarım seçeneklerini adeta bir katalog gibi liste halinde kullanıcılara sunabilmesidir. Hesaplamalı tasarım araçları önceden tanımlanmış tasarım kurallarına uyarak tüm olası farklı tasarım seçeneklerini üretebilmektedir. Tasarım kararlarının gömülü olduğu algoritmik modeller, kurallara uyan ve belirlenen koşulları sağlayan tüm olasılıkları listeler. Tasarımcılar kendi özgün tasarım kurallarını belirlediklerinde, hesaplamalı tasarım süreci beklenmedik çıktılar da üretebilir. Bu anlamda katılımcılardan BN aşağıdaki ifadeleri kullanmıştır:

BN: *Algoritmik bir tasarım sürecine sahip olduğundan, hesaplamalı tasarım araçları karmaşık geometrik ilişkilerin basit matematiksel ilişkilere dayalı olarak görselleştirilmesini sağlar. Sonuç asla bir başyapıt değil ama çoğu zaman içsel zekayı tetikleyen/şaşırtan bir seçenekler kataloğudur.*

Sayısal tasarım araçları tasarım arama alanını (search space) genişletmeye ve olası tasarım seçeneklerinin dökümünü oluşturmaya imkan vermektedir. Tasarım arama alanını genişleterek yaratıcılığı artırma anlayışı 'beklenmeyen olasılıklar' (Knight ve Stiny, 2001) ile ilişkilidir. Tasarımcılar, hesaplamalı tasarım sürecini kendilerine özgü, tanımlı ve kontrollü bir süreç olarak yürüttüklerini düşünürlerken, bu öngörülemeyen sürpriz çıktıları da kendilerine ait tasarım ürünleri olarak kabul eder ve uyarlarlar. Bu tür hesaplanmış kazalar, tasarım sürecinde yaratıcılığı tetikleyen koşullar olarak memnuniyetle karşılanmaktadır.

Hesaplamalı tasarım araçları, yaratıcı süreçteki soyutlama kavramına da yeni bir boyut eklemiştir. Eskiz tasarım sürecinde ilk düşüncelerin soyutlanarak temsil edildiği araçlardan biridir (Doğan ve Nersessian, 2010). Temsil yöntemleri ve tasarım araçları belirli soyutlama anlayışları barındırır (Root-Bernstein, 1991). Alışılmış tasarım süreçlerinde odak noktası temelde tasarım nesnesinin kendisidir. Tasarımcıların hesaplamalı tasarım araçlarını kullanırken harcadıkları yaratıcı emek ise doğrudan son tasarım ürünü üzerine değil tasarım çözümü üretmesi beklenen

tasarım sistemlerine ve değişkenlerine yoğunlaşmıştır. Veri ve bilgi, yaratıcı bir süreç olarak yönetim ve manipülasyonun girdileridir. Bununla ilgili olarak katılımcılardan DM kendi ifadelerini sunmuştur:

DM: *Hesaplamalı düşünce tasarımcıların veri ve bilgilerle çalışmasına olanak tanır. Bana göre bilginin yönetimi ve manipülasyonu, doğru çağdaş yaratıcı süreçtir. Mimarlığın da diğer tüm disiplinler gibi verilerle ilgilenmesi ve bu alandaki kaygı veren gecikmesini yakalaması gerekiyor.*

Yeni temsil sistemleri hem fiziksel temsil aracılarını hem de tasarımcıların düşünme biçimlerini dönüşüme uğratmıştır. Eskiz sürecinde kalem ve kağıt ile doğrudan tasarım nesnesine odaklanan tasarımcılar, hesaplamalı tasarım sürecinde dijital araçlar ve sayısal sistemler ile dolaylı olarak son ürünü elde ederler.

Hesaplamalı tasarım araçları, soyut verileri grafik dilde görselleştirmeye yönelik yeni bir arayışı da beraberinde getirmiş ve sonrasında mekan üretimine uzanan tüm süreçlerde işlev kazanmıştır. Hesaplamalı tasarım araçları maddi olmayan düşüncelerin temsil edilebilir, temsil edilebilir düşüncelerin de mekanlara dönüştüğü bütünleşik ve geçişken bir platformdur. Hesaplamalı tasarım araçlarına ilişkin bu boyut da katılımcılardan YZ tarafından vurgulanmıştır:

YZ: *Hesaplamalı araçları soyut verileri bir tür grafik dilde görselleştirme ve ardından yavaş yavaş ortaya çıkan sonuçları denemelerle mekana dönüştürmek için kullanıyorum. Fikirleri ifade etmek, işlemek ve iletmek için diğerleriyle birlikte kullanılan araçlardır ve bu nedenle farklı yönlerde düşünmeye yardımcı olabilirler. Ayrıca, parametrik ve üretken süreçler aracılığıyla alternatiflerin gerçekleştirilmesine izin veren büyük bir hesaplama gücü sunarlar. Aslında, tasarımda yaratıcılıkla ilgili büyük bir etkiye sahip olabilirler.*

Diğer yandan, katılımcıların üçü, hesaplamalı tasarım araçlarını tercih etmelerinin yaratıcılık kaynaklı nedenler olmadığını veya hesaplamalı tasarım araçlarına yaratıcılık açısından ayrıcalıklı bir öncelik vermediklerini belirtmişlerdir. Katılımcıların hesaplamalı tasarım araçlarını kullanmayı sürdürmelerinin temel nedenleri üstün temsil ve üretim kapasiteleri ile ilgilidir. Bu görüşe sahip katılımcılara göre, hesaplamalı tasarım araçları yaratıcılığı artırıcı olarak değerlendirilmemekte veya diğer tasarım araçları ile kıyaslandıklarında yaratıcılık açısından daha yaratıcı ve üstün görülmemektedirler.

Hesaplamalı tasarım araçlarını yaratıcılık açısından öncelikli olarak nitelendirmeyen katılımcılar, bu araçları görselleştirme, türetme, simülasyon, değerlendirme ve inşa olanakları açısından avantajlı bulmaktadır. Özellikle tasarım fikirlerinin görsel olarak sunulması ve oluşturulan tasarım alternatiflerinin değerlendirilmesi yaratıcılığı destekleyici kategoride yorumlanabilir. Katılımcılardan UH ve EB'nin ifadeleri, bu türden bir yaklaşımı betimlemeleri açısından vurgulanmalıdır:

UH: *Hesaplamalı tasarım araçlarını kullanıyoruz çünkü bazen daha verimli ve üretken süreçte yardımcı oluyor, ayrıca görselleştirmeye yardımcı oluyor, aynı zamanda yapım sürecinde de olası çözümler üzerindeki varyasyonları test etmek için çok kullanıyoruz, yaratıcılığı geliştirmek için değil.*

EB: *Hesaplamalı araçların yaratıcılığı geliştirdiğine inanmıyoruz, bunun yerine tasarımcıların fikirlerini görselleştirme ve değerlendirme konusundaki becerilerini genişletiyor ve ardından hesaplama olmadan mümkün olmayan karmaşık geometrileri somutlaştırıyoruz.*

Katılımcılar, hesaplamalı tasarım araçlarını tercih etme nedenlerini yaratıcılıkla ilgili olarak nitelendirmeseler de belirttikleri diğer nedenler yaratıcılık ile bir şekilde ilişkilenen, yaratıcılığı besleyen veya tetikleyen kavramlar olduğu iddia edilebilir. Hesaplamalı tasarım araçlarını yaratıcılıkla bağdaştırmayan katılımcılara kendi yaratıcılık anlayışlarının ne olduğu derinlemesine görüşmelerde sorularak yeni açılımlar ortaya çıkarılabilir.

Hesaplamalı tasarım araçlarının yaratıcılığa katkı sağlamadığını düşünerek hesaplamalı tasarım araçlarını kullanmaya devam eden katılımcılar, tasarımcıyı bir bakıma tasarım sürecinin merkezi kontrol figürü olarak konumlandırmaktadır. Bu yaklaşım hesaplamalı tasarım sürecinde tasarımcının baskın pozisyonunu önceler ve güçlendirir. Tasarımın merkez

figürü olarak tasarımcı sürece hakimdir. Tasarımcının/mimarın merkezi rolünü öncelemek, hesaplamalı tasarım çağında hala korunmuş görünen Modernist bir yaklaşımdır.

Görüşmelerde öne çıkan diğer bir düşünce ise, hesaplamalı tasarım araçlarının yaratıcılık üzerinde ancak diğer tasarım araçları kadar etkili veya etkisiz olduğudur. Yaratıcılık açısından geniş çerçevede düşünüldüğünde her tasarım aracının eşit olduğu sonucuna varılabilir ancak farklı tasarım araçlarının farklı yol ve sonuçlara yol açacağı da kabul edilmektedir. Bu görüşe göre diğer tasarım araçları gibi, hesaplamalı tasarım araçları da amaç için araçtır. Örneğin, katılımcılardan TF ve RH bu konu ile ilişkili görüşlerini aşağıdaki gibi sunmuşlardır:

TF: *Eskiz ve maket gibi, yukarıda belirttiğiniz şekilde, hesaplamalı tasarım araçları amaca yönelik bir araçtır. ...Tasarım amacı aracı yönlendirir, ancak araç aynı zamanda ilk fikirlere meydan okuma veya yeni yönler açma gücüne de sahiptir.*

RH: *Son olarak, özellikle hiçbir aracın mekansal düşünmeyi veya yaratıcılığı geliştirmediğini söyleyebilirim. Bunları yapmak için hala güvendiğimiz şey zihindir. C mengene, pres, 2H kalem veya parametrik program kullanmaya karar vermek, doğal olarak düşüncenizi değiştirmeyecektir - ancak araçları değiştirmek size ilginç bir şey söyleyebilecek bir geri bildirim döngüsü yaratacaktır.*

Hesaplamalı tasarım araçlarını tercih etme nedenlerini yaratıcılık kavramına değinerek açıklamalarına rağmen bu grup olumlu veya olumsuz görüş bildirmemiş aslında sadece tasarım aracının tasarımcıyı etkilediği görüşünü açıklayarak çekimser bir konum sergilemiştir. Tasarım aracını değiştirmenin tasarımcıyı da değiştirdiği kabul edilen bir görüştür. Bu düşünce, tasarımcının hesaplamalı tasarım sürecindeki merkezi konumunun anlaşılmasıyla değerlendirilebilir ve paralellik gösterebilir. Tasarımcıların kullandığı araç ne olursa olsun, düşünce sistemlerini veya tasarım şeklini değiştirebilir, ancak tasarımcının konumu tasarım sürecinde varlığını korur.

Hesaplamalı tasarım araçlarının biçim arayışında daha özgür olduğunu ifade eden katılımcıların bunu kontrol kavramıyla ilişkilendiren açıklamaları incelendiğinde özgürlük çelişkili bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır.

DDG: *Demek istediğim, geometrilerin tam kontrolüne sahip olmak ve tasarımcıya özgürlük vermek gerçekten önemli, bu yüzden karmaşık geometriler alanında çalışırken hesaplamalı tasarım araçlarının artık temel bir standart araç olduğunu söyleyebilirim.*

Tasarımcılar özellikle erken tasarım aşamalarında beklenmedik sürpriz çıktıları olumlu karşılarken özgürlük ve esneklik yaklaşımını benimserlerken tasarımın ilerleyen aşamalarında yaklaşan imalat ve inşaat aşamalarında kontrol ve kesinlik istekleri belirleyici olmaya başlamaktadır. Hesaplamalı tasarım araçları iki farklı tasarım aşamasında tasarımcıların farklı beklentilerini farklı olanaklar sunarak karşılamaktadır.

4.2. Üretim Sürecine İlişkin Bulgular

Şimdiye kadar sunulan temaların ötesinde, görüşmelerde ikincil olarak üretim ve inşaata ilişkin konular gündeme getirilmiştir. Karmaşıklık, verimlilik, kesinlik, standart haline gelme konuları da üretim ve inşaat başlığının ilgili alt kavramları olarak öne çıkmıştır. Uygulamaya dayalı nedenlerle hesaplamalı tasarım araçlarını tercih ettiğini belirten katılımcıların tamamı bu konuda hesaplamalı tasarım araçlarını onaylamaktadır. Hesaplamalı tasarım araçlarının tercih edilmesinde ön plana çıkan üretim süreçleri ile ilgili verimlilik, karmaşıklık, kesinlik ve fizibilite gibi kavramların çoğu literatürle paralellik göstermektedir. Pratik gerekçelere dayanan bu kavramlar birbirlerinin sağlaması gibidir. Verimlilik malzeme, zaman ve işçilik açısından çok boyutlu olarak kabul edilmektedir. Karmaşıklık bazen sebep bazen de sonuç olarak düşünülür, ancak hesaplamalı tasarım araçları ile kesin ve uygulanabilir hale getirilir. Hesaplamalı tasarım araçları üretime dayalı gerekçelerle ele alındığında, bir katılımcıya göre çağdaş mimarlık pratiğinin zorunlu standardı olduğu ifade edilmiştir.

4.3. Diğer Bulgular

Yanıtlarda ayrıca sayısal tasarım terminolojisinin mimarlık diline ne kadar nüfuz ettiği de görülmektedir. Dilin varlığın evi olduğu (Heidegger, 1977) yaklaşımıyla dilde yaşanan dönüşümün mimariye de yansıması kaçınılmazdır. Bunlara ek

olarak tasarımcının tasarım sürecindeki merkezi rolü ve tasarımcı ile tasarım araçları arasındaki ilişkiye yönelik farklı yaklaşımlar ortaya çıkmıştır. İlk soruda ağırlık kazanmasa da mimari mekan ve mekansal kavramlara ilişkin görüşler de katılımcılar tarafından belirtilmiştir.

5. Sonuç

Hangi tasarım aracının neden tercih edildiği sorusu 'Biz araçları değiştiririz ve sonra araçlar bizi değiştirir.' (Culkin, 1967) bakış açısıyla değerlendirildiğinde aslında tasarıma ilişkin en önemli kararlardan birinin en başta verildiğini düşündürür. Verilen bu karar da doğrudan son ürünün içeriğine ve biçimsel kaliteleri üzerine değil, süreç içerisinde kullanılacak aracın hangisi olacağına yönelik karardır. Tasarımın değişik aşamalarında tasarımcıların değişen beklentileri ile paralel olarak tasarım araçlarına da biçtikleri roller değişmektedir. Hatta kimi aşamalarda tasarımcı ve araç arasındaki bu ikili ve dinamik ilişkide kontrol ve tasarım eylemi sadece sayısal tasarım araçlarınca sürdürülebilmektedir. Öte yandan sayısal tasarım araçlarını tercih etme nedenleri incelendiğinde katılımcıların isteklerine göre adapte edilebilen ve esnek kontrol imkanı sunan araçların daha çok tercih edileceği düşünülmektedir. Bazı katılımcıların da belirttiği üzere güncel mimarlık pratiğinde sayısal tasarım araçlarının yaygınlığı ve standartlaşması, bu teknolojileri zorunlu bir seçenek olarak önümüze çıkarmaktadır. Tasarımcının elindeki araç tercih paletinin genişlemesi olumlu değerlendirilse de tercih edilen araca göre tasarım sürecinin ve hatta tasarımcının da değiştiği düşünülmektedir. Öte yandan yeni tasarım araçlarının yeni değerler katarak kapladığı düşünsel alanlarda, mimarlık tarihi ve disiplini içerisinde önceki dönemlerde önem atfedilen bazı kavramları da unutulmaktadır. Katılımcıların yanıtlarında daha az bahsedildiği düşünüldüğünde Modern mimarinin en temel söylemlerinden olan mekanın mimari sayısal tasarım yaklaşımlarında temel bir tasarım ögesi olarak görülmediği yorumu çıkarılabilir.

6. Beklentiler

Bu araştırma sayısal tasarım uygulamalarında mimari mekana ilişkin yaşanan dönüşümü ve sayısal tasarım araçlarını kullanan tasarımcıların zihnindeki mekan oluşturmaya yönelik düşünsel yönerge ve örüntüleri keşfetmeyi amaçlamaktadır. Sayısal tasarım araçlarının mekanı oluştururken hangi değerleri, değişkenleri, özellikleri ve nitelikleri kullanabildiği ve kapsayabildiği öğrenilerek, hesaplanabilir olan ve hesaplanabilirin ötesinde olan alanların farklılıklarının tartışılması düşünülmektedir. Araştırmanın bütününde katılımcıların sağladığı cevapların daha bütüncül bir incelemesi, konu ile ilgili yeni açılımların ve araştırma sorularının kurgulanmasını sağlayacaktır.

Teşekkür
Araştırmaya vakit ayırarak katılan değerli tasarımcılar ile sürecin başından itibaren katkı koyan tüm akademik çalışma arkadaşlarımıza teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Burry, M. (2013). *Scripting Cultures: Architectural Design and Programming*. John Wiley & Sons.
Carpo, M. (2017). *The Second Digital Turn: Design Beyond Intelligence*, MIT Press..
Coates, P. (2010). *Programming.Architecture*, Taylor and Francis
Culkin, J. M. (1967). A schoolman's guide to Marshall McLuhan. *The Saturday Review*, p.51-53, p.70-72.
Dogan, F., & Nersessian, N. J. (2010). Generic abstraction in design creativity: the case of Staatsgalerie by James Stirling. Design Studies, 31(3), 207-236.
Forty, A. (2004). Space. *Words and Buildings: A Vocabulary of Modern Architecture*. Thames & Hudson.
Goel, V. (1995). Sketches of thought. MIT press.
Heidegger, M. (1977). *Basic Writings, Letter on Humanism* D.F. Krell. Harper & Row. pp. 188-242.
Hillier, B., & Hanson, J. (1989). *The social logic of space*. 2005 digital ed., pp. 26-51. Cambridge university press.
Knight, T. & Stiny, G. (2001). Classical and non-classical computation, *Architectural Research Quarterly* Vol. 5, No. 4, pp.355-372.
Kotnik, T. (2010). Digital Architectural Design as Exploration of Computable Functions, *International Journal of Architectural Computing*, Volume 8, Issue 1, p. 1-16.
Lefebvre, H., & Nicholson-Smith, D. (1991). *The production of space* (Vol. 142). Blackwell: Oxford.
McCleary, P. 1988. Some Characteristics of a New Concept of Technology. *Journal of Architectural Education*, 42(1), 4-9.
Oxman, R. (2006). Theory and design in the first digital age*, Design Studies*, Volume 27, Issue 3, May, p.229–265.
Parisi, L. (2013). *Contagious architecture: computation, aesthetics, and space*. pp. 1-81. MIT Press.
Root-Bernstein, R. S. (1991). Teaching abstracting in an integrated art and science curriculum. Roeper Review, 13(2), 85-90.
Schaik, L.V. (2014). How Can Code Be Used To Address Spatiality In Architecture?, *Architectural Design*, pp. 136-141.

Schumacher, P.: The Concept of Space in Architecture: Emergence, Hegemony and Transcendence (2008) Retrieved from http://www.patrikschumacher.com/Texts/Space.htm (accessed 01.09.2016)

Schwarzer, M. W. & Schmarsow, A. (1991). The Emergence of Architectural Space: August Schmarsow's Theory of "Raumgestaltung", *Assemblage*, No. 15, pp. 48-61.

Stiny, G. (2006). *Shape Talking about Seeing and Doing*, MIT Press.

Wheeler, M. / *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2020 Edition). *Martin Heidegger*. Retrieved Mar 03, 2022, from https://plato.stanford.edu/archives/fall2020/entries/heidegger/

9. OTURUM

MİMARLIK EĞİTİMİ VE SAYISAL TASARIM 2

Oyun Motoru Tabanlı Sanal Ortamların Mimari Tasarım Stüdyolarında Kullanım Olanaklarının Araştırılması

Tuğrul Yazar[1]; Oğulcan Üneşi[2]
[1, 2] İstanbul Bilgi Üniversitesi
[1]tugrul.yazar@bilgi.edu.tr; [2]ogulcan.unesi@bilgiedu.net

Özet

Uzaktan erişimli sanal ortamlarda mimari tasarım eğitimini konu edinen bilişsel, teknolojik ve pedagojik fikirler ve deneysel çalışmalar bulunmaktadır. Literatürdeki bu çalışmalarda; başka amaçlarla geliştirilmiş çeşitli yazılımlardan faydalanılmış, çalışmaların kapsamına bağlı olarak mevcut yazılımlara eklentiler geliştirilmiş veya oyun motorları gibi çeşitli platformlarda yazılım prototipleri geliştirilerek test edilmiştir. Uzaktan eğitim modelinde herhangi bir bilgisayar destekli tasarım yazılımından bağımsız (stand-alone) olarak çalışabilen, mimari tasarım stüdyolarının ihtiyaçları için özel olarak geliştirilmiş ve yaygın kullanım bulmuş bir yazılım veya bu alanda genel kabul görmüş yaygın bir pedagojik yaklaşım bulunmamaktadır. Bu çalışma, devam eden bir bilimsel araştırma projesinin ilk adımı olarak, mimari tasarım stüdyolarında uzaktan eğitim modelinin yol açtığı dönüşümlerin, zorlukların ve fırsatların tespit edilmesini hedeflemektedir. Bu tespitlerin yapılabilmesi için literatür araştırmasının yanında, stüdyo yürütücüleri ve öğrencileri ile yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Bu görüşmeler sonucunda mimari tasarım stüdyoları için özelleşmiş bir uzaktan erişimli stüdyo yazılımının taşıması beklenen özelliklerin ortaya çıkarılması hedeflenmiştir. Görüşmelerde, devam eden araştırma projesinde kullanılmak üzere geliştirilmekte olan bir stüdyo yazılımının prototipleri kullanılmıştır. Bu prototipler Unity oyun motoru ile geliştirilmiştir. Kullanıcıların bir sunucu bilgisayar üzerinden aynı sanal ortama bağlanarak mimari projelerini yükleyebildikleri, diğer stüdyo paydaşları (öğrenciler, yürütücüler, jüri) ile etkileşime geçerek sunum yapabildikleri bu prototipler halen deneme sürecindedir. İlk sonuçlar, temel karakteristik özellikleri bu çalışmada tespit edilen sanal stüdyo ortamlarının sadece geleneksel stüdyonun bir benzetimi olmanın ötesine geçebilecek potansiyeller barındırdığını göstermektedir. Bildiride bu potansiyeller, yazılımlarda sahip olması beklenen bazı temel özelliklerle beraber yorumlanarak sunulacaktır. Geleneksel mimari tasarım stüdyoları, tasarımın görsel, düşünsel özellikleri, temsil ortamlarının taşıması gereken nitelikler ve hesaplamalı teknolojilerin kullanım olanakları göz önüne alındığında, herhangi bir uzaktan erişim platformunun taşıdığı standart araç seti ile yürütülmesi zor olan veya mümkün olmayan niteliklere sahiptir. Benzer şekilde, uzaktan erişimli dijital mimari tasarım stüdyoları da tasarımın görsel, düşünsel özellikleri, temsil ortamlarının taşıması gereken nitelikler, ve hesaplamalı teknolojilerin kullanım olanakları göz önüne alındığında, herhangi bir yüz yüze yöntemin standart pedagojik çerçevesi içerisinde yürütülmesi zor olan veya mümkün olmayan niteliklere sahiptir. Mimari tasarım stüdyoları için geliştirilen sanal ortam ve uzaktan eğitim yazılımları, aynı zamanda mimarlık eğitiminin bilgi alanına da katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: *Mimari tasarım stüdyosu, Uzaktan eğitim, Sanal stüdyo yazılımı, Oyun motorları*

Investigating the Possibilities of Using Game Engine Based Virtual Environments in Architectural Design Studios

Tuğrul Yazar[1]; Oğulcan Üneşi[2]
[1-2]İstanbul Bilgi University
[1]tugrul.yazar@bilgi.edu.tr; [2]ogulcan.unesi@bilgiedu.net

Abstract

There are cognitive, technological, and pedagogical ideas and experimental studies on architectural design education in virtual environments. In the existing literature regarding this subject; Various software developed for other purposes were used, add-ons to existing software were developed depending on the scope of the studies, or software prototypes were developed and tested on various platforms such as game engines. In the distance education model, currently, there is no stand-alone software, specifically developed for the needs of architectural design studios. Similarly, there is no generally accepted pedagogical approach in this field yet. This paper, as the first step of an ongoing research project, includes identifying the transformations, challenges, and opportunities caused by the distance education model in architectural design studios. To make these determinations, alongside a literature review, semi-structured online interviews were conducted with studio instructors and students. As a result of these interviews, it is aimed to reveal the expected features of a potential virtual studio software specialized for architectural design studios. In the interviews, the prototypes of a software in development were used. These prototypes were developed with the Unity game engine. In these prototypes, the users can connect to a common virtual environment via a server computer, upload their architectural project models, interact with other studio stakeholders (students, executives, jury) and make presentations. There are many features and ideas for this software that is still in the testing phase. Preliminary results show that virtual studio environments with the main characteristics of which are identified in this paper have potentials that can go beyond being just a simulation of the traditional studio. These potentials will be presented together with some basic features of the software. Traditional architectural design studios have qualities that are difficult or impossible to implement with the standard toolkit of any online platform, considering the visual and intellectual characteristics of the design, the qualities of the representational environments, and the immediate possibilities of using computational design technologies. Similarly, online design studios also have qualities that are difficult or impossible to implement within the standard pedagogical framework of any face-to-face method. The virtual environment and distant learning software developed for architectural design studios will also contribute to the field of architectural education.

Keywords: *Architectural design studio, Distant learning, Virtual studio software, Game engines*

1. Giriş

Yeni dijital tasarım ve iletişim teknolojileri mimarlık eğitiminin araştırma alanı üzerinde etkili olmaktadır. Uzaktan eğitim olanaklarının mimari tasarım stüdyoları ile bütünleştirilmesi de bu etki bağlamında incelenmeye ve tartışılmaya başlanmıştır. Bu çalışmalar geçmişte genellikle kontrollü ve planlanmış deney ortamlarında gerçekleştirilmiştir. Son iki yılda ise dünya çapında mimarlık eğitimi zorunlu ve uzun süreli bir uzaktan eğitim süreciyle yürütülmek durumunda kalmıştır. Bu belirsiz ve ani gelişen süreç, geleneksel mimari tasarım stüdyolarının uzaktan eğitim modelleriyle uyumluluğunun sorgulandığı geniş kapsamlı bir deney ve gözlem ortamını doğurmuştur. Bu ortamın mimarlık eğitiminde uzaktan eğitim araştırmalarında yeni bir ivmeyi başlattığı düşünülmektedir.

Uzaktan erişim ve etkileşim teknolojilerinin sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik başlıkları altında gelişerek pek çok alana yayıldığını gözlemlemek mümkündür. Bu alanlardan ikisi mimari tasarım ve mimarlık eğitimidir. Bu alanlardaki araştırmalar incelendiğinde mimarlık araştırmalarında bilgisayar oyunlarında kullanılan bazı teknolojik altyapılarından faydalandığını görmek mümkündür. Bilgisayar oyunları, özellikle son yıllarda gelişen internet ve ilişkili teknolojiler bağlamında uzaktan erişim ve etkileşimin deneyimlendiği ve bu alanda hızlı gelişmelerin yaşandığı bir alandır. Aynı anda dünyanın farklı bölgelerinden çok sayıda katılımcının kesintisiz, etkileşime açık bir biçimde aynı dijital model içerisinde bulunabildikleri teknolojiler ve platformlar bulunmaktadır. Sadece oyun ve sosyal etkileşim ile sınırlı kalmayan, pandemi döneminde görüldüğü gibi bazı sportif organizasyonların da gerçekleştirilebildiği bu teknolojiler, amaçlarına uygun olarak özelleştirilebilmektedir. Genel olarak oyun motoru (*game engine*) adı verilen platformlar kullanılarak mimari tasarım stüdyolarının ihtiyaçlarına dönük olarak özelleştirilmiş yazılımların geliştirilmesi mümkündür.

Günümüzde uzaktan eğitim modelinde mimari tasarım stüdyolarının ihtiyaçları için özel olarak geliştirilmiş ve yaygın kullanım bulmuş bir yazılım veya bu alanda genel kabul görmüş, yaygın bir pedagojik yaklaşım bulunmamaktadır. Bu çalışma, devam eden bir bilimsel araştırma projesinin ilk adımı olarak, mimari tasarım stüdyolarında uzaktan eğitim modelinin yol açtığı dönüşümlerin, zorlukların ve fırsatların tespit edilmesini hedeflemektedir. Bu tespitlerin yapılabilmesi için; (1) konu ile ilgili kapsamlı bir literatür araştırması yapılacak, (2) güncel çevrimiçi stüdyo deneyimlerini almak üzere İstanbul Bilgi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi stüdyo yürütücüleri ve öğrencileri ile yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilecektir.

Günümüzde çok sayıda uzaktan erişimli sanal ortam yazılımı kullanılmakta ve yenileri geliştirilmektedir. Fakat bu yazılımlar bu araştırmanın odaklandığı, “mimari tasarım stüdyoları için özelleşmiş işlevleri” tümüyle barındırmamaktadır. Bu bildiride söz konusu özelleşmiş işlevlerin/ihtiyaçların neler olduğu tanımlanacak ve bu işlevlerin/ihtiyaçların Unity oyun motoru teknolojisindeki hangi bileşenler tarafından karşılanabileceğine dair yorumlar geliştirilecektir. Uzaktan erişimli mimari tasarım stüdyolarının potansiyel olarak ihtiyaç duyduğu, fakat bilgisayar oyunlarına odaklanan teknolojilerde bulunmayan etkileşim, temsil ve benzetimler de söz konusudur. Geleneksel olarak stüdyoların temsil standartları göz önüne alındığında, bu konunun ihtiyaçların belirlenmesi noktasından başlayarak araştırılması gerektiği değerlendirilmektedir. Günümüzün dijital tasarım teknolojilerinin sunduğu hesaplamalı tasarım yöntemlerinin, dijital stüdyo ortamıyla bütünleştirilmesi de ayrıca bu eksen içerisinde değerlendirilecektir.

2. Mimarlıkta Sanal Ortam Araştırmaları

Mimarlık eğitiminde sanal ortam kullanımı ve uzaktan eğitim teknolojilerine yönelik olarak ortaya atılmış teknolojik ve pedagojik fikirler ve deneysel çalışmalar bulunmaktadır. Aşağıda, bu çalışmalardan bazılarının konuyu ele alış biçimleri ve vurguladıkları sonuçlar değerlendirilmiştir.

Coşkun ve Çağdaş (2018) bilgisayar oyunlarının mimarlık eğitimindeki kullanım olanaklarını inceledikleri çalışmalarında bu teknolojinin temel tasarım eğitimindeki potansiyel katkılarını ortaya çıkarmışlardır. Dijital oyunların geleneksel eğitimin aynılaştırıcı ve pasif öğrenme bağlamına kıyasla daha aktif ve dinamik bir öğrenme kültürünü desteklediğini belirtmişlerdir. Dijital oyunların ve temel tasarım eğitiminin özelliklerinin karşılaştırıldığı ve birbirine tercüme edildiği bir yöntem inşasını da içeren çalışma, konuyu oyun türleri, hedeflenen yetenekler, yürütücünün rolleri gibi kapsamlarda incelemiştir. Yapılan deneysel çalışma, çevrimdışı ve çevrimiçi aşamaların birbirini takip ettiği bir egzersiz sürecidir. “Minecraft: Education Edition” oyununun kullanıldığı çevrimiçi aşamada tasarım egzersizi tekrarlanarak kaydedilmiştir. Çalışmanın sonunda çevrimiçi ve çevrimdışı egzersizlerin “hibrid” kullanımının her iki ortamın olumlu özelliklerini bütünleştirmesi bakımından tercih edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Gül (2020), mimarlık alanında bilgisayar, hesaplamalı tasarım ve sanal ortam teknolojilerinin kullanımının tarihini ve bu teknolojilerin gelecekte kullanım olasılıklarını özetlemiştir. Bilgisayar kullanımının yaygınlaşması ile mimari üretim, uygulama ve tasarım alanlarında hesaplamalı düşünce odaklı bir temelin oluştuğunu ifade eder. 1990'lardan itibaren uygun fiyatlı kişisel bilgisayarların piyasaya sürülmesi ile bilgisayar destekli çizim programlarının tasarım alanında kullanımının arttığını, 2000'li yıllardan itibaren ise bu alanda geliştirilen mimari tasarım odaklı yazılımlar ile analiz, simülasyon, strüktürel ve biçimsel form bulma yöntemlerinin bilgisayar ortamında gerçekleştirilmeye başlandığını söylemektedir. Tasarımda kullanılan araçların tasarımın sınır ve imkanlarını belirleyici faktörler olması bağlamında, kullanılan araçların kullanım kolaylığından sebeple eğrisel ve parametrik yüzeylerin popülerleştiğini savunur. Aynı dönemlerde, popülerleşen sanal ortam yazılımlarının birçok mimarlık okulunda, mimari tasarım stüdyolarında denendiğini de ifade eder. Bu alanda yaptığı çalışmalarda "Active Worlds" ve "Second Life" gibi çoklu-oyunculu sanal ortam yazılımlarının mimari tasarım alanındaki potansiyellerini araştırmış olan Gül, etkileşimin önemini vurgular. İkna edici, gerçekçi ve somut bir deneyim oluşturabilmek adına, kesintisiz ve doğal bir insan-bilgisayar arayüzünün gerektiğini, bu arayüzün de yaygınlaşmakta olan sanal gerçeklik teknolojileri ile güçlendirilebileceğini ifade eder. Gül'e göre mimari tasarımda sanal ortam teknolojilerinin kullanımının en önemli özellikleri etkileşimi mümkün kılmaları ve deneyim odaklı bir ortam sunmalarıdır. Bundan yola çıkarak mimari tasarımda kullanılacak sanal ortam yazılımlarının veri işleme ve hesaplama kabiliyetlerinin bulunmasının yanında deneyime de odak vermeleri gerektiğini savunur.

Grasser vd. (2020), geliştirdikleri çoklu-oyunculu (*multiplayer*) ve çapraz-platform (*cross-platform*) destekli uygulama ile mimarlıkta gerçek-zamanlı (*real-time*) işbirlikli tasarım olanaklarını araştırmaktadır. Unity oyun motoru ile geliştirilen yazılım, mobil cihazlarda artırılmış gerçeklik teknolojilerinden faydalanırken bilgisayar ortamında da aynı anda, farklı platformlardan dahil olan katılımcılar ile kullanılabilmektedir. Yazı tabanlı iletişim fonksiyonları da içeren yazılım ile uzaktan işbirlikli tasarım senaryolarını da test etmişlerdir. Grasser vd. gerçek-zamanlı işbirlikli tasarımın üretken ve dinamik olduğunu bildirir. Sanal ortamların kullanımının günden güne, hayatın her alanında arttığını ve en popüler sanal ortamların kullanıcı tarafından oluşturulan içeriği destekleyen ortamlar olduğunu, kolektif yaratıcılık ve bilgi paylaşımının bu içerikten doğduğunu savunmaktadır. Kolektif yaratıcılığın ve işbirlikli tasarımın eser sahipliği konusunda sorun çıkarabileceğini, ancak bu tip çalışma biçimlerinin asıl amacının ortak çıktı sağlamak olduğunu söylemektedir. Grasser vd., iş birliğine olanak sağlayan ortamların birden fazla hedef ve görüş destekleyebileceği gibi, gerçek-zamanlı etkileşim ve geri bildirimin mümkün olduğu durumlarda tasarımda keşif ve deneyselliğin de mümkün olduğunu bildirmektedir. Yaptıkları çalışmalarda, iş akışı düzeni sebebiyle, birden fazla yazılımın kullanılmasının zorluklar getirdiğini belirtmiştir.

Chien vd. (2020), bilgisayar destekli tasarım (*Computer-aided design,* CAD) yazılımları ile sanal gerçeklik (*Virtual reality*, VR) donanımları arasındaki bağlantıyı etkin, basit ve hızlı bir şekilde sağlamayı hedefleyen bir iş akışı önerisi sunmuşlardır. VR destekli sanal ortamların çoğunlukla araştırma odaklı olup, mimarların kolaylıkla kullanabileceği nitelikte olmadıklarını, mimari tasarım alanında kullanılmaya uygun olan mevcut yazılımların da (yüksek ücretli olmaları gibi sebeplerden dolayı) erişilebilir nitelikte olmadıklarını ifade eder. Chien vd., kolayca taklit edilebilecek bir iş akışı önerisini teknik detaylarıyla anlatmaktadırlar. CAD ortamından VR ortamına aktarılan modellerin CAD yazılımlarından ihraç edildikleri format ve geometrik özelliklerinin VR için uygun olmadığını belirten Chien vd., ortamlar arası geçişi sağlayan yöntemleri üçe ayırır. "Dönüştürme" yöntemi, tek yönlüdür, CAD ortamından VR ortamına aktarılan model sunum amacıyla kullanılmaya uygun olup, tasarım aşamasında bu yöntemi kullanmak uygun değildir. "Bağ" yöntemi çift yönlü olup dönüştürme işlemi sırasında kaybedilen verinin özel yöntemlerle saklanıp dönüştürme aşamalarında karmaşık yöntemlerle tekrar okunarak eşleştirilmesine dayanır, veri kaybı yaşanması muhtemel olup çeşitli zorluklar barındırır. "Sistem" yöntemi ise VR temelli bir CAD ortamı geliştirilmesine dayanır, VR ortamında tasarlamaya çalışmanın getirdiği zorlukları ve mimarların CAD ortamında daha etkin çalışabildiklerini savunan Chien vd., bu yöntemin de uygun olmadığını belirtir. VR teknolojilerinin mimari tasarım alanında en uygun kullanım biçiminin iletişim ve katılımlı tasarım alanında olduğunu ifade eden Chien vd., bu alanlara destek sağlayacak bir şema önermektedir. Önerdikleri şema, Rhino modelinin Grasshopper komutları ile düzenlenip VR ortamında kullanılmaya uygun bir hale getirilmesine dayanır. Tasarımın VR ortamında yapılması yerine önerdikleri yaklaşım ise tasarımın değişken/parametrik bileşenlerinin modelin geri kalanından ayrılıp, VR ortamında manipülasyona olanak verecek şekilde programlanmasına dayanmaktadır. "Unity" ortamında programlanan interaktif objeler ve sabit model birleştirilerek "VRChat" oyununa aktarılır ve VR ortamında deneyimlenir. Yapılan değişiklikler ve tasarım kararları çoğu programlama dili ve yazılım arasında veri aktarımında kullanılabilen "JSON" (*Javascript Object Notation*) formatında kaydedilerek Grasshopper komutları yardımı ile okunarak Rhino modeline uygulanır. Bu yöntem ile Unity ortamında "Prefab" olarak oluşturulan etkileşimli oyun objeleri, VR ortamında yer, yön ve boyut değiştirme gibi operasyonlar ile manipüle edilebilir,

birleştirilip ayrılabilir, parametrik ve/veya varyasyon içerecek şekilde programlanan objeler ise VR ortamında kolaylıkla dönüştürülebilir.

Hong vd. (2019), yürüttükleri araştırmada "Çoklu-Kullanıcılı Sanal Ortamların" (*MUVE, Multi-User Virtual Environment*) mimari tasarımdaki kullanım olanaklarını araştırmaktadır. Yaptıkları araştırma, bu ortamların uzaktan erişimli yaratıcı işbirliği kapsamındaki potansiyellerine odaklanmaktadır. Araştırmacılar, "Second Life" ve "Groupboard" yazılımlarının bu bağlamda kullanımını test ederek, katılımcıların tasarım sonuçlarını "Konsensüs Değerlendirme Tekniği" (*CAT, Consensual Assessment Technique*) yardımı ile değerlendirmişlerdir. Hong vd., yaratıcı iş birliğinde kullanılacak ortamın tasarımcılar arasındaki iletişimin temelini oluşturduğunu, mimari tasarımda iş birliğinde kullanılacak ortamın üç boyutlu form ve hacmi, yapı performans ve kullanılabilirliğini yansıtması gerektiğini savunur. Fazla soyutlaşan temsil biçimlerinin iletişimi aksatacağını ve yanlış yorumlamaya bağlı iletişim problemlerini doğurabileceğini ifade etmektedirler. Çoklu-kullanıcılı sanal ortamların fiziksel birlikteliğe alternatif olduğunu ifade edip, bu ortamların sunduğu iletişim araçlarının yaratıcı işbirliğini desteklediğini belirtmektedirler. Sözü geçen ortamların mümkün kıldığı sarmalanmanın, tasarım ortamında bulunma duygusunu sağladığını, kullanıcıların "avatarlar" yardımıyla sanal ortamda bir arada bulunmalarının ise, mevcudiyet hissini kuvvetlendirip, etkileşim imkanları doğurduğunu söylemektedirler. Avatar kullanımın bir diğer etkisinin ise, tasarımın fiziksel ve fonksiyonel özelliklerinin anlaşılabilmesi olduğunu belirtmektedirler. Sanal ortamda bulunan eşzamanlı ve paylaşımlı dijital objelerin mevcudiyet hissine ve sanal ortamın çevresel atmosferine katkıda bulunduğunu da ifade etmektedirler. Yaptıkları deneyler sonucunda, çoklu-kullanıcılı sanal ortamlarda yapılan tasarımların, çevrimiçi çizim yazılımlarında yapılanlara göre daha "yenilikçi" ve "uygun" olarak değerlendikleri açığa çıkmıştır. Araştırmacılar, bu sonucun çoklu-kullanıcılı sanal ortamlardaki avatar kullanımı ve birlikte bulunabilme özelliklerinin tasarımcılar arasındaki iletişimi ve işbirliğini kuvvetlendirmesi sebebiyle olduğunu düşünmektedirler. Araştırmacıların gözlemlerine göre, mekansal bilginin paylaşılmasına ve deneyimlenmesine katkı sağlayan bu ortamlarda, katılımcılar tasarım kararlarını avatarları yardımı ile keşfedip, dijital ortamda fiziksel özelliklerini deneyimleme fırsatı bulmuşlardır. Araştırmanın sonucunda Hong vd., çoklu-kullanıcılı sanal ortamların ergonomik, insan ölçekli tasarım projelerinde ve bu projelerde kullanıcıların aktiviteleri ile ilişkili tasarım performansları analizlerinde kullanıma uygun olduğunu, uzaktan işbirlikli tasarım çalışmalarında kolektif ve nitel değerlendirme yöntemlerinde kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Sandstrom ve Park (2019), mimari tasarımda mekansal kurgular üzerine bir şekil grameri oyunu geliştirmişlerdir. Geliştirilen yazılımın amacı, kurallar bağlamında mekansal kurgular oluşturmak yerine, oluşturulan mekansal kurgulardan kurallar elde etmektir. Unity oyun motoru ile geliştirilen yazılım, kullanıcıların hareketlerini kayıt ederek karar alma mekanizmalarını takip eder, oyun bittiğinde kayıt ettiği verilerden kullanıcının karar alma yöntemlerine dair analiz edilebilecek veriler sunar. Bu çalışma, kullanım verilerinin kayıt altına alınması ile tasarımcıların tasarım kararı mekanizmalarının analiz edilmesi gibi, mimari tasarım alanında kullanıcıların kullanım istatistiklerinden çıkarım yapılması konusunda örnek teşkil etmektedir.

Leitão vd. (2019) yaptıkları araştırmada oyun motorlarının mimari tasarım alanında kullanım potansiyellerini, görselleştirme kabiliyetleri kapsamında, mimari görselleştirme motorları ile kıyaslamaktadır. Araştırma kapsamında Unity oyun motoru ile ArchiCAD yazılımının "CineRender" görselleştirme eklentisi, dolaşabilme, görselleştirilen kare başına gereken süre ve üretilen görselin görüntü kalitesi bakımından karşılaştırılmıştır. Leitão vd., güncel mimari tasarım araçlarının gün geçtikçe artan kabiliyetleri vasıtasıyla giderek karmaşıklaşan tasarımların artık iki boyutlu temsil yöntemleri ile ifade edilemeyeceğini belirtir. Bu sebeple endüstri standardı haline gelen üç boyutlu görselleştirme araçlarının mimarlık alanındaki öneminden bahsederken, üç boyutlu modelleme/CAD yazılımlarının görselleştirme konusundaki eksikliklerine değinmişlerdir. Modelleme yazılımlarının görselleştirme eksiğini kapatmak için geliştirilen eklenti ve bağımsız yazılımların ise görsel oluşturabilmek için uzun sürelere ihtiyaç duyulduğunu ve bu sebeple müdahale ve gerçek-zamanlı görselleştirme olanakları sağlayacak yazılımlara ihtiyaç olduğunu vurgulamaktadırlar. Gerçek-zamanlı görselleştirme ve etkileşim imkanı sunan oyun motorlarının bu ihtiyacı karşılayabileceğini savunmaktadırlar, ancak mimari modellerin oyun motorlarına aktarımının genellikle problemli bir süreç olduğunu iddia etmişlerdir. Mimarlık alanında dijital modellemenin BIM ve CAD olarak ikiye ayrılabileceğini, CAD modellerinin yalnızca görsel bilgi içermesi sebebiyle üstveri içeren BIM modellerine göre daha kolay bir biçimde oyun motorlarına aktarılabildiğini ifade etmektedirler. Araştırmacıların detaylı bir biçimde değindiği, Unity oyun motorunun mimari görselleştirmede kullanım avantajları: VR gibi güncel teknolojilerin entegrasyon kolaylığı, üç boyutlu ses ve iklim/mevsim simülasyonları gibi özelliklerin programlanabilir olması, gerçek-zamanlı görselleştirme kabiliyetleri sayesinde tasarımın erken aşamalarında zaman kaybı yaşanmadan kullanılabilmesi ve daha gerçekçi gezinme imkanları

sağlaması şeklinde özetlenebilir. Yapılan deneylerde göze çarpan en büyük fark, görselleştirilen kare başına gereken süredir. "CineRender" ile 470. saatte hata vermesi ile işlemi sonuçlanan video sekansının aynı uzunluktaki kısmını Unity ile 9 dakikada tamamlamışlardır. Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlara göre oyunlar için optimize edilmiş performansa sahip olan oyun motorlarında görsel kalitesi azalmaktadır, ancak gezinme halinde bile görselleştirme kalitesi hep aynı kalmakta, görselleştirme için herhangi bir bekleme gerekmemektedir. Unity oyun motorunun, "CineRender" benzeri görselleştirme motorları yerine kullanılmasının avantajları: kesintisiz görselleştirme imkanı, gerçek-zamanlı doku, ışık ve gölge görselleştirmesi, gerçekçi etkileşim ve gezinme imkanı, VR desteği ve performans/kalite ayarlamalarının duruma bağlı yapılabilmesi olarak ifade edilmiştir. Araştırmada bahsedilen, ancak uygulanmayan, oyun motorlarında gerçekleştirilebilecek bir diğer özellik de tekerlekli sandalye simülasyonudur.

Gül (2019), gerçek-zamanlı işbirlikli tasarımda, kullanılan araçların tasarımcıların davranışları üzerine etkisini araştıran bir çalışma yürütmüştür. Tasarımcıların temsil araçları ile iletişim kurduğunu vurgulayan Gül, çeşitli bilişsel ve etkileşimli araçlar sağlayan temsil araçlarının tasarımcıların davranışlarını da etkilediğini, ancak durmaksızın gelişmekte olan sanal ortam teknolojilerinin tasarımcıların algı, iletişim ve etkileşimleri üzerindeki etkilerine değinen çalışmaların zaman aşımına uğradığını belirtmektedir. Sanal dünyaların gerçek dünyayı taklit ettiğini, ancak fiziksel kısıtlamaları kaldırarak yaratıcılığı kuvvetlendirerek tasarım için daha uygun bir ortam sunduklarını ifade etmekte, bu sanal dünyalardan "Second Life"ın oyun mekaniklerinden bağımsız olması, modelleme imkanları sunması ve yeterli grafik kaliteye sahip olması sebebiyle tasarım için uygun olduğunu belirtmektedir. Çalışma kapsamında "Unity" oyun motoru ile bir mobil artırılmış gerçeklik yazılımı geliştirilip, masa etrafında kâğıt ve kalem, internet üzerinden işbirlikli dijital eskiz (Groupboard) ve bir çoklu-kullanıcılı sanal ortam yazılımına (Second Life) karşı test edilmiştir. Yapılan testler protokol analizi yöntemi ile değerlendirilmiş olup, iki boyutlu ortamların davranışsal ve işlevsel, üç boyutlu ortamların ise strüktürel tasarım kriterleri üzerine tartışmaları tetiklediği ortaya çıkmıştır. Üç boyutlu ortamlarda gözlemlenen bir diğer davranış ise sürenin üretim ve düzenleme odaklı kullanılmasıdır. Kullanılan teknolojiden bağımsız olarak, aynı fiziksel ortamda bulunmanın ise kolektif çalışmayı, uzaktan işbirliğinin ise bireysel çalışmayı tetiklediği değerlendirmeleri yapılmıştır. Sanal dünya kullanımının bu durumu tetiklemesinin sebebinin bu ortamlarda bireylerin kendi kamera perspektiflerine sahip olmaları ve bağımsız hareket edebilmeleri olarak açıklanmaktadır. Çalışmanın önemli çıktılarından bir diğeri ise, yapılan eylemlerin gözlenebilmesinin sanal ortamlarda gerçekleştirilen tasarım sürecindeki etkisidir. Sanal ortamlarda gerçek-zamanlı iletilmeyen tasarım eylemleri iletişim problemlerine sebep olmaktadır. Gerçek-zamanlı eylem farkındalığı olmayan uzaktan işbirliği durumlarında, planlamanın önden yapılması ve iş bölümü yapılması gerekmektedir. Kişilerin aynı perspektife sahip olduğu, "sen ne görüyorsan ben de aynısını görüyorum" durumunda ise planlamanın daha başarılı yapılabildiği kaydedilmiştir.

Bartosh ve Philip (2019), yaptıkları araştırmada VR teknolojilerinin mimarlık eğitiminde bir araç olarak kullanımının potansiyellerini incelemektedir. Araştırmanın odağı VR teknolojilerinin erken tasarım aşamasında, bilgi görselleştirme, dinamik etkileşim, etkileşimli öğrenme ve iletişim amaçlı kullanılmasıdır. Mimarlıkta dijital teknoloji kullanımının sonraki adımının VR teknolojileri olduğunu savunan Bartosh ve Philip, bu teknolojilerinin avantajlarını eşzamanlı mevcudiyet, gerçek-zamanlı modelleme, üç boyutlu veri görselleştirmesi ve ortam içinde tasarım araçlarının kullanımı olarak özetler. VR teknolojilerinin mimarlık alanında henüz yaygınlaşmamış olmasını mimarlar arasında programlama bilgisinin kısıtlı olması ile bağdaştırmaktadırlar, ancak uygun fiyatlı VR donanımlarının üretilmesi ile tasarımcıların bu teknolojilere tekrar itibar ettiğini ifade etmektedirler. VR teknolojilerinin genellikle tasarımın son aşamalarında kullanıldığından ve CAD modellerinin VR ortamlarına aktarılmasındaki güçlüklerden bahseden Bartosh ve Philip, bu zorluklara rağmen getirdiklikleri sarmalanma ve çeşitli etkileşim özellikleri ile tasarım aşamasında da faydalı olabileceklerini belirtmektedirler. Programlanabilen etkileşim özellikleri sayesinde, VR teknolojilerinin yalnızca temsil araçları değil, tasarım ve analiz araçları olabileceklerini ifade etmektedirler, ancak tasarımın CAD ortamında modellenip VR ortamına aktarılmasının VR araçlarının öğrenme eğrisini hafiflettiğine de değinmektedirler. Mevcut VR yazılımlarının kısıtlılığından ve kullanıcı deneyiminin aracın kabiliyetleri doğrultusunda yönlendirildiğinden bahsetmekte, bu kısıtların oyun motorlarının kullanımı ile aşılabileceğini vurgulamaktadırlar. Oyun motorları ile geliştirilen VR yazılımlarında gerekli etkileşimlerin programlanabileceğini ifade etmektedirler, bu kapsamda "Unity" oyun motoru ile çeşitli denemeler yapmışlardır. Akustik, gün ışığı, havalandırma gibi çevresel verilerin simülasyonlarını üç boyutlu ortamda görselleştirmiş, çeşitli etkileşimler programlamışlardır. Yapılan deneyler sonucunda, oyun motoru kullanımının tasarımın deneyimsel özelliklerini öne çıkarttığı, katılımcıların oyun motorunun imkanları dahilinde olan sesli komut yerine görsel arayüzü tercih ettiği, VR ortamının tasarım aracı olarak kullanılmasının konvansiyonel varsayımların ötesinde tasarım yapmalarına olanak sağladığını ifade etmektedirler.

Pienaru (2018), kentsel tasarım alanında büyük veri kullanımına yönelik oyun mekaniklerinin ve oyun teknolojilerinin kullanımının olanaklarını araştırmıştır. Erişime açık olan ancak ana akım kullanıcı tarafından kullanılamayacak nitelikte olan kentsel verilerin (büyük veri) bir oyun kurgusunda kullanılabilmesinin kentsel tasarıma fayda sağlayabileceğini ifade eden Pienaru, bu veriyi kullanabilmek için iki farklı grup katılımcı ile iki farklı oyun geliştirmiştir. Araştırma kapsamında geliştirilen oyunlardan biri "Processing" görsel programlama arayüzü, diğeri ise Unity oyun motoru ile üretilmiştir. Pienaru, oyunların tasarım kararlarını güvenli bir şekilde simüle edebilecek ortamlar olduğunu, oyun mekaniklerinin başa çıkılamayan miktarda verinin kullanılabilmesine olanak sağladığını ifade etmektedir.

Nandavar vd. (2018), yürüttükleri çalışmada BIM yazılımları ile VR ortamı arasında, çift yönlü, yazılım ve donanımdan bağımsız, açık-kaynak bir iş akışı prototipi önermişlerdir. VR araçlarının görselleştirmenin ötesinde, iş birliği ve iletişimi güçlendirecek araçlar olduklarını savunan Nandavar vd., araştırmaları kapsamında, yapılmış çeşitli iş akışı modeli çalışmalarını ve piyasadaki güncel yazılımları incelemiş, bu modellerin eksikliklerini detaylı bir şekilde açıklamışlardır. Yaptıkları araştırma sonucunda BIM modellerinin üst verisini saklayabilen IFC formatından ve Unity oyun motorundan faydalanarak bir iş akışı önerisi sunmuşlardır. Geliştirdikleri prototipte, Unity ortamında BIM objelerini manipüle edip, değişiklikleri BIM ortamına aktarabilmek için kullandıkları çift yönlü veri akışını sağlayabilmek adına, Unity yazılımı içerisinde çeşitli veri derleyici kod modülleri kullanmışlardır. BIM alanında veri görselleştirmenin önemini ifade eden yazarlar, VR teknolojilerinin bu konuda sağladığı çeşitli imkanlara değinmişlerdir. Oyun motorlarının grafik ve performans optimizasyonları ve etkileşimi mümkün kıldığını ifade etmiş, geliştirdikleri prototipte insan ölçeğinde gezinme, mesafe ve alan ölçme, öge sorgulama, dönüştürme ve silme, görsel işaretleme, ekran görüntüsü alma ve sesli mesaj bırakma gibi özellikler kullanmışlardır. VR teknolojilerinin 1:1 ölçekte temsil ve mevcudiyet imkanı sunarak sağladığı sarmalanma etkisinin uzaktan çalışmayı kuvvetlendirdiğini, çok sayıda uzman gerektiren büyük ölçekli projelerde efor, zaman ve kaynak kullanımı bakımından verimli olduğunu ifade etmektedirler. VR kullanımının iletişimi kuvvetlendirdiğini ve kullanıcı deneyimini iyileştirdiğini ifade eden araştırmacılar, ileriye dönük çalışmalarında oyun motorlarının getirdiği çoklu-kullanıcı potansiyellerini de araştıracaklarını ifade etmişlerdir.

Sorguç vd. (2017), VR teknolojilerinin mimarlık eğitiminde kullanım potansiyellerini araştırmışlardır. Araştırma, Ortadoğu Teknik Üniversitesi'ndeki "Dijital Tasarım Stüdyosu" dersleri kapsamında ilerletilmiştir. VR ve ilgili teknolojilerin gerçek dünyayı taklit etmekten öte, kendi gerçekliğini oluşturabileceğini ifade eden araştırmacılar, VR'ın yeni bir mekan ve deneyim ortamı olduğunu savunarak çalışmalarını bu çerçevede yürütmüşlerdir. Sorguç vd. göre, VR deneyimleri başta görsel, işitsel ve kinestetik olmak üzere, en az üç çeşit öğrenme yöntemini tetiklemektedir. Gelişmekte olan teknolojiler bağlamında tasarım stüdyolarının sorgulanması gerektiğini bildiren araştırmacılar, bu yönde yürütülen mimarlıkta hesaplamalı tasarım içerikli derslerin zorlaştığına değinmektedir. Bu gibi senaryolarda, bir yandan tasarım öğretilirken bir yandan da ilgili teknolojilerin kullanımının öğretilmesi gerektiğini ifade eden araştırmacılar, kullanılan ortam ve araçların sınır ve potansiyellerinin de farkına varılıp, bu sınırların zorlanması gerektiğini de savunmaktadırlar.

Moleta (2017), yürüttüğü mimari tasarım stüdyolarında, mimari görselleştirmede dinamik çevre simülasyonunun potansiyellerini araştırmıştır. Sanal ortamlarda üretilen sanal mekanların dinamik çevre unsurları ile desteklenmesine odaklanan Moleta, bu tip etkileşimlerin kullanıcı deneyimini iyileştireceğini ve sanal ortamın sarmalama potansiyelini güçlendireceğini savunmaktadır. Mimari görselleştirme kapsamında üretilen VR ortamlarının detay seviyesinin artmasının, kullanıcıların yapılardan çok çevreyi gezmeye odaklanmasına sebep olduğunu gözlemlemiştir. Detaylı ve büyük sanal ortamlarda kullanıcılar her şeyi görene kadar gezinmekte, her şeyi gördüklerinde veya sanal ortamın sınırlarına ulaştıklarında "oyun" bitmiş gibi hissetmektedirler. Foto gerçekçi sanal ortamların günümüz teknolojileri ile mümkün olduğunu, ancak yapıların dinamik çevre koşulları ile ilişkisinin anlaşılmasına olanak sağlamadığını ifade etmektedir. Araştırma kapsamında geliştirdiği yazılım ile öncelikle çevresel koşulları kullanıcı kontrolüne bırakan Moleta, daha sonra oyun motorlarının bu dinamik etkileşimi sağlayabilmelerinin faydalı olduğunu ancak bu etkileşimin gerçek-zamanlı veri tarafından kontrol edilmesinin daha ilginç olduğu yorumunda bulunmuştur. Bunun üzerine, "Yahoo Weather" ve "WUnderground" platformlarından aldığı gerçek-zamanlı iklim verisini mimari görselleştirmede kullanmıştır. Gerçek-zamanlı veri ile yapılan mimari görselleştirme sayesinde, oyun motorlarının desteklediği hareket etme eyleminin aksine, katılımcıların değişken çevre koşullarını bir noktada durarak izlediklerini, hatta farklı günlerde ve günün farklı saatlerinde tekrar girerek kontrol ettiklerini belirtmiştir.

Black ve Forwood (2017), yaptıkları araştırmada oyun motorlarının mühendislik simülasyonlarında kullanım potansiyellerini açıklamaktadır. Karmaşık strüktür analizlerinin oyun motoru platformunda etkileşimli bir biçimde

görselleştirilmesine odaklanan çalışmada, gerçek-zamanlı veri görselleştirmesinin getirdiği iletişim olanakları vurgulanmaktadır. Yaptıkları çalışmada, hareketli bir cephe tasarımının hareket esnasındaki strüktür analizlerini görselleştirebilmek amacıyla, gerçek-zamanlı görselleştirme imkanı sunan Unity oyun motoru kullanılmıştır. Hareketli cepheler gibi karmaşık strüktürel davranışların statik hesaplama yöntemleriyle analiz edilemeyeceğini ifade eden Black ve Forwood, bu gibi durumların geleneksel yöntemler ile yoğun ve tekrarlı bir süreç gerektirdiğini belirtmektedir. Mühendislik hesaplamalarında oyun motoru kullanmanın gerçek-zamanlı veri görselleştirmesine olanak sağladığını, geliştirilen yazılımın herhangi bir ek yazılım veya programlama bilgisi gerektirmeden kullanılabileceği derlenmiş .EXE, hatta web tabanlı WebGL formatında dağıtılabileceği ifade edilmiştir.

Moleta (2016), yürütmekte olduğu dijital tasarım atölyelerinde gerçek-zamanlı sanal ortamların kullanımı araştırmakta ve ders kapsamında yapılan çalışmaları bildirmektedir. Oyun mekaniklerinin sanal ortama katılması ile bu ortamların görselleştirmenin ötesinde kullanılabileceğini ifade etmektedir. Oyun motorlarının bir süredir mimarlık öğrencileri tarafından kullanıldığını, ancak bunun görselleştirme amacıyla kullanım ile sınırlı kaldığını ifade eden Moleta, bu durumun oyun motorlarının kullanım zorluklarından kaynaklandığını, bu sebeple yalnızca tasarımın son aşamasında kullanıldıklarını dile getirmektedir. Oyun motoru platformlarının tasarım stüdyolarında kullanılması ile tasarımın fikir aşamasında da kullanılabileceklerini ifade etmekte, oyun mekaniklerinin öğrencilerin tasarım stüdyolarında aktif katılımına katkıda bulunacağını belirtmektedir. Simülasyon ve ölçekli modellerin mevcudiyet hissini tam anlamıyla sağlayamayacağını belirtmekle beraber, oyun motorlarının tasarımın deneyimsel boyutlarını da ifade etmekte kullanılabileceğini söylemektedir. Bu bağlamda oyun motoru teknolojilerinin tasarlama ve inşa etme süreçleri arasındaki boşluğu, tasarımın inşa edilmeden deneyimlenmesini mümkün kılarak doldurabileceğini ifade etmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda, öğrencilerin birinci şahıs perspektif kullanımı ve gezinme olanakları sayesinde insan ölçeğini, boyut ve uzaklıkları daha iyi anlayabildikleri ifade edilmektedir. Oyun mekanikleri vasıtasıyla deneyim tasarlıyor olmanın da öğrenciler üzerinde çeşitli davranışsal etkileri olduğu gözlenmiştir. Mimari tasarım stüdyolarında, tasarımları konusunda koruyucu davranışlar sergileyip başkalarından gizleme yöneliminde olan öğrencilerde bile, bu ders kapsamında ürettikleri projelerini paylaşma, geri bildirim alma ve projelerini geri bildirimler doğrultusunda geliştirme yönelimi gözlenmiştir. Bu gözlemler sonucunda öğrencilerin, tasarımlarının nihai amaçlarının kendilerinden başka kişilerin kullanımı olduğunu algıladıkları ve stüdyo ortamında daha aktif oldukları gözlenmiştir. Moleta, oyun motoru teknolojilerinin tasarım stüdyolarında kullanılmasının öğrencileri daha kullanıcı odaklı düşünmeye teşvik ettiğini ve tasarımlarını dışından gözlemlemektense içinden deneyimlemeyi mümkün kıldığını ifade etmektedir.

Du vd. (2016), AEC (*Architecture, Engineering and Construction* - Mimarlık, Mühendislik ve İnşaat) endüstrisinde çoklu-kullanıcılı VR ortamlarının eksikliğine dikkat çekmekte, bu alanda kullanılabilecek bir yazılımı Unity oyun motoru yardımıyla geliştirip test etmektedir. İletişim ve işbirliği üzerine odaklanan çalışma, çoklu-kullanıcılı bir VR ortamının inşaatın erken aşamalarında, tarafların proje plan ve programlamasını destekleyebileceğini ifade etmektedir. Etkileşimli gezinme, işaretleme ve sesli iletişim araçları içeren oyun motoru tabanlı yazılım, BIM modellerinin düzenlenerek oyun motoru platformuna aktarılması ve model bazında yazılımın derlenmesi yöntemi ile üretilmiştir. Araştırmacılar, BIM destekli, oyun motoru tabanlı yazılımların acil tahliye simülasyonları yapabilme olasılığına da değinmişlerdir.

Valls vd. (2016) mimari tasarım stüdyolarında oyun motorları kullanımına dair deneyimlerini aktarmaktadır. Yaptıkları çalışmalar, oyun motorlarının simülasyon ve oyunlaştırma (birinci şahıs bakış açısı) imkanlarının mimarlık alanındaki potansiyelleri üzerine odaklanmaktadır. Mimarlık ve bilgisayar oyunlarının ilişkili olduklarını ifade eden Valls vd., bu ilişkinin mimari öğelerin bölüm tasarımlarına arka plan oluşturmaları ile başlayıp, daha sonrasında şehir kurma oyunları ile merkeze de alındığını söylemektedir. Şehir kurma oyunlarında kullanılan etmen-tabanlı simülasyonların şehir planlama araçları olarak kullanılabileceğini ifade etmekte, jeo-uzamsal veriler ile oluşturulan sanal mekanların halihazırda coğrafi analizlerde kullanılmakta olduğunu belirtmektedirler. Oyun motorları ile geliştirilen gerçekçi çevre simülasyonlarının peyzaj mimarlığı alanında, işbirlikli tasarımda karar verme araçları olarak kullanıldığına da değinmektedirler. CAD yazılımlarının ortaya çıkışı gibi yeniliklerin mimarinin formunu etkilediğinden bahsetmekte, çevrel simülasyonlarının da benzer şekilde etkileri olabileceğini ifade etmektedirler. Temel düzeyde kullanımında programlama bilgisine daha az ihtiyaç duyulduğu için Unreal Engine oyun motorunu kullanmayı tercih eden araştırmacılar, sonraki çalışmalarında Unity oyun motoruna geçebileceklerini belirtmişlerdir. Bu tip yazılımların geliştirme aşamasında, kullanıcıların gereksinimlerini karşılayabilmek ve gereksiz geliştirmelerden kaçınabilmek için geri bildirim döngüsünün kısa tutulması gerektiğini belirtmektedirler. Yaptıkları çalışmalarda, mimari yazılımlarda genellikle kullanılan döndürme ve kaydırma kontrolleri yerine birinci şahıs perspektif ve gezinme kullanımının mekanın

içinde olma hissini ve insan ölçeği algısını kuvvetlendirdiğini belirtmişlerdir. Oyun teknolojileri yardımıyla kullanıcıların gezinme ve bakınmalarına ait kullanım verilerinin toplanabileceğini belirtmiş, ileri araştırmalarında uygulamayı planladıklarını ifade etmişlerdir.

Yan ve Liu (2007), sürdürülebilirlik ve tasarım performansı simülasyonları sunan, mimari tasarım pratiği ve eğitiminde kullanılabilecek, oyunsallaştırılmış mimari bir yazılım geliştirme araştırması yürütmüşlerdir. Yapı bilgi modelleme yazılımı olan Revit ile Microsoft XNA oyun motoru arasında bağlantı kuran çalışma, çeşitli kullanıcı profillerinin kullanım simülasyonları, kaynak yönetimi, yapı malzemesine dayalı performans analizleri ve bütçe yönetimi gibi alanlara odaklanmaktadır. Kullanılan yazılımlar ve yazılım sürümleri güncelliklerini yitirmiş olmalarına karşın, Dijkstra'nın en kısa yol algoritması gibi hesaplama yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilen etmen-tabanlı tasarım ve analiz araçları ile çalışmada kullanılan çeşitli yöntemler güncelliğini korumaktadır.

Yukarıda seçilen örnekleri özetlenen literatürün genelinde; başka amaçlar için geliştirilmiş çeşitli yazılımlardan faydalanılmış, çalışmaların kapsamına bağlı olarak mevcut yazılımlara eklentiler geliştirilmiş veya oyun motorları gibi çeşitli platformlarda yazılım prototipleri üretilmiştir. Kullanılan teknolojiler yaklaşım biçimleri farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar konu başlıkları olarak kategorize edildiğinde aşağıdaki liste elde edilmiştir:

- Mevcut sanal ortam yazılımlarının mimarlık alanında kullanımı
- Mimarlık alanında yaygın olarak kullanılan veri tiplerinin oyun motorlarına aktarımı
- Oyun motoruna aktarılan mimari modellerin etkileşim ve görselleştirme olanaklarının araştırılması
- Oyun motorlarının çeşitli etkileşim imkanlarının mimarlık eğitiminde kullanımı
- Oyun motorlarının hesaplama, analiz ve simülasyon araçları olarak kullanımı
- Oyun motorları aracılığıyla sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik araçlarının mimarlık alanında kullanımı
- İşbirlikli tasarım araçları olarak çoklu-kullanıcılı sanal ortamların kullanımı ve oyun motorları yardımı ile geliştirilmesi

Mevcut yazılımlarda çeşitli hesaplama, simülasyon, etkileşim ve analiz yöntemlerindeki kısıtlılık veya eksikliklerin ve çoklu-kullanıcı özelliklerinin olmaması bu yazılımlara eklenti paketleri geliştirilerek bu özelliklerin eklenmesinin mümkün olmadığı durumlarda, oyun motorlarının kullanım kolaylığından faydalanarak, bu platformlar üzerinde geliştirme yoluna gidilmesi yaklaşımı yaygındır.

3. Çevrimiçi Mimari Tasarım Stüdyoları

3.1. Görüşme I (29.6.2021)

Bu görüşmenin amacı, araştırma için gönüllü olan öğretim üyelerinden 2020-2021 eğitim öğretim yılında yürütülen zorunlu uzaktan erişimli stüdyo deneyimleri ile ilgili ilk geri bildirimleri almaktır. Mimarlık Fakültesinden dört sınıfı temsil eden toplam 6 öğretim üyesinin katıldığı görüşme yaklaşık 1,5 saat sürmüştür. Bu görüşme sırasında yapılan değerlendirmeler aşağıdaki konu başlıklarını içermiştir. Bu araştırmanın kapsamı içerisinde özellikle odaklanılan kavramlar kalın harflerle işaretlenmiştir:

- Ekran başında çalışan öğrencilerin bazılarında **ölçek algısı**nın doğru oluşmadığı gözlemlendi. Bununla ilişkili olarak, öğrencilerin geçmişe göre daha büyük ölçekli projeler yapma eğiliminde oldukları görüldü.
- Mimarlık stüdyosunun kimliğini oluşturan**, bir mekanda buluşma ve tartışma kültürü** oluşmamış oldu.
- Ders dışı aktivitelerin ve sosyalleşmenin eksikliği, öğrencilerin **birbirlerinden öğrenememelerinin getirdiği zorluklar** gözlemlendi.
- Öğrencilerle iletişimin değişmesiyle onlara ulaşma sorunları başladı. **Jestler**in ve **mimikler**in olmadığı bir ortamda umulmadık zorluklara yol açtı.
- Çevrimiçi stüdyo yazılımlarında kamerayı açmanın **bir arada olma hissi**ni az da olsa sağladığı, kameranın kapatıldığı durumda **görsel ilişkini**n ve **orada olma hissi**nin tamamen kaybedildiği gözlemlendi.
- Öğrencilerin proje alanlarını ikincil kaynaklar üzerinden tanımaya çalışmaları söz konusu oldu. Bu onların **ölçek algısıyla ilgili farkındalık**larına zarar verdi.
- Çevrimiçi sunumlar ekran tabanlı bir sunum yaklaşımını ve formatını zorunlu kılmıştır. Bu format genellikle, doğal olarak, istisnalar haricinde geleneksel yüzyüze jüri ve tartışma kültürünün bir benzetimi olmuştur. Fakat geleneksel jüri formatındaki posterlerin **eşzamanlı** olarak bir bütün halinde incelenebilmesine kıyasla, ekran

tabanlı formatın sıralı bir sunumu zorunlu kılmasının getirdiği sorunlar konuşuldu. Miro gibi sunum arayüzlerinin yeterli ilgiyi görmediği görüşüne ulaşıldı.
- Stüdyo sürecinde birikimle ilgili sorunlar ifade edildi. Dijital sunumlarda her hafta **sıfırdan başlama hissi**, yorumları biriktirememe sorunları gözlemlendi.
- Bu süreç, stüdyolarda bu yeni duruma **adaptasyon ve yaklaşım farklılıkları**nın belirginleşmesine neden oldu.
- Öğrencilerin **dijital modelleme** konusundaki teknik becerilerini geliştirmek durumunda kaldıkları ifade edildi. Dijital ortamın bazı öğrencilerin çalışma yöntemlerine daha uygun olması, o öğrencilerin zorluk yaşamamalarına, hatta daha başarılı olmalarına neden olabildiği gözlemlendi.
- Bu dönemde **stüdyolar arası iletişim**in de ayrı bir düzlemde tartışılması gerektiği görüldü.
- Araştırma projesinin konusu ve amacının önemsendiği ve bu tür çalışmaların artık daha da gerekli olduğu ifade edildi.

3.2. Görüşme II (7.7.2021)

İkinci odak grup görüşmesi farklı sınıflardan toplam 5 gönüllü öğrenci ile yapılmış, 2,5 saat sürmüştür. Görüşme, genel olarak öğrencilerin süreçte yaşadıkları zorluklar ve fırsatlar üzerinden ilerlemiş ve bu araştırma açısından anlamlı olduğu düşünülen aşağıdaki iki geri bildirime ulaşılmıştır:

- Uzaktan stüdyo eğitiminde **üç boyutlu modelleme**nin tasarım ve sunum süreçlerindeki potansiyel etkisinin ve öneminin arttığı gözlemlenmiştir.
- Öğrenciler çevrimiçi dönemdeki **konsantrasyon sorunları**ndan ve **stüdyoda bir arada çalışmanın olmamasının getirdiği eksiklik**ten bahsetmiştir. Öğrencilerin kamera açmadıkları durumda derse konsantre olamadıkları ifade edilmiştir.

3.3. Görüşme III (17.9.2021)

Stüdyo yürütücüleri ile yapılan ikinci görüşmenin amacı, birinci görüşmeden elde edilen geri bildirimlerin yeniden değerlendirilmesi ve geliştirilmekte olan bir yazılımının ilk gösteriminin yapılmasıdır (**Şekil 1**). Görüşme 1 saat 10 dakika sürmüştür ve 4 öğretim üyesi katılmıştır. Katılan öğretim üyelerinin ikisi yeni, ikisi birinci görüşmeye de katılmış öğretim üyeleridir. Projeyle ilgili ön bilgilendirmenin ardından Oğulcan Üneşi tarafından Unity oyun motoru ile geliştirilmekte olan *Online Virtual Studio* (OVS) yazılımının erken bir sürümü tanıtılmıştır. Bu yazılım, stüdyo sunumlarını çoklu kullanıcılı bir sanal ortama taşımayı hedeflemekte, bunun için CAD yazılımlarından dışa aktarılan modellerin yüklendiği bir üç boyutlu ortam açmaktadır. Dolayısıyla tasarım değil sunum hedeflidir. Bu görüşmede öğretim üyelerinden gelen geri bildirimler aşağıda özetlenmiştir:

- Sadece modelin içerisinde **kaçışlı perspektif projeksiyonu** ile görüntü almanın ötesinde, mimarlık stüdyolarında özellikle ihtiyaç duyulan **paralel projeksiyon**ların önemi vurgulandı. Bunun OVS'deki karşılıklarından bir tanesinin bir anahtar plan (dijital oyun terminolojisindeki karşılığı: ***mini map***) olabileceği konuşuldu.
- Tasarımın sanal ortamda sunulmasının ötesinde **analiz** edilmesinin çok öğretici olabileceği ifade edildi. Fakat akustik performans gibi gelişmiş analizlerin profesyonel yazılımlarla yarışması zor olacağı için stüdyo ortamında **genel bilgilendirme seviyesindeki analizler**in ötesinin ilk aşamada amaçlanayacağı ifade edildi.
- OVS her ne kadar sunum amaçlı düşünülse de tasarımın modifiye edilmesi, önerilerin konuşulması ve tartışılması konusundaki potansiyelleri vurgulandı. Üç boyutlu modelleme olmasa bile, **not alma** ve **eskiz yapma** gibi araçların stüdyodaki iletişim açısından önemi ifade edildi.



Şekil 1: Üçüncü görüşme. Henüz sadece çevrimdışı olarak çalıştırılabilen OVS'nin Zoom üzerinden ekran paylaşılarak gösterimi (Görseller yazarlara aittir).

3.4. Görüşme IV (3.3.2022)

Stüdyo yürütücüleri ile yapılan bu üçüncü görüşmenin amacı, uzaktan çoklu kullanıcının aynı anda erişebildiği OVS'nin öğretim üyeleri tarafından bire bir deneyimlenmesidir. OVS seansı 1,5 saat sürmüştür ve 3 öğretim üyesi aktif olarak, 2 öğretim üyesi de pasif izleyici ve yorumcu olarak katılmıştır. Bu deneyin diğerlerinden farkı, ilk defa sanal stüdyo ortamının sadece bir dijital modelin içerisindeki etkileşimden ibaret olmayıp, farklı ölçekler, sunum teknikleri ve etkileşim biçimlerini içinde barındırabilecek ayrı bir **stüdyo tasarımı problemi**ne dönüştüğünün anlaşılmasıdır. Öğretim üyeleriyle yapılan deneme kullanımı ve sonrasındaki tartışmalar, her stüdyonun farklı aşamalarında farklı ihtiyaçları olduğu düşüncesi üzerinden ilerlemiştir. Dolayısıyla sanal ortamın bu ihtiyaçlara yönelik olarak yeniden yorumlanabileceği anlaşılmıştır.

Kullanılan sanal test stüdyosu, Le Corbusier'in Villa Savoye'unun üç boyutlu modeli, projenin çizimlerinden oluşan paftaların sergilendiği sanal panolar ve panoların etrafına yerleştirilmiş, mimarın bazı mobilyalarının modellerinden oluşmuştur. Bu örnek stüdyo kurgusuna göre, kullanıcılar ortadaki maketin üzerine bastıklarında avatarları **ölçek değiştirerek** maketin içerisinde gezebilecekleri bir boyuta küçülmektedirler (**Şekil 2-sağ**). Masanın dışına atladıkları zaman da ölçek değiştirerek büyümekte ve panolara, mobilyalara uygun ölçeğe çıkmaktadırlar (**Şekil 2-sol**). Dijital oyun tasarımı teknolojileri için sıradan, fakat görüşmeye katılan öğretim üyeleri için yeni olan bu en basit **deneyim tasarımını**n mimari stüdyolarda hem yürütücüler hem de öğrenciler için açabileceği potansiyeller tartışılmıştır. Geçmişte uzaktan eğitimdeki sıralı dijital sunumun yerini daha bütüncül, serbest, fakat kurgulanmış bir etkileşime bırakabileceği anlaşılmaktadır. Sanal ortamın zaman ve mekandan bağımsız olarak proje aşamalarını sunucu üzerinde tutabileceği, kaybolma ve sıfırdan başlama hissini azaltabileceği değerlendirilmiştir. OVS ortamın mümkün olduğunca "oyun ortamı" görüntüsünden çıkıp "mimarileşmesi" gerektiği konuşulmuştur. Bu nedenle geliştirilebilecek **araç setleri**nden bahsedilmiştir. Bu araç setlerinin bir bölümü bu metnin Sonuç bölümünde listelenerek açıklanmıştır. Yazılımın sadece stüdyolarda değil, doğru kurgulandığında diğer derslerde de faydalı olabileceği konuşulmuştur. Fakat bu konu, bu araştırmanın kapsamı dışındadır.



Şekil 2: Dördüncü görüşme. OVS yazılımının ilk uzaktan erişimli denemesinin stüdyo yürütücüleriyle beraber gerçekleştirimesi. (Görseller yazarlara aittir).

4. Sonuçlar

Geleneksel mimari tasarım stüdyoları, tasarımın görsel, düşünsel özellikleri, temsil ortamlarının taşıması gereken nitelikler ve hesaplamalı teknolojilerin sunduğu tasarım ve analiz olanakları göz önüne alındığında, herhangi bir uzaktan erişim platformunun taşıdığı standart araç seti ile yürütülmesi zor olan veya mümkün olmayan niteliklere sahiptir. Benzer şekilde; uzaktan erişimli dijital mimari tasarım stüdyoları da, tasarımın görsel, düşünsel özellikleri, temsil ortamlarının taşıması gereken nitelikler, ve hesaplamalı teknolojilerin kullanım olanakları göz önüne alındığında, herhangi bir yüzyüze yöntemin standart pedagojik çerçevesi içerisinde yürütülmesi zor olan veya mümkün olmayan niteliklere sahiptir. Aşağıda, yapılan literatür araştırması, görüşmeler ve oyun teknolojilerindeki standart bazı tekniklerin beraber değerlendirilmesi ile elde edilen ilk işlevler açıklanmıştır. Bu işlevler 6 grup altında incelenecektir:

4.1. Karakter

Avatar: Kullanıcıların sanal ortamı insan ölçülerinde göreceli olarak algılayabilmeleri ve bu ortam içerisinde birbirlerinden haberdar bir şekilde hareket edebilmelerini ve birbirleriyle etkileşime geçebilmelerini sağlamak amacıyla insan ölçülerinde, insan formunda avatarlar kullanılabilir. Bu sebeple kurulacak sanal ortamda kullanıcıların temsilini avatarların sağlaması gerektiği öngörülmüştür. Kullanıcıların avatarla temsil edilecek olmaları ve avatar ölçülerini perspektiflerinin içinde tutabilmeleri kontrol şemasının da birinci ve/veya üçüncü şahıs karakter kontrol şeması şeklinde olmasını gerekli kılar. Avatarların hareket veya etkileşimlerine dair animasyonlarının gerçekleştirilebilmesi için "*rigging*" işleminden geçirilmesi gerekmektedir. Kullanıcıların aynı ortamda birbirlerinden ayrışabilme ve tanınabilmesi

için farklı avatarların mevcut olması ve/veya avatarların görünüşlerinin özelleştirebilmeleri önemlidir. Aynı görünen ve birbirinden ayrışamayan avatarların iletişimde ve farkındalıkta sorun yaratacağı öngörülmüştür.

Temel hareketler: İnsan ölçeğinde perspektif odaklı avatar kullanımından kaynaklı, seçilebilecek insan-bilgisayar etkileşim girdileri ve kontrol şemaları kısıtlıdır. Fare yardımıyla işaretleyerek gezinme mümkün olsa da, perspektiften ötürü zorluklara yol açabileceği öngörülerek birinci ve üçüncü şahıs perspektif içeren çoğu oyun ve görselleştirme yazılımında kullanılan klavye kontrol şemasının kullanılması önerilmiştir. Hareketin hızlandırılması için koşma, zıplama ve hayalet uçma modu gerekli görülmüştür. Hayalet uçma modu, ortamdaki çarpışma hesaplamalarından muaf olma, duvarlardan geçebilme özelliğini ve projeyi yürüme hizası dışındaki perspektiflerden algılayabilmek için gerekli görülmüştür.

Çarpışma: Sanal ortamda, fiziksel ortamdakine benzer şekilde gezinebilmenin mümkün olması için çarpışma (*collision*) önemli bir işlevdir. Oyun motorlarında bu özellik "*collider*" hesaplamaları ile sağlanır. Bir avatarın sanal ortamdaki zemine basabilmesini sağlayan ve diğer cisimlerin içinden geçmesini engelleyen özelliktir. Çarpışma hesaplamalarının, tasarım ergonomisi, açıklık boyutları ve sirkülasyonda karşılaşma konularında oldukça önemli bir rol oynayacağı öngörülmüştür.

Bakma: Kullanıcıların iletişimlerini kuvvetlendirmek ve birbirlerine olan farkındalığını arttırmak amacıyla, kullanıcıların baktıkları yönün avatarlarının kafa ve vücut hareketlerine de yansıması gerekmektedir. Ters kinematik (*Inverse Kinematics / IK*) olarak bilinen bir teknik yardımıyla bu animasyonlar gerçekleştirilebilir. Aynı teknik yardımıyla parmak ile işaret etme gibi animasyonları da gerçekleştirmek mümkündür.

Basma: Bakma gibi, insansı karakterin ayak ve buna bağlı vücut hareketini üzerinde bulunduğu yüzeye bağlı olarak prosedürel bir animasyon yardımıyla daha gerçekçi kılmak mümkündür. Bakma animasyonlarında olduğu gibi basma animasyonları da ters kinematik (IK) yöntemiyle gerçekleştirilebilir.

Ek animasyonlar: Kullanıcıların tepkilerini, duygu ve düşüncelerini yansıtabilmelerini sağlamak ve ortamdaki iletişimin etkinliğini artırmak amacıyla avatarlara ek animasyonlar yüklenebilir. El sallama, alkışlama, kafa sallama, oturma, gülme gibi animasyonlar ile iletişime ek bir katman eklenebilir. Bu gibi animasyonlar çoklu-kullanıcılı sanal ortamlarda oldukça yaygındır ve "rig"i olan bir insansı karaktere hazır bir animasyon yüklemek mümkündür.

Boyut manipülasyonu: Bilgisayar destekli çizim uygulamalarında olduğu gibi oyun motorlarında da çoğu objenin boyutunu değiştirmek mümkündür, bunlara avatarlar da dahildir. Ortamı farklı ölçeklerde algılayabilmek adına avatarların boyutlarının değişebilir olması gerektiği öngörülmüştür. Böylece ortamdaki modeller avatarın o anki boyutuna bağlı olarak, gerçek bir stüdyo ortamındaki ölçekli maketler gibi algılanabilecektir. Avatarların büyüdüğü durumda arazi algısal olarak küçülecek ve maket gibi kalacak, avatarların küçüldüğü durumlarda ise detaylı modellenmiş objelerin ince detaylarını algılayabilmek mümkün olacaktır. Boyut manipülasyonunun avatar üzerinde olması önemlidir, ortama aktarılan objelerin boyutlarını değiştirmek de mümkündür, ancak objelerin boyutunu değiştirmek bu değişimi stüdyodaki herkes için gerçekleştirirken, avatarların boyutlarının değiştirilip objelerin boyutlarını sabit tutmak tüm kullanıcıların aktarılan objeleri kendi istedikleri ölçekte görmelerine olanak sağlar.

4.2. Kamera

Perspektif: Ortamı insan ölçülerine göreceli olarak algılayabilmek için avatarın göründüğü üçüncü şahıs, insan gözünden algılayabilmek için de avatarın gözünden görmeyi mümkün kılan birinci şahıs perspektif olanakları gereklidir.

Yakınlaştırma: Perspektif modundan bağımsız olarak ayarlanabilir yakınlaştırma/uzaklaştırma özellikleri, ölçek değiştirmeden bağımsız olarak gerekli görülmüştür. Üçüncü şahıs perspektif modunda bu özellik kullanıcının ortamı daha geniş bir perspektiften algılayabilmesine olanak sağlayacak, birinci şahıs perspektif modunda ise spontane olarak daha yakından görmeyi mümkün kılacaktır. Yakınlaştırmayı ve uzaklaştırmayı sağlamanın kamera programlaması açısından iki yöntemi tespit edilmiştir, bunlardan birincisi kameranın görüş alanının (field of view, FOV) değiştirilmesi ile ekrana sığdırılması ile sağlanabilecek yakınlaştırma yanılsaması, ikincisi ile doğrudan kameranın kullanıcı avatarına olan mesafesinin değiştirilmesidir.

Kamera çarpışması: Objelerin birbirleriyle çarpışmasının hesaplanması gibi, özellikle üçüncü şahıs perspektif modunda kamera pozisyonunun da objelerle çarpışması ve buna bağlı olarak yer değişiminin hesaplanmasının gerekliliği öngörülmüştür. Bu sayede, örnek olarak, kamera yerin altına girdiğinde zemin düzlemi ile çarpışarak düzlemin üzerindeki konumunu korumaya çalışacak, kullanıcının ortamı yerin altından görmesi veya avatarının duvarların arkasında kalması gibi sorunlar ortadan kalkacaktır.

Paralel projeksiyon: Perspektif modları gibi, mimari temsilde sıklıkla kullanılan paralel projeksiyon kamera modunun da gerekliliği öngörülmüştür. Ancak avatar kontrol edilen ve WASD kontrol şeması kullanılan bir ortamda paralel projeksiyon ile hareket etmek oldukça zor olacaktır. Bu durumun birinci sebebi paralel projeksiyon yönteminde projeksiyon düzleminin ortam ile görünürde kesişim düzlemi yaratmasıdır. İkincisi ise seçilen avatar ve kamera kontrol şemasının paralel projeksiyon kamera modunda oryantasyon bozukluğuna yol açmasıdır. Bu sorunun önüne geçebilmek için paralel projeksiyon modunun avatar kontrol şemasından bağımsız olarak ek bir etkileşim yardımıyla gerçekleştirilmesinin daha uygun olacağı öngörülmüştür.

Gözlemci modu: Seçilen kontrol şemalarını önceden deneyimlemeyen kullanıcıların oryantasyon bozukluğu yaşayabileceği öngörülerek, bilgisayar destekli çizim programlarında sıklıkla kullanılan yörüngesel döndürme ve tutarak öteleme (*orbit & pan*) kontrol şemalarını içeren bir kontrol ve kamera moduna da gereksinim öngörülmüştür. Bu modda mümkün olmayan insan perspektifinden veya avatar arkasından görme modlarının kısıtlı da olsa sağlanabilmesi için ise oyunlarda sıklıkla kullanılan gözlemci modunun gerekliliği öngörülmüştür. Gözlemci modunda kullanıcı, seçtiği başka bir kullanıcının kamerasını takip edebilmektedir.

Görselleştirme modları: Oyun motorlarının mimarlıkta kullanılmasının en önemli sebeplerinden biri de gerçek-zamanlı görselleştirme (*rendering*) imkanı sunmalarıdır. Oyun motorlarında, mimari görselleştirmeye potansiyel faydaları olabilecek bir diğer özellik ise bu hesaplamaların çeşitli görselleştirme programlama (shader programming) teknikleri ile özelleştirilebilir olmasıdır. Kenar algılama ve vurgulama, kesişim algılama ve kesit oluşturma, çarpışmaya giren yüzeyleri algılama ve şeffaflaştırma, çeşitli x-ray algoritmaları üretilebilecek görselleştirme modlarından yalnızca birkaçıdır.

4.3. Analiz

Literatür taraması, mevcut oyun ve sanal ortam yazılımlarının incelenmesi sonucunda oyun motorlarının yardımı ile yapılabilecek çeşitli analiz yöntemleri tespit edilmiştir. Bunlardan bazıları aşağıda özetlenmiştir:

Rampa açısı: Çarpışma hesaplamalarının bir çıktısı çarpışılan objenin tespitidir, bu tespit ile ulaşılabilen objenin yüzey normali öğrenilebilmektedir. Avatarın bastığı noktadaki çarpışma hesaplanarak yüzey normali alınan yüzeyin avatarın uzaydaki dik aksı ile arasındaki açı hesaplanıp basılan yüzeyin rampa açısı hesaplanabilmektedir.

Basit güneş hareketi: Oyun motorlarında, sahnenin temel ışık kaynağı olarak belirlenen bir objenin açısı ve pozisyonu ayarlanabilmektedir. Unity oyun motorunda bir ışık kaynağı sahnenin güneşi olarak ayarlanabilmekte, yalnızca 2 eksendeki dönüş açıları ile gökkube üzerindeki pozisyonu belirlenmektedir. Gerçek-zamanlı görselleştirmenin de katkısıyla güneş açısı değiştiğinde objelerin gölgeleri otomatik olarak hesaplanmaktadır.

Güneş rotası: Basit güneş hareketine ek olarak, güneş rotası hesaplama algoritmalarının yardımı ile basit harekette ayarlanabilen açılar, güneşin gerçek konum ve yörünge bilgileri dikkate alınarak hesaplanıp uygulanabilir.

Aydınlanma ve gölge: Oyun motorlarında, yüzeye herhangi bir ışık kaynağından düşen ışın sayısı hesaplanabilmektedir. Bu yöntemin yardımıyla iç aydınlatmaların mekanın hangi noktasına ne kadar ışık ulaştırabildiği ve de güneş rotasına bağlı olarak iç ve dış mekan yüzeylerin yıllık gölge ve aydınlanma analizlerine ulaşılabileceği öngörülmüştür.

İklim: Çeşitli görselleştirme programlama tekniklerinin ve oyun motorlarında yaygınlıkla kullanılan parçacık efektlerinin yardımıyla ortamda çeşitli iklim simülasyonları yapmak mümkündür. Yağmur yağdırma, kar yağdırma ve kar birikimi, çeşitli objelerin rüzgardan etkilenmeleri gibi yöntemler bunlardan bazılarıdır.

Pusula: Avatarın önünü işaret eden vektörün yardımıyla sahnenin kuzeyine bağlı olarak kullanıcıların hangi yöne baktığını hesaplamak mümkündür, modelleme aşamasında bu durumun dikkate alınmadığı, modellerin kuzey yönüne

bağlı olarak konumlandırılmadığı durumlar olabileceği öngörülerek bu pusula hesabının bir açı düzeltme parametresi olması gerektiği tartışılmıştır.

Mini-harita: Oyunlarda kullanıcı oryantasyonunu sağlamak amacıyla kullanılan mini-haritaların gerekliliği öngörülmüştür. Bu sayede kullanıcılar ortamın hangi noktasında olduklarını kontrol edebilme imkanına sahip olacaktırlar. Mini-haritada olması gereken özellikler, diğer kullanıcıların konumları, ortamın plan projeksiyonu ve de pusulaya bağlı bir işaretleme veya tüm mini-haritanın pusula yönüne bağlı dönmesi olarak öngörülmüştür.

Mekan dizimi: Ortam içerisindeki mekanların zemin düzlemlerinde bağlı olup olmadıkları Unity oyun motorunda kullanıcı-olmayan-karakter (NPC) hareketlerinin hesaplandığı NavMesh gibi modüller ile kontrol edilip hesaplanabilir. Bu hesaplamanın sonucunda hacimlerin bağlantıları listelenerek mekan dizimi (*space syntax*) metriklerine ulaşılabilir.

Gezen ajanlar: Mekan dizimi hesaplarında olduğu gibi, en kısa yol algoritmaları ve kurallı rastgelelik programlaması yardımı ile kullanıcı olmayan karakterlerin gezinme simülasyonlarının da yapılabileceği öngörülmüştür. Yalnızca gezinmenin ötesinde, mevcut konumlarından en yakın çıkışa gitmeye çalışan ajanların acil durum kaçış simülasyonlarını da sağlayabileceği öngörülmektedir.

Yürüme mesafesi: Mekan dizimi hesaplamalarında olduğu gibi, en kısa yol algoritmaları (A* ve Dijkstra'nın en kısa yol algoritması gibi) kullanılarak bir noktadan bir noktaya en kısa yol hesaplanarak bu yolun yürüme hızıyla ne sürede aşılabileceği, veya bir noktadan başlayarak belirli bir süre içerisinde en fazla hangi noktalara ulaşılabileceğinin hesaplanabileceği öngörülmüştür.

Kullanıcı hareketleri: Kullanıcıların ortamdaki vektörel hareketleri ve kameralarının baktıkları noktalarının kaydedilip bunun sonucunda gerçek kullanıcı sirkülasyonu ve en çok bakılan noktalar gibi analizlerin yapılabileceği öngörülmüştür.

Tekerlekli sandalye: Rampa açısı analizi yardımıyla, karakter hareketini kontrol eden kodlamanın içine, kullanıcı tekerlekli sandalye modunda olduğunda çeşitli kısıtlamalar eklenebilir. Adım yüksekliğinin kısıtlanması ve belirli rampa açılarının üzerinde hareketin yavaşlaması veya tamamen engellenmesi mümkündür.

4.4. Etkileşim

İşaretleme: Avatarların bakmalarının ötesinde, kesin ve isabetli olarak iletişim kurabilmeleri için işaretleme araçlarının olması gerektiği öngörülmüştür. Işın izleme (*raycasting*) yöntemi ile işaret edilen bir noktada üretilecek bir işaretleme objesi veya bu ışının görselleştirilmesi gibi yöntemler kullanılabilir. Aynı yöntem kullanılarak iki işaret arası mesafe ölçme, üç işaret kullanılarak iki çizgi arası açı ölçme, kot ölçme, yüzey eğimini ölçme gibi hesaplamalar yapılabilir.

Obje kütüphanesi: Görselleştirme yazılımlarında yaygınlıkla kullanılan obje kütüphaneleri önceden modellenen ve programın içine gömülen objelerden oluşur, seans esnasında işaretleme mantığıyla istenilen noktada üretilebilir.

Perspektif kaydı: Belirli bir perspektif açısının kaydı, kameranın o anki konum ve dönüşünün kaydı ile mümkündür, bu şekilde gözlemci modundaki veya avatar modundaki kullanıcılar bu kayıtlı perspektiflere ulaşabilir.

Işık objesi: Gerçek-zamanlı görselleştirmenin bir diğer avantajı da ışık objelerinin her an eklenebilme olasılığıdır. Kullanıcılar iç veya dış mekanda istedikleri noktada ışık objeleri üreterek mekanın aydınlanmasını sağlayabilirler. Bu teknik yardımıyla, güneşin de temelde bir ışık objesi olarak davranışından kaynaklı, güneşin kapanması ile gece aydınlanma simülasyonlarının yapılması da mümkündür.

Boyama: İşaretleme ve çarpışmanın birlikte kullanılması ile işaretlenen bir yüzeyin özelliklerinin değiştirilmesi de mümkündür, bu şekilde istenen yüzeyler boyanabilir, farklı malzemeler atanabilir veya şeffaflaştırılabilir.

Eskiz: İşaretleme objelerinin yardımıyla üç boyutlu veya düzlemsel eskiz yapmak mümkündür. Sıralı işaretleme objeleri ile çizgiler çizilebilir, temel geometrik objeler üretilebilir. Perspektif kaydının yardımıyla ise belirli bir perspektifte kamera kontrolleri dondurularak o perspektifin üzerine iki boyutlu eskizler yapılabilir.

4.5. İletişim

Kullanıcı isimleri: Kullanıcılar arasındaki farkındalığı artırmak ve sağlıklı iletişim kurabilmek adına avatarların kullanıcılarının isimlerini taşıyacak biçimde olmaları gerektiği öngörülmüştür.

Sesli iletişim: Sanal ortamlarda iletişimi sağlamanın en yaygın yöntemlerinden biri sesli iletişimdir. Avatar mesafelerine bağlı olarak filtrelenecek sesli iletişimin aynı sanal ortamda birden fazla konuşmaya imkan sağlayabileceği öngörülmüştür.

Yazılı iletişim: Sesli iletişimde anlaşılamayan veya kalıcı iletişim sağlanmak istenen durumlarda ise yazılı iletişimin gerekeceği öngörülmüştür.

4.6. Aktarım

Mimarlık alanına yönelik geliştirilecek bir sanal ortamda bulunması gereken en önemli özelliklerden birisi de dijital model aktarımıdır.

İçe aktarma: Genellikle görselleştirme yazılımlarında bulunan bu özellik, oyunlarda nadiren bulunur ve oyun motorlarında da program çalışırken içe aktarım (*runtime import*) kabiliyeti kendiliğinden bulunmamaktadır. Bu özelliğin sanal ortam geliştiricisi tarafından özel olarak eklenmesi gerekmektedir. Aktarım programlaması yapıldıktan sonra karşılaşılacak olan ilk problem dosya uyumsuzluğudur. Oyun motorları yalnızca "*mesh*" modeller ile çalışır. Mesh modellerin yüzeylerinin ön ve arkaları vardır, dikkat edilmesi gereken en önemli husus bu yüzlerin kullanıcı tarafından doğru bir şekilde ayarlanmasıdır. Yüksek sayıda poligonlu modeller (*high-poly*) sanal ortamdaki uygulama performansını düşürecek, düşük detaylı meshlenen, düşük sayıda poligonlu (*low-poly*) modeller ise modellenen geometriyi isabetli bir şekilde temsil edemeyecektir. Bu konuda, çoklu-kullanıcılı ortamda dikkat edilmesi gereken ek bir husus ise dosya boyutlarıdır. Tüm kullanıcıların birbirlerinin modellerini görebilmesini sağlayabilmek için sunucunun bu dosyaları tüm kullanıcılara ulaştırabilmesi gerekmektedir. Bu tip problemleri aşabilmek ve kullanıcı deneyimini olabildiğince sorunsuz hale getirebilmek için, CAD programlarındaki modellerin sanal ortama en uygun biçimde aktarımını yaptırabilecek eklentilerin geliştirilmesinin gerekebileceği öngörülmüştür.

Dışa aktarma: Ortamda üretilen analiz, simülasyon, etkileşim veya iletişim sonucunda ortam içerisinde üretilenlerin başka ortamlara aktarılabilmesi için öncelikle sanal ortamın dışa aktarımı desteklemesi gerekmektedir. Sanal ortamdan dışa aktarılan verinin CAD yazılımında karşılık bulabilmesi için bu verinin okunup çizim yazılımın yerel veri tiplerinden birine dönüştürülmesi gerekmektedir.

Araştırmanın ilerleyen aşamaları, yazılım geliştirme ve mimari tasarım stüdyolarında kullanım testlerinin yapılması ile sürdürülmektedir. Henüz kullanım testlerinden bir sonuç elde edilmemiştir. Gelecekte bu ve benzeri sanal mimari tasarım stüdyolarının yaygınlaşacağı ve mimarlık eğitiminin hem uygulama hem de araştırma alanlarına doğrudan katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

Teşekkür

Bu bildirinin konusunu oluşturan araştırma, İstanbul Bilgi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi (no: 2021.01.004) tarafından desteklenmektedir.

KAYNAKLAR

Bartosh, A., & Philip, A. (2019). Experimental applications of virtual reality in design education. K. Bieg, D. Briscoe & C. Odom (eds.), *ACADIA 38: Ubiquity and Autonomy* (pp. 458-467). ACADIA. http://papers.cumincad.org/data/works/att/acadia19_458.pdf

Black, C., & Forwood, E. (2017). Game engine computation for serious engineering: Visualisation and analysis of building facade movements as a consequence of loads on the primary structure. T. Nagakura, S. Tibbits & C. Mueller (eds.), *ACADIA 36: Disciplines & Disruption* (pp. 146-153). ACADIA. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/acadia17_146

Chien, S.-F., Lin, C.-I., & Lin, K.-L. (2020). A Light-weight CAAD-VR Bridge. D. Holzer, W. Nakapan, A. Globa & I. Koh (eds.), *CAADRIA 25: Anthropocene, Design in the Age of Humans* (pp. 761-770). CAADRIA. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/caadria2020_387

Coşkun, E. & Çağdaş, G. (2018). Considering computer games as a learning tool in basic design education. *International Journal Of Advanced Research*, 6(7), 1077-1095.

Du, J., Shi, Y., Mei, C., Quarles, J., & Yan, W. (2016). Communication by interaction: A multiplayer VR environment for building walkthroughs. J.L. Perdomo-Rivera, A. Gonzáles-Quevedo, C.L. del Puerto, F. Maldonado-Fortunet & O.I. Molina-Bas (eds.) *Construction Research Congress 2016* (pp. 2281–2290). ASCE. https://doi.org/10.1061/9780784479827.227

Grasser, A., Parger, A., & Hirschberg, U. (2020). Pervasive Collaboration and Tangible Complexity in Realtime Architecture. W Liss, D. Koering (eds.), *eCAADe 2020: Anthropologic – Architecture and Fabrication in the Cognitive Age* (pp. 393-400). eCAADe. 10.14279/depositonce-10568.2

Gül, L. F. (2019). Dijital teknolojilerin işbirlikli tasarıma olan etkisi. *Megaron: Yıldız Technical University, Faculty of Architecture E-Journal 15(1),* 84-98. https://doi.org/10.14744/megaron.2019.23281

Gül, L. F. (2020). Sanal mecralarda mimari tasarımın dünü ve bugünü. *Dosya: Gelecek, Teknoloji ve Mimarlık*, *45*, 28–38.

Hong, S. W., El Antably, A., & Kalay, Y. E. (2019). Architectural design creativity in multi-user virtual environment: A comparative analysis between remote collaboration media. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, *46*(5), 826–844. https://doi.org/10.1177/2399808317733267

Leitão, A., Castelo-Branco, R., & Santos, G. (2019). Game of renders: The use of game engines for architectural visualization. M. Haeusler, M.A. Schnabel & T. Fukuda (eds.), *CAADRIA 24: Intelligent & Informed* (pp. 655-664). CAADRIA. http://papers.cumincad.org/data/works/att/caadria2019_194.pdf

Moleta, T. (2016). Game on: Exploring constructive design behaviors through the use of real-time virtual engines in architectural education. *International Journal of Architectural Computing*, *14*(3), 212–218. https://doi.org/10.1177/1478077116663341

Moleta, T. J. (2017). Digital ephemera: Autonomous real-time events in virtual environments. P. Janssen, P. Loh, A. Raonic & M.A. Schnabel (eds.), *CAADRIA 22: Protocols, Flows, and Glitches* (pp. 13-22). CAADRIA. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/caadria2017_158

Nandavar, A., Petzold, F., Nassif, J., & Schubert, G. (2018). Interactive virtual reality tool for BIM based on IFC - Development of openBIM and game engine based layout planning tool - A novel concept to integrate BIM and VR with bi-directional data exchange. T. Fukuda, W. Huang, P. Janssen, K. Crolla & S. Alhadidi (eds.), *CAADRIA 23: Learning, Prototyping and Adapting* (pp. 453-462). CAADRIA. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/caadria2018_057

Pienaru, M.-I. (2018). The city as a playground - game tools for interactive planning. A. Kepczynska-Walczak & S. Bialkowski (eds.), *eCAADe 36: Computing for a Better Tomorrow* (pp. 679-686). eCAADe. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/ecaade2018_375

Sandstrom, A., & Park, H.-J. (2019). Reflection in action - An educational indie video game with design schema. M. Haeusler, M.A. Schnabel & T. Fukuda, (eds.), *CAADRIA 24: Intelligent & Informed* (pp. 303-312). CAADRIA. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/caadria2019_176

Sorguç, A. G., Yemişcioğlu, M. K., Özgenel, Ç. F., Katipoğlu, M. O., & Rasulzade, R. (2017). The role of VR as a new game changer in computational design education. A. Fioravanti, S. Cursi, S. Elahmar, S. Gargaro, G. Loffreda, G. Novembri, A. Trento (eds.), *eCAADe 35: ShoCK! - Sharing Computational Knowledge!* (pp. 401-408). eCAADe. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/ecaade2017_142

Valls, F., Redondo, E., Fonseca, D., Garcia-Almirall, P., & Subirós, J. (2016). Videogame technology in architecture education. *Human-Computer Interaction: Novel User Experiences,* 9733, 436–447. https://doi.org/10.1007/978-3-319-39513-5_41

Yan, W., & Liu, G. (2007). BIMGame: Integrating building information modeling and games to enhance sustainable design and education. J. Kieferle & K. Ehlers (eds.), eCAADe 25: Architecture in the Age of the 4th Industrial Revolution (pp. 211-218), eCAADe. http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/ecaade2007_188

Web 1.0'dan Web 3.0'a İnternet ve Mimarlık Eğitiminin Evrimi: X kuşağı Ne Veriyor? Z Kuşağı Ne İstiyor?

Özlem Gök Tokgöz[1]; Mehmet Ali Altin[2]
[1, 2] Eskişehir Teknik Üniversitesi
[1]ozlmgk@gmail.com; [2]mailaltin@gmail.com

Özet

World Wide Web (WWW) giderek daha fazla uygulama ve iletişim için kullanılmaktadır. Web, çok kısa sürede birçok alanda birçok kişinin aklına gelen birincil bilgi kaynağı haline geldi. Bugün birçok insan internetsiz bir hayatı düşünemez hale gelmiştir. Web'in kısa sürede geçirdiği bu dönüşüm nesiller arası farklılaşmaya da etkileri olmuştur. X,Y, Z kuşakları olarak tanımlanan bu kuşaklar internetin farklı dönemleri içerisinde web1.0, web2.0 ve web 3.0 ı deneyimlemişlerdir. Bu kuşakların, teknolojik olarak en dikkat çekici değişikleri yasadıkları söylenebilir. Teknolojinin bu kuşaklar arası farklılaşmaya daha belirgin etkileri olmuştur. X kuşağı için televizyon ve telefon vazgeçilmez teknolojilerken, yirmili ve otuzlu yaşlarını cep telefonları ve internetle tanışmışlardır. Sonrasında doğan Y kuşağı doğumundan itibaren internetin gelişimine, mobil teknolojilerin interneti de kapsamasına şahit olmuş, sosyal ağların gelişimini çocukluk ve gençlik dönemlerinde deneyimlemişlerdir. Günümüzde yirmili yaşlarında olan Z kuşağı sosyal medyanın gelişimini tamamlayarak hayatın tam tamına parçası olduğu bir dönemi yaşamaktadır. Teknolojinin bu gelişimi ve hayatlarımızın her alanına etkisi ile eğitim pratikleri de değişmeye başlamıştır. Özellikle pandemi ile birlikte Web 2.0'ın araçları; çevrimiçi öğrenme fırsatları, internet kaynakları ve iletişim platformları daha iyi anlaşıldı ve eğitimde daha aktif kullanılmaya başlandı. Mimarlık eğitimi de diğer birçok alan gibi internetin yaygınlaşmasından ve bilgi kaynağı olmasından etkilenmiştir. Artık Web 2.0 araçlarının hem öğrenme ortamı içinde hem de öğrenme ortamı dışında öğrenmeye katkı sağladığını biliyoruz. Mimarlık eğitiminde İnternet ve sosyal ağlar yeni bir öğrenme ve etkileşim yolu açmıştır. Bu veriler ışığında çalışma, internetle birlikte gelişen öğrenme fırsatlarının ve kaynaklarının z kuşağı üzerindeki yansımalarına odaklanmaktadır. Bu amaçla, çalışmada resmi ve resmi olmayan çevrimiçi internet tabanlı öğrenme ortamları incelenmiştir. Araştırmada veri toplamak için çevrimiçi bir internet anketi hazırlanmış ve Eskişehir Teknik Üniversitesi sınırlılığında, mimarlık ve iç mimarlık öğrencilerinin yer alacağı bir gruba uygulanmıştır. Anket çalışmasında eğitimde genişleyen kaynaklar, araçlar, eksiklikler ve hayallerindeki eğitimin nasıl olduğu üzerine sorular sorulmuştur. Çalışmada internetin evrimi, mimarlık eğitiminin değişen ihtiyaçları, farklı kuşaklarda yer alan öğretmen ve öğrencilerin sundukları ve talep ettikleri, öğrenciler ve internet evrimi üzerinden kuşak farkları göz önünde tutularak araştırılmıştır. 47 öğrencinin katıldığı çalışmada sonucunda, verilen cevaplar ışığında mimarlık eğitiminin güncel durumu, öğrenciler gözünden tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *X, Y ve Z kuşakları, Web1.0, Web2.0, Web 3.0, Mimarlık eğitimi*

The Evolution of Internet and Architectural Education from Web 1.0 to Web 3.0: What Does Generation X Bring? What Does Generation Z Want?

Özlem Gök Tokgöz[1]; Mehmet Ali Altin[2]
[1, 2] Eskisehir Technical University
[1]ozlmgk@gmail.com; [2]mailaltin@gmail.com

Abstract

The World Wide Web (WWW) is more and more used for application and communication. In a very short time, the web has become the primary source of information that comes to many people's minds in many fields. Many people today cannot imagine a life without the Internet. This transformation of the web in a short time has also had an impact on generational differentiation. These generations, defined as X, Y, Z generations, have experienced web1.0, web2.0 and web 3.0 in different periods of the internet. It can be said that these generations experienced the most remarkable technological changes. Technology has had more pronounced effects on this generational differentiation. While television and telephone are indispensable technologies for the X generation, they met mobile phones and the Internet in their twenties and thirties. Generation Y, who was born after, witnessed the development of the internet, the inclusion of mobile technologies on the internet, and experienced the development of social networks in their childhood and youth. Today, the Z generation, who is in their twenties, is living a period in which social media has completed its development and is a full part of life. With this development of technology and its effect on every aspect of our lives, educational practices have also begun to change. Especially with the pandemic, the tools of Web 2.0; online learning opportunities, internet resources and communication platforms were better understood and started to be used more actively in education. Architectural education, like many other fields, has been affected by the spread of the internet and its being a source of information. We now know that Web 2.0 tools contribute to learning both inside and outside the learning environment. The Internet and social networks have opened a new way of learning and interaction in architectural education. In the light of these, the study focuses on the reflections of the learning opportunities and resources that have developed with the internet on the z generation. For this purpose, formal and informal online internet-based learning environments examined in this study. In order to collect data in the research, an online internet survey was prepared and applied to a group of architecture and interior design students within the boundaries of Eskişehir Technical University. In the survey, questions were asked about expanding resources, tools, deficiencies in education and what their dream education is like. In the study, the evolution of the internet, the changing needs of architectural education, the offers and demands of teachers and students in different generations, students and the evolution of the internet were investigated by considering generational differences. As a result of the study in which 47 students participated, the current state of architectural education was determined from the eyes of the students in the light of the answers given.

Keywords: *X, Y, Z generations, Web1.0, Web2.0, Web 3.0, Architectural education*

1. Giriş

Son yıllarda farklı dönemlerde doğmuş ve teknolojik gelişimleri farklı şekillerde deneyimlemiş insan toplulukları arasında, değerler, tutumlar ve özellikler olarak farklılaşmayı araştıran birçok araştırma bulunmaktadır.(Kutlák, 2021) Benzer bir zaman diliminde doğmuş (üst sınırda 15 yıl) insanların, yasam aralığındaki olaylar, eğilimler ve gelişmeler kişilerin tutum ve davranışlarını değiştirebilmektedir. (Wiedmer, 2015) Sosyal boyutta sınıflandırıldığında, X, Y ve Z kuşağı olarak adlandırılan bu kuşakların, teknolojik olarak en dikkat çekici değişikleri yasadıkları söylenebilir. 1965 ve 1980 arasında doğmuş olan X kuşağı için televizyon ve telefon vazgeçilmez teknolojilerken, yirmili ve otuzlu yaşlarını yaşadıklarında mobil telefonlar ve internetle tanışmışlardır. 1981 ve 1996 yılları arasında doğan Y kuşağı doğumundan itibaren internetin gelişimine, mobil teknolojilerinse interneti de kapsamasına şahit olmuş, sosyal ağların gelişimini çocukluk ve gençlik dönemlerinde deneyimlemişlerdir. Günümüzde yirmili yaşlarında olan 1997 ve 2012 yılları arasında doğan Z kuşağı sosyal medyanın gelişimini tamamlayarak hayatın tam tamına parçası olduğu, mobil teknolojilerin sağladığı özgürlükle vazgeçilmez hale geldiği bir dönemi yaşamaktadır. Bilgi aktarımının ağızdan kulağa, yazıya ve en sonunda elektronik ortamlara aktarılışı özellikle son 30 yılda, büyük bir ivme kazanarak artmıştır. Kuşakların yasadığı bu değişimde internetin gelişiminin payı büyüktür.

Kısa bir sürede internet bilgininin en hızlı ulaşıldığı kaynak haline getirmiştir. İnternetin yasadığı gelişim ve değişim de Web 1.0, Web2.0, Web3.0 ve Web4.0 olarak sınıflandırılmaktadır. Web 1.0, ilk defa 1989 yılında Tim Berners-Lee tarafından tanımlanmış, günümüzdeki halini ifade eden Web 2.0 ise 2004 yılında Dale Daugherty tarafından isimlendirilmiştir (Solanki & Dongaonkar, 2016). Web 1.0 internetin ilk dönemlerinde, statik web sayfalarındaki içeriklerin gazete ya da kitap gibi okunduğu ve etkileşimin tek yönlü olduğu dönemi tarif etmektedir (Patil, 2021). Web 2.0 ise sosyal web olarak anılmakta ve iletişimin çok yönlü olduğu, internetin sosyal hayatın takipçisi ve yönlendiricisi olduğu, kullanıcısının pasif değil üretken bir içerik üreticisi haline geldiği bir durumu tarif etmektedir. Web 3.0, kullanıcının okuyan- yazan ve çalıştıran olduğu bir interneti işaret eder. Semantik, yapay zekâ, blok zinciri ve kriptoloji, 3 boyutlu deneyimler ve oyunlar, uzamsal web, dijital kopyalar ve merkeziyetsiz yapılar üzerine inşa edilen Web 3.0'da bilgiye ulaşmanın daha hızlı, kolay ve hatasız olacağı öngörülmektedir. İnternetle kurulacak etkileşimin bilgisayar ya da mobil cihazların ekranlarının ötesinde sanal ve artırılmış gerçeklikle desteklenen 3 boyutlu ortamlarda, insanın tüm duyularının dâhil olabileceği, konuşmanın ve dokunmanın, görmek ve duymak kadar kolay kullanılabileceği ortamlarda olacağı öngörülmektedir (Downes, 2007). Tıpkı kuşakların tanımlanmasında olduğu gibi internetin durumunun belirlenmesinde de net bir tarih ile ayrım yapmak mümkün değildir. Süreç evrimsel bir değişimle devam etmekte farklı alanlardaki değişim hızı ve etki alanı da farklı olmaktadır. Günümüzde Web 1.0, 2.0 ve 3.0 uygulamalarını beraber görmek mümkündür. Web 4.0 ise henüz deneysel olarak varlık göstermektedir. Web 4.0 insan aklının makinelerle etkileşime geçtiği simbiyotik bir ağ olarak tanımlanmaktadır (Dominic, Francis & Pilomenraj, 2014). İnternetin gelişimi bu kadar hızla devam ederken, kuşakların bu gelişimi algılaması ve faydalanma biçimleri farklılıklar göstermektedir. Çocukluğunda interneti görmemiş ancak yetişkin olduğunda karşılaşmış olan X kuşağı, orta yaşlara geldiğinde internetin eğlence ve oyun gibi alanlardaki potansiyelini deneyimlemek konusundaki hevesini kaybetmiş olacaktır. Benzer şekilde internetin sosyalleşme ile ilgili potansiyelinin en yüksek olduğu dönemde çocukluğunu geçirmiş olan Z kuşağı eğlence ve oyun amaçlı kullandığı interneti ciddiyetle algılama konusunda zorluklar yaşayacaktır.

İnternetin temel bilgi kaynaklarından biri olarak algılandığı günümüzde, internet gelişiminin eğitimdeki yansımaları da önemli ve incelenmesi gereken bir konudur. Bilgi aktarımı ihtiyacının insanlık tarihi boyunca var olduğu düşünüldüğünde yaşanan değişim insanın kavraması ve içselleştirmesi için çok hızlıdır. Son otuz yılda interneti farklı şekillerde deneyimleyen üç farklı kuşağın interneti kullanma şekilleri de farklılıklar içermektedir. Bu durum formel eğitim faaliyetlerine de farklı biçimlerde yansımaktadır. Formel eğitimin parçası olan öğretmenlerin interneti algılama biçimi ile öğrencilerin algılama biçimi de oldukça farklıdır. Mesleki eğitim göz önüne alındığında Z kuşağının üniversite öğrencisi olduğu bir dönemdeyiz. Blog yazarı, youtuber, online oyuncu, sosyal medya fenomeni gibi farklı sanal kimliklere sahip, aktif Web 2.0 kullanıcısı olan bu donemin, eğitimde kullandığı kaynaklar ve bu aktif web kullanıcısı kimliklerinin yansımasının neler olabileceği çalışma kapsamında araştırılacaktır.

1.1. Web Gelişiminin Eğitime Yansımaları

Internet gelişimine eğitim perspektifinden bakıldığında: Web 2.0, kullanıcıların içerik sağlamasına ve diğer kullanıcılarla etkileşime geçmesine imkân vermiş ve çok kısa bir zamanda internetin görünümünü kökten değiştirmiştir(Umesha & Shivalingaiah, 2008). Web 2.0 ile birlikte internetin kendisi bir öğrenme platformu haline gelmiştir. Bu platformları

Web 2.0'ın yenilikçi öğrenme imkânları sağlamıştır (Ehlers, 2009). Web 2.0 ile birlikte e-öğrenme kavramı ve öğrenme 2.0 olarak tanımlanan öğrenme çevreleri ortaya çıkmıştır. Bower, çalışmasında Web 2.0 teknolojileri ve içerikleri, sosyal imleme, wikiler, paylaşılan belge yaratımı, bloglar, mikro bloglar, sunum araçları, imge yaratımı ve düzenlemesi, podcast ve ses kullanımı, video düzenleme-paylaşma, ekran kaydı, zihin haritalama ve dijital hikâye anlatımı olarak özetlemiştir. (Bower, Hedberg, & Kuswara, 2010). Sosyal işaretleme beğenilen web sayfalarının başkalarıyla paylaşılması için kullanılır. Wikiler Web 2.0 teknolojileri arasında en çok kullanılanlardan biridir. Pbwiki Wikispaces vb. pek çok wiki aracı ücretsiz ve herkesin kullanımına açıktır. Paylaşılan belge kullanım araçları farklı yerlerdeki kullanıcıların aynı doküman üzerinde düzenlemeler yapmasına, yorumlar yazmasına olanak vermektedir. Google Belger, Writeboard ve Buzzword bunlara iyi örneklerdir. Bloglar bireylerin ya da grupların web üzerinde bilgiyi paylaşmalarını, derecelendirmelerini ve organize etmelerini sağlamaktadır. Twitter gibi mikroblog araçları anlık iletişimi ve olayların takibini mümkün kılmaktadır(Ahmed, Aurpa, & Anwar, 2021).

Web 2.0 'ın sağladığı öğrenme imkânları bu şekilde gruplansa da aslında neredeyse hiçbiri başlangıçta eğitim amacıyla geliştirilmemiştir. Eğitime dair potansiyelleri zaman içinde keşfedilmiş ve yaygınlaşmıştır. 2019 yılı sonunda yaşanılan COVID-19 pandemisiyle yaşanılan uzaktan eğitim süreci ve İnternetin potansiyellerinin formal eğitime dâhil edilmesi sürecini hızlandırmıştır.

Günümüzde, Z kuşağının üniversite öğrencisi olduğu, sosyal medya kullanımıyla sınırlı Web 2.0 ve Web 1.0 kullanıcısı olan X kuşağının ise öğretmen olduğunu görüyoruz. X kuşağının Z kuşağına göre farklılaşan internet etkileşimi yaşa ve statüye bağlı toplumsal kodlarla da şekillenmektedir. Web 2.0 Eğitim, özellikle yetişkin eğitiminde potansiyelleri de bulunmaktadır (Feischman, 1996). İnternetin gelişimi ve kuşakların internet kullanımları düşünüldüğünde, Z kuşağı için okulda öğretilenlerin paralelinde ya da ötesinde bir eğitim hayatının olduğunu da söylemek mümkündür. Whatsapp ve sosyal medya grupları, takip edilen bloglar, youtuberlar paralel bir eğitim sürecinin devam ettiğini göstermektedir. Mesleki eğitim göz önüne alındığında hangi eğitimin internet gelişiminden ne oranda etkilendiği ise değişiklik göstermektedir. Çalışma bu kapsamda mimarlık eğitimini ele alacaktır.

1.2. Mimarlık Eğitiminin İnternet ile Değişimi

Mimarlık eğitiminde de çevrimiçi bilgi kaynakları ve e-öğrenme yöntemleri önemli yer tutmaktadır. Pek çok platform öğrencilerin akranları ve öğretmenleriyle etkileşime geçebilmesine olanak sağlar (Schnabel & Ham, 2014). Sosyal medya temelli öğrenme ortamlarının tasarım eğitiminde kullanım potansiyeli üzerine araştırmalar bunu desteklemektedir. Facebook gibi sosyal medya platformları tasarım stüdyolarında aktif biçimde kullanıldığı araştırmalar bulunmaktadır(Güler, 2015; Morkel, 2011; Pektas, 2012). Bu mimari tasarım pratiklerindeki yoğun bilgisayar kullanımıyla da desteklenmektedir. Sayısal üretimlerin sayısal ortamdaki iletişimde kullanımı da daha doğrudan olmaktadır. COVID-19 pandemisi sürecinde Web 2.0 uygulamalarının eğitim için uyarlana bilirliği daha da yaratıcı biçimde ortaya çıkmıştır. Yakın gelecekte Web 3.0 ve Web 4.0 ile hayatımıza girecek olan yeniliklerin ne gibi dirençler ve desteklerle karşılaşacağı bilinmemektedir.

Bu veriler ışığında Web 'in gelişimi çerçevesinde tüm bu değişikliklerin mimarlık eğitimini nasıl değiştirdiği, faydalanılan kaynakların nasıl değiştiği ve mimarlık eğitiminin nasıl saçıldığının gösterilmesi çalışmanın hedeflerindendir. Belirlenen hedef doğrultusunda çalışmada soruları:

- Web 'in gelişimi ile beraber mimarlık eğitiminin formal araçları haricinde öğrencilerin faydalandıkları kaynaklar neler? Ne oranda, hangi derslerde ve hangi tür kaynaklardan faydalanmaktadırlar?
- Z kuşağının eğitim hayali, gördükleri eksiklikler ve istekleri nelerdir?

2. Yöntem ve Bulgular

Çalışma kapsam olarak Z kuşağı yaş aralığındaki mimarlık ve iç mimarlık öğrencileri seçilmiştir. Öğrencilerin yöntem, kaynak ve eğitim süreçlerine dair farkındalıklarının fazla olması beklenmiştir. Bu sebeple 3 ve 4. sınıfta olan öğrenciler anket katılımcısı olarak seçilmiştir. Eskişehir Teknik üniversitesi sınırlılığında yürütülen çalışmada, katılımcılara açık uçlu sorulardan oluşan çevrimiçi bir anket uygulanmıştır. Elde edilen nicel ve nitel veriler karşılıklı olarak değerlendirilmiştir.

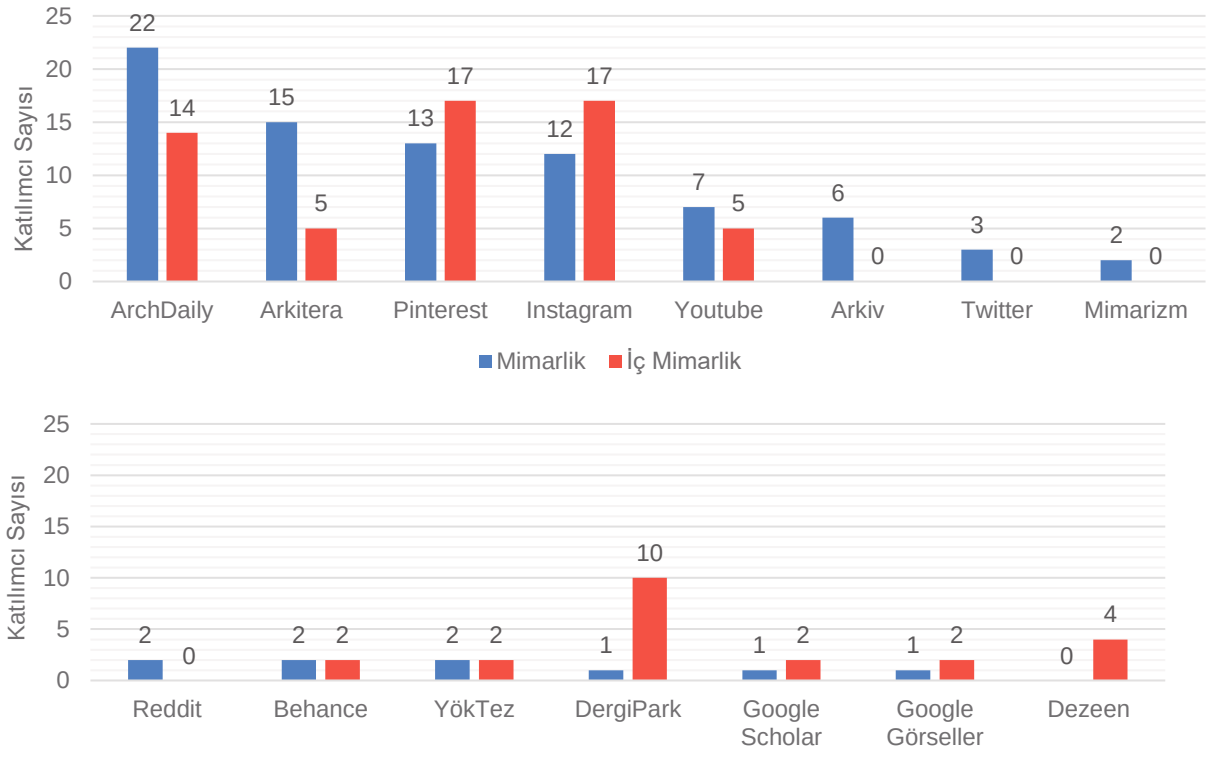
2.1. Anket Çalışması

Çalışmada kullanılan ankette öncelikle günümüz mimarlık ve iç mimarlık eğitiminin hangi kaynakları kullandığını, Web `in gelişiminin eğitime yansımalarının neler olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu anlamda çalışma bir durum tespitini içeren, pilot çalışma niteliğindedir.

Anket çalışmasına 25 (E:8, K:17)mimarlik, 22 (E:5,K:17) iç mimarlık, öğrencisi olmak üzere 47 öğrenci katılmıştır. Lisans eğitiminin 3, 4 ve üzeri yılında olan katılımcıların tamamı 1995-2001 yılları arasında doğan Z kuşağıdır. Mimarlık ve iç mimarlık öğrencilerine yöneltilen 9 acık uçlu soru, verdikleri cevaplar çerçevesinde karşılıklı olarak ele alınmıştır. Yöneltilen sorular üç temel baslık altında gruplandırılmıştır. Web `in olanakları ile değişen ve genişleyen mimarlık eğitiminin anlaşılması, günümüz eğitimde görülen eksiklikler üzerine sorular ve hayal ettikleri, potansiyel gördükleri teknolojileri anlatmaları istenilmiştir.

2.1.1. Eğitimde Genişleyen Kaynaklar, Araçlar Ve Yöntemler

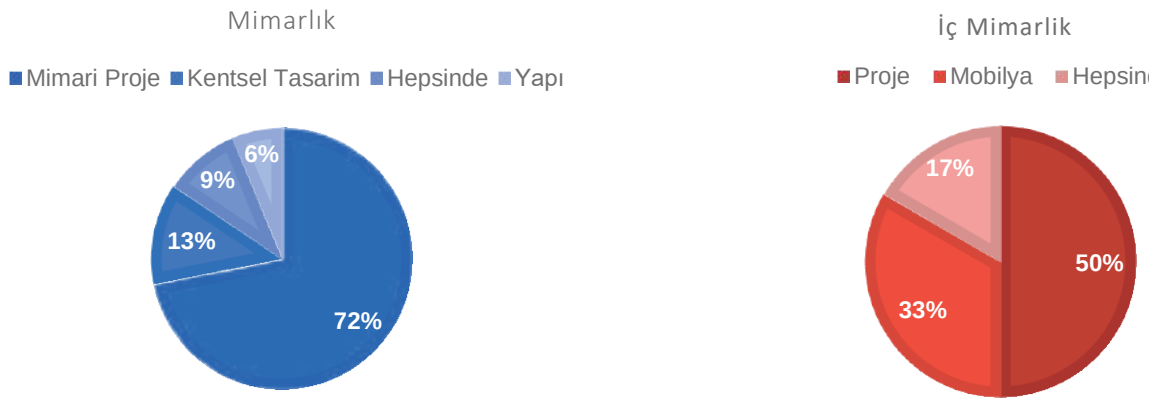
Çalışmada katılımcılara öncelikle eğitim süreçlerinde bilgi edinme, araştırma, günceli takip etme, örnek projeleri inceleme vb. amaçlarla hangi internet sitelerini, sosyal medya platformlarını kullandıkları sorulmuştur. Katılımcıların birden fazla cevap verebildiği ve detaylandırıp açıklama yapabildiği soruda, verilen cevaplar Şekil 1'de, katılımcı sayılarından gelen cevap sayıları ve internet siteleri olarak gösterilmiştir. Verilen cevaplar incelendiğinde, mimarlık öğrencileri için en temel kaynakların ArchDaily, Arkitera, Pinterest ve Instagram olduğunu görüyoruz. İç mimarlık öğrencileri için ise Pinterest ve Instagram'ın ArchDaily'e göre daha önde olduğunu söyleyebiliriz. Ayrıca iç mimarlık öğrencilerinin DergiPark'ı çalışmalarında kaynak olarak daha fazla kullandığını söyleyebiliriz.



Şekil 1: Mimarlık ve İç mimarlık öğrencilerinin lisans eğitimlerinde kullandıkları internet kaynakları sorusuna verilen cevaplar (şekil kaynağı: yazar)

Çalışmada kitaplar, e-book 1 kişi, çevrimiçi erişimli dergiler 1 kişi veya dijital kütüphane 2 kişi tarafından yararlandığı kaynak olarak yazılmıştır. Instagram, Twitter ve Youtube gibi sosyal medya platformlarının kaynak haline gelmesi ise bu alanlardaki profesyonellerin yaptığı paylaşımlara ve kaynak olarak tercih edilen internet sitelerinin sosyal medya hesaplarının olmasına dayanmaktadır. ArchDaily, Pinterest ve Instagram'ın özellikle örnek projelerin görsellerini incelemek için kullanıldığı, DergiPark, YökTez, Google Scholar gibi kaynakların ise bilgi edinmek için kullanıldığı görülmüştür.

Çalışmada kullanılan kaynakların sonrasında bu internet kaynaklarına hangi derslerde ve hangi amaçlarla başvurulduğunu araştırılmıştır. Verilen cevaplar incelendiğinde yoğun olarak proje derslerinde bu kaynaklara başvurulduğu görülmektedir. Şekil 2`de mimarlık ve iç mimarlık öğrencilerinin verdiği yanıtlar görülmektedir. Örnekleri incelemek, detay çizimleri veya konsept aşamasında bu kaynaklara başvurulduğu katılımcılar tarafından belirtilmiştir.

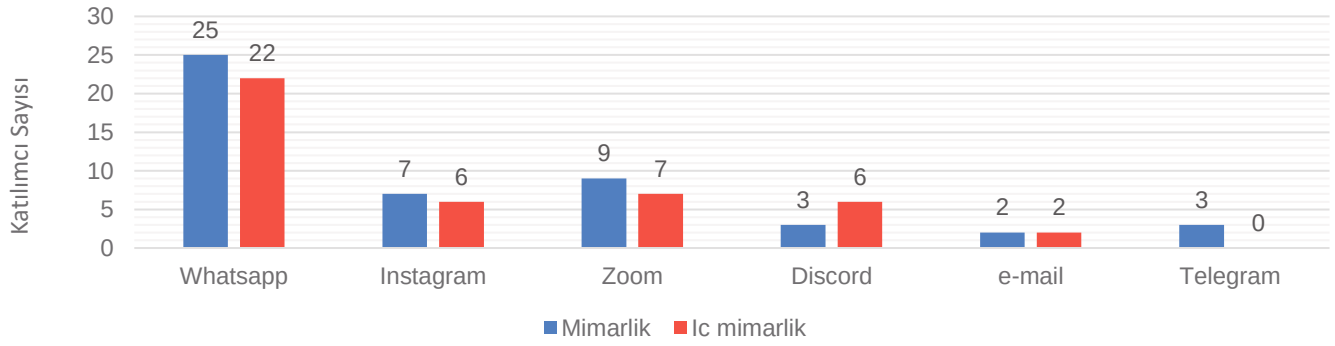


Şekil 2: Mimarlık ve İç mimarlık öğrencilerinin eğitimlerinde hangi dersler için internet kaynaklarına başvurdukları (şekil kaynağı: yazar)

Çalışmada neredeyse hepsi, tümü, hepsinde gibi cevaplar da değerlendirilip şekilde gösterilmiştir. Proje dersleri haricinde mimarlık öğrencileri kentsel tasarım, yapı dersleri özellikle de detay çözümlerinde kullandıklarını belirtmişlerdir. İç mimarlık bölümü öğrencileri ise proje dersleri dışında mobilya derslerinde internet kaynaklarına başvurduklarını belirtmişlerdir. Mimarlık ve İç mimarlık eğitiminin temel dersleri niteliğinde olan derslerin ve hepsinde yanıtının öne çıkmış olması, internet kaynaklarının formel eğitimin her sürecine dâhil olduğunu göstermektedir. Ve bu eğitimin bir sürecini bir parçası olarak görülmesi gerektiğini göstermektedir.

Çalışmada katılımcılara lisans eğitimlerinde proje, ödev ve sınavlar için hangi cihazların daha fazla kullandıkları da sorulmuştur. Katılımcıların tamamı bilgisayar kullandıklarını belirtirken, bilgisayar ve cep telefonu seçeneğinin beraber verildiği görülmüştür. Mimarlık bölümü öğrencilerini %92'si (23 katılımcı) bilgisayar yanıtının yanında cep telefonu, %20(8 katılımcı) tablet, %8 (2 katılımcı) yazıcı yanıtlarını da vermişlerdir. İç mimarlık bölümü öğrencilerinden ise yine bilgisayar yanıtının yanında %86 (19 kişi) cep telefonu, %23(5 kişi) tablet ve %4(1 kişi) Sanal gerçeklik gözlüğü cevabını vermiştir. Bilgisayarlar mimarlık ve iç mimarlık eğitiminde önemli bir role sahiptir. Tasarım çizim sunum vb. birçok durumda etkin kullanılmaktadır. Cep telefonlarının önemli bir araç olması ise kısa bir süre önceye tarihlendirilebilir. Akıllı telefonlar ile gelişen programlar, internet bağlantısı, paylaşım ve iletişimde sağladığı kolaylıklar, kolay taşınabilmesi, istenilen her an ulaşılabilmesi gibi avantajları sebebiyle eğitim için önemli bir konumdadır.

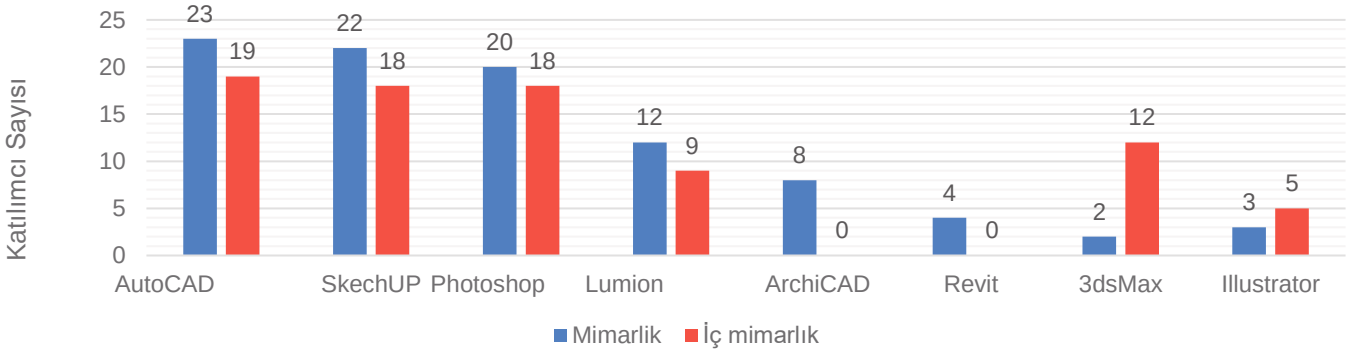
Öğrenciler ve eğitimciler arası iletişimin tasarım eğitiminde önemli bir yeri olduğu düşünülerek, çalışmada katılımcılarına eğitimleri süresince ödev, proje ve sınavlar vb. durumlarda özellikle arkadaşlarınızla haberleşme için hangi dijital platform, uygulamalar veya sosyal medya araçlarını kullandıkları sorulmuştur. Şekil 3 `te özetlenen sonuçlara göre Whatsapp, Instagram, Zoom öne çıkan sonuçlardır. Katılımcılardan ayrıca Trello, AirBridge, Canva, Microsoft Teams gibi yanıtlar da alınmıştır.



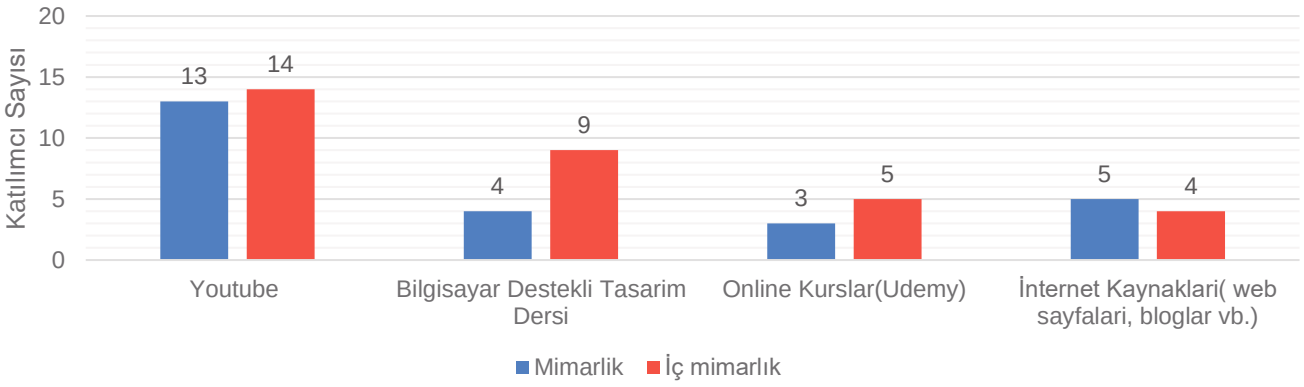
Şekil 3: Mimarlık ve İç mimarlık öğrencilerinin eğitimlerinde iletişim için kullandıkları kaynaklar(şekil kaynağı: yazar)

Birçok ders için Whatsapp gruplarının kurulduğunu belirten katılımcılar, bu gruplar ile anlık iletişimi sağlamaktadır. Bu gruplarda paylaşılan görseller, yorumlar veya görüşler öğrencilerin eğitim süreçlerine katkı sağladığı düşünülmektedir.

Katılımcılara bu bölümde son olarak hangi çizim ve modelleme programlarını kullandıkları ve bu programları ne şekilde öğrendikleri sorulmuştur. Şekil 4'te en çok kullanılan programlar, Şekil 5'te ise öğrenme yöntemleri özetlenmiştir.



Şekil 4: Mimarlık ve İç mimarlık öğrencilerinin eğitimlerinde kullandıkları programlar (şekil kaynağı: yazar)



Şekil 5: Mimarlık ve İç mimarlık öğrencilerinin eğitimlerinde kullandıkları programları öğrenme yöntemleri (şekil kaynağı: yazar)

Sonuçlardan öğrencilerin büyük bir kısmının programları Youtube veya çevrimiçi öğrenme platformlarını ve internet kaynaklarını kullanarak öğrendikleri görülmüştür. Bu anlamda Bilgisayar Destekli Tasarım derslerinin internet kaynakları tarafından desteklendiğini hatta gerisinde kaldığını söyleyebiliriz.

2.1.2. Eğitime Teknolojinin Dâhil Edilmesine Dair Görülen Eksikler

Anketin bu bölümünde katılımcılara internette araştırma yaparken hissettikleri eksiklikler, lisans eğitimlerinin güncel teknolojileri takip etmek açısından yeterli olup olmadığı, kendilerinin mevcut teknolojileri takip etmekte yasadıkları problemler sorulmuştur. Verilen acık uçlu yanıtlar temalara göre gruplandırılıp, açıklayıcı olabilecek alıntılarla, tespit edilen temalar desteklenmiştir.

Katılımcıların eğitimlerindeki bilgi edinme, araştırma, günceli takip etmek, örnek projeleri incelemek vb. amaçlarla internette araştırma yaparken hissettikleri eksiklikler kaynakların az ve niteliksel problemlerinin olması, Türkçe kaynak azlığı ve güvenilir kaynak bulmaktaki zorluk olarak gruplandırılabilir. Tablo 1` de açıklayıcı alıntılar ve temalar verilmiştir.

Tablo 1: İnternette araştırma yaparken hissettikleri eksiklikler üzerine verilen cevaplar.

Belirtilen eksiklikler	***Mimarlık*** ***Açıklayıcı alıntılar***	***İç mimarlık*** ***Açıklayıcı alıntılar***
"Kaynakların az ve niteliksel problemlerinin olması"	*"Proje detaylarına ulaşmakta zorluk çekiyorum."* *"Detaylı incelenmesi gereken çizimlerin düşük kalitede olması,"*	*"Teknoloji gelişti, proje fotoğraflarının olduğu bölümde sanal gezi oluşturulabilir. Bilgi edinme olarak bazı programlar için yeterli video olmayabiliyor. Veya üstünkörü bir anlatım olabiliyor. Yabancı kanalların videoları daha iyi oluyor bu konuda, Türk kanallarında bu eksiklik var."*
"Türkçe Kaynak bulmaktaki zorluk, yabancı dil problemi"	*"Türkçe kaynakların eksikliği, çok fazla bilgi kirliliği olmasından dolayı doğru bilgiye ulaşamamak"*	*"Kaynak olarak yabancı dil çok fazla içerik var. Fakat ben dil konusunda eksiğim."* *"Gerekli kaynakların dilinin Türkçe olmaması."*
"Güvenilir kaynak bulmaktaki zorluk"	*"Çok fazla yanıltıcı ve kaynağı belli olmayan bilgi. Doğru bilgiye erişimin kısıtlı ve yanlış, Bilgilerin çok oluşu. Türkçe kaynakların kısıtlı olması"* *"alakasız çok fazla yanıt çıkması"*	*"Bir site de araştırma yaparken anahtar kelimelere bağlı olarak bazen sağlıklı sonuçlar çıkmıyor. Yazılım olarak bu gelişebilir. Birde Google da görsel arama kısmı daha ayrıntılı olabilir."* *"...özellikli olarak bulmak veya görmek istediğim proje türlerini tüm projelerin arasından seçip bulmak zor oluyordu"* *"Araştırma yaparken yeterince güvenilir kaynaklar bulamıyorum. Araştırma yaparken bulabildiğim kaynaklar çok sınırlı sayıda ve bilgide oluyor."*

Çalışmada katılımcılara güncel teknolojilerin takibi konusunda teknolojik gelişmelerin lisans eğitimine nasıl dâhil edildiğini ve lisans eğitiminin güncel teknolojik gelişmeleri takip etmek açısından yeterli olup olmadığı sorulmuştur. Görülen eksikliklerin belirtilmesi istenmiştir. Verilen yanıtlar incelendiğinde katılımcıların büyük bölümünün eğitimlerini teknolojik gelişmeleri takip etmek acısından yetersiz bulmaktadır. Bu iki soru için verilen 94 cevaptan %55sı (52 kişi) yetersiz bulduğunu olumsuz bir şekilde ifade etmiştir. Katılımcıların %19(18 kişi)u ise lisans eğitimlerinin günceli takip etmek açısından yeterli olduğunu düşünmektedir. Diğer cevaplarda ise %26, 24 kişi önerilerini sunmuş, eksiklikler ve yapılması gerekenlere odaklanmıştır. Bu grup kararsız görüşte olarak sınıflandırılmıştır. Mimarlık ve iç mimarlık öğrencilerinin verdiği cevaplar karşılaştırıldığında, mimarlık öğrencileri eğitimlerini daha yetersiz bulmaktadır. Tablo 2'de açıklayıcı alıntılarla beraber cevaplar özetlenmiştir.

Tablo 2: Lisans Eğitiminin Güncel teknolojileri takip etmek açısından yeterli olup olmadığı üzerine verilen yanıtlar.

Görüşler	***Mimarlık*** ***Açıklayıcı alıntılar***	***İç mimarlık*** ***Açıklayıcı alıntılar***
"Yetersiz bulan katılımcılar"	*"Hayır görmüyorum. Öğrenciyi teşvik edecek heyecanlandıracak çalışmalar yaptırılmıyor. Ama öğrenciden de yetkinlik bekleniyor."* *"Lisans eğitimi teknolojik gelişmeleri takip etmek için yetersiz. Derslerde hep yıllar öncesinin verilerine dair bilgiler sunulmakta."* *"Mimarinin teknolojide ve gelecekteki kullanımından çok geçmişe bağlı bir eğitim alındığını düşünüyorum"*	*"Çok sık dâhil edildiğini düşünmüyorum. Daha fazla imkân sunulmalı. Yapay zekâ, sanal gerçeklik ve arttırılmış gerçeklik gibi teknolojiler daha sık dâhil edilmeli."* "*Dâhil edildiğini düşünmüyorum. Dünyadaki gelişmeler, yarışmalar, yeni projeler daha fazla dâhil edilmeli. Metaverse ile ilgili gelişmeler dâhil edilmeli".* *"Okulda nerdeyse teknolojik olarak bilgisayar ve projeksiyon dışında hiçbir şey yok yani hiçbir teknolojiden yararlanamıyoruz."*
"Yeterli bulan katılımcılar"	*"Evet, dâhil edildiğini düşünüyorum"*	*"Yeterli olduğunu düşünüyorum çünkü hocalarımızın hepsi araştırmacı ve modern insanlar, bize de bunları aşılıyorlar."*
"Kararsız bulan katılımcılar"	*"Bu gibi şeyleri öğrenmek için zaman ayıramıyorum."* *"Öğretmenlerin bu teknolojilere yönelik bir çabası var ama yeterli derecede olduğunu düşünmüyorum."*	*"Öğrencinin çabasına bakıyor biraz. Her malzemeye ulaşmak sıkıntılı veya her yeri gidip görmek bunun için sanal gerçeklik kullanılabilir."* *"Güncel teknolojik gelişmeleri takip etmediğim için eksiklikler neler bilmiyorum"*

2.1.3. Lisans Eğitiminin Daha İyi Olmasını Sağlayacağını Düşündüğünüz Teknolojiler ve Hayalinizdeki Eğitim

Katılımcılara son olarak lisans eğitiminizin daha kaliteli olmasını sağlayacağını düşündüğünüz teknolojiler hayallerindeki eğitim üzerine bir soru yönlendirilmiştir. Bu soru ile katılımcıların ön görüleri ve beklentilerini tespit etmek hedeflenmiştir. Bu soruda mimarlık ve iç mimarlık öğrencilerinin verdikleri yanıtlar "sanal gerçeklik" temasında birleşmektedir. Verilen yanıtların (36 katılımcı), %44'ü (16 katılımcı) sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik teknolojilerinin eğitimlerine dâhil edilmesi yönündedir. Tablo 3 'te katılımcıların görüşleri verilmiştir. Ayrıca eğitimin sektörler daha iç içe olması da istenmektedir. Verilen yanıtlar içerisinde Metaverse, sanal toplantılar, NFT, 3 boyutlu yazıcılar da bahsedilen konulardır.

Tablo 3: Lisans Eğitiminin daha iyi olmasını sağlayacağını düşündüğünüz teknolojiler ve hayallinizdeki eğitim sorusuna verilen yanıtlar.

Öne çıkan tema	*Açıklayıcı alıntılar*
"Sanal Gerçeklik, Arttırılmış Gerçeklik Uygulamaları"	*"Sanal Gerçeklik teknolojisi yaratım ve sunum aşamalarında eğitime kalite katabilir. Mekânı algılamak ve tasarımsal olarak yaklaşımı daha yüksek gerçeklikten deneyimlemek iyi olabilirdi."* *"Sanal gerçeklik uygulamaları dâhil edilebilir. Projelerimizi, tasarladığımız mekânları sanal gerçeklik gözlüğü ile deneyimlemek çok keyifli ve daha öğretici olabilir."* *"Sanal/arttırılmış gerçeklik olabilir. Projelerimizi, tasarımlarımızı daha güzel inceleyebiliriz. Tasarım sürecinde hocalarımız mekândaki deneyim üzerinde çok duruyor. Bu deneyimi bu teknolojiler ile daha güzel kavrayıp tasarımlarımıza aktarabiliriz."*

2.2. Değerlendirmeler

Çalışma kapsamında katılımcılara sorulan sorular ve yanıtlar incelendiğinde mimarlık eğitiminin şeklî kaynakları dışında birçok ekstra kaynağı olduğunu söyleyebiliriz. Web 2.0'ın olanaklarının bu anlamda kullanıldığı görülmektedir. Çalışmanın uygulandığı Z kuşağı katılımcıların verdiği cevaplardan, arttırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik, yapay zekâ, makine öğrenmesi, Metaverse gibi Web 3.0 etkin uygulamalardan da haberdar oldukları ve talep ettikleri görülmektedir. Çalışma sonucunda verilen cevaplar ışığında öne çıkan yorumlar:

- Web 2.0'ın olanakları aktif kullanılmakta, birçok web sitesi öğrenciler tarafından kaynak olarak kullanılmaktadır.
- Mimarlık ve iç mimarlık bölümlerin temel dersi olan proje derslerine ağırlıklı kullanılan İnternet kaynaklarının diğer dersler için de potansiyellerinin araştırılması gerekmektedir. Hangi internet sitelerinin hangi dersler için yardımcı ve destekleyici kaynak olabileceği araştırılmalıdır.
- Çalışmada cep telefonlarının en aktif kullanılan araçlardan biri olması, cep telefonu aktif teknolojilerin eğitimde rahatlıkla uygulanabileceğini göstermektedir. Özellikle artırılmış Gerçeklik ve sanal gerçeklik teknolojilerinin cep telefonu aktif kullanılabileceği düşünülmeli ve eğitimde cep telefonu (akıllı telefonların) kullanımları arttırılmalıdır.
- Öğrencilerin ve eğitmenlerin iletişimini sağlayan ve pandemi ile beraber öneminin daha iyi anlaşıldığı çevrimiçi iletişim ortamları, dersin niteliğine göre değiştirilebilir. Bu ortamların tüm potansiyelleri araştırılabilir.
- Çalışmada önemli bulunan ve altı çizilmesi gereken bir durum, internet birçok alanda kaynak olsa da, eksikliklerin başında "güvenilir kaynak bulmadaki zorluk" gelmektedir. İnternet ortamındaki bilgi kirliği düşünüldüğünde güvenilir kaynak bulmak, kaynakların referans kontrolleri, kaynakça incelemesi vb. konularda öğrencilerin bilgilendirilmesi gerekmektedir.
- Türkçe kaynak bulmak konusunda yaşanan problemler, üniversite özelinde yabancı dil eğitiminin yetersizliği ile açıklanabilir. Fakat mimarlık ve iç mimarlık bölümlerinde yapılan birçok projede, internette yayınlanmamaktadır. Bu aşamada internet kaynaklardan yararlanmanın yanı sıra internet kaynağı üretmek de ele alınması ve düşünülmesi gereken bir konudur.
- Güncel teknolojilerin takibi konusunda aktarılan yetersizliklerden öne çıkan temalardan biri, eğitimin geçmişe bağlı ve güncelden uzak ilerlemesidir. Bu aşamada eğitimcilerin güncel gelişmeleri takip etmesi ve derslere dâhil etmesi gerekmektedir.
- Çalışmada öğrencilerin özellikle, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçekliği eğitimlerinde deneyimlemek istedikleri görülmüştür. Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojilerine dair çalışmaların bölümlerde yapılması, eksikliklerin tespit edilmesi gerekmektedir. Bu teknolojilere dair çalışmaların hangi dersler için ne kadar potansiyeli olduğu araştırılması gereken bir konudur.
- Araştırmada öğrencilerin eğitimlerinde kullandıkları programları öğrenme yöntemleri açısından internet kaynaklarının okul içi derslerden önde olduğu tespit edilmiştir.

3. Sonuç

Mimarlığın sayısal teknolojilerle yakın ilişkisi, mimarlık eğitimini aynı yakınlıkla yansımamaktadır. Artık, bilgi, iletişim ve etkileşimin kalbi konumunda yer alan internetteki değişimler mimarlık eğitimi için pek çok alanda olduğundan daha fazla potansiyeli barındırmaktadır. Vaktinin çoğunluğunu internete açılan ortam ve cihazlarla geçiren Z kuşağı ve sonrası kullanıcıların eğitim ortamları dışındaki deneyimlerinin eğitim ortamlarından daha zengin imkânlar sunduğunda bu imkânların ne şekilde değerlendirileceği eğitimcileri de ilgilendiren bir boyuta geçecektir. İnternetin imkânları ile eğitim ortamı genişlemiştir. Farklı internet siteleri ile eğitim kaynakları artarken, gelişen iletişim platformları ile okula bağlı kalmadan öğrenciler ve eğitimciler arası bağlantı sağlanmaktadır. Formal eğitimin 3 bileşeninden biri olan *okul* 'un bu anlamda etkisi özellikle pandemi sonrasında sorgulanır duruma gelmiştir. Eğitim platformları ve kaynaklarının artması, öğrencilerin internet aracılığı ile hayatlarının her anında bilgiye maruz kalmaları öğrenci eğitimci ilişkisini, daha etkileşimli hale getirmiştir. Her iki tarafın birbirlerine bilgi aktarımında bulunacağı bu durumda, eğitimcinin temel bilgi kaynağı değil, bilgi kaynaklarından biri olduğunu da göz önüne alınmalıdır.

KAYNAKLAR

Ahmed, M. S., Aurpa, T. T., & Anwar, M. M. (2021). Detecting sentiment dynamics and clusters of Twitter users for trending topics in COVID-19 pandemic. *PLOS ONE*, *16*(8), e0253300-. Retrieved from https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253300

Bower, M., Hedberg, J. G., & Kuswara, A. (2010). A framework for Web 2.0 learning design. *Educational Media International*, *47*(3), 177–198. https://doi.org/10.1080/09523987.2010.518811

Downes, S. (2007). E-Learning in Development. (Erişim Tarihi: 02.02.2022 / https://www.downes.ca/files/slides/2007_12_05_-_educamp.pdf)

Ehlers, U. D. (2009). Web 2.0 – e-learning 2.0 – quality 2.0? Quality for new learning cultures. *Quality Assurance in Education*, *17*(3), 296–314. https://doi.org/10.1108/09684880910970687

Feischman, J. (1996). The Web: New Venue for Adult Education. *Adult Learning*, *8*(1), 17–18. https://doi.org/10.1177/104515959600800109

Güler, K. (2015). Social media-based learning in the design studio: A comparative study. *Computers & Education*, *87*, 192–203. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.06.004

Kutlák, J. (2021). Individualism and self-reliance of Generations Y and Z and their impact on working environment: An empirical study across 5 European countries. *Problems and Perspectives in Management*, *19*(1), 39–52. https://doi.org/10.21511/ppm.19(1).2021.04

Morkel, J. (2011). Facebook-Enhanced Face To Face Learnıng: The Archıtecture Studıo. *5th International Computer & Instructional Technologies Symposium*.

Pektas, S. T. (2012). The Blended Design Studio: An Appraisal of New Delivery Modes in Design Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *51*, 692–697. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.08.226

Schnabel, M. A., & Ham, J. J. (2014). The Social Network Learning Cloud: Architectural Education for the 21st Century. *International Journal of Architectural Computing*, *12*(3), 225–241. https://doi.org/10.1260/1478-0771.12.3.225

Umesha, N., & Shivalingaiah, N. (2008). Comparative study of web 1.0, web 2.0 and web 3.0. *6th International CALIBER -2008*, 499–507.

Wiedmer, T. L. (2015). Generations Do Differ: Best Practices in Leading Traditionalists, Boomers, and Generations X, Y, and Z. *The Delta Kappa Gamma Bulletin*, *82*, 51.

Desineer: SG Ortamında Deneysel Mekân Üretimi

Eray Şahbaz [1]; Bilgehan Bakırhan[2]
[1]Dumlupınar Üniversitesi; [2]Karabük Üniversitesi
[1] eray.sahbaz@dpu.edu.tr; [2] bilgehanbakirhan@karabuk.edu.tr

Özet

Mekân, mimarlık tarihinin belki de en önemli tartışma unsurlarından biri olmuştur. Mekânın üretimi söz konusu olduğunda mimarlık mesleğinin ne olduğu ve ne zaman ortaya çıktığı konusunda doğal olarak halen farklı görüşler mevcuttur. Beaux Arts, Bauhaus ekolleri ve modernizmin etkisiyle mimarlık, proje tasarımını temel alan akademik bir çerçeveye indirgenmiştir. Bu yüzden olsa gerek günümüzde mekânın üretimi ağırlıklı olarak proje tasarımından ibaret gibi görülmektedir. Ancak bu mekân üretim yöntemlerinden sadece biridir ve mekân üretimi bundan fazlasıdır. Son yıllarda bilgisayar teknolojilerinin etkisiyle sayısal tasarım yöntemlerinin gelişmesi mekânın üretimine ve temsiline farklı bir boyut kazandırmıştır. Mimarlar ve mimar adayları, mekân üretiminde geleneksel yöntemlerin dışında, bilgisayar teknolojileri yardımıyla deneysel mekanlar üretme imkânına sahip olmuşlardır. Parametrik tasarım, BIM, görsel kodlama ve sanal gerçeklik gibi teknolojiler mekân üretimi ve mimarlık mesleği için yeni ufuklar barındırmaktadır. Ancak ne yazık ki bu teknolojiler bütün bu potansiyellerine rağmen halen ağırlıklı olarak tasarım sürecine destek veya proje sunumu amacıyla kullanılmaktadır. Bu araçların kullanımı sadece estetik kaygılara dayalı farklı ve "etkileyici" biçimler üretme çabasıyla sınırlı kalmaktadır. Çalışma sayısal mekân denemeleri üzerinden mekân üretiminin farklı olasılıklarını irdelemeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda Unreal oyun motoru kullanılarak SG tabanlı Desineer isimli deneysel bir uygulama geliştirilmiştir. Program kullanıcıların nesneleri elleriyle doğrudan tutup sürükleyebildiği, yerleştirebildiği ve şekillendirebildiği kolay bir arayüze sahiptir. Eller insanlık tarihi boyunca üretimde önemli rol oynamıştır. Desineer sayısal mekân üretiminde aracı olan klavye ve fare gibi araçları SG teknolojisinin yardımıyla ortadan kaldırarak doğrudan elle sayısal mekân üretilmesine olanak sağlamaktadır. Öğrencilerin mekân üretimi üzerine yeni deneyimler edinmesi amacıyla, Dumlupınar Üniversitesi Mimarlık Fakültesinde Desineer ile sayısal mekânın elle üretimi üzerine denemeler yapılmıştır. Çalışma kapsamında öncelikle öğrencilerin temel de olsa kendi fikirlerinin ve bakış açılarının gelişmesi için mekân ve mekânın üretimi üzerine tartışmalar yapılmıştır. Daha sonra öğrencilere farklı şairlere ait değişik temalarda şiirler verilmiştir. Öğrenciler bu şiirleri okuyarak onlara düşündükleri ve hissettirdiklerine dair kafa yormuşlardır. Son olarak öğrenciler Desineer'i kullanarak bu fikirler ve duygular üzerine doğaçlama mekanlar üretmişlerdir. Çalışma sonucunda atölye çalışmasının öğrencilerin mekân üretimi üzerine farklı bakış açıları geliştirmelerine katkıda bulunduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Sanal gerçeklik, Mekân, Mekân üretimi, Sayısal mekân, Sayısal mekân üretimi*

Desineer: Experimental Space Production in VR Environment

Eray Şahbaz [1]; Bilgehan Bakırhan[2]
[1]Dumlupınar University; [2]Karabük University
[1] eray.sahbaz@dpu.edu.tr; [2] bilgehanbakirhan@karabuk.edu.tr

Abstract

Space has been one of the most important discussion subjects in the architectural history. When it comes to the production of space, naturally, there are still conflicts on what the architecture is and when it appeared. After Beaux Arts, Bauhaus schools and modernism, architecture has been reduced to an academic framework based on project design. This is probably why today the production of the space seems to consist mainly of project design. However, this is only one of the production methods and space production is more than that. In recent years, with the development of digital design methods under the influence of computer technologies, the production and representation of space has gained a different dimension. Architects and candidates had the opportunity to produce experimental spaces with the help of computer technologies, apart from traditional methods in space production. Technologies such as parametric design, BIM, visual coding, and virtual reality hold new horizons for space production and the architecture itself. Despite all their potentials, they are still mainly used to support the design process or to present a project. The use of these tools is limited only to the effort to produce different and "impressive" forms based on aesthetic concerns. The study aims to examine the different possibilities of space production through digital space experiments. In this context, an experimental VR application named Desineer was developed with Unreal game engine. The program has an easy interface where users can directly grab, drag, place and shape meshes. The Hands have played an important role in production throughout human history. Desineer eliminates the intermediary tools such as keyboard and mouse, with the help of VR technology, allowing the production of digital space directly by hand. By using the program, experiments were conducted on the manual production of digital space at Dumlupınar University Faculty of Architecture for students to gain new experiences. Within the scope of the study, first, discussions were held on space and the production of it for the students to develop their own ideas and perspectives, albeit fundamentally. Later, poems on different themes belonging to various poets were given to the students. The students read these poems and think about how the poems made them think and feel. Finally, the students produced improvised spaces based on these ideas and emotions using Desineer. It was observed that the workshop contributed students to the development of different perspectives on the production of space.

Keywords: *Virtual reality, Space, Production of space, Digital space, Production of digital space.*

1. Giriş

1.1. Mekânın Üretimi

Sözlükte farklı tanımları olsa da mekân sürekli devinim halinde olan ve kesin olarak tanımlanması imkânsız bir kavramdır. Tarihsel süreçte mekân kavramına getirilmeye çalışılan tanımlar o döneme ait mimari anlayışların şekillenmesinde önemli rol oynamıştır. Belki de bu nedenledir ki mekân gerek felsefenin gerekse mimarlığın en çok tartışılan kavramlarından biri olagelmiştir. Aristo mekânı şeyleri deneyimlediğimiz ortam olarak tahayyül eder (Lefebvre, 2014). Ona göre özne kategorileri mekân sayesinde algılamaktadır. Modern felsefede Aristo'dan hareketle Kant, mekânı dışsal sezgilere dayanan önsezilerin hayali olarak betimler (Ülger, 2016). Böylece mekân özneden ve şeylerden yalıtılarak apriori olarak düşünülebilmektedir. Heidegger ise mekânı, bir etkileşim ve deneyimleme yeri olarak düşünmüş ve "varoluş" kavramı içinde konumlandırmıştır. Bu bakımdan içinde yaşadığımız dünya pek çok olasılıklar içeren kestirilemez bir evreni ifade etmektedir (Ülger, 2016).

Modern mimarlık, tartışmalara son vereceği ve belirsizliği ortadan kaldıracağı ümidiyle Kartezyen felsefeyi temel alarak nesnel bir mekân arayışına girişmiştir. Modernistler, mekânı Öklidyen koordinat sistemine dayalı matematiksel bir kavram olarak görmüştür (Koçyiğit & Gorbon, 2012; Tanyeli, 2017). Her ne kadar bunu yaparak tüm belirsizlikleri kaldırıp attıklarını (Vidler, 1999) ve mekân kavramını sonsuza kadar değişmez şekilde tanımladıklarını düşünseler de zamanla problem ve çözüm metaforlarının geçerliliğini yitirmesi ile mimarlıktaki Modernist Matematiksel Kesinlik İdeali de yıkılmıştır (Tanyeli, 2017). Bu deneyim, mimarlığa nesnel tanımlar ve yöntemler getirerek zamanlar üstü değişmez bir mimarlık inşa edilemeyeceğini açıkça göstermiştir.

Tanyeli (2017), tasarım anlamında mekân üretiminin en erken 15. yüzyılın ikinci yarısına kadar götürülebileceğini iddia eder. Ona göre yüzyıllar boyunca ekonomik karşılığı olan şey, bir ürün olarak mekânın kendisidir. Bu süreçte mekânın üretimi modern anlamdaki tasarımdan ziyade yapı üretimidir. Heidegger'in ifadesi ile ''İnşa ve İskân'' etmedir (Sharr, 2013). Modernizmle birlikte mekânın zamandan koparılarak soyut bir kavrama dönüşmesi (Koçyiğit & Gorbon, 2012) tasarım işinin akademik bir çerçeveye oturtularak sistematikleştirilmesinin de önünü açmıştır. Böylece mekân üretimi proje bazlı tekdüze bir yönteme indirgenmiştir. Çalışma proje temelli mekân üretimi dışındaki mecraları sorgulayarak mekânın üretimi üzerine yeni paradigmalar oluşturmayı amaçlamaktadır. Ancak bir yöntem önerisi değildir. Mekân üretiminin sonsuz olasılıklarına dair sorgulamalardan sadece biridir.

1.2. Mekândan Sayısal Mekâna

Zamanla değişen felsefi ve bilimsel anlayışlar, teknoloji ve üretim teknikleri birçok alanda olduğu gibi mimarlıktaki kavramların da sürekli altını oymaktadır. Önceleri üzerinde en çok uzlaşıldığı düşünülen kavramlar bile giderek zeminsizleşmektedir. Mekân kavramı da belirsizleşmeye ve cisimsizleşmeye başlamıştır (Viddler, 1999). Mimarlıkta bilgisayar teknolojilerinin ve sayısallaşmanın her geçen gün daha etkin rol oynaması mekânın somuttan soyuta -gerçekten sayısala- doğru kaymasına neden olmaktadır. İnternetin yaygınlaşması ve sosyal medyanın hayatımıza girmesiyle birlikte insanlar giderek gerçek hayatlarına paralel sanal hayatlar inşa etmekte ve bu sanal hayatlara daha çok vakit ayırmaktadır. Bunun sonucunda gerçek mekân ile sayısal mekân arasındaki sınırlar da giderek belirsizleşmektedir. Sayısal mekân, mimarlığa kazandırdığı yeni bakış açısı ile mevcut tasarım anlayışını etkilemiş, fiziksel mekânı ters yüz edecek kadar esnek hâle getirmiştir. Fiziksel mekâna göre sınırlandırıcı unsurlara sahip olmaması nedeniyle daha esnek ve değişkendir.

2. Sayısal Mekân Üretim Yöntemleri

Mimarlık eğitiminde bilişim teknolojilerinin kullanımı ağırlıklı olarak proje bazlı mekân tasarımını desteklemekle, bir başka deyişle bilgisayar destekli tasarımla (CAD), sınırlı kalmıştır. Hesaplamalı tasarım, parametrik tasarım ve sanal tasarım ortamları gibi araçlar ne yazık ki hâlâ üniversitelere yeteri kadar entegre edilememiş (Gül et al., 2013), mekân üretim yöntemlerine yönelik ufuk açıcı potansiyelleri yeterince kullanılamamıştır.

2.1. Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD)

1970'li yıllardan bu yana sayısal tasarım kavramı hızla gelişerek günümüz teknolojisine kadar pek çok kez yapısal değişikliğe uğramıştır. İlk olarak tek boyutlu, yazıya dayalı olarak ortaya çıkan dijital tasarımların yerini daha sonraları iki boyutlu olarak gelişmiş ve grafiksel veri tabanlarının oluşturduğu görsel arayüzler (interface) almıştır. Bilgisayar destekli mimari tasarım (CAAD) olarak adlandırılan tasarım yönteminin başlangıcı bu tarihlere dayanmaktadır. Bilgisayar destekli tasarım (CAD) fikri ilk olarak 1963 yılında Ivan Sutherland'ın doktora tezinde oluşturduğu ''Sketchpad'' isimli programla ortaya çıkmıştır. Programın parametrik değişkenlere sahip olması, parametrik tasarım fikrinin de gelişmesine olanak sağlamıştır. Daha sonraları, bilgisayar destekli tasarım araçları 1980'li yıllarda mimari

sunum teknikleri açısından yaygın biçimde kullanılagelmiştir. Ancak o yıllarda tasarıma destek verme amaçlı kullanımından ziyade daha çok tasarımları ifade etme biçimi olarak hizmet etmiştir.

2.2. Parametrik Tasarım

Parametrik tasarım ise belirli değişkenler kullanılarak oluşturulan bir problemin tanımlandığı ve değişkenlerin değiştirilmesiyle çok sayıda alternatif sonucun üretilebildiği bir tasarım sürecidir. Parametrik tasarımlar, algoritmalara dayanan ve özgün-değişken ürün tasarımında araç vazifesi gören düşünce sistemleridir. Kodlar ve fonksiyonlar kullanılarak oluşturulan tasarımlar proje temelli olmayan mekân üretimi için yeni yollar açmaktadır. Parametrik tasarım, tasarımın aşamalarının herhangi bir anında parametrelerin değiştirilerek tasarımın yenilenmesine ve güncellenmesine imkân sağlar (Varlı, 2013). Değişik varyasyonların kolayca denenmesine olanak vermesi sayesinde deneysel mekân üretiminde kayda değer bir potansiyel barındırmaktadır.

2.3. Sanal Gerçeklik

Dijital teknolojik gelişmeler günümüz mimari altyapısını da etkileyerek çağdaş mekân oluşturma anlayışımıza da etkide bulunmaktadır. Sanal gerçeklik (SG) ve bilişsel teknolojileri kullanan manipülasyonlar günümüz teknolojik çağının oluşumunda önemli derecede rol oynamaktadır (Rashid & Couture, 2002). SG teknolojisi ilk zamanlar daha çok panoramik resim ya da videolarla projelerin sunumu için kullanılmaktaydı. Oyun motorlarının eşzamanlı gerçekçi görüntüler üretmek için kullanılabileceğinin keşfedilmesiyle bu teknolojinin kullanımı da birçok alanda olduğu gibi mimarlıkta da çağ atlamıştır. Günümüzde oyun motorlarının daha da gelişmesi ile ışık, gölge ve yansıma gibi etkenler kolaylıkla bilgisayarlar tarafından eş zamanlı olarak canlandırılabilmektedir. Gerçeğini aratmayan 3 boyutlu görüntüler güçlü ekran kartları desteğiyle artık rahatlıkla elde edilebilmektedir. Mimarlıkta kullanımı henüz ağırlıklı olarak proje sunumu düzeyinde kalsa da SG teknolojisi mimar kimliğinin ve mekân üretim yöntemlerinin sorgulanması için ciddi potansiyeller barındırmaktadır. Bu teknoloji gerçek dünyadaki maddi ve fiziki kısıtlamaların aşılmasına katkı sunmanın yanı sıra deneyerek-yanılarak ve yaparak-yaşayarak öğrenme konusunda da pek çok kolaylıklar sağlamaktadır (Dede, 1995).

3. Desineer: Sayısal Ortamda Deneysel Mekân Üretimi

Birçok alanda olduğu gibi teknolojideki baş döndürücü gelişmeler mimarlıkta da köklü bir değişim ve dönüşüm sürecinin önünü açmıştır. Tanyeli (2017), değişen dünyada mimarlıkla ilgili kavramların her defasında yeniden ve yeniden tanımlanması gerektiğinin altını çizer. Kavramların yeniden tanımlanması ise bu kavramların üretilmesinde kullanılan yöntem ve araçların da sorgulanması ve yeniden tanımlanması anlamına gelmektedir.

Desineer bu amaç doğrultusunda mekân üretiminin farklı olasılıklarını irdelemek için geliştirilmiş SG destekli deneysel bir uygulamadır. Programın ismi günümüzde mekân üretiminin proje tasarımına indirgenmesine bir gönderme olarak tasarımın İngilizce karşılığı olan "design" sözcüğünün bozuma uğratılmasıyla üretilmiştir. Program Unreal oyun motoru kullanılarak geliştirilmiştir. Arayüzü 3D oyun mekânlarını andıran sanal bir ortamdan oluşmaktadır. Bu ortamda mekân üretimi için kullanılan yüzey (surface) ve kütle (mesh) gibi interaktif araçlar bulunmaktadır. Mekân üretimini sadece görsel ve grafik temelli bir etkinlik olarak sınırlandırmamak için bu araçlara ışık (light source) ve ses (audio source) öğeleri de eklenmiştir. Kullanıcılar bu araçları kullanarak istedikleri şekilde deneysel mekânlar üretebilmektedir.

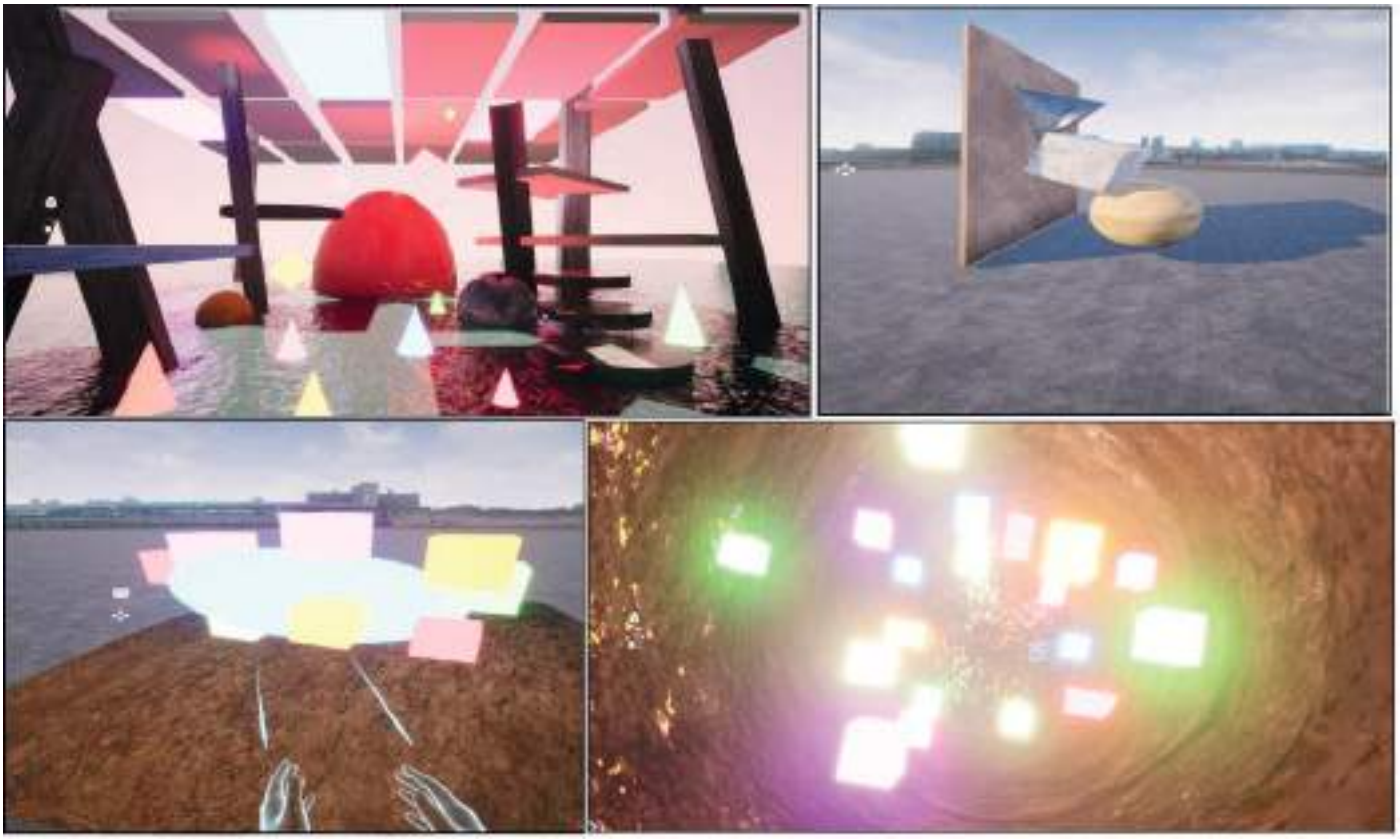
Tadao Ando eller zihnimizin uzantısıdır der. El ile yaratım ve üretim arasında doğrudan bir ilişki vardır. Desineer sayısal mekân üretiminde SG teknolojisinin yardımıyla klavye ve fare gibi aracıları ortadan kaldırarak doğrudan ellerin kullanımına olanak vermektedir. Öğrenciler tıpkı maket yapar gibi kuş bakışı ortamda kütlesel denemeler oluşturabildikleri gibi, insan ölçeğine inerek eş zamanlı olarak hem mekânı deneyimleme hem de onu üretmeye devam etme imkânı bulmaktadır.

Sayısal mekânın SG ile doğrudan elle üretildiği denemeler yapmak amacıyla Dumlupınar Üniversitesi Mimarlık Fakültesinde Desineer programı ile "Sayısal Mekân Üretimi" adıyla deneysel bir atölye çalışması gerçekleştirilmiştir (**Şekil 1**). Çalışma kapsamında öncelikle mekân ve mekânın üretimi üzerine tartışmalar yapılmıştır. Öğrencilerin mekân üretiminin proje tasarımı ve bina yapımı dışında neler olabileceğine dair farklı fikirler yürütmeleri istenmiştir. Böylece temel seviyede bile olsa konu hakkında kendi fikirlerinin ve bakış açılarının gelişmesi hedeflenmiştir. Daha sonra öğrencilere farklı şairlere ait farklı temalarda şiirler verilmiştir. Öğrenciler bu şiirleri okuyarak, şiirlerin onlara düşündükleri ve hissettirdiklerine dair kafa yormuşlardır. Son olarak Desineer programını kullanarak bu fikirler ve duygular üzerine doğaçlama mekanlar üretmeleri istenmiştir.



Şekil 1: Desineer ile sayısal mekân üretim çalışmaları (Fotoğraf: Şahbaz & Bakırhan, 2022)

Heidegger sanatta salt estetik kaygılar güdülerek eser üretilmesinin, onu zanaata indirgeyeceğini söyler (Bolt, 2013). Günümüzde estetik kaygı mimarlıkta da baskın hale gelmiştir. Mimarlar proje tasarlarken çoğunlukla mekânın estetik boyutunu ön planda tutmaktadır. Yine ortaya konan mimari eserler de ağırlıklı olarak estetik yönden değerlendirilmektedir. Oysa mekân estetikten fazlasıdır ve tıpkı sanatta olduğu gibi mekân üretiminde de sadece estetik boyutu ön planda tutmak mimarlığı zanaat seviyesine indirgemektedir. Bundan hareketle yapılan denemelerde mekânın deneyim boyutu irdelenmeye çalışılmıştır. Üretilmeye çalışılan, -estetiğe indirgenen- bina anlamındaki mekândan ziyade, hislerimizi tetikleyen mekânın arayışıdır. Öğrenciler okudukları şiirin onlar üzerinde bıraktığı etkiyi ve hisleri ürettikleri mekanlarda soyutlamaya çalışmışladır (**Şekil 2**).



Şekil 2: Sayısal mekân üretim denemelerinden örnekler (Fotoğraf: Şahbaz & Bakırhan, 2022)

Mimarlık eğitiminde proje atölyeleri çoğunlukla bireysel çalışma mantığı üzerine kurulu olsa da çağdaş uygulamaların karmaşık yapısı işbirlikçi ekip çalışmasını gerekli kılmaktadır (Crosbie, 1995). Mimarların sadece meslektaşları ile değil mühendisler, yükleniciler ve müşterilerle de çoğu zaman iş birliği içinde çalışmaları gerekmektedir. Desineer, aynı zamanda ''Multiplayer'' desteği ile öğrencilerin ekip olarak deneysel mekânlar üretmelerine olanak sağlamaktadır. Böylece mekân üretiminde paydaşların karşılıklı bilgi alışverişine dayalı iletişimine ve birlikte çalışabilirliklerine imkân tanımaktadır.

4. Sonuç

Wittgenstein, tecrübelerimizin hiçbirinin apriori olmadığını söyler. Ona göre gördüğümüz her şey başka türlü olabilirdi, betimleyebildiğimiz her şey de başka türlü olabilirdi (Hadot, 2009). Üretilen her mekân da başka türlü üretilebilirdi. Kant ve takipçilerinin iddia ettiğinin aksine mekânın apriori düzeni yoktur (Vidler, 1999). İdeal bir tanımının olmayışı - başka bir deyişle ele gelmezliği- onun üretimi söz konusu olduğunda bir dilemma oluşturmaktadır. Mekân üretiminde sonsuz olasılıklara kapı açansa belki de bu dilemmanın kendisidir.

Heidegger'e göre bir sanatçı eseri yaparken yapacağı şeyi önceden biliyorsa ortaya çıkan şey sanat değildir (Bolt, 2013). Sanat bir eserin ortaya çıkış sürecinde yaşanan karşılaşmalardır ve eser ancak ortaya çıktıktan (üretildikten) sonra sanat eseri olur. Aynı şekilde mekânı şekillendiren onun üretiminde ve kullanıcı tarafından deneyimlenmesinde yaşanan karşılaşmalardır ve mimari anlamda mekân ise bu süreç ile ortaya çıkar. Başka bir ifade ile mekânı şekillendiren bu süreçtir ve mekânın oluşumunda farklı olasılıklara olanak sunar.

Atölye çalışması ile ''mekân'' dediğimiz kavramın ne olabileceğine ve nasıl üretilebileceğine dair sınırı olmayan söz konusu olasılıklara kapı aralamaya çalışılmıştır. Bu doğrultuda öğrenciler bireysel veya ekip olarak Desineer ile sayısal mekân üretimi üzerine farklı denemeler yapmışlardır. Çalışmada öğrenciler üç boyutlu nesnelerin yanı sıra mekân üretiminde ışık ve sesi de kullanarak gerek tamamen soyut gerekse melez (soyut+somut) mekânlar üretmişlerdir. Bu deneyimler öğrencilerin farklı mekân üretim olasılıkları ve mimarın buradaki rolü üzerindeki sorgulamalar geliştirmesine yardımcı olmuştur.

KAYNAKLAR

Bolt, B. (2013). *Heidegger : Yeni bir bakışla*. Kolektif Kitap.

Crosbie, M. J. (1995). The Schools: How They're Failing the Profession (and What We Can Do about It). *Progressive Architecture*, *76*, 47–51.

Dede, C. (1995). The Evolution of Constructivist Learning Environments: Immersion in Distributed, Virtual Worlds. *Educational Technology Archive*, *35*, 46–52. https://www.semanticscholar.org/paper/The-Evolution-of-Constructivist-Learning-Immersion-Dede/bebeb6d2ba05047a6d83b82a6b002e15e0eae2ac

Gül, L. F., Cagdas, G., Caglar, N., Gül, M., Ruhi-Sipahioglu, I., & Balaban, Ö. (2013). *Türkiye'de Mimarlık Eğitimi ve Bilişim Teknolojileri*.

Hadot, P. (2009). *Wittgenstein ve dilin sınırları* (M. Erşen, Ed.). DoğuBatı Yayınları.

Koçyiğit, R. G., & Gorbon, F. (2012). Mimarlıkta Yersizleşme ve Yerin -Yeniden Üretimi. *Journal of Design+Theory*, *8*(13), 95–113. https://doi.org/10.23835/tasarimkuram.240897

Lefebvre, H. (2014). *Mekanın Üretimi*. Sel Yayıncılık.

Rashid, H., & Couture, L.-A. (2002). *Flux : asymptote*. Phaidon.

Sharr, A. (2013). *Mimarlar İçin Heidegger* (V. Atmaca, Ed.). YEM Yayınları.

Tanyeli, U. (2017). *Yıkarak yapmak : anarşist bir mimarlık kuramı için altlık*. Metis.

Ülger, E. (2016). Mimarlık Fenomenolojisi ve Mekân Kavramı Üzerine Fenomenolojik-Hermeneutik Bir İnceleme: Heidegger Mimarlara Ne Der? *Felsefe Dünyası*, *63*, 116–154. https://dergipark.org.tr/tr/pub/felsefedunyasi/issue/58332/851549

Varlı, E. (2013). *Geleneksel ve Dijital Tasarım Yaklaşımlarının Okunulabilirliğinin İncelenmesi* [Trakya Üniversitesi]. http://dspace.trakya.edu.tr/xmlui/handle/trakya/2566

Vidler, A. (1999). Mekanın Tektoniği. *Mimarlık*, *289*(5), 14–16.

Öğrenci Projelerinin Erken Tasarım Aşamasına Yardımcı Artırılmış Gerçeklik ile Kurgulanmış Analiz Uygulaması Geliştirilmesi

Lütfullah Emre Taşan [1]; Anıl Emir[2]
[1;2]Karadeniz Teknik Üniversitesi
[1]lutfullahemretasan@gmail.com; [2]anlemir063@gmail.com

Özet

Teknolojinin gelişmesi ile yazılım ve dijitalleşme birçok sektörde olduğu gibi mimarlık sektöründe de gelişmelere öncülük etmiştir. Bu gelişme; tasarım, modelleme ve analiz programlarının ortaya çıkmasını sağlayarak mimarlığın evrimine katkıda bulunmuştur. Tasarıma yönelik yazılımlar; tasarlama sürecini kısaltması, görselleştirme aşamasını hızlandırması, tasarımın tasarlanma sürecinden üretim sürecine kadar kolayca kontrol edilebilir hale getirmesi gibi yararları sayesinde tasarımcının, daha önceden yapılamayan veya yapılması mümkün olarak görülmeyen birçok karmaşık tasarımın üretmesini mümkün hale getirmiştir.
Karl Marx'a göre mimarları, tasarım yapabilen olarak örneklendirilen diğer canlılardan (arı, ipek böceği gibi) ayıran temel özellik mimarların mimari eserini hayata geçirmeden önce zihninde imgeler oluşturabilmesidir (Marx, 1983). Mimar adaylarının bu imgelerin oluşturulabilme edinimi mimarlık eğitimi sürecinde çoğunlukla geleneksel ifade aracı olan maketler, iki boyutlu çizimler veya dijital ifade araçlarından olan iki boyutlu çizimler, üç boyutlu modellemeler aracılığı ile kazandırılmaktadır. 20. Yüzyılın sonlarına doğru teknolojinin gelişmesiyle, gerçek dünya ile dijital dünyanın arakesitini oluşturan "Artırılmış Gerçeklik" teknolojisi ortaya çıkmıştır. Bu teknolojik gelişmenin mimarlık eğitiminde yeni kavramlar ve teknikler geliştirmesi; mimarlık öğrencilerinin, imgeleri oluşturma edinimine farklı açılardan katkıda bulunduğu düşünülmektedir.
Bu çalışmada erişimi ve kullanımı kolay bir teknoloji olan "Artırılmış Gerçeklik" sisteminin mimarlık eğitimindeki çevre analizi aşamasına olan entegrasyonu üzerinde durulmuştur. Mimari projelerde tasarım kararları öncesi yapılan analizlerin geleneksel yolların dışında artırılmış gerçeklik yardımı ile sunularak; eğitim sürecinin başında olan, üç boyut algısı tam olarak yerleşmemiş, analiz yapma bilgisi ve analiz yorum bilgisi zayıf öğrencilerdeki üç boyutlu düşünme becerilerinin arttırılması ve analizlerin sonuçlarının daha iyi yorumlayarak projelerine uygulamaları amaçlanmaktadır. Mimarlık eğitimindeki çevre analizi aşamasına yapılması düşünülen bu teknolojik entegrasyonu sağlamak için "Unity" programında artırılmış gerçeklik uygulaması yapılmıştır. Üretilen aplikasyonda sunulan arazi önceden modellenmiş ve model üzerinde analizler çeşitli yollarla artırılmış gerçeklik ortamına aktarılmıştır. Üretilen uygulama sonunda, hepsi mimarlık öğrencisi olmak üzere belirtilen kriterlerdeki 17 lisans öğrencisi üzerinde atölye çalışması yapılmıştır. Yapılan atölyenin sonunda katılımcı öğrencilerle Likert ölçekli anket yapılmıştır ve tasarlanan uygulamanın eğitim üzerine olan katkıları tartışılmıştır. Araştırma kapsamında yapılan anketten elde edilen verilere göre; uygulamayı deneyimleyen öğrenciler uygulama sayesinde, artırılmış gerçeklik konusuna olan ilgilerinin arttığı, analiz aşamasının daha ilgi çekici ve yorumlanabilir hale geldiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Artırılmış Gerçeklik, Proje analizi, Mimarlık eğitimi, Mobil uygulama geliştirme*

Developing an Augmented Reality Analysis Application Assisting the Early Design Stage of Student Projects

Lütfullah Emre Taşan [1]; Anıl Emir[2]
[1;2]Karadeniz Teknik Üniversitesi
[1]lutfullahemretasan@gmail.com; [2]anlemir063@gmail.com

Abstract

The development of technological, software and digitalization contributed to the evolution of architecture by providing the emergence of design, modelling, and analysis programs. By providing benefits such as shortening the design process, accelerating the visualization phase, and making the design easily controllable, architectural software has made it possible for the designer to produce many complex designs that could not be done or seen as possible before.

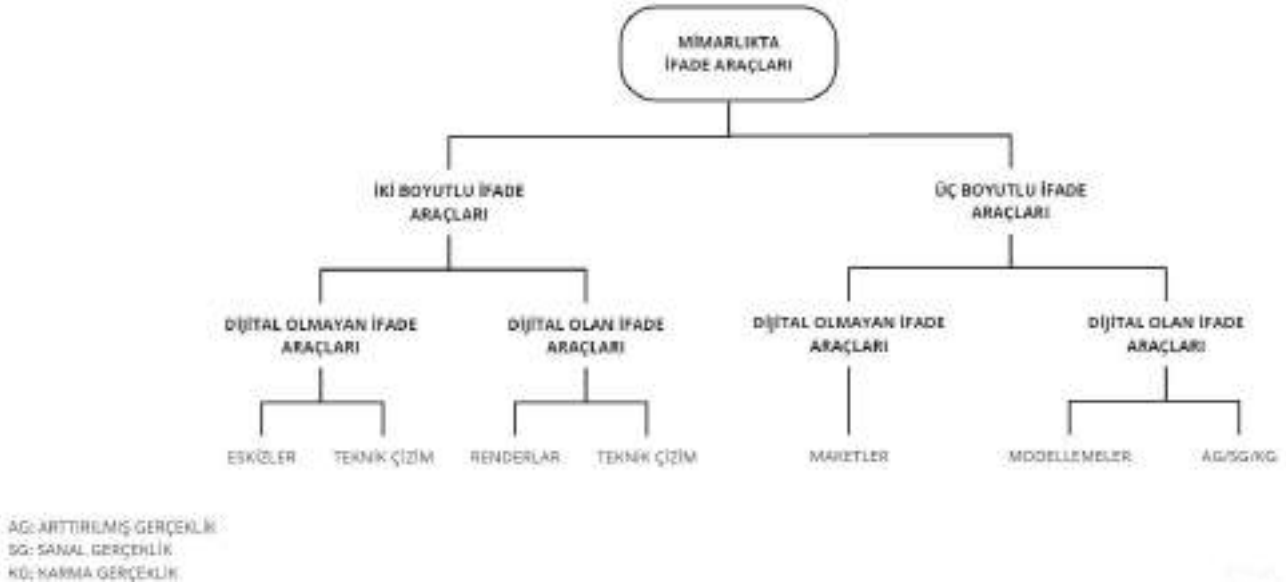
According to Karl Marx, the main feature that distinguishes architects from other living things (such as bees, silkworms) that can be described as designers is that the architect can create images in her mind before she/he implements her/his architectural design (Marx, 1983). The acquisition of the ability of architect candidates to create these images is mostly gained through traditional expression tools such as models, two-dimensional drawings, or digital expression tools such as two-dimensional drawings, three-dimensional modelling in the process of architectural education. With the development of technology, "Augmented Reality" technology, which forms the intersection of the real world and the digital world, has emerged. It is thought that these technological advancements, developing or creating new concepts and techniques in architectural education, contribute to the acquisition of images by architecture students from different aspects.

In this study, the integration of the "Augmented Reality" system, which is an easy to access and use technology, into the v analysis stage in architectural education is emphasized. It is aimed at increasing the three-dimensional thinking skills of the students who are at the beginning of the education process and at better understanding the results of the analysis by presenting the analysis made before the design decisions in architectural projects with the help of augmented reality. In order to ensure this technological integration, which is thought to be done in the environmental analysis stage in architectural education, an augmented reality application was made in the "Unity" program. The terrain presented in the generated application was pre-modelled and the environmental analyses on the model were integrated into the augmented reality system in various ways. Afterward, a workshop was held on the students of Karadeniz Technical University and Recep Tayyip Erdogan architecture departments, whose application was within the specified criteria. At the end of the workshop, a survey was conducted with the participant students and the contributions of the designed application on education were discussed. According to the data obtained from the survey conducted within the scope of the research, it was observed that the students who experienced the application increased their interest in the subject of augmented reality, and the analysis phase became more interesting and interpretable thanks to the application.

Keywords: *Augmented Reality, Project analysis, Architectural education, App development*

1. Giriş

Tarihsel gelişim sürecine bakıldığı zaman, mimarlık sektörünün büyük bir oranda geleneksel yöntemler üzerinden süregeldiği görülmektedir. 20. Yüzyıl ile gelen yazılım teknolojisi, mimarlığın geleneksel iki ve üç boyutlu ifade araçlarına ek olarak dijital ifade araçlarını oluşturmuştur. Bu ifade araçlarının sınıflandırılması **Şekil 1**'de gösterilmiştir. Dijital ifade araçları, geleneksel ifade araçlarına göre; değişime uygun, hızlı, fiziksel gücün az kullanıldığı ve arşivleme imkanlarının kolay olması gibi özellikler ile öne çıkarak mimarlık sektöründe çığır açmış ve yerini kalıcı olarak kazanmıştır. Günümüzde hala gelişmekte olan dijital ifade araçları, bahsedilen özellikler sayesinde mimarlık mesleğinin geleceğine önemli olanaklar sağlamaktadır.



Şekil 1: Mimarlıkta ifade araçları (Özel.B'den (2020) uyarlanmıştır)

Teknolojinin mimarlık sektörüne getirdiği son yeniliklerden biri de artırılmış gerçekliktir. Artırılmış gerçeklik kavramı, gerçek dünya ile bilgisayar yazılımları tarafından üretilmiş dijital temsilin birlikte kullanıldığı bir simülasyon türüdür. Sanal gerçeklikten farklı olarak kullanıcıyı dünyadan izole etmeden, gerçek görsel ve/veya mekânsal unsurlar etkileşimi ile bilgisayar yazılımları tarafından oluşturulan, bir başka deyişle gerçek ile sanal ortamın kesişimini sağlayan bir sistemdir (Billinghurst, 2015). Bu etkileşime sahip olan artırılmış gerçeklik sistemler, sanal ortamlarda veya görüntüleyicilerde çalışan bilgisayar ara yüzlerinden ayrı olarak kullanıcıların gerçek dünya deneyimlerini zenginleştiren teknolojilerdir. Bu zenginleştirme işlemleri görüntü, video, grafik veya ses üzerinden olabilmektedir (URL-1). Teknolojinin gelişmesi ile bu tür sistemlerin; başta eğlence sektörü olmak üzere sanat, askeriye, sağlık, spor gibi alanlarda yapılmış birçok örneklerine rastlanmakta ve sayıları gün geçtikçe artmaktadır. İşlevlerine göre temel olarak sınıflandırılmak gerekirse 7 başlıkta toplanabilmektedir: (1) Ulaşım, (2) Ürün görselleştirme, (3) Ölçüm hesaplama, (4) Sanal turlar, (5) Pazarlama, (6) İş sahaları, (7) Eğitim (URL-2).

Artırılmış gerçeklik sistemleri deneyime dayalı öğrenmeyi amaçladığından, eğitime katkısının son derece önemli olduğu düşünülmektedir (Erbaş & Demirer, 2014). Artırılmış gerçeklik sistemleri ile hazırlanan ders materyalleri, derslerin ilgi çekici olmasını, hayal gücünün geliştirilmesi, motivasyon yükseltmesi ile eğitimdeki başarının yükselmesi mümkündür. Yu-Chien Chen'in 2013 yılında, kimya öğrencilerine deneyimletmek üzere oluşturduğu artırılmış gerçeklik uygulaması bu sistemlere örnek olarak verilebilir. Chen (2013), artırılmış gerçeklik platformunda modellediği protein strüktürlerini kitaplaştırarak öğrenilmesi zor olan kimyanın öğrencilere daha kolay, anlaşılır ve ilgi çekici bir şekilde iletmeyi amaçlamıştır. Çalışma sonunda makalede verilen bilgilere göre; artırılmış gerçeklik sisteminin duyu-motor hissi ile bedensel öğrenimi sağlaması, çoklu algı imkanı sunması, mobil olması, interaktif bir etkileşim sunması, kullanıcıların

bakış açsını ve duyusal algısını güçlendirmesi sayesinde öğrencilerin öğrenme ediniminin arttığı gözlemlenmiştir (Chen,2013).

Bir başka örnek olarak Batuhan Özel'in 2020 yılında yaptığı sanal ve artırılmış gerçekliğin eğitime entegrasyonu tez çalışması verilebilir. Çalışma kapsamında artırılmış ve sanal gerçeklik ile oluşturulan uygulamalar öğrencilere deneyimletilmiştir. Tez sonucu verilen bilgilere göre; merak düzeylerinin artması, ufuklarının açması, iki boyut ile üç boyut arasında ilişki kurabilme yetilerinin artması, plan okuma ve görsel bağlarının geliştirmesi sayesinde öğrenme edinimlerinin arttığı gözlemlenmiştir (Özel.B, 2020).

İki boyutlu ifadeler üzerinden yapılan yorumlamalar, mekan içindeki üç boyutlu algının yalnızca tek açıdan vermesi ve hareket ile algılanabilecek birçok detayın kaçırılması söz konusu olmaktadır (Köymen,2008). Algı kavramının mimarlık üzerindeki etkileri düşünüldüğünde, tasarlanan artırılmış gerçeklik uygulamaları, Köymen'in belirttiği bu algıdaki eksikliği gidermesi açısından önemli bir konumda bulunmaktadır. Mimarlık eğitimindeki mimar adaylarına öğretilmeye ve güçlendirilmeye çalışılan imgeleri oluşturma ve algı edinimi bahsedilen özellikler sayesinde, artırılmış gerçeklik sistemleri ile kazandırılabilmektedir. Bu tür etkiler sahip olan artırılmış gerçeklik sistemleri gelecekte, mimarlık eğitiminde çok büyük bir yer kaplayacağı ve dünya çapında yaygınlaşması düşünülmektedir.

2. Yöntem ve Kapsam

Literatürde belirtilen çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada; öğrenci proje analizlerinin, geleneksel yolların dışında, artırılmış gerçeklik sunum tekniği ile anlatılmasının öğrenciler üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Araştırma kapsamında, analiz bilgisine sahip ancak analiz yorumlama ve projelendirme yetisinin az olduğu düşünülen, eğitim sürecinin başında olan (ikinci dönem) öğrenciler üzerinde atölye çalışması düzenlenmiştir. Atölye kapsamında kullanılmak üzere, belirlenen arazi üzerinde çevre analizleri artırılmış gerçeklik ortamında tasarlanarak aplikasyon geliştirilmiştir. Atölye sürecinde katılımcı öğrencilere artırılmış gerçeklik tanıtımı yapılmış, tasarlanan artırılmış gerçeklik aplikasyonu öğrenciler tarafından deneyimlenmiştir. Atölye çalışmasının sonunda artırılmış gerçeklik ile oluşturulan çevre analizi aşamasının etkilerini tespit etmek amacıyla Likert ölçekli anket çalışması yapılmış ve elde edilen bulgular tartışılmıştır.

3. Artırılmış Gerçeklik Uygulamasının Tasarımı

Atölye çalışmalarında kullanılacak olan arazi analiz aplikasyonu artırılmış gerçeklik sistemi kullanılarak tasarlanmıştır. Bu sistemin seçilmesinin temel nedeni, sanal gerçeklik veya karma gerçeklik sistemlerinin VR gözlükleri gibi ulaşılabilirliği düşük aletlere ihtiyaç duymayarak, doğrudan akıllı telefonlar üzerinden çalışabilmesidir. Öğrencilerin kendilerinin de bu sunum tekniğine kolayca ulaşabileceklerini hissettirmek ve bu tür sistemlerin tanınırlığını arttırarak hem sistemlerin gelişimine hem de mimarlık eğitimine farklı bir yöntem kazandırılmasına ön ayak olmak istenmiştir.
Uygulama tasarımı 3 aşamadan oluşmaktadır. Birincisi aşama, arazi modellenmesi ve analizlerinin oluşturulmasıdır. Bu aşamada Sketch-up ve 3ds Max programları aracılığı ile yapılmıştır. İkinci aşama artırılmış gerçeklik işareti (marker) oluşturulmasıdır. Bu aşamada, artırılmış gerçeklik işareti Adobe Photoshop programında tasarlanmış ve web tabanlı Vuforia Developer Portal sisteminde test yapılarak sonuç ürüne varılmıştır. Üçüncü aşama ise uygulamanın Unity programında üretilmesinden oluşmaktadır.

3.1. Arazinin Modellenmesi ve Analizlerin Oluşturulması

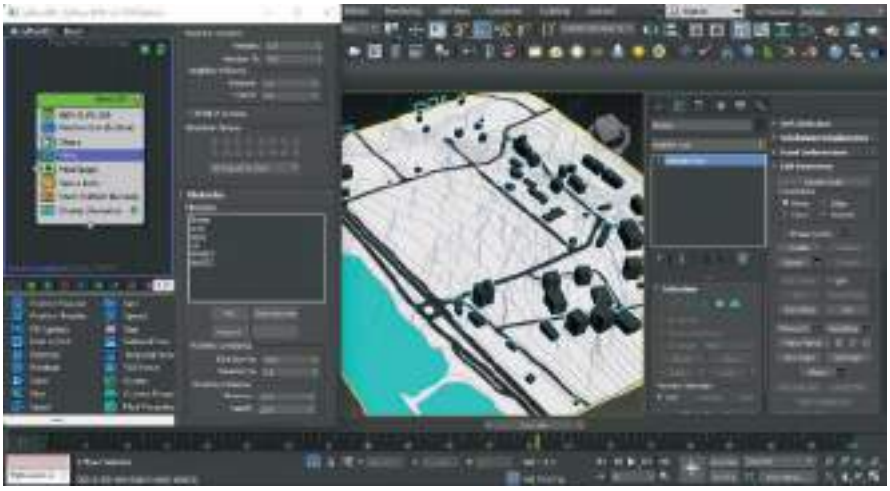
Atölye kapsamında, Trabzon'un Arsin ilçesinde bulunan arazi üzerinde çalışma yapılmıştır. Belirlenen arazinin analizleri yapılmış ve sayısal ortama aktarılmıştır. Artırılmış gerçeklik uygulamasında, model üzerinden anlatım olacağı için modellenmesi uygun görülen rüzgâr, güneş, ulaşım ve arazi çevresinde bulunan yapı tipolojisi analizleri (yerleşke analizi) kullanılmıştır. Bu analizler Sketch-up, 3ds Max ve Unity programları kullanılarak modellenmiştir.

3.1.1. Güneş Analizi Oluşturulması

Araziye etki eden güneş açısı yıl boyunca farklılık göstermektedir. Tasarlanan uygulama gelişme aşamasında olduğu için araziye etki eden güneş açılarından sadece birisinin seçilmesi düşünülmüş ve güneş ışınlarının çevre binalar etkisiyle seçilen arazide oluşturduğu gölgelerin gösterilmesi istenmiştir. Bu kapsamda, güneş analizi Unity programında "light direction" komutu kullanılarak oluşturulmuştur.

3.1.2. Rüzgar Analizi Oluşturulması

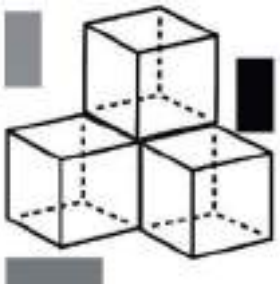
Rüzgar analizleri, **Şekil 2**'de görüldüğü gibi, 3ds Max programına bir eklenti olarak tasarlanan Tyflow eklentisi aracılığıyla hazırlanmıştır. Temel olarak açıklandığında öncelikle hazırlanmış arazi üzerinde "event_001" adı verilen bir simülasyon oluşturulmuştur. Daha sonra bu simülasyon üzerinde rüzgârı temsil edecek partiküllerin oluştuğu ve sonlandığı bölgeler belirlenmiş ve doğrultu hâkim rüzgar yönünde seçilmiştir. Son olarak rüzgar tüneli oluşacak bölgelerin belirlenebilmesi için simülasyon içerisine çevredeki binalar eklenmiştir.



Şekil 2: 3ds Max programında TyFlow ile rüzgar analizi oluşturulması

3.1.3. Ulaşım ve Yerleşke Analizi

Arazi analiz çalışmaları yapıldıktan sonra, arazi modeli üzerinde ulaşım ve yerleşke analizleri anlatımını kolaylaştıracak biçimde, yapılı çevre ile bağlantıları öğrencilerin rahatça görebilmesi için renklendirilmiştir. Bu renklendirmeler yol analizi için birinci, ikinci ve üçüncü kademeli yolları ayıracak şekilde tasarlanmıştır. Renklendirme işlemleri Sketch-up programında yapılmış ve daha sonrasında Unity programında malzeme olarak tekrar renklendirilmiştir.



Şekil 3: Tasarlanan artırılmış gerçeklik işareti

3.2. Artırılmış Gerçeklik İşaretinin Oluşturulması

Artırılmış gerçeklik sistemleri prensip olarak fiziksel çevrede herhangi bir düzlem üzerine yerleştirilen "işaret" veya "marker" olarak tanımlanan 2B veya 3B işaretçiyi algılama, yakalama ve takip etme işlemlerini gerçekleştirir (Tong ve Koymen, 2012). Çalışma kapsamında yapılacak olan artırılmış gerçeklik uygulaması için üretilen marker, ulaşım kolaylığı ve kamera kaynaklı renk farkının algılanamaması durumu olmaması adına **Şekil 3**'te görülebileceği gibi siyah-beyaz olarak tasarlanmıştır.

Uygulamanın algılayacağı altlık kameranın çalışacağı ortamdaki herhangi bir imge ile eşleşmemesi ve uygulamanın bir simgesi olması adına tasarlanan şekilde; farklı boyutlarda dörtgenler, farklı gri tonları, siyah-beyaz dengesi dikkate alınarak tasarlanmıştır. Tasarlanan marker, web tabanlı Vuforia Developer Portal sisteminde test edilerek Unity programına entegrasyonu sağlanmıştır.

3.3. Artırılmış Gerçeklik Aplikasyon Oluşturulması

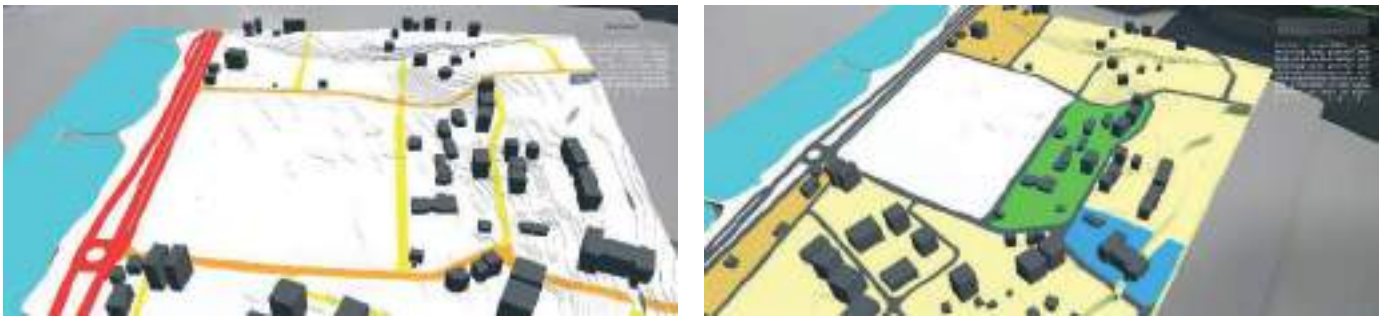
Tasarlanan uygulama geniş bir kitlenin kolayca ulaşabildiği Android sistemler üzerinde çalışmaktadır. Bu Android tabanlı uygulamanın oluşturulabilmesi için bilgisayar, mobil cihazlar gibi platformlara oyun ve simülasyon yapmak için kullanılan "Unity" oyun motoru kullanılmıştır (URL-3).



Şekil 4: Tasarlanan aplikasyon arayüzü

Kullanıcılara ait olan cihazın CPU kapasitesinin düşük olabilme durumu göz önüne alınarak analizler farklı sahneler olarak kurgulanmıştır. Bu sahnelere kolay ulaşımı sağlamak için uygulamaya **Şekil 4**'teki görüldüğü gibi arayüz tasarımı yapılmıştır.

Tasarlanan arayüz sayesinde ulaşılmak istenen analiz çeşidinin seçilmesi planlanmıştır. Analiz seçimi yapıldıktan sonra kamera açılmakta ve seçilen analize ait 3 boyutlu anlatım programın tanıyacağı marker üzerinde oluşmaktadır (**Şekil 5**). Bu aşamada, ana menü tuşu ve seçilen analiz ile ilgili ek bilgiler ekranın sağ üst köşesinde gösterilmiştir.



Şekil 5: Tasarlanan artırılmış gerçeklik analizleri

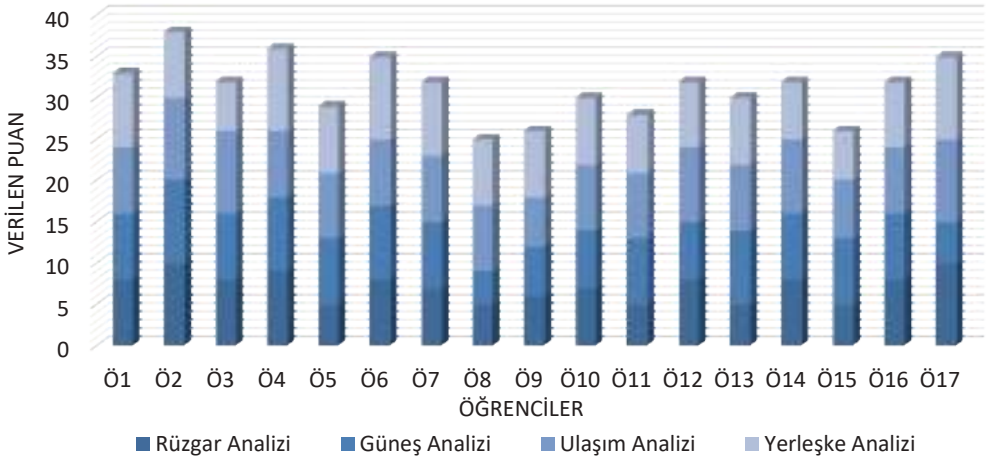
4. Öğrenciler Üzerinde Anket Çalışması

Oluşturulan aplikasyon; analiz bilgisine sahip ancak analiz yorumlama ve projelendirme yetisinin az olduğu düşünülen, eğitim-öğretim sürecinin başında olan (ikinci dönem) öğrenciler üzerinde anket yapılmıştır. 17 öğrencinin katılımı ile oluşan atölye sonunda öğrencilerin belirtilen anket ifadelerini 1-en olumsuz, 10- en olumlu olacak şekilde puanlanması istenmiştir.

Anket 10 kademeli Likert ölçeklinde 14 adet olan oluşmaktadır; (1) Rüzgar analizini, geleneksel tarzda gösterilen rüzgar analizlerine göre daha anlaşılır hale getirdi. (2) Güneş analizini, geleneksel tarzda gösterilen güneş analizlerine göre daha anlaşılır hale getirdi. (3) Ulaşım analizini, geleneksel tarzda gösterilen ulaşım analizlerine göre daha anlaşılır hale getirdi. (4) Yerleşim analizini, geleneksel tarzda gösterilen yerleşim analizlerine göre daha anlaşılır hale getirdi. (5) Analizlerin akılda kalıcılığını arttırdı. (6) Arazinin konumunun önemini daha çok anlaşılır hale getirdi. (7) Geleneksel tarzda yapılan analizlere göre, analizlerden sonuç çıkarma sürecini kısalttı. (8) Problem bulma konusunda yardımcı oldu. (9) Analiz aşamasını karmaşıklaştırdı. (10) Farklı tasarım fikirlerin oluşmasında yardımcı oldu. (11) İki boyut ile üç

boyut arasındaki ilişkiyi anlamamı kolaylaştırdı. (12) Sunum tekniği olarak 2 boyutlu analizlerden daha etkili buluyorum. (13) Artırılmış gerçeklik ile yapılan bu uygulamanın üretilmesinin zor olduğunu düşünüyorum. (14) Gelecekte bu tür sunum tekniklerini kullanmayı düşünüyorum. Ankette verilen ifadeler, geleneksel ile artırılmış gerçeklik arasındaki; 1'den 4'e kadar olan ifadelerde analiz çeşitlerine göre verimliliğinin, 5 ve 6 ifadelerinde bağlam kavramının kazanımının, 7'den 10'e kadar olan ifadelerde analizlerin projelendirilme verimliliğinin, 11 ve 12 ifadelerinde üç boyut ile iki boyut ilişkisi kavramının, 13 ve 14 ifadeleri ise tasarlanan uygulamanın yapım zorluğunun ve gelecekteki kullanım düşüncesinin nasıl değiştiğini ölçmeye yönelik hazırlanmıştır.

17 öğrencinin ankette bulunan 1'den 4'e kadar olan analiz çeşitleri ile ilgili ifadelere verdikleri puanlar **Şekil 6**'da gösterilmiştir. Ankette sunulan bu ifadelere verilen puanların elde edilen ortalamaları: Rüzgar analizi için 7,17; güneş analizi için 7,64; ulaşım analizi için 8,29; yerleşke analizi için 8,11 şeklinde olmuştur. Elde edilen verilere göre; öğrenciler üzerinde artırılmış gerçeklikle sunulan analizlerin, geleneksel yollarla sunulan emsallerine göre daha olumlu etkilerinin olduğu tespit edilmiştir. Sunulan arazide rüzgarın geliş açısında herhangi bir yapının olmaması, araziye tasarlanacak kütlenin rüzgara karşı verdiği tepkinin ölçülememesi rüzgar analizinin diğer analizlere göre daha düşük puanlanmasına sebep olduğu düşünülmektedir.



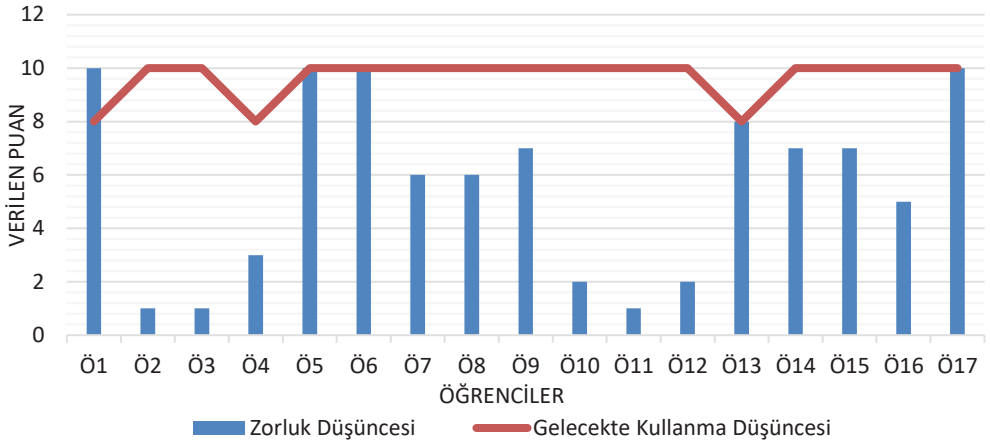
Şekil 6: Analiz türlerine göre verimlilik puanlaması

Öğrencilerin ankette bulunan 5. ve 6. bağlam ifadeleri ile ilgili puanların ortalamaları: verilerin akılda kalıcılığı artırması için 8,41; arazi konumunun önemini daha anlaşılır hale getirmesi için 7,29 şeklinde olmuştur. Elde edilen verilere göre, analizlerin hareketli, daha deneyimsel ve görsel açıdan etkileşimli olması öğrencilerin analizleri aklında tutmasını artırdığı düşünülmektedir.

Öğrencilerin ankette bulunan 7'den 10'a kadar olan analizlerin projelendirilme verimliliği ile ilgili ifadelere verdiği puanların ortalamaları: sonuç çıkarma süresinin kısaltması için 8,29; problem bulma için 7,17; analiz aşamasını karmaşıklaştırması için 3,11; farklı fikirlerin oluşması için 6,88 şeklinde olmuştur. Elde edilen verilere göre; öğrenciler artırılmış gerçeklikle sunulan analizlerin, geleneksel yollarla sunulan emsallere göre problem bulma, anlaşılır hale getirme ve sonuç çıkarma süresinde olumlu yönde düşünceleri olduğu tespit edilmiştir. Sistemin farklı tasarım fikirlerinin oluşumuna katkısı ise az derecede olumlu olduğu tespit edilmiştir. Bunun iki türlü sebebi üzerinde mutabakat edilmiştir: Birincisi, öğrencilerin eğitimlerinin başında olmalarından dolayı proje üretimindeki hayal gücü sınırlılığı; ikincisi, artırılmış gerçeklik uygulamasının sonunda ulaşılan verilerin geleneksel yolla ulaşılan verilerle farkının fazla olmaması olabileceği düşünülmektedir.

Öğrencilerin ankette bulunan 11. ve 12. İki ve üç boyut ilişkisi ifadeleri ile ilgili puanların ortalamaları: 2 ve 3 boyut ilişkisinin anlamını kolaylaştırması için 8,58; sunum tekniği olarak artırılmış gerçeklik ile hazırlanan analizlerin geleneksel yollarla hazırlanan emsallerine göre daha etkili olması için 8,41 şeklinde olmuştur. Öğrencilerin ankette bulunan 13. ve 14. tasarlanan uygulamanın yapım zorluğunu ve gelecekteki kullanım düşüncesine verdiği puanlar **Şekil**

7'de gösterilmiştir. Öğrencilerin, tasarlanan uygulamanın yapımının zor olduğu düşüncesine ortalaması 5,64 ve standart sapması 3,40 iken; uygulamayı gelecekte kullanma düşüncesinin ise ortalaması 9,64 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 7: Tasarlanan uygulamanın zor olma ve gelecekte kullanma düşüncesi puanlaması

Elde edilen verilere göre; yüksek standart sapmaya sahip zorluk düşüncesi verisi, artırılmış gerçeklik uygulaması yapımının zor olduğunun düşüncesinin kişi bazlı değişken olduğu görülmüştür. Bunun sebebi kişilerin teknolojiye yatkınlıkları veya artırılmış gerçeklik uygulamaları ile ilgili yeterli bilgiye sahip olmadığı düşünülmektedir. Zorluk düşüncesi verisinin dengesiz olmasına rağmen tüm katılımcı öğrencilerin yüksek oranda bu uygulamayı gelecekte yapmayı düşündüğünü belirtmiştir. Bu çıkarımı sağlamasının temel nedeni uygulamanın görsel sunum tekniğine kattığı yenilik olarak düşünülmektedir.

5. Sonuç ve Öneriler

Mimarlık sektörü teknolojik gelişmelerden etkilenme yatkınlığı sebebiyle sürekli bir dinamizme, başka bir deyişle evrimleşme yeteneğine sahiptir. Sanal ve artırılmış gerçeklik teknolojileri de bu etkiyi oluşturmaktadır. Buna karşın mimarlık eğitiminde, doktora tezlerinde veya mimarlık piyasasında artırılmış gerçeklik sistemlerinin değerinin henüz beklenen konumda olmadığı gözlemlenmektedir. Bu durum göz önüne alındığında eğitimin başındaki öğrencilerin bu tür sistemlerle erken tanışmaları ve bu alanda gelişmelere öncülük etmeleri önemlidir.

Çevre analizi aşaması, her geçen gün önemi artan sürdürülebilirlik kavramının temelini oluşturmaktadır. Bu aşamanın önemini vurgulamak amacıyla çalışma kapsamında; artırılmış gerçeklik teknolojisinin mimari proje eğitimindeki çevre analizi aşamasına entegrasyonu araştırılmıştır. Öğrencilere yöneltilen anketten elde edilen sonuçlara göre uygulamayı deneyimleyen öğrencilerin çoğunun; konuya olan ilgisinin arttığı, bağlam ve analiz kavramlarının daha ilgi çekici bir hale geldiği gözlenmiştir.

Yapılan atölye sonunda öğrenciler, atölye yürütücülerine bu tür uygulamaların artması gerektiği konusunda olumlu görüşler bildirilmiştir. Yapılan uygulamanın olumsuz veya zayıf yönleri: rüzgar analizinde kütlenin rüzgara karşı verdiği tepkinin ölçülememesi, güneş ışıklarının geliş açısının yıl içindeki değişiminin uygulamaya yansıtılmaması, uygulamanın yapım sürecinin göz korkutması ve farklı düşüncedeki tasarımlara ön ayak olmaması olarak görülmüştür. Bu olumsuzlukların veya zayıflıklar optimize edilerek projenin geliştirilmesi düşünülmektedir.

Yapılacak bu ve buna benzer çalışmaların gelecekte oluşturulacak olan çeşitli artırılmış gerçeklik uygulamaların ve sunum tekniklerinin altlığını oluşturabileceği düşünülmüştür. Teknolojinin son derece hızla ilerlediği bu alanlarda mimarların da öncü olması, sektöre farklı bakış açılarının getirmesini de sağlayacaktır. Bu amaçla bu tür sistemlerin mimarlık eğitimine entegresi son derece önemlidir.

KAYNAKLAR

Billinghurst, M., Clark, A., & Lee, G. 2015. A survey of augmented reality. Foundations and Trends® in Human–Computer Interaction, 8(2-3), 73- 272.

Bimber, O. ve Raskar, R. 2005. Spatial Augmented Reality Merging Real and Virtual Worlds, A K Peters, Ltd., ABD.

Chen, Y. 2013. Learning Protein Structure with Peers in an AR-Enhanced Learning Environment, Master Thesis, University of Washington, Graduate School, Washington.

Erbaş, Ç., & Demirer, V. 2014. Eğitimde artırılmış gerçeklik uygulamaları: Google Glass örneği. Journal of Instructional Technologies and Teacher Education, 3(2), 8-16.

Köymen, E. 2008. 3B Animasyon Filmlerde Mimarlık, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Fakültesi, Edirne.

Özel, B. 2020. Artırılmış ve Sanal Gerçekliğin Mimarlık Eğitimine Entegrasyonu, Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Marx, K. 1983. El capital, crítica de la economía política, Karl Marx (No. 335.42 M37y T. 1 V. 3 2005.).

Tong T., Koymen E. 2012. "ArtırılmışGerçeklik (Augmented Reality) Destekli bir Mimarlık Eğitim Modeli", "VI. Sayısal Tasarım Ulusal Sempozyumu", UludağÜniversitesi.9

Zafer, D. Z. 2007. Mimari tasarım sürecine sanal gerçeklik teknolojilerinin etkisi, Anadolu Üniversitesi.

Url-1 <https://www.wtechplatform.com/tr/artirilmis-gerceklik-teknolojisi-turizm-sektorunu-bastan-yaratiyor>, erişim tarihi: 21.05.2021

Url-2 <https://www.rightpoint.com/thought/2018/07/05/practical-applications-ofaugmented-and-virtual-reality> erişim tarihi: 10.05.2022.

Url-3 <https://unity.com/>, erişim tarihi: 20.02.2022.

10. OTURUM

VR I AR UYGULAMALARI VE İNSAN BİLGİSAYAR ETKİLEŞİMİ

A Decision Support System Proposal on the Uses of Extended Reality SDKs in AEC Disciplines

Esranur Karacif [1]; Ethem Gürer[2]
[1]Istanbul Technical University; [2]Istanbul Technical University
[1]demirtase17@itu.edu.tr; [2]egurer@itu.edu.tr

Abstract

In architecture, engineering and construction disciplines (AEC), technological tools such as computer aided design (CAD), extended reality are used for their features such as creating visual representation and providing support during the construction phase of the building. The users and developers of these tools can directly utilize the existing possibilities of the technology, as well as develop various solutions over the limitations of these technologies. In this study, both perspectives will be examined in terms of SDKs (software development kit) of mobile extended reality applications. 184 articles using mobile extended reality applications made with SDKs in architecture, engineering and construction disciplines have been examined, and 28 of these articles have been discussed within the scope of the research. These articles include keywords such as augmented reality and mixed reality, as well as construction, architectural design, urban design, digital production and assembly. This broad scope of literature review phase is a requirement, as some of the papers do not include the utilized software or SDK. This research studies only the papers with the information such as utilized technological properties of the SDK, the opportunities the SDK provides and/or the shortcomings of the SDK. It eliminates the papers not giving this specific information. This study examines Vuforia, Fologram, ARCore, ARKit, ARToolKit, Gamma AR, Kudan and xBIMToolKit in the field of AEC. Each of these kits offers divergent technological solutions such as visual inertial odometry, scene recognition or rendering optimizations. The contributions of the SDKs used within the scope of the studied literature to the disciplines mentioned before in terms of their technological capabilities and the situations in which they are used, through comparison flowcharts constitute the focus of the study. The aim of the study is to reveal the contributions of mobile extended reality SDKs to architecture, engineering and construction disciplines through the applications in literature studies and to develop a decision support system based on these data. This system is important in terms of being able to see the relationality and comparisons of the software development kits that an entry-level developer can use in line with his work, and in terms of creating a framework for what kind of uses in which areas. The technological potentials and limitations of SDKs affect the design of research. As a result of the research, software development kits allow variable uses in various fields and the use of these kits also supports the literature studies in terms of time and budget.

***Keywords**: Architecture, Engineering, Construction (AEC), Decision Support System (DSS), Extended Reality (XR), Mobile Augmented Reality (MAR), Software Development Kit (SDK).*

AEC Disiplinlerinde Genişletilmiş Gerçeklik SDK'larının Kullanım Alanları Üzerinden Bir Karar Destek Sistemi Önerisi

Esranur Karacif [1]; Ethem Gürer[2]
[1]İstanbul Teknik Üniversitesi; [2]İstanbul Teknik Üniversitesi
[1]demirtase17@itu.edu.tr; [2]egurer@itu.edu.tr

Özet

Mimarlık, mühendislik ve inşaat disiplinlerinde (ing. kısaltma AEC) bilgisayar destekli tasarım (ing. kısaltma CAD), sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik gibi teknolojik araçlar görsel temsil oluşturma, yapının inşa aşamasında destek sağlama gibi özellikleri nedeniyle kullanılırlar. Bu araçların kullanıcıları ve geliştiricileri teknolojinin mevcut olanaklarını doğrudan kullanabilecekleri gibi, teknolojinin sınırlılıkları üzerinden çeşitli çözümler geliştirebilirler. Bu çalışmada her iki perspektif de mobil genişletilmiş gerçeklik uygulamalarının SDK'ları (yazılım geliştirme kiti) özelinde incelenecektir. Yazılım geliştirme kiti (SDK), yazılım geliştirmek için kullanılan bir programlama aracı ve/veya yazılımlar için bir kütüphane koleksiyonudur. Mobil cihazlar yaygın olarak kullanılan, kullanıcı dostu, ekonomik araçlardır. Mobil cihazlar yardımıyla genişletilmiş gerçeklik teknolojilerinin AEC disiplinlerindeki yüksek potansiyelde kullanım olanaklarına rağmen bu alanlarda beklenilenin altında bir kullanım görülmektedir. Bu disiplinlerde farklı genişletilmiş gerçeklik uygulamalarının mobil kullanımı neticesinde çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında mimarlık, mühendislik ve inşaat disiplinlerinde SDK'larla yapılan mobil genişletilmiş gerçeklik uygulamalarının kullanıldığı 184 makale incelenmiş olup, bunlardan 28 makale araştırma kapsamında ele alınmıştır. Bu makaleler artırılmış gerçeklik ve karma gerçeklik anahtar kelimelerinin yanı sıra, mimari ve kentsel tasarım, inşaat ve dijital fabrikasyon anahtar kelimelerini içermektedir. İncelenen literatür kapsamında kullanılan SDK'ların teknolojik açıdan sözü geçen disiplinlere sağladıkları katkılar ve bunların hangi durumlarda kullanıldıklarını akış diyagramları üzerinden ele almak çalışmanın odağını oluşturur. Çalışmanın amacı, mobil genişletilmiş gerçeklik SDK'larının mimarlık, mühendislik ve inşaat disiplinlerine katkılarını literatür çalışmalarındaki uygulamalar üzerinden ortaya çıkarmak ve bu veriler üzerinden karar destek sistemi bileşenleri geliştirmektir. Bu sistem, giriş seviyesinde bir geliştiricinin çalışması doğrultusunda yararlanabileceği yazılım geliştirme araçlarının ilişkiselliklerini, karşılaştırmalarını görebilmesi açısından ve hangi alanlarda ne tür kullanımlara uygun olabileceğine yönelik bir çerçevenin oluşturulması açısından önemlidir. SDK'ların teknolojik açıdan potansiyelleri ve sınırlılıkları araştırmaların tasarımına etki etmektedir. SDK'ların odaklanılan alana uygun olarak seçimi bu nedenle önemlidir. Hangi SDK'nın ne amaçla kullanıldığında nasıl bir sonuç vereceğinin ilişkisini kurgulamak da araştırma aşamasında önem kazanmaktadır. Araştırma sonucunda, yazılım geliştirme kitlerinin çeşitli alanlarda değişken kullanımlara olanak sağladıkları ve bu kitlerin kullanımının literatür çalışmalarına süre ve bütçe açısından da destek sağladığı gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Genişletilmiş Gerçeklik, Karar Destek Sistemi, Mimarlık, Mühendislik ve İnşaat, Mobil Artırılmış Gerçeklik, Yazılım Geliştirme Kiti*

1. Introduction

Emergent technologies affect the field of architecture, engineering and construction (AEC) in terms of design practices, production and construction techniques, and representation methods. Despite the potential of augmented reality (AR) in this field, the professionals in this field did not adopt it completely with regard to its dynamic concept. By collaboration between different stakeholders AR increases work efficiency.

Although AR has the potential to enhance real world objects, it also has some limitations. The quality of the software limits and affects the quality of features used for the model integrated with AR. By being aware of the potentials and limitations of the software used in AR applications, solutions can serve the purpose. At this point, integrated use of the software allows effectiveness, because of using the opportunity of each software in a specific field or supporting the shortcomings of software with others. More complex AR Applications can be created by utilizing different Software Development Kits (SDKs). A software development kit (SDK) is a collection of programming tools and program libraries that is used to develop software. Mobile devices are wide-spread, user-friendly, and affordable so that mass and democratic usage of mobile augmented reality applications is possible for everyone. Because of these features of mobile devices, the focus of the paper is their production environment, namely SDKs.

SDKs differ from each other with their features such as tracking, recognition and rendering. AR technology can be roughly classified into two types by the location registration method: sensor-based AR that is registered by a sensor such as GPS, and image-based AR that recognizes feature points from image. Image-based AR is divided into two types whether it uses special markers or not, which is named marker-based AR by using it, another one is marker-less AR (Liang Yan, 2019). Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) technology allows for the generation of an environmental map while estimating the self-position without using the map at the same time. The SLAM algorithm here stands for visual SLAM which only uses the camera as a sensor. Widely used in robotics engineering, this tool improves the stability of the AR tracking algorithm. Therefore, the designed tele-simulation system uses a markerless AR algorithm (Liang Yan, 2019).

The research questions are how these environments can be used in AEC field; in which cases they are utilized most; what potential contributions have been focused on in the literature. Besides, there are sub-questions such as which SDK can be used effectively in which situations or fields; which kind of usage of the SDK authors prefer in their researches; what the technological properties and shortcomings of the SDKs are; what opportunities the SDKs provide in AEC fields; which hardware, software and programming languages are used together with the SDKs.

Answering these questions helps reveal the potential contributions and the limitations of the SDKs in the field of AEC. This provides a framework and components for a decision support system for the user searching for “a plausible software” for “a specific purpose” at the beginning of their study. This research compares the SDKs due to their common and dissociating features.

The aim of the study is to reveal the contributions of mobile extended reality SDKs to architecture, engineering and construction disciplines through the applications in related literature and to develop a decision support system based on these data. This system is important in terms of being able to see the relationality and comparisons of the software development tools that an entry-level developer can use in line with his work, and in terms of creating a framework for what kind of uses in which areas.

The contributions of the SDKs used within the scope of the studied literature to the disciplines mentioned before in terms of their technological capabilities and the situations in which they are used through flowcharts constitute the focus of the study.

There are various kinds of software development kits (SDK) used in AR applications such as ARCore, Vuforia, ARToolKit, ARKit, WikiTude, LayAR, Kudan, FaceSDK, SLARToolKit, FLARToolKit, OsgART, Droid AR, Augment, Aurasma, Metaio, BazAR, D'Fusion, Gamma AR, Tango, Firebase, Estimote Indoor Location SDK, Fologram, Metaio and xBIMToolkit. In this study, some SDKs such as Metaio or Tango are eliminated as they are withdrawn from the market. Thus, this study only includes Vuforia, Fologram, ARCore, ARKit, ARToolkit, Gamma AR, Kudan AR and xBIMTools respectively.

One of the most utilized of these SDKs are Vuforia, ARCore, ARKit and ARToolKit. Vuforia is mostly utilized because of its features such as recognition of different types of visual objects, text and environment recognition, scanning and creating objects. ARCore's prominent features are motion tracking, environmental recognition, and light estimation. ARKit is used especially for light estimation, TrueDepth camera, visual inertial odometry, scene recognition, rendering optimizations. ARToolKit's special features are single or stereo cameras for position/orientation tracking, tracking of simple black squares, tracking of planar images, camera calibration, optical stereo calibration, optical head-mounted display support (Glover, 2018). All of these four SDKs are working with Unity 3D software which is the most commonly used software for the production of AR applications. Without considering the common use of some software and their price, the focus is on their features.

This study consists of an introduction section includes the problem, hypothesis, aim and scope; a literature review in the fields of architectural and urban design, construction and digital fabrication; a methodology focused on the technological properties and related tools of the SDKs (such as hardware, software, programming languages), the opportunities they provide and shortcomings of the SDKs; and a results and conclusions section (**Figure 1**).

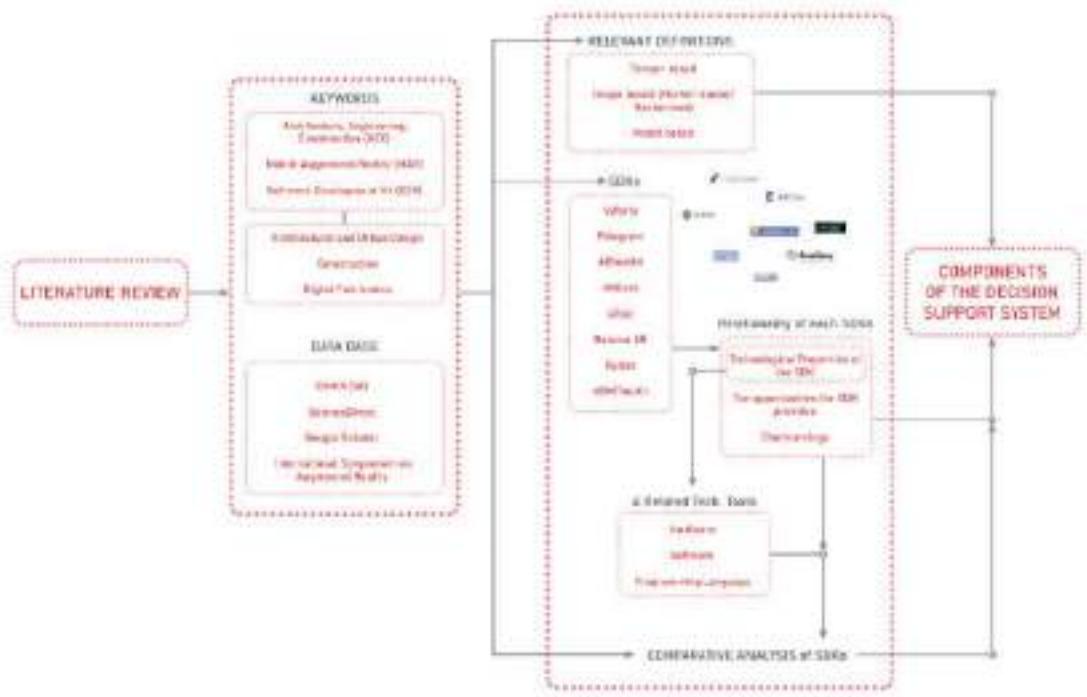


Figure 1: General framework of the study generated by the authors.

2. Literature Review

In the literature review, only the case studies who developed AR application and used it in their study were examined. The articles published in the fields of architecture, engineering and construction that contain information about the SDKs of mobile augmented reality applications constitute the data source of this research.

184 research papers published between 2010-2021 are reviewed on ScienceDirect, International Symposium on Augmented Reality, Google Scholar and Cumincad database is taken from annual conferences of the Association for Computer Aided Design In Architecture (ACADIA) and its sibling organizations in Europe (ECAADE and CAAD Futures), Asia (CAADRIA), the Middle East (ASCAAD), South America (SIGRADI) and International Journal of Automation and Computing (IJAC). Studies in these indexes include the keywords such as augmented reality applications in architecture, engineering and construction (AEC), mobile augmented reality applications, augmented reality SDKs (**Figure 2**).

The SDKs ARCore, Vuforia, ARToolKit, ARKit, Augment, Gamma AR, Kudan, Tango, Firebase, Estimote Indoor Location SDK, Fologram, Metaio Creator and xBIMToolkit are studied in the articles related to this specific field. The author

eliminates Metaio Creator SDK as it was bought by Apple in 2015 and is no longer available. The other eliminated software are Tango, Firebase, Estimote Indoor Location SDK because of their availability.

The articles are divided into four categories: BIM/Construction/Building Physics, Architectural Design, Urban Design, Digital Production. 28 articles about Architectural Design, Urban Design, BIM/Construction/Building Physics and Digital Fabrication are examined with the aspects of utilized technological properties of the SDKs, the opportunities they provide and the shortcomings of the software used in the process (**Figure 3**).



Figure 2: Literature review (filtered & generated by the authors).



Figure 3: Outputs of the SDKs generated by the authors.

3. Methodology

The methodology of the study focuses on the technological properties and related tools of the SDKs (such as hardware, software, programming languages), the opportunities they provide and shortcomings of the SDKs. Comparative diagrams help easily comprehend the relationships between SDKs and AEC Fields, Software, Hardware, Programming Languages and technological properties.

3.1. Comparative diagrams of SDKs

In the field of digital manufacturing the most commonly used SDK is fologram, besides ARCore, ARKit, ARToolKit, Vuforia are also utilized. In the literature of BIM/Construction and Building Physics fields, divergent SDKs such as

Gamma AR, Kudan, xBIMToolKit, Vuforia, ARToolkit are in use. While Vuforia, Fologram and ARKit are used in architectural design literature, Vuforia and ARKit are applied in urban design fields (**Figure 4 & 5**).

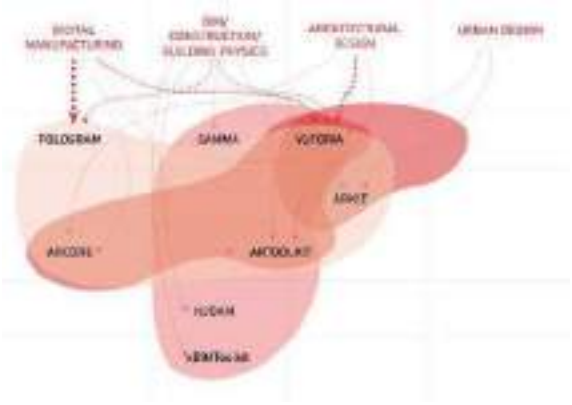


Figure 4: Relationships between the SDKs and AEC Fields generated by the authors.

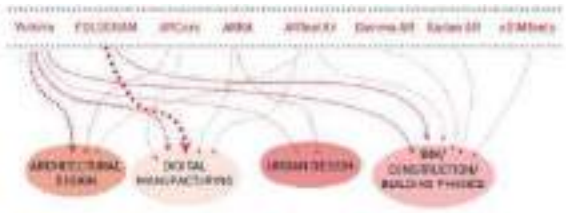


Figure 5: Relationships between the SDKs and AEC Fields generated by the authors.

While Fologram is mostly driven with Rhinoceros/Grasshopper, Vuforia is driven with Unity 3D, Gamma AR and xBIMTools are used with Autodesk Revit together (**Figure 6**).



Figure 6: Relationships between the SDKs and software generated by the authors.

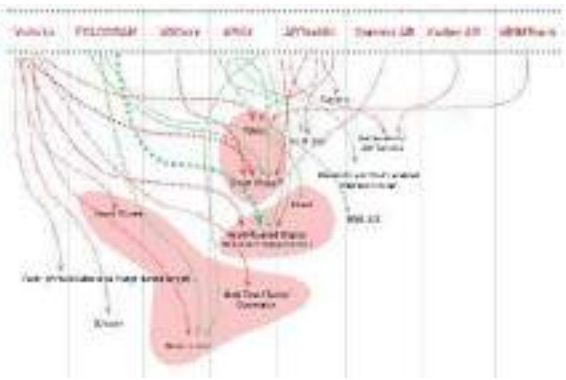


Figure 7: Relationships between the SDKs and hardware generated by the authors.

While smartphones and tablets are the main hardware runned with SDKs, there are other tools, such as camera, multicopters, UAV camera, bluetooth and wifi enabled microcontroller, RGB Led, 3D printer, 3D scan, paper, robotic arm, smart gloves, multi touch table, head mounted display, kinect (**Figure 7**).

The relationship between the SDKs and the programming languages like C#, Processing, C++, xBIM scripting language is weak, as they are used mostly linearly (**Figure 8**).

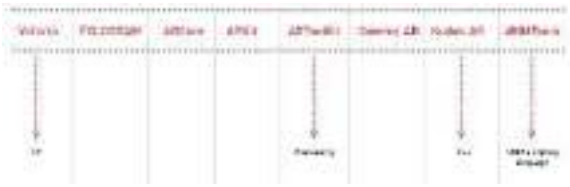


Figure 8: Relationships between the SDKs and programming languages generated by the authors.



Figure 9: Relationships between the SDKs and technological properties generated by the authors.

Technological properties have a more complex relationship, because mobile devices do not have similar qualities. For example, ARKit uses TrueDepth Camera function and is only used in IPhones (**Figure 9**).

4. Results and Discussions

Although in the design field mostly both Vuforia and Unity are used, ARCore, ARToolKit and Tango SDKs are also utilized in some cases. In the field of digital fabrication, most commonly used SDK and plugin is Fologram, because of its easy integration with RhinoCeros and Grasshopper. Besides that, Vuforia, ARKit, ARCore are also applied.

The state-of-art of mobile AR applications orient the studies in terms of their potentials and limitations. The studies show that the use of more mobile application SDKs enhances the research in terms of their different qualities. As a result of the research, it has been observed that software development kits allow different uses in various fields, and the researches show that by the use of these kits, working time is shortened, the spent budget is reduced, and more qualified results are obtained.

In the next stage of the study, the production of applications including architectural and urban design, BIM/construction and digital fabrication over these SDKs is important as it will also enable the testing of SDKs. In the future research, the sound integrated to the SDKs could also be used in navigation systems to assist the lay-person.

This research is limited with the SDKs in 184 research articles in the field of AEC industry. Some of the SDKs such as DeepAR, Wikitude, Easy AR, D'Fusion, ARMedia are not included in these articles. A more enhanced research is required to compare with other SDKs.

The SDKs need to be enhanced by artificial intelligence (deep learning) and computer vision. The technological potentials and limitations of SDKs affect the design of research. This is why it is important to select the SDKs according to the focus area. It is also important to create the relational-diagrams about which SDK should be used and how it will result during the research phase.

Acknowledgement
We would like to thank Prof. Leman Figen Gül and Assoc. Prof. Sema Alaçam (Istanbul Technical University) for their valuable contribution to this study with their guidance, lectures and constant supervision.

REFERENCES

Abe, U., Hotta, K., Hotta, A., Takami, Y., Ikeda, H., & Ikeda, Y. (2017). DIGITAL CONSTRUCTION: Demonstration of Interactive Assembly Using Smart Discrete Papers with RFID and AR codes. CAADRIA, 75-85.

Ashour, Z., & Yan, W. (2020). BIM-Powered Augmented Reality for Advancing Human-Building Interaction. eCAADe, 169-178.

Betti, G., Aziz, S., & Ron, G. (2019). Pop Up Factory: Collaborative Design in Mixed Reality Interactive live installation for the makeCity festival, 2018 Berlin. eCAADe 37 / SIGraDi 23, (s. 115-124).

Carozza, L., Valero, E., Bosché, F., Banfill, G., Mall, R., & Nguyen, M. (2017). Urbanplanar: BIM Mobile Visualisation in Urban Environments with Occlusion-Aware Augmented Reality. Proceedings of the Joint Conference in Computing in Construction, (s. 229-236). Heraklion.

Chaltiel, S., Bravo, M., & Chronis, A. (2017). Digital fabrication with Virtual and Augmented Reality for Monolithic Shells. eCAADe 35, (s. 211-218).

Fazel, A., & Izadi, A. (2018). An interactive augmented reality tool for constructing free-form modular surfaces. Automation in Construction, 135-145.

Glover, J. (2018). Unity 2018 Augmented Reality Projects: Build four immersive and fun AR applications using ARKit, ARCore, and Vuforia. Birmingham: Packt Publishing.

Goepel, G. (2019). Augmented Construction: Impact and opportunity of Mixed Reality integration in Architectural Design Implementation. ACADIA, (s. 430-437).

Goepel, G., & Crolla, K. (2020). AUGMENTED REALITY-BASED COLLABORATION: ARgan, a bamboo art installation case study. CAADRIA, (s. 313-322). Hong Kong.

Grasser, A. (2019). Towards an Architecture of Collaborative Objects. eCAADe 37 / SIGraDi 23, (s. 325-332).

Gül, L. F. (2017). Studying Architectural Massing Strategies in Co-design Mobile Augmented Reality Tool versus 3D Virtual World. eCAADe 35, (s. 703-710).

Hashimoto, J., & Park, H.-J. (2020). Dance with Shadows: Capturing tacit knowledge with smart device augmented reality (SDAR). eCAADe 38, (s. 165-172).

Jahn, G., Newnham, C., Berg, N. v., & Beanland, M. (2018). Making in Mixed Reality: Holographic Design, Fabrication, Assembly, and Analysis of Woven Steel Structures. ACADIA, (s. 88-97).

Koch, V., Ritterbusch, S., Kopmann, A., Müller, M., Habel, T., & Both, P. v. (2011). Flying Augmented Reality: Supporting planning and simulation analysis by combining mixed reality methods using multicopter and pattern recognition. eCAADe 29, (s. 843-849).

Kontovourkis, O., Georgiou, C., Stroumpoulis, A., Kounnis, C., Dionyses, C., & Bagdati, S. (2019). Implementing Augmented Reality for the Holographic Assembly of a Modular Shading Device. eCAADe 37 / SIGraDi 23, (s. 149-158).

Liang Yan, T. F. (2019). An interactive augmented reality tool for constructing free-form modular surfaces. CAADRIA, 424-432.

Mirshokraei, M., Gaetani, C. I., & Migliaccio, F. (2019). A Web-Based BIM–AR Quality Management System for Structural Elements. MDPI, Applied Sciences.

Narazani, M., Eghtebas, C., Klinker, G., Jenney, S. L., Mühlhaus, M., & Petzold, F. (2019). Extending AR Interaction through 3D Printed Tangible Interfaces in an Urban Planning Context. UIST'19, (s. 116-118). New Orleans.

Silcock, D., Schnabel, M. A., Moleta, T., & Brown, A. (2021). PARTICIPATORY AR: A Parametric Design Instrument. CAADRIA, (s. 295-304). Hong Kong.

Song, Y. (2020). BloomShell: Augmented Reality for the assembly and real-time modification of complex curved structure. eCAADe, (s. 345-354).

Song, Y., Koeck, R., & Luo, S. (2021). AR DIGI-COMPONENT: AR-assisted, real-time, immersive design and robotic fabrication workflow for parametric architectural structures. CAADRIA, (s. 253-262).

Sun, M., Sun, P., Dong, Y., & Lopez, J. L. (2021). MASS PRODUCTION: Towards Multidimensional, Real-time Feedback in Early Stages of Urban Design Processes. CAADRIA, (s. 649-658). Hong Kong.

Syahputra, M. F., Hardywantara, F., & Andayani, U. (2018). Augmented Reality Virtual House Model Using ARCore Technology Based on Android. Journal of Physics: Conference Series.

Yan, L., Fukuda, T., & Yabuki, N. (2019). Intergrating UAV Development Technology With Augmented Reality Toward Landscape. CAADRIA, (pp. 423-432). Hong Kong.

Yao, J., Lin, Y., Zhao, Y., Yan, C., Chang-lin, L., & Yuan, P. (2018). Augmented Reality Technology Based Wind Environment Visualisation. CAADRIA, 369-377.

Yao, J., Lin, Y., Zhao, Y., Yan, C., Li, C., & Yuan, P. F. (2018). Augmented Reality in the Design Process: Using visual effects (VFX) motion tracking techniques to conduct quantification research on the performance of augmented reality. eCAADe 36, (s. 761-70).

Zhang, Y., & Kwok, T.-H. (2018). Design and Interaction Interface using Augmented Reality for Smart Manufacturing. 46th SME North American Manufacturing Research Conference, (s. 1278-1286). Texas.

Atmosferin Dijitalleşme İmkanları: Metaverse ve Halüsinatif İmge

Serkan Can Hatıpoğlu[1]; Cansu Tatlı[2]
[1,2] Eskişehir Teknik Üniversitesi
[1] https://linktr.ee/serkanch, [1] serkanch@eskisehir.edu.tr; [2] cansutatli@eskisehir.edu.tr

Özet

Metaverse, başka olanakları olan bir evrenin inşa edilmesine yönelik bir girişimdir. Sanal evren önermelerinin çeşitli süreçlerden geçtikten sonra geldiği bu noktada dijital ikizler ve çeşitli ekonomik yatırımlar söz konusudur. Ne var ki, Metaverse yeni bir evrene işaret ederken benliğin bir kopyasını ve konvansiyonel ekonomik etkileşimlerin imitasyonunu üretmenin çok daha ötesini vaad edebilir. Ancak bu potansiyelleri açığa çıkarabilmek için yoğunlaşılması gereken alanları titizlikle tespit etmek gerekir. Metaverse, gündelik hayat diyaloglarına epey sızmış olsa da akademik alanda yapılan çalışmalar sınırlıdır. Keza mekana dair araştırmaların da bu alana odaklanacak şekilde geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Yeni evren önermeleri, ne kadar yol alırsa alsın bir noktada fiziksel dünyanın nicel değerlerine tutunması nedeniyle kendi gerçekliğini yaratmasını engellemektedir. Oysa evrenin kendi altyapısının sayısal sistemlere dayanması, ürettiği ve üreteceği mekanların tahayyülünün de nicel bir tabanda sıkışmasını gerektirmez. Nicel ve indirgemeci tavrı kırabilmek adına bu evrenin atmosferlerine yönelmekte fayda vardır. Çalışmanın amacı Metaverse'ün gündeme getirdiği olasılıkları mimari atmosfer tartışmalarıyla çarpıştırmak ve Metaverse'e dair alternatif bir okuma yapmaktır. Mekanların atmosferine dair teorilerin geliştirilmesi ve atmosferik çalışmaların yapılması, bu öte-deneyimlerin tarif edilmesine imkan verecektir. Mimari atmosfere, anidenliğe, esrik varoluşa ve halüsinatif imgeye odaklanılması Metaverse'ün açılımlarını artıracak ve çok katmanlı bir deneyimi mümkün kılacaktır. Atmosferin özne ve nesne gibi sınırları aşan bir fenomen olduğu öne sürülebilir. İnsanları, yerleri ve şeyleri birbirine bağlamasıyla atmosferler, bağlayıcı ve bütünleyici bir tavra sahiptir. Atmosferin kaynağı olan noktayı tam olarak belirlemek güçtür, mekanı bulutsu bir biçimde doldurur. Bulanık görüyü artıran başka bir özellik de atmosferin birden içine düşüldüğüne yönelik deneyimde yatar. Atmosferin tınıları kendini esrik varoluşta duyumsatır. Esriklik özün doğrudan tezahürü olarak da ele alınabilir. Atmosferin ve esrik varoluşun bağdaştığı imge, 'halüsinatif imge' olarak tarif edilebilir. Halüsinatif imgenin referanslarını fiziki dünya ile sınırlamayan bir yapısı vardır. Bu yönü ile Metaverse'e özgü alternatif algıların oluşmasına aracı olabilir. Nitekim halüsinatif imgelem, bulutsu dağılımın içine aniden sürükleniş veya dalma hali ile oluşan imgeleri tarif eder. Esrik varoluşun duyumsanmasına paralel bir şekilde oluşan bu imge, bizi Metaverse'ün ürettiği atmosfere içkin bir hale getirecektir.

Anahtar Kelimeler: *Metaverse, Mimari atmosfer, İmge, Öte-deneyim, Esrik varoluş*

Digital Possibilities of the Atmosphere: Metaverse and Hallucinatory Image

Serkan Can Hatıpoğlu[1]; Cansu Tatlı[2]
[1,2] Eskişehir Technical University
[1] https://linktr.ee/serkanch, [1] serkanch@eskisehir.edu.tr; [2] cansutatli@eskisehir.edu.tr

Abstract

Metaverse is an attempt to build a universe with alternative possibilities. Considering the propositions of the virtual universe with its short history, there are digital twins and various economic investments. While the Metaverse points out a novel universe, it is able to promise much more than producing a copy of the self and imitation of conventional economic interactions. In order to reveal these potentials, it is necessary to determine the areas that need to be focused on meticulously. Although Metaverse has permeated daily life dialogues, studies in the academic field are limited. Likewise, research about its architecture and space needs to be developed in this area. No matter how novel universe propositions are carried out, at some point they get stuck in the quantitative values of the physical world. This issue obstructs the creation of its own reality. However, the fact that the universe's own infrastructure is based on digital systems does not require the imagination of the spaces it produces to be compressed on a quantitative ground. To avoid the quantitative and reductive attitudes, focusing on the atmosphere of this universe would be a solution. The study aims to collide the possibilities of the Metaverse and the architectural atmosphere discussions so as to make an alternative reading of the Metaverse. Developing theories about the atmosphere of spaces and conducting atmospheric studies about Metaverse allow us to develop meta-experiences of the Metaverse. Focusing on the architectural atmosphere, immediate appreciation, ecstatic being and hallucinatory image will deepen the definition of Metaverse and provide a multi-layered experience. The image of the atmosphere and ecstatic being is associated with a 'hallucinatory image'. The hallucinatory image has a structure that does not narrow down its references to the physical world. With this aspect, it may provide forms of alternative perceptions specific to the Metaverse. The hallucinatory, parallel with the sensation of ecstatic being, will make us immanent to the atmosphere produced by the Metaverse.

Keywords: *Metaverse, Architectural atmosphere, Image, Meta-experience, Ecstatic being*

1. Giriş

Yeni bir evrenin tahayyülü olarak Metaverse, sayısallaşmış ortamlarda yeni deneyimleri, ilişkileri ve etkileşimleri beraberinde getirmektedir. Günümüze dek, doğmakta olan etkileşimlere dair gelişmeler genellikle medyada çıkan haberler aracılığı ile takip edilebilmiştir. Bu nedenle Metaverse, gündelik hayat diyaloglarına epey sızmış olsa da akademik alanda yapılan çalışmalar sınırlıdır. Keza mekana dair araştırmaların da bu alana odaklanacak şekilde geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Bu noktada (öte evrenin) öte-deneyimlerinin nasıl ortaya çıkabileceğine dair öngörüler geliştirebilmek için, oluşacak mekanların atmosferlerine yönelik de bir kuram ortaya koymak gerekmektedir. Bu bağlamda, çalışmanın amacı Metaverse'ün gündeme getirdiği olasılıkları mimari atmosfer tartışmalarıyla çarpıştırmak ve Metaverse'e dair alternatif bir okuma yapmaktır.

2. Metaverse: Öte- Deneyimlerin Arayışı

2.1. Sanal Evrenin Gelişim Süreci

'Meta' (ötesinde) ve 'universe' (evren) kelimelerinin bir araya gelmesinden oluşan Metaverse, başka olanakları olan bir evrenin inşa edilmesine yönelik bir girişimdir. Süreci anlayabilmek adına sanal evrenlerin tarihine kısaca göz atmakta fayda vardır. Sanal evren sürecinin gelişimi Dionisio (2011)'ya göre beş temel aşamada incelenebilir (**Şekil 1**). Birinci aşama, 1970'lerin başında temelinde metin ve rol yapma olan ''Dungeons & Dragons'' benzeri oyunların ortaya çıkması ile başlayan dönemdir. İkinci aşama, 1986 yılında Lucas Arts' ın geliştirdiği ''Habitat'' oyunu ile başlamaktadır. Sanal dünyanın grafiğe aktarıldığı ilk örnek olarak kabul edilen bu çok oyunculu oyun, sanal mekana grafik dünyanın yerlileri olarak tanımlanan ''avatar '' kavramını katmıştır. Üçüncü aşamada (1995 yılında), Worlds Inc firması oyun odaklı ve herkese açık ilk sanal dünyayı oluşturmuştur. Kullanıcıların daha fazla dahil olması ile sanal mekana, sosyalleşme imkanı tanımlanmaya başlanmıştır. Bu bağlamda Metaverse, kavram ilk olarak 1992 yılında Neal Stephenson tarafından ''Snow Crash'' adlı bilim kurgu romanında dile getirilmiştir. Bu romanda insanların sanal ortamdaki grafik bedenlerinin üç boyutlu sanal dünyadaki yaşamı ele alınmıştır. Metaverse, kullanıcıların VR ve AR gözlükleriyle içine girebileceği bir sanal mecra olarak tanımlanmıştır. 1995 yılında bu romandan yola çıkılarak ''Activeworlds'' isimli sanal dünya yaratılmıştır.1996'da ise sanal bedenlerin fiziksel bedenler gibi sesli görüşmeler yapabildiği, ağızlarının hareket edebildiği yeni bir arayış olan ''OneLive Traveller'' ortaya çıkmıştır.



Şekil 1: Sanal Evren Tarihi Gelişim Aşaması (Baş, M., & Tarakçı, İ. E., 2021)

Dördüncü aşamada sanal dünya kavramı, kullanıcıyı odağa alarak gelişim göstermiştir. ''Blue Mars" ve "Second Life'' gibi platformlar yaratılmıştır. Second Life platformu, yalnızca bireysel kullanımın değil, toplulukların ve kuruluşlarında kullanabilmesi üzerine kurgulanmasıyla sanal dünyayı ticaret ve eğitim gibi farklı alanlara çekmiştir. 2004 yılında Web 2.0'ın kullanıcıya sunduğu imkanlar sonrasında kullanıcı pasif-tüketici olmaktan çıkmış aktif- üretici olmaya başlamıştır. Böylece içeriğin sahibi değişmiştir. Sanal ve dijital kimlikler bir arada var olmaya başlamıştır. Beşinci aşama ise 2007'den itibaren olan süreçteki gelişimi tanımlamaktadır. 2010 yılında gündeme gelen Metaverse kavramı gündelik hayata entegre olmuştur. Eğitim, ticaret, seyahat, alışveriş gibi birçok alanda önemli bir aktöre dönüşmüştür. VR ve AR teknolojileri ile birlikte kullanılmasıyla gerçeklik yeni bir yöntemle algılanmaya başlamıştır.

İletişim paradigmalarında yaşanan değişim; 1990'larda bilgisayar, 2000'lerde web, 2010'larda mobil araçlar ile sağlanmıştır. Günümüzde ise bu paradigma kaymasının, dijitalleşme sürecine yeni bir boyut kazandırması ile, Metaverse ile gerçekleşebileceği düşünülmektedir. Siber uzayda birbirini kapsayan deneyimlerin üretimi hedeflenmektedir (Seidel vd, 2022). Metaverse'e dair açıklamalarında Zuckerberg (2021), mevcudiyet ve bir arada olma hissinin alışveriş yaparken, eğlenirken, eğitim alırken ve verirken kurulacağını dile getirir. Bu örneklerdeki gibi

mevcut deneyimlere ek olarak tasavvur edebildiğimizin ötesinde deneyimlerin de gerçekleşebileceğini düşünmek yanlış olmaz. Etkileşim halindeki öte-deneyimler ile yeni bir anlam dünyası ve yeni bir toplumsal düzlemin ortaya çıkacağı aşikardır. Bu örgütlenmeye olan inanç, Facebook'un ismini 'Meta' olarak değiştirmesi ve sanal gerçeklik girişimi olan Codec Avatar'ı, ByteDance'in de yine sanal gerçeklik oluşumu olan Pico Interactive'i satın alması ve bu alanlara yatırım yapmasından okunabilir.

2.2. Metaverse Üzerine Genel Yaklaşımlar

Yeni gelişmelere tepkisel olarak, temkinli yaklaşmak gerektiğini düşünenler de vardır. Temkinli olmaya yönelik söylemler çoğunlukla teknolojik atılımların salt ekonomik fayda güden paydaşlarından ve gelişmelerin adapte olması güç hızından kaynaklanmaktadır. Keza tasarım süreçlerine kadar uzanan hakikate dair tartışmalar da (Hatıpoğlu & Yamaçlı, 2021) benzer bir şekilde harlanmaktadır. Sanal gerçeklik araçlarının olmadığı haliyle bile gündemde yer edinen post-truth tartışmaları, bu tip araçlar ile yeniden sorgulanır hale gelmiştir. Erişilebilirlik sorunlarının ortadan kaldırıldığı bir alanda kaynaklara ulaşımın demokratikleşmeye başlayacağı düşünülebilir. Ancak araştırmacılar gelişmekte olan ülkelerin teknolojik üstünlüklerinin daha da artacağını ve kültürel ayrımın gittikçe keskinleşeceğini ön görmektedirler (Shen, 2021). Metaverse'ün bileşenlerinde sıklıkla yer alan donanım açısından da böyle bir evrenin en azından şu an için ihtiyaç duyduğu interneti ve güçlü bilgisayarları elde etmenin güçlüğü de söz konusudur (Helou, 2021). Bu alana olan ilgiyi göstermek adına çeşitli şirketlerin yatırımlarından daha önce bahsedilmişti. Bu şirketlerin Metaverse'te hakimiyet kurma yönündeki bir süre sonra bir soruna dönüşmeye başlayabilir. Tinworth (2021), bu olasılığın neden olduğu bir endişe ile, şirketlerin hegemonya kurmasına izin verilmemesi gerektiğine vurgu yapar.

2.3. Metaverse ve Benlik

Kişinin kendi benliğini ve bedenini algıladığı şekilde yansıtması fiziksel dünyadaki bedenlerin sürecini oluşturmaktadır. Ağ üzerinden kurgulanan mecralarda birden fazla benliğin oluşması ve yansıtılması söz konusudur. Farklı profiller, farklı benlikleri simgeleyebilmektedir. Bu durumlarda beden, sunulan alanın dışında olduğundan başka bir kimlik yaratımı gerçekleşebilmektedir. Sunulan tüm benlikler bir noktada benzeşse de aralarında etkileşimli bir ağ kurulmasında güçlükler yaşayabilmektedir . Sosyal ağlardaki bu tecrübeye dayanarak, fiziksel dünyadaki bedenlerin kopyalarından oluşan bir evrenin bilindik deneyimlerinin ötesini açması güç görünmektedir. Metaverse' ün sadece ikiz bir benliğin sunulması olarak görülmesi, var olan dünyanın kopyası olarak indirgemeci bir tavra denk düşer. Ne var ki farklı bir 'ben'in oluşacağı ön kabulüyle başlamak daha anlamlı olabilir. Bu benlik zaman içerisinde muhakkak beden ile ilintilenen yekpare, girift bir benliğe dönüşecektir.

Halihazırda çeşitli toplumsal statülerde davranış kodlarının farklı işlemesinden ötürü birden fazla benliğin yönetilmesine rağmen bunların tek bir bedende eritiliyor olması, benliğin tamamı ile ayrıştırmacı ve kopyaya dayanan bir yordam ile inşa edilmediğini göstermektedir. Yaratılan benliğin diğer benliklerin gerçekliklerini taklit etmesi yerine, kendi gerçekliğini yaratmak amacıyla belirmesi Metaverse' ü daha tanımlı bir zemine oturtmaktadır. Baudrillard (2014, s. 67), simülarklar üzerinden yaratılan hipergerçeklikte tamamen insan zihninde oluşan gerçeklik yanılgısı ile insanların düşünemez hale getirildiğini, tercihlerini gerçek olmayan ama gerçek hissettirerek onun yerini alan şeyler üzerinden yaptıklarını söylemiştir. Gerçek, gösterilmeye çalıştığı müddetçe, gösterilen şey gerçeğin kopyası olmaya mahkumdur. Gerçeğin değişken, varlık ve benlik ile yeniden şekillendiği evrenlerin gerçeği gizleme şansı yoktur. Algılananlar anlık gerçeklere dönüşmektedirler.

2.4. Metaverse Girişimleri

Yeni bir evren geliştirmenin temel motivasyonu ekonomik girdilerde bulunmaktadır. Söz gelimi NFT (non-fungable token / takas edilemez jeton) gibi teknolojiler ile ekonomik süreçlerin konvansiyonel çizgilerin dışına çıktığı yeni modeller oluşmaktadır. Bu tür modellerin Metaverse'te oluşacak değerlerin biricikliğinin tasdiklenmesi ve transferlerinin sağlanması açısından önemli girişimler olduğu söylenebilir. Fakat henüz başlangıç aşamasında olunmasından ve öte-deneyimlerin tahayyülünün kısıtlılığından ötürü buradaki ekonomik akışlar da özgünlük kazanamamıştır. Ekonomik girişimlerden Metaverse ile sanal dünyada internet ötesi (fakat çoğunlukla fizikseli taklit eden) ikiz bir yaşam sunmasına yönelik bir kurgu oluşturulduğu görülmektedir.

Metaverse'ün sunduğu imkanlar ile kullanıcılar kendi temsillerine özen gösterme ve para harcama eğilimi göstermektedir. Bununla ilişkili olarak markalar dijital pazarda yerini almak için çeşitli girişimlerde bulunmaktadırlar. Bitmoji, ilk olarak 2016 yılında, kullanıcılarına lüks avatar giysileri sunmak için Bergdorf Goodman ile iş birliği yapmıştır. 2018'de Carlings, Neo-Ex isimli ilk dijital giyim koleksiyonunu piyasaya sürmüştür. Metaverse'e varan süreçte dijital

giyim sadece iki boyutta kalan fotoğraf ve videolardan oluşmaktadır. Metaverse' ün getirisi ile kullanıcı gerçekten o kıyafeti üzerinde taşıyormuş gibi bir deneyimin yaşayabilmektedir. Bu algının ortaya çıkışı, güçlü markaların Metaverse' te varlık gösterme sürecini hızlandırmıştır. 2019 yılında 'The Fabricant' dünyanın ilk dijital moda evi olarak sunulmuştur. Kullanıcıların da dijital moda yaratıcısı olabileceği bir stüdyo olarak işlemektedir. 2021 yılında, 7.500 dolar karşılığında dijital bir elbise satışına aracı olmuştur (**Şekil 2**).



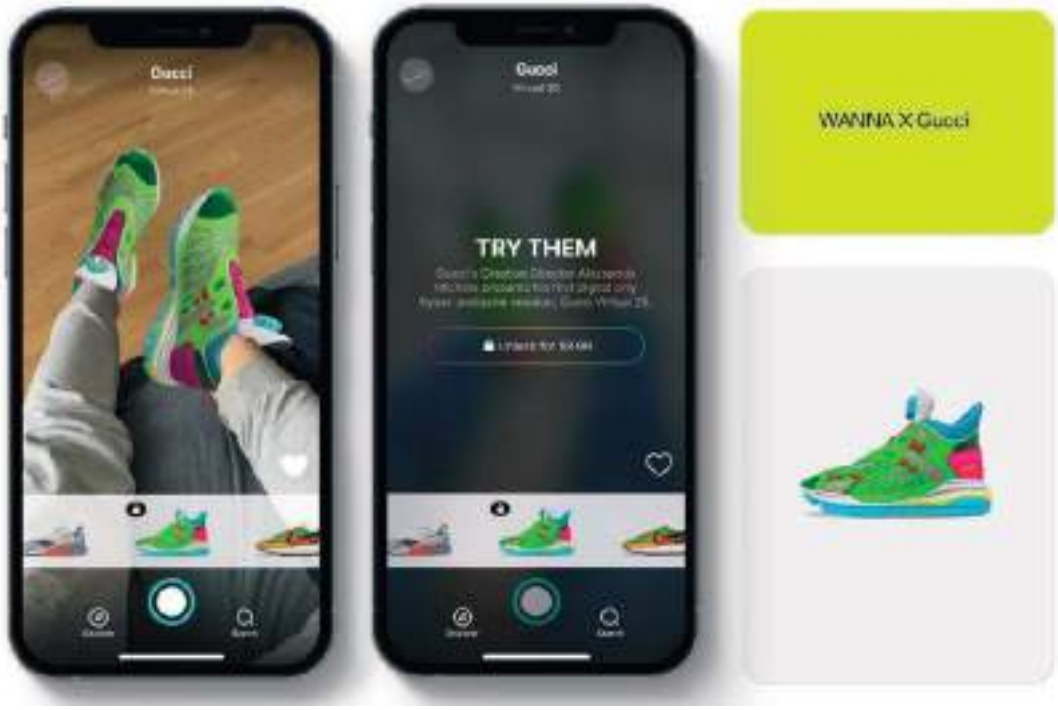
Şekil 2: Dijital moda alanında uzmanlaşmış The Fabricant'tan bir dijital elbise (Kaynak: https://fashionunited.nl/nieuws/business/the-fabricant-krijgt-kapitaalinjectie-van-14-miljoen-dollar/2022040853173)

The Fabricant ve Toni Maticevski iş birliği ile sıvı metalden tasarlanan The Animator Overcoat fiziksel dünyada var olmayan imkanlarla kullanıcılara sunulmuştur. Kullanıcıların yeni dünya kimliklerine uyum sağlayarak yeniden şekil almaktadır (**Şekil 3**).



Şekil 3: The Animator Overcoat (Kaynak: https://www.thefabricant.com/australian-fashion-week)

2021 yılında Gucci cep telefonu kamerasının ayaklara doğru tutulmasıyla ekranda görünen dijital tasarım ayakkabıyı 12.99 dolara satarak bu akışa katılmıştır (**Şekil 4**). Aynı zamanda Gucci, Garden isimli bir Metaverse evreninde ürünlerini satarak, sanal ürünler için özel gereksinimleri olan sanal mekanlar yaratmaya başlamıştır. Gucci, Roblox firması ile iş birliğine girmiş, sanal bir çanta satışa sunmuş ve bu çantayı fiziki dünyadakinden daha yüksek meblağlara satmıştır (Ma, 2021).



Şekil 4: Gucci dijital tasarım ayakkabı (Kaynak: https://gq.com.tr/dahasi/wanna-x-gucci-12-dolarlik-sanal-sneaker)

Metaverse dünyası, işletmelerin alıştıklarından çok daha karmaşık, çok daha fazla alanlı bir iş ortamının gelişmesine yol açmaktadır. Aslında iç içe geçmiş fiziksel, elektronik ve sanal alanları birleştiren bu yeni iş ortamının doğası ekonomik, sosyal ve politik sonuçlar doğurmaktadır. Bu bağlamda, işletmelerin Metaverse dünyasında yer alabilmeleri için, sistematik olmaları ve yol haritalarını belirlemelerini gerektirmektedir (Bourlakis , 2009 ; ss. 136-137). Dan (2021); Coca-Cola, Nike, Microsoft gibi markaların da kişiselleştirilmiş ürünler ile NFT teknolojisine duyduğu ilgiyi göstermektedir. Bu işbirlikleri, yatırımlar ve harcamalar alana olan ilgilinin gitgide artmakta olduğuna işaret etmektedir. Ne var ki, henüz dijital mecranın deneyimlerinin statü göstergeleri geliştirmeye dayanması ve bunu da kıyafet ve çanta gibi araçlarla sağlaması, başka türlü deneyimlerin açılım kazanmaya başlamadığını ve henüz imgelemi dönüştürücü potansiyeline erişemediğini göstermektedir. Keza dijital pazar yerleri ve sanat galerileri gibi inisiyatifler de dijitalleşmenin olanaklarının tam olarak keşfedilmemesine dayanan konvansiyonel ilişkilerle sonuçlanmaktadır.

2.5. Metaverse'ün Olanaklarına Giriş

NFT gibi kişiselleşmiş jetonlar özgün bir deneyim ortamı oluşturmanın ayaklarından biridir. Mekanlar arası hızlı geçişler, varmak için geçirilen sürenin milisaniyelere düşmesi özgürlükçü bir alan tanımaktadır. Mekanların kullanıcılara göre ölçeklenebilirliği de kişiselleştirilmiş deneyimlerin yelpazesini genişletmektedir.

Metaverse ekonomi, sanat, eğitim, kültür gibi pek çok alanda hem üretim hem de iş birliği olanakları sunmaktadır. Ancak dijital tabanlı olması güvenlik konusundaki bazı endişeleri ve tehditleri akıllara getirmektedir. Çünkü teknolojik gelişmelerin insan beklentilerinin üzerinde bir hızla gelişmesi, üretilen içeriklerin temelde kâr elde etmeye odaklı olması ve denetiminin çok az olmasına ek olarak hukuki düzenlemelerin yetersiz olması tehditlerin ve sorunların hissedilmesine sebep olmaktadır. Çin'de yapılan araştırmalarda bu sistemin diğerleri üzerinde bir egemenlik kurabileceği kaygısı ifade edilmektedir (Kuş, 2021, ss. 252-253). Avrupa Birliği genelinde de bu alanda düzenleyici bir yasal çerçevenin bulunmadığı bilinmektedir.

Tüm olanaklar ve endişeler göz önünde bulundurulduğunda, Metaverse' ün konvansiyonel ekonomik ve mekansal ilişkileri aşabilme potansiyeli vardır. Ancak bunun için öte-evrene ait öte-deneyimlerin nasıl inşa edileceği üzerine çalışılması gerekmektedir. Şu an için gündemde çok yer almasa da, mekanların atmosferine dair teorilerin geliştirilmesi ve atmosferik çalışmaların yapılması, bu öte-deneyimlerin tarif edilmesine imkan verecektir.

3. Mimari Atmosfer Ve Dijital İmkanlar

3.1. Atmosferin Temel Özellikleri

Atmosfer tartışmalarına kıvılcım veren kavramlar için Heidegger (1962) bir başlangıç noktası olarak alınabilir, ruh hali (mood) ve uyumlanma (attunement) bunların başında gelir. Ruh hali (veya Heidegger'in kullanımıyla Stimmung), her durumda zaten oradaymış gibidir, öncelikle kendimizi içine bıraktığımız ve daha sonra bizi baştan sona uyumlayan (attune) bir atmosfer gibidir (Heidegger, 1995, s. 67). Özneyi belirli bir atmosfer veya ruh haliyle saran bir alan (Ogawa, 2000, s. 153) söz konusudur. Atmosferin özne ve nesne gibi sınırları aşan bir fenomen olduğu öne sürülebilir. İnsanları, yerleri ve şeyleri birbirine bağlamasıyla atmosferler, bağlayıcı ve bütünleyici bir tavra sahiptir.

Atmosferler, bir nesneye veya özneye yönelmek yerine, belirli bir çevreye kontrol altına alınamaz bir şekilde yayılırlar. Bir odaya girildiğinde ve spesifik bir atmosfer hissedilmeye başladığında, atmosferin nerede olduğunu tespit etmek epey güçtür. Haliyle "nerede olduklarından emin olamıyoruz. Mekanı bulutsu bir biçimde (like a haze) belirli bir duygu tonuyla dolduruyorlar" (Böhme, 1993, s. 114). Tüm bu bulanıklıklar nedeniyle kristalize edilmiş bir imgesinden de söz etmek mümkün değildir. Bu durum atmosferler üzerine konuşmayı zorlaştırsa da kolayca indirgemeci bir yaklaşıma maruz kalmasını da önler. Bulanık görüyü artıran başka bir özellik de atmosferin birden içine düşüldüğüne yönelik deneyimde yatar. Zumthor (2006, s. 13) atmosfer tecrübesini açıklar iken, "Bir binaya giriyorum, bir oda görüyorum ve - saniyeler içinde - bu duyguyu hissediyorum." der. Kendimizi birden içinde bulma hali, mekansal deneyimin içselleştirilmesi için kritik bir öneme sahiptir.

3.2. Esrik Varoluş

Atmosferin kendisinin yanı sıra içinde konumlanan varlıklara dair de söylemler geliştirilmiştir. Bu bakımdan Böhme (2017, ss.37-54), esrik varoluşu (ecstatic being) inşa eder. Şeylerin bir özü vardır, ancak bunlar, ne kendi başına ne de kendisi olarak algılanabilir değildir. Bir şeyin kendisini ifade edebildiği eklemlenme biçimleri için uyumlanmaya (attunement) ihtiyaç vardır. Böhme (2017, s. 46) mevcudiyet biçimlerinin bir şeyin karakteristik olarak kendi dışına çıktığı kiplerde yer aldığını söyler ve bu kendi dışına çıkma hallerine esriklik (veya kendinden geçme) ismini verir. Esriklik özün doğrudan tezahürü olarak da ele alınabilir. Bu bakımdan esrime halleri, şeylerin yüzeysel özelliklerinin ötesindeki özün görünüm kazandığı anlara karşılık gelir.

3.3. Halüsinatif İmge

Atmosferin ve esrik varoluşun bağdaştığı imge, konvansiyonel imge anlayışından farklı olabilir. Birey kendini aniden bir atmosferin içinde bulabilmekte ve o atmosferin bir parçası haline gelme sürecine hızla adapte olabilmektedir. Bu geçişi mümkün kılan, atmosferin muğlaklığı ve kararsızlığı ile eşleşen, bir 'halüsinatif imge' den bahsedilebilir. Türkçe' de 'sanrı' ile ifade edilen halüsinasyon, kısaca şu özelliklere sahiptir: "Gerçekte var olmayan şeyleri varmış gibi algılama, kişinin kendisine tam olarak inandığı nesnesiz algı. … [Sanrı] gerçekte karşılığı bulunmayan bir algı içeriği edinme halini, olmayanı algılama durumunu, uyanıklık halinde, gerçek olduğunu sanarak düş görme halini ifade eder" (Cevizci, 2005, s. 70). Bu hali ile referanslarını fiziki dünya ile sınırlamayan bir yapısı vardır.

Görmeye ilişkin soruları ile Crary (1990), gözlemci öznenin statüsünün 19. yüzyılın başların itibariyle nasıl yeniden tanımlandığını ele almıştır. Bu bağlamda ilkel bir fotoğrafik araç olan stereoskopu analiz etmiştir. Stereoskopik görüntünün görsel deneyiminde gözlerimiz derinliğe doğru düzensiz bir yol izler, halüsinatif bir netlikle aşılanmış, ancak bir araya getirildiğinde homojen bir biçimde birleşmeyen üç boyutlu bölgeler oluşturur (s. 126). Dolayısıyla teknolojik araçların ortaya çıktığı ilk zamanlarda halüsinatif imgenin bir süre mevcudiyet gösterebildiği söylenebilir.

Halüsinatif deneyime mitlerin bedenle olan ilişkilerini inceleyen Merleau-Ponty (2002) aracılığıyla da ulaşmak mümkündür. Merleau-Ponty (2002, s. 339), mitlerin köklerinin bedende olmasından ötürü, uzamsal deneyimi küçülterek nesneleri yakınlaştırdıklarını ve böylece insanları dünyalarıyla birleştirdiklerini açıklar. Mitolojik bilinç, nesnel bir 'şey' veya hakikatten önce var olur (ss. 338-339). Haliyle çevresini mitolojik bilinç aracılığı ile deneyimleyen bireyler, salt geometrik uzayda gerçekleşen, nesneleri önde tutan eleştirel düşünmenin ötesine geçebilmektedir. Halüsinatif deneyim ve mitlere yol açan şey, deneyimlenen mekanda bir daralma, şeylerin bedenimizde kök salması, nesnenin yakınlığı, insanın dünya ile kurduğu birliktir. Fakat bu tür bir deneyim gündelik yaşam algısı ve objektif düşünme pratikleri nedeniyle arka plana atılmıştır (s. 339).

Sanatsal etkileşimlerde, Pallasmaa (2001, s. 25) için spesifik olarak da sinematik deneyimde, halisünatif bir etkinin varlığı söz konusudur. Gerçek mimarlık, halüsinatif bir hava taşır. Bu havanın uyarımı ile insanın yönelimlerini,

duygularını ve düşüncelerini şekillendirir. Dolayısıyla atmosferin yayılım gösterdiği bileşenlerinden birinin halüsinatif tonlar olduğu söylenebilir (**Şekil 5**).



Şekil 5: Halüsinatif denemeler (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır)

Bir şeyin ne tasviri ne de görsel temsili, o şeyin kendisi değildir. Bunlar başkalarının anlayışında o şeyin mevcudiyetine aracılık etmek gayesiyle ortaya konurlar. Bu tür betimlemelerde ve temsillerde şeyler, esrik hallerinden uzaklaşır. O şeyi algılayan kişi maddesi olmaksızın salt görünümü alımlar. Dolayısıyla esrik varoluş temsillerde değil, atmosferlerde varlık gösterebilir. Özetle esrime halleri, o şeyin ortaya çıkmasına ve mevcudiyet kazanmasına neden olduğu için önem arz eder. Şeylerin kendilerinin dışına çıkabilmeleri ve esrik varoluşu ortaya koyabilmeleri için uyumlanmanın (attunement) gerçekleşeceği bir atmosfere ihtiyaç vardır. Böyle bir atmosferin, özellikle dijital mekan tartışmalarında, halüsinatif imge ile inşa edilebileceği öngörülmektedir . Dolayısıyla Metaverse'ün gündeme getirdiği olasılıkların bahsi geçen kavramlarla çarpıştırılması ve Metaverse'e dair alternatif bir okuma yapılması, Metaverse'ün öte-deneyimlerine giriş yapma imkanını verecektir**.**

4. Tartışma: Metaverse'te Atmosfer, Esrik Varoluş ve Halüsinatif İmge

Yeni evren önermeleri, ne kadar yol alırsa alsın bir noktada fiziksel dünyanın nicel değerlerine tutunması nedeniyle kendi gerçekliğini yaratmasını engellemektedir. Markaların yatırım yapmaları, bu evren modellerinde yüksek fiyatlarda yapılan alım-satım işlemleri, evrenin tanımlanmasında ön plana çıkan nicel değerlendirmeleri körüklemektedir. Bu tür bir evrene dahil olabilmek için donanımların nicel değerleri okuma kapasitesine bağlı olarak ileri seviye olmasının gerekliliği de nicel algıyı öncelemektedir. Oysa evrenin kendi altyapısının sayısal sistemlere dayanması, ürettiği ve üreteceği mekanların tahayyülünün de nicel bir tabanda sıkışmasını gerektirmez.

Metaverse ele alınacağı zaman dijital bir mekanlaşmanın alanına girilmiş olur. Sanal uzay olarak ele alınmasından da anlaşılacağı üzere derinleşmesi gereken uzamsal bir boyut söz konusudur. NFT teknolojisi gibi altyapılar ile bu yeni evrenin ekonomik yapısının incelikle işlendiği bir ara fazda iken mekanlar ile ilgili de benzer bir zihinsel mesainin

harcanmasına ihtiyaç vardır. Dijital mekanda atmosfere dair çeşitli söylemler Hatıpoğlu & Tokman (2021) tarafından geliştirilmiştir. Bu çalışmanın devamında Metaverse özelinde birkaç noktaya dikkat çekilebilir. Mevcudiyet hissinin etkin bir şekilde yer alması ile Metaverse içkin bir deneyime dönüşmeye başlayabilir. Zoom gibi platformlardakilerin ötesinde bir mevcudiyet gösterebilmek için ihtiyaç duyulan temel bileşenin atmosferik deneyimler olduğu söylenebilir. Nitekim mevcudiyet olgusu, Böhme (2017, ss.37-54) tarafından atmosferdeki mevcudiyeti tartışırken başvurulan esrik varoluş ile ele alınabilir.

Metaverse'ün sanal dünyada internet ötesi ikiz bir yaşam ile koşut görülmesi ilerleyen süreçte devamlılık arz etmeyecek bir bakışa benzemektedir. Farklı bir 'ben'in oluşacağı ön kabulüyle başlamak daha anlamlı olabilir. Bu benlik yekpare, girift bir benliğe zaman içerisinde dönüşecektir. Halihazırda çeşitli toplumsal statülerde davranış kodlarının farklı işlemesinden ötürü birden fazla benliğin yönetilmesine rağmen bunların tek bir bedende eritiliyor olması, benliğin tamamı ile ayrıştırmacı ve kopyaya dayanan bir yordam ile inşa edilmediğini göstermektedir.

Metaverse'ün kökünde de yer alan 'evren' kelimesi, birçok alanı kapsayıcı bir tutum içermekte ve bu kapsayıcı alanın tüm bileşenlerinde öte bir durum sorgulaması gerekmektedir. Bu noktada deneyim ve imge için de "imgenin ötesinde ki imge nasıl olabilir? " gibi bir soru belirmektedir. Yani bu öte-deneyimlerin ne olabileceği ve nasıl inşa edilebileceği araştırılması ve tartışılması gereken bir konudur. Bu imge, sayısal bir 'temsil'in ötesine ancak atmosferik girdiler ile geçebilir. Esrik varoluşun bir tetikleyicisi olarak bu öte-imgelere "halüsinatif imge" ismi verilebilir. Henüz giriş seviyesinde bir önerme olsa da, öte-evrenin öte-deneyiminin öte-imgesi halüsinatif imgelerde bulunabilir. Bu imgelerin sağlayıcısı olarak da atmosferlere Metaverse'te ciddi bir yer ayrılması gerekmektedir.

Epey güçlü donanımlar ve hızlı internet ihtiyacına dair (hem temel gereksinim olması hem de herkes tarafından edinilemeyecek olmasından kaynaklanan) fiziksel duyuma en yakın duyumsamayı elde etme gayesinden kaynaklanmaktır. İşte tam bu noktada mesele çok güçlü sistemler gerektiren, görselliğin birincil etken olduğu bir düzenektense atmosfer deneyimlerinin ön plana çıktığı bir ortam üzerine gidildiğinde Metaverse mekansallıklarında da bir demokratikleşme meydana gelecektir. Önemli olan piksel yoğunluğu gibi teknik veriler ve imgeler değildir. Odaklanılması gereken nokta, bu evrenin öte imgesi olarak halüsinatif imgenin nasıl inşa edileceği ve Metaverse'te ne kadar güçlü bir şekilde var edilebileceğidir. Çünkü fiziksel gerçeklikten kopuş, fiziksel imgelerin devşirilmesiyle veya ikiz bir gerçeklik yaratmak ile mümkün olmayacaktır. Başka bir yol olarak, Metaverse bir esriklik halinden beslenebilir. Bu dijital evrenin fiziki dünyanın taklitleriyle oluşan mevcut dijital imgelerin ötesinde imgeler üretebilme potansiyeli köreltilmemelidir. Dahası bizim bu esrik varoluşların dünyasına uyumlanmamızın (attunement) gerçekleşebilmesi için atmosfere dair örneklere ve literatüre yoğunlaşmak ve ipuçları aramak gerekmektedir.

5. Sonuç

Görüldüğü üzere Metaverse, yeni bir evrenin vaadi ile beraber birçok potansiyeli de yanında getirmektedir. Gelinen noktada ticari girişimlerin köpürtmekte olduğu bir mecra gibi görünse de, bunun çok ötesine gidebilme ihtimalini barındırmaktadır. Öte bir evrenin öte-deneyimleri, benliği ve imgesi süreç içerisinde kendini inşa edecektir. Bu noktada, birçok kısmında olduğu gibi, mekansallaşmalar konusunda da henüz giriş aşamasında iken gözden kaçırılmaması gereken bir alan vardır: Mekanların atmosferleri. Sanal ortamlardaki mevcudiyet olgusu, atmosfer tartışmalarındaki mevcudiyet ile beraber gözden geçirilmelidir. Atmosferin tınıları kendini esrik varoluşta duyumsatır. Esriklik özün doğrudan tezahürü olarak da ele alınabilir. Bu bakımdan esrime halleri, özün görünüm kazandığı anlara karşılık gelir. Atmosferin ve esrik varoluşun bağdaştığı imge, 'halüsinatif imge' olarak tarif edilebilir. Halüsinatif imge ile sayısal temsilin esrik hallerden uzaklaştırıcı tutumundan sıyrılmak mümkün hale gelir. Böylelikle halüsinatif imgelem, bulutsu dağılımın içine aniden sürükleniş veya dalma hali ile oluşan imgeleri tarif eder. Bu imgeler muğlaklığı ve aniden zuhur edişi nedeniyle sarsıntılı bir yapıya sahiptir. Bu yapı, halüsinatif etkiyi güçlendirir. Esrik varoluşun duyumsanmasına paralel bir şekilde oluşan bu imge bizi atmosfere içkin bir hale getirir. Bahsi geçen olgulara yönelik açılımları ile bu metin, Metaverse tartışmalarında göz ardı edilmemesi gereken bir kuramın kapılarını aralamaktadır.

KAYNAKLAR

Altun, D. (2021). *Sanal ve Artırılmış Gerçeklikle Dönüşen Yeni Nesil Sosyal Medya Mecrası: Metaverse*. Uluslararası İşletme ve Pazarlama Kongresi, İstanbul.

Baş, M., & Tarakçı, İ. E. (Eds.). (2021). *Sosyal Bilimlerde Multidisipliner Çalışmalar Teori, Uygulama ve Analizler*. İstanbul: Efe Akademi Yayınları.

Baudrillard, J. (2014). *Simülakr ve Simülasyon*. Ankara: Doğu Batı Yayınları.
Bourlakis, M., Papagiannidis, S., & Li, F. (2009). *Retail spatial evolution: paving the way from traditional to metaverse retailing*. Electronic Commerce Research, *9(1)*, 135-148. https://doi.org/10.1007/s10660-009-9030-8
Böhme, G. (1993). *Atmosphere as the Fundamental Concept of a New Aesthetics.* Thesis Eleven, 36(1), 113-126. doi:10.1177/072551369303600107
Böhme, G. (2017). *Atmospheric architectures: The aesthetics of felt spaces*: Bloomsbury Publishing.
Cevizci, A. (2005). *Felsefe Sözlüğü*. İstanbul: Paradigma Yayıncılık.
Crary, J. (1990). *Techniques of the observer: On vision and modernity in the nineteenth century*. MIT press.
Çelikkol, Ş. (2022). *Metaverse Dünyası'nın, Tüketici Satın Alma Davranışları Açısından Değerlendirilmesi*. İstanbul Kent Üniversitesi İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi, 3 (1) , 64-75 .
Dan, A. (2021). *NFTs Reshape Brand Marketing In The Creator Economy.* Erişim tarihi: 15.03.2022, https://www.forbes.com/sites/avidan/2021/09/13/nfts-reshape-brand-marketing-in-the-creator-economy/?sh=353f73cbda2d
Dionisio, J. D. N., III, W. G. B., & Gilbert, R. (2013). *3D virtual worlds and the metaverse: Current status and future possibilities.* ACM Computing Surveys (CSUR), 45(3), 1-38.
Hatıpoğlu, S. C., & Tokman, L. Y. (2021). *Atmospheric perception in digital space.* Paper presented at the ARCHDESIGN '21 / VIII. International Architectural Design Conference, Istanbul.
Hatıpoğlu, S. C., & Yamaçlı, R. (2021). *An autopsy of truth in design process: How designers think in post-truth era*. Paper presented at the LivenARCH VII: Other Architect/ure(s), Trabzon.
Heidegger, M. (1962). *Being and Time*. New York: Harper and Row.
Helou, S. (2021). *What are the risks of recreating reality in the metaverse?* Erişim tarihi: 15.03.2022, https://forkast.news/what-are-risks-recreating-reality-metaverse/
Howcroft, E. (2021). *Crypto fashion: why people pay real money for virtual clothes.* Erişim tarihi: 15.03.2022, https://www.reuters.com/business/finance/crypto-fashion-why-people-pay-real-money-virtual-clothes-2021-08-12/
Kuş, O. (2021). *Metaverse:'Dijital Büyük Patlamada' Fırsatlar ve Endişelere Yönelik Algılar*. Intermedia International E-journal, 8(15), 245-266.
Ma, V. (2021). *5 Futuristic Jobs of The Metaverse.* Erişim tarihi: 15.03.2022, https://hackernoon.com/5-futuristic-jobs-of-the-metaverse
Merleau-Ponty, M. (2002 [1945]). *Phenomenology of perception*. London: Routledge
Ogawa, T. (2000). *The Horizonal Character of Phenomena and the Shining-forth of Things*. Research in Phenomenology, 30(1), 146-157.
Pallasmaa, J. (2001). T*he architecture of image: Existential space in cinema.* Helsinki: Building Information Ltd.
Seidel, S., Yepes, G, Berente, N, & Nickerson, J. V. (2022). *Designing the Metaverse*. Proceedings of the 55th Hawaii International Conference on System Sciences. https://par.nsf.gov/biblio/10298099. Erişim Tarihi: 14.03.2022
Shen, X. (2021). *Chinese state-owned think tank flags national security risks of metaverse, citing potential political and social problems.* Erişim tarihi: 15.03.2022, https://www.scmp.com/tech/tech-trends/article/3154447/chinese-state-owned-think-tank-flags-national-security-risks
Tinworth, A. (2021). *Make mine the Metaverse.* Erişim tarihi: 15.03.2022, https://nextconf.eu/2021/09/make-mine-the-metaverse/
Türk, G. D., Bayrakcı, S. & Akçay, E. (2022). *Metaverse ve Benlik Sunumu.* The Turkish Online Journal of Design Art and Communication, 12 (2), 316-333.
Zuckerberg, M. (2021). *Founder's Letter, 2021*. Erişim tarihi: 12.03.2022, https://about.fb.com/news/2021/10/founders-letter/.
Zumthor, P. (2006). A*tmospheres: Architectural Environments. Surrounding Objects*: Birkhäuser.

Designing and Testing a Virtual Reality Online Shopping Application

Ekin Kılıç[1]; Leman Figen Gül[2]
[1] Istanbul Technical University; [2] Istanbul Technical University
[1]kilice15@itu.edu.tr; [2]fgul@itu.edu.tr

Abstract

E-Commerce is a sector that has penetrated every aspect of our lives and is growing day by day. Online shopping is a type of E-Commerce which is a shopping method that has become more preferred by customers, especially after the COVID-19 pandemic that started in 2020. Although there are many advantages of online shopping, customers still have to buy products without trying, experiencing and interacting with them. This situation reduces the satisfaction of the customers with the delivered products and restricts their shopping experience. Some academicians and companies who are aware of the problem have been designing interfaces using Extended Reality (XR) technologies, to provide customers a more realistic online shopping experience and improve it. Most of the applications in the literature are still premature and have shortcomings. In this study, an online shopping application (VRSE) was created using Virtual Reality (VR), which is one of the XR technologies. While designing VRSE, other studies in the literature were examined, their deficiencies were determined and an application which can solve some of the existing problems was created accordingly. In order to appeal to a larger customer base and be more sustainable in the near future, the application was implemented for mobile devices and there is no need for costly VR gear to utilize it. Store design inside the VR application did not replicate real-life stores in order to provide its users a unique shopping experience and differentiate from other studies in the literature. Potential of the unrestricted environment offered by the digital world was used while designing the store and the potentials of architecture in the virtual world were investigated. A finalized version of the application, which was sufficient enough to perform basic shopping activities, has been tested by regular online customers. After participants experienced the application, they filled out a survey which measured the user experience to give feedback. Also, participants wrote their suggestions and opinions about the application at the end of the survey. The survey results were analyzed, deficiencies in the prototype and the expectations of the users from such an application were determined. Both the design stages of the application and the feedback of the participants provided important data about how a VR online shopping application should be designed and showed that there is a great need and demand for such applications.

Keywords: *Metaverse, E-commerce, Online shopping, Virtual reality, Spatial interface, Spatial virtual reality.*

Sanal Gerçeklik Ortamında Bir E-Alışveriş Uygulamasının Tasarlanması ve Test Edilmesi

Ekin Kılıç [1]; Leman Figen Gül[2]
[1] İstanbul Teknik Üniversitesi; [2] İstanbul Teknik Üniversitesi
[1]kilice15@itu.edu.tr; [2]fgul@itu.edu.tr

Özet

E-Ticaret günümüzde hayatımızın neredeyse her alanına işlemiş ve gün geçtikçe büyümekte olan bir sektördür. Çevrimiçi alışveriş ise e-ticaretin bir çeşididir ve özellikle 2020 yılında başlayan COVID-19 pandemi döneminden sonra müşteriler tarafından tercih edilirliği artmış bir alışveriş yöntemi olmuştur. Çevrimiçi alışverişin müşterilere sunduğu pek çok avantaj olsa da müşteriler ürünleri deneyemeden, deneyimleyemeden ve ürünle etkileşime giremeden satın almak zorunda kalmaktadır. Bu durum müşterilerin teslim edilen ürünlerden memnuniyetini azaltmakta ve alışveriş deneyimini kısıtlamaktadır. Problemin farkında olan bazı araştırmacılar ve şirketler, müşterilerin çevrimiçi alışveriş deneyimini iyileştirmek ve onlara daha gerçekçi bir alışveriş deneyimi yaşatmak için Genişletilmiş Gerçeklik (XR-Extended Reality) teknolojilerini kullanarak uygulamalar ve arayüzler tasarlamaktadır. Literatürdeki uygulamaların çoğu henüz başlangıç aşamasındadır ve bazı eksiklikleri vardır. Bu çalışmada Genişletilmiş Gerçeklik Teknolojilerinden biri olan Sanal Gerçeklik (VR-Virtual Reality) teknolojisi kullanılarak bir VR E-Alışveriş uygulaması (VRSE) tasarlanmıştır. Bu uygulama tasarlanırken literatürdeki uygulamalar incelenmiş, eksiklikleri tespit edilmiş ve sanal alışveriş mecrasında yaşanan sorunlara yanıt olabilecek bir uygulama üretilmeye çalışılmıştır. İlk aşamada daha büyük bir kitleye hitap edebilmesi ve yakın gelecekte daha sürdürülebilir olması için; uygulama mobil cihazlar için üretilmiştir, Türkiye ve dünyada en çok müşterisi olan sektörden biri olan "Moda ve Giyim" kategorisinde hizmet veren bir mağaza olarak kurgulanmıştır. Uygulamayı kullanmak için pahalı VR cihazlarına ihtiyaç yoktur. Sanal gerçeklik uygulamasındaki mağaza tasarlanırken gerçek hayattaki mağazalar sanal ortamda taklit edilmemiştir. Mağazanın tasarımında dijital ortamın sunduğu engelsiz çevrenin potansiyeli kullanılmış ve sanal dünyada olabilecek mimarlığın potansiyelleri de araştırılmıştır. Kullanıcıya gerçek dünyadakinden farklı bir mağaza deneyimi yaşatarak literatürdeki diğer çalışmalardan farklılaşmak amaçlanmıştır. Temel alışveriş faaliyetlerini gerçekleştirebilecek kadar geliştirilmiş olan VR uygulama (VRSE), düzenli online alışveriş yapan kullanıcılar tarafından test edilmiştir. Kullanıcılar uygulamayı deneyimledikten sonra geri bildirim vermek için kullanıcı deneyimini ölçen bir anket doldurmuş ve anket sonunda uygulamayla ilgili öneri ve görüşlerini yazmışlardır. Daha sonra anket sonuçları analiz edilmiş, prototip uygulamanın geliştirilmesi gereken yönleri öğrenilmiş ve kullanıcıların bu tarz bir uygulamadan beklentileri tespit edilmiştir. Çalışmanın sonucunda gerek uygulamanın tasarım aşamaları gerekse kullanıcıların geri bildirimleri, bir VR online alışveriş uygulamasının nasıl tasarlanması gerektiği hakkında önemli veriler elde edilmesini sağlamıştır ve bu tür uygulamalara büyük bir ihtiyaç ve talep olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: *Metaverse, E-Ticaret, Online alışveriş, Sanal gerçeklik, Mekansal arayüz, Uzamsal sanal gerçeklik.*

1. Introduction

E-commerce (EC) is the exchange of products and services over electronic platforms. Most transactions on the internet, from banking services to hotel reservations, can be considered as an e-commerce activity (Bloomenthal, 2020). Online Retail, E-Tailing or Online Shopping is a type of E-commerce in which the customers purchase finished products through websites and applications using devices such as computers, tablets or smartphones. With the improvement of the internet speed, the development of smart devices and these technologies becoming cheaper day by day; the online shopping method has been adopted by more and more customers over time. The number of online shopping sites, the number of businesses selling over the internet and the volume of online shopping are increasing every year.

Although EC is a big sector in today's world and online shopping has been around for some time, customers still face some unsolved problems while shopping online. The most noticeable problem of online shopping is being unable to interact with, experience and totally perceive a product before purchasing and having it delivered. Websites usually upload a few pictures of a product to display it. Yet, these pictures do not give users a lot of information about the product's quality, texture and dimensions. Therefore, customers may not be satisfied with the delivered goods from time to time. Customers can return the product if they are not satisfied to get a refund, yet, it requires an extra effort and wastes logistics workforce.

1.1. Motivation and Aim of This Study

The global EC market has been growing steadily throughout the past years. According to TÜSİAD (2019), worldwide online retail sales have increased from 1.33 trillion United States Dollars (USD) in 2014 to 3.53 trillion USD in 2019, additionally, it is estimated that this number will increase to 4.92 trillion USD in 2021 and exceed 6.5 trillion USD by the end of 2023. EC is a growing sector in Turkey, as well. As E-Ticaret Bilgi Platformu (2021) mentioned, the volume of EC has increased by 66% to 226,2 billion Turkish Liras (TL) and the number of orders has increased 68% to 2,29 billion TL in Turkey, from 2019 to 2020. In the upcoming years, it is predicted that there would be an increase in the number of businesses engaged in E-Commerce activities, number of online customers, amount of commercial volume and number of orders.

On top of the existing upside potential, the COVID-19 Pandemic acted as a catalyst on EC sectors' growth (Gabriel and Loredana, 2020). Starting in early 2020, a fast-spreading Coronavirus forced governments to execute lockdowns in order to slow down the spread. As a result, people were not able to leave their homes and many physical stores stayed closed for a long time. Even after some major restrictions on public spaces were removed, many people still hesitated to go to physical stores (Shopify, 2020). These circumstances led to customers' tendency to shop online. As TÜBİSAD (2021) mentioned, 4 out of 5 internet users experienced EC in 2020 due to the presence of COVID-19. EC covered %12 of total commercial activity in Turkey in February 2020 and this ratio increased to %18 by the end of May 2020 (E-Ticaret Bilgi Platformu, 2021). According to OECD (2019), similar results were observed in various countries. Although some demand changes turn out to be transient, it is considered that this shift is going to have long lasting effects on EC, as many retailers, regardless of size, now see EC as a crucial alternative for their businesses (OECD, 2019). As Shopify (2020) mentioned, 38% of consumers who went to Brick and Mortar (B&M) stores are doing it less often today than a year ago. The EC sector has a potential to grow in the future and the COVID-19 pandemic has increased the importance of online shopping in our lives, therefore we should focus on solving the problems online customers face to improve their shopping experience.

Customers can experience and interact with the products during shopping in B&M stores, unlike in online stores. Adapting this advantage of B&M stores to their virtual variants can help improve the online customer satisfaction. Extended Reality (XR) Technologies, which is a cover term for immersive video technologies such as Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR) and Mixed Reality (MR), can help us to create an immersive experience inside a 3D interface with real size product models that are interactive. The aim of this study is to investigate the potential effects of VR technology on online shopping; by creating a VR user interface that allows its users to experience products in a 3D space and in real size, as well as testing this interface with potential online customers and gathering their feedback by the use of a survey. While designing a VR app, the study also investigated the potentials of architectural design in VR, when the created environment is not meant to replicate the real world. Research questions of this study were: (1) What are the design considerations of an online store as a spatial VR environment, which would facilitate customers

to experience and perceive products while shopping? (2) What would be the effects of a spatial VR environment, on online shopping experience of its users as they are immersed in the 3D space?

1.2. Scope and Methodology of This Study

Online retailing covers different sectors. The "Fashion and Apparel" sector mostly contains "experience goods", which are products customers want to interact with before buying them. As one of the main goals of this study is to solve the problem of experiencing a product before buying it online, working on this category suits the project. In addition, the Fashion and Apparel sector takes the 2nd place with 35% for all EC return processes in Turkey (E-Ticaret Bilgi Platformu, 2021). This means that customers do not get satisfied with the delivered goods from this product category as usual as they do from other categories. Yet, Fashion and Apparel sector has the biggest share in the global online retail market and the online retail market in Turkey. Therefore, the VR store that will be proposed, is planned to contain products from this category to reach and serve more people in the first step.

To test a real-life use case scenario, the interface was developed as a hypothetical brand's online store. Similar studies that combine XR technologies and online shopping together were examined to avoid recurrences. Although this prototype online store takes references from the current physical stores, it is not a replica of the real world in a virtual environment. Instead, it tries to use the architectural potentials and advantages that a virtual 3D space offers to create an imaginative environment and provide an original user experience that cannot exist in the real world. This study distinguishes itself from existing VR store designs in the literature with this feature. The VR interface runs as an app on smart mobile devices, which are already being used by a majority of people. This cuts the need of purchasing additional VR gear to use the application and would help this new shopping system to reach more people. Users only need low-cost head mounted viewers that transform their smartphones into VR glasses. The interface design also tries to overcome the constraints of using VR viewers, some of which come without buttons or controllers.

An experimental research method was used in this study. After the VR application is completed, it was tested by potential customers, mostly between ages 20-40, who regularly shop online. Opinions and feedbacks of participants about the app were collected as primary data by using a survey. The survey data was analyzed with a deductive approach by using descriptive statistics and it was used to understand how a spatial VR environment affects the shopping experience of the users. Outcomes are planned to be used in future studies to develop this application further.

2. Literature Review

Most important factors that affect the global EC sector today are considered to be; economics, communication and information infrastructure, demographics, social media, logistics and financial services (TÜSİAD, 2019). Also, online marketplaces have become more popular than ever as they contain various brands, a wide range of products and beneficial reviews from other users (Guevarra, 2018). Shopping websites and mobile applications that create a customer friendly user experience, safe and fast payment methods, doorstep deliveries and special discount offers are the important features of EC that attract more customers and help the market to grow (Imarc Group, n.d.). The biggest EC sectors in Turkey are respectively; airline industry, fashion and apparel, household appliances, tourism and electronics (E-Ticaret Bilgi Platformu, 2021).

As mobile devices got more common and the internet became more reachable, online shopping services turned out to be more accessible for the users, causing a positive impact on the growth of the market (Grand View Research, 2020). According to E-Ticaret Bilgi Platformu (2021), %75 of total EC activities in Turkey took place on mobile platforms and the shopping experience of mobile users has become more important than ever. According to TÜSİAD (2019), %64 of online customers in Turkey were born between the years 1965 – 2000. People in this age group consider "experience" the most important feature while shopping online and retailers should design their stores to be experience oriented in order to be preferred by young customers (TÜSİAD, 2019). Additionally, young customers mostly prefer mobile platforms for online shopping. Moreover, social media platforms play a huge role in EC nowadays. These platforms are viewed, by businesses in all sizes, as a fast way of reaching their target audience (TÜSİAD, 2019). Additionally, providing personalized experiences affect online consumers' preferences. 43% of customers choose brands that personalize their shopping experience and 41% have changed retailers because of weak personalization (Guevarra, 2018).

2.1. Advantages of Online Shopping Over Physical Stores

EC and online retailing have been around for some time now, yet, they still have some issues to deal with. Therefore, producing a solution to improve and fix the disadvantages of online shopping can help increase its market share in the future (Zuo and Zhao, 2011). So, what are the advantages of shopping online? To begin with, despite conventional B&M stores, customers have no time limitations or spatial boundaries for accessing an online shop. This opportunity saves time for customers as they do not have to go to the physical location of a store for shopping (Yang et al, 2010). Moreover, customers can buy their desired products cheaper on the internet. As the expenses of running a B&M store are more than running an online store, e-tailers can drag their prices lower than B&M retailers while maintaining their profits, even by paying for the shipment (Cavlak, 2012). Also, being able to reach multiple dealers at various locations gives customers a chance to find products for even lower prices (Yang et al, 2010). Additionally, customers can find and make research on a specific item they are looking for more easily on the internet. After finding the product, they also can gather information about it on the online market more easily, as reviews and ratings from other customers can be very beneficial to understand its properties (Dickenson, 2013). Consumers can also discover new products online, more than they do in B&M shops. Also, they can more easily share the product they want to buy or the product they recently discovered with other people (Dickenson, 2013).

2.2. Disadvantages of Online Shopping Over Physical Stores

To begin with, online stores cannot offer a physical trip for their customers. As Hsiao (2008) mentioned, shopping is usually not the main purpose of people going out, instead it is an excuse to go out or a side act when already outside. Social interactions, entertainment, being in motion and wandering around are some of the appealing benefits of shopping in physical stores. Moreover, customers cannot engage with products physically. This situation leads customers to believe that they did not fully evaluate the merchandise until it is delivered and tested physically (Cavlak, 2012). In addition, customers have to wait for a delivery to their home or a pick-up point, to get their products. Furthermore, customer loyalty in EC is not as high as the customer loyalty in traditional shopping as consumers buy from the online store with the cheapest deal for a product, instead of buying from a familiar place they usually stop by (Xu, 2011). Therefore, it is difficult for an online-only retailer to stand out and build a brand name (Enders and Jelassi, 2000). Consumers also believe that products are presented more attractively in B&M stores relative to their online alternatives (Dickenson, 2013). These situations still create obstacles on the adoption of online shopping.

2.3. Evaluation on Advantages and Disadvantages

Customers choose online shopping over in-store shopping as they can reach more product alternatives, in a shorter time period and find cheaper deals. Also, they can do this anywhere with an internet connection 24 hours a day. However, the online environment eliminates entertainment, social interactions, being in motion and having little trips outside, from the act of shopping. In the virtual environment, customers have to buy products by looking at a few photographs on a website or an app; without trying, experiencing and interacting with the goods. Therefore, chances of customers receiving a product, which turns out to be not as expected, can increase. Whether it is online or physical, both store types have their own advantages and disadvantages. Yet, one fulfills the areas where the other is insufficient. The emerging trend in the sector is to combine both models of retailing (Enders and Jelassi, 2000).

EC has a great potential to develop in the upcoming years. Yet, as Zuo and Zhao (2011) mentioned, the main drawback of EC is the lack of experiencing products while shopping. According to TÜSİAD (2019), XR technologies such as VR and AR are considered to be used by retailers instead of images and 2D interfaces, to create a more realistic experience for their customers. They are aiming to create a close to physical experience, which will enable users to interact with virtual representations of products, without visiting a B&M store. XR technologies that use less equipment or only mobile devices, are considered more favorable (TÜSİAD, 2019). In conclusion, XR technologies like VR and AR are considered to be the solution to enhance online customer experience and solve the main problem of online retail; experiencing products while shopping.

2.4. Extended Reality Technologies in E-Commerce

Extended Reality or Cross Reality is a covering term for immersive video technologies such as AR, VR, and MR (Goode, 2019). The user can see real life objects in a digital circumference, or contrarily, bring virtual objects into reality. Today's young customers are seeking for "new experiences" as mentioned earlier. Instead of replicating the real world for a XR shopping experience, providing a unique environment can attract these customers. Creating customer loyalty is harder for online stores than for B&M stores as previously discussed. In fact, making a virtual store stand out from

its competitors (by a factor other than prices) can also create customer loyalty and help build a brand. A dynamic, ever changing and personalized environment can attract people's attention and make them "stop by" again. This virtual environment, unbounded from the physical world, can also be used to advertise and popularize a brand. To make users truly feel like they are in this unique environment, we can speculate that it would be the best to disconnect them from the real world and immerse them into the virtual one. Therefore, it would be a more suitable option to select and use VR technology. To create such a unique environment different from everyday life, one should initially think outside the spatial and temporal boundaries of the physical world, as they do not have to exist in the virtual one. Only by this way can one unlock the true potential of design in VR. Some companies are already working on VR store projects. However, in most instances, 3D models of the products are placed in a virtual replica of a B&M store and most of the work is still premature and simple for the market (Speicher et al, 2018).

Alibaba Group's Buy+: Alibaba Group introduced Buy+ in 2016, which is a VR shopping platform. It allows users to have a 360-degree tour inside a virtual shopping mall, by using inexpensive cardboard VR viewers. Although the platform promises a VR shopping experience, it only allows a tour inside 360-degree panoramas, with predetermined paths.

Invrsion's Shelfzone Studio: In 2019, Invrsion released ShelfZone Studio, a software that helps users to design a virtual retail store. This virtual store can be used as a mockup for an actual B&M store before construction, or it can be used as a VR retail store in the future. The main goal of this software is to create an experience as realistic as possible, therefore the virtual store tries to replicate the real world.

Ebay and Myer: EBay collaborated with an Australian retailer company, Myer, and announced a mobile application which they claimed to be the world's first VR department store in 2016. Inside the interface, the products hover and are displayed as rotating 3D models with some information next to them.

Ikea VR Retail Experience: IKEA showcased "VR retail experience" in some of its stores, which allowed customers to furnish one of the three available rooms with IKEA products of their choice in VR.

2.5. Constraints and Affordances of Existing Studies

Environment: Buy+ recreated a real B&M store for 360-degree virtual tours, Invrsion's ShelfZone Studio used supermarket appliances (checkouts, fridges, shelves etc.) to mimic a real supermarket and IKEA VR Retail Experience offered customers with 3 predetermined living room models for their VR shopping experiences. EBay's virtual store was the only one providing a dynamic and changing environment, rather than mimicking the real world.

Products: Although some concepts (IKEA and Invrsion) provided interactive 3D models for customers; others (Buy+ and EBay) settled for non-interactive rotating 3D models at the information menu of each product.

Interface and Navigation: IKEA and Invrsion used remote controllers for navigation and interaction inside the interface. Buy+ and EBay worked on interfaces which can be navigated just by pointing the center of the Heads-Up Display (HUD) and staring at the icons and products, removing the need for additional devices or buttons. Also, the users can change location inside all the interfaces other than EBay's concept, in which the user's location is static and the interface moves around them.

Most of the studies that focus on designing a VR retail store do not combine features like interactive realistic product models, interaction without remotes and a dynamic environment. Most of the work on VR shopping experiences at the time of this study, are trying to give a realistic experience to the users. Because of that, they are creating digital copies of the physical B&M stores. However, online customers do not want to be in a shopping simulator, they just want to examine and experience "the products" in a realistic way. Using interactive and realistic 3D models inside the virtual store can be sufficient to help online retailers to achieve this, and can lower customer dissatisfaction after the delivery. However, the rest of the store does not have to be as down-to-earth as the products. Considering the fact that internet and mobile device penetration rates are increasing, most of the online shopping is done on mobile devices today and this amount is predicted to grow soon; designing this VR interface for mobile platforms would make it more suitable for the near future. Also considering the fact that average online customers attach importance to their expenses, most of them will likely not purchase an expensive XR device just for shopping, while there are cheaper

headsets that transform their smartphones into VR viewers. The VR shopping interface is meant to be used by a majority of customers; therefore, it should be accessible for users of all budgets. So, the VR interface should be designed to run on an average smartphone and it should be suitable to be used with smartphone compatible VR gear.

3. Proposing a Virtual Reality Shopping Experience (VRSE)

As pointed out, a large part of online shopping is done through portable devices such as smartphones. That's why the VR store is designed as an application that runs on portable smart devices to reach and serve a larger customer base. The application is named as VRSE, short for "Virtual Reality Shopping Experience" and is produced using the Unity game engine. Users do not need to buy a special and expensive VR device to use the application. They can experience this virtual reality application by using cheap head mounted VR viewers like Google Cardboard as the interaction and movement methods inside the application were designed according to the usability of the simplest VR gear.

Unlike other studies in the literature, VRSE avoided creating a digital copy of real-life stores by rebuilding them in a VR environment. The study suggests that customers do not want a shopping simulator, they just want to experience the products realistically. In that case, the VR store does not need to resemble a real-life store, it will be enough for the products to look realistic. Since there are no restrictions of the physical world in the virtual environment; it is freer in terms of architectural design and it is possible to create anything imaginable as long as the software and hardware is sufficient. Although the design of these virtual environments may take inspiration from the real world from time to time, they can be designed in such a way that their entire existence is only possible in the virtual world. Only by this means, the stores to be created for VR can become “virtual” in real terms, instead of being a digital imitation of physical stores. Based on this thought; the store can be curved around itself or it can be repetitive on a plane, which can help the users to go back to a section of the store or reach their destinations faster. Also, the form can be designed in a way to allow users to see as many products or sections as possible at one glance. The store can have an initial design by the retailer, yet, it does not have to stay like that. The store does not have to be static; it can move, rotate or change shape and size instantly when it is needed. This non-static attribute can be used for an interactive feature inside the interface or it can be used for personalizing the experience for each user. Personalizing the store can help users to operate the interface more conveniently and intuitively, while making it easier for them to find what they are looking for in their next sessions. Additionally, the form of the floors and surfaces inside a virtual environment are not bound to structural restrictions, like having a minimum thickness or an upper limit for its area. Also, material choices are not affected by surface forms, use cases and client budget, which is an important issue in the real world. These ideas were taken into consideration while designing the store concept and enabled the creation of an original experience and fiction, as well as opening a door to the potentials of a dynamic architecture in the virtual environment.

3.1. Form and Environment

The VRSE was intended to have a curved shell and the shopping actions were supposed to take place on the inner surface. This curved shape of the store would surround users from every angle and allow them to see products wherever they look, maximizing the number of products at the line of sight while preventing products from blocking each other. The form of the store was inspired by the form of a capsule. Its round shape is deconstructed into a sufficient number of planar surfaces. In order to represent 8 categories, the capsule form evolved into an octagonal prism. This prism shell was placed horizontally on one of its rectangular surfaces. The prism is located on a static 20x20 units XY plane (movement plane), on which the user can move **(Figure 1)**.

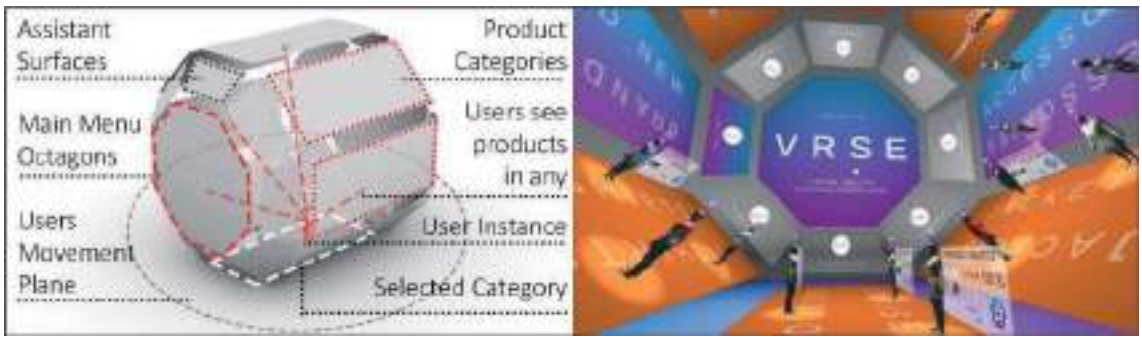


Figure 1: Form and interior of the store, developed in Unity (Kılıç, 2021).

After running the application, the user starts at the brand-new category by seeing the latest or promotional products. The prism rotates around itself and another rectangular surface aligns with the XY plane, when the user wants to access a different category. The skybox and the movement plane are the only things that are outside the prism and they are static. The store has a cyan-magenta color theme and octagon surfaces have a cyan-magenta gradient color. Surfaces underneath the models in unisex categories have a cyan-magenta gradient theme while the rest of the categories have orange surfaces underneath them. Rectangular surfaces that belong to unisex categories also visually split the prism into two halves by being placed between men's clothing and women's clothing. All the surfaces inside the store have zero thickness as a structural thickness for surfaces is not necessary. There are no structural elements or frames to make it look more realistic **(Figure 2)**.

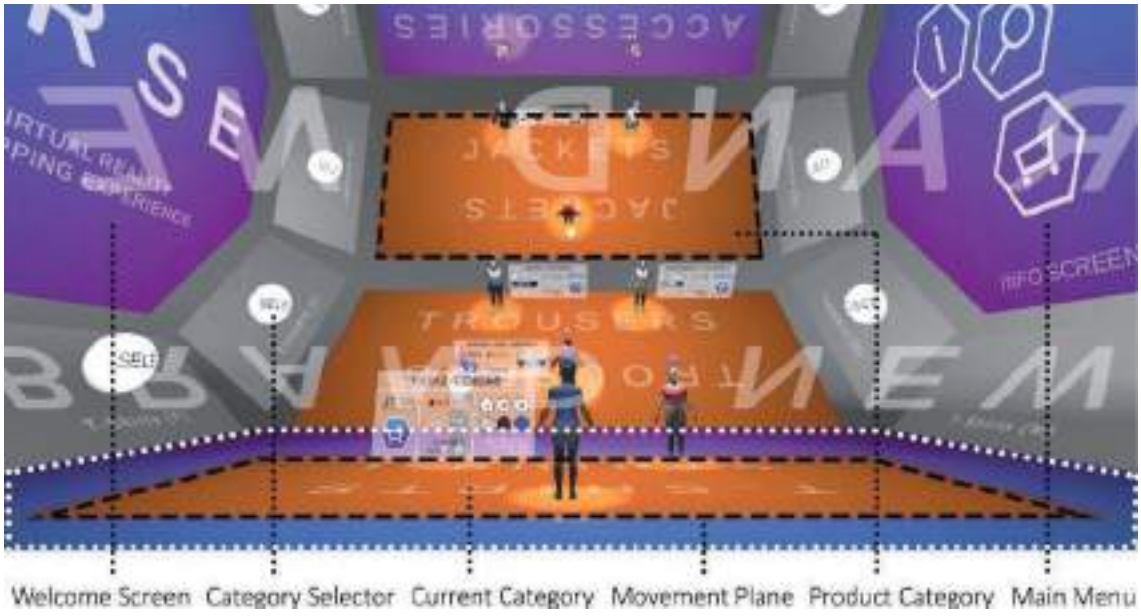


Figure 2: A diagram of VRSE, developed in Unity (Kılıç, 2021).

3.2. User Navigation and Interaction

It is taken into consideration that some VR viewers may not have a button (like the one used for this study) or users may not own a controller. Therefore, the interface was designed to be useable without relying on controllers and buttons. The user tilts their head forward more than 35 degrees in order to move forward in the direction they are facing. Also, in order to click or interact with something, the user stares at it for 1,5 seconds (called gaze interaction). There is a white dot at the center of the HUD. This dot starts expanding into a circle when the user points it at an interactive object or an icon. Users can walk anywhere on the movement plane they are standing on. Yet, they cannot go or move on surfaces in other planes. The prism rotates on the axis between two octagons, resulting in its surface on the XY plane to change. Users can then move on the new surface of the prism. To rotate the prism at a certain degree (multiples of 45 degrees) and change its surface on the XY plane, the user clicks on white spheres at the corresponding angle, at both ends of the prism. Octagon surfaces at each end of the prism do not rotate like the rest of the store, the icons and texts are always parallel to the ground in order to give users a clear reading. One of these octagons acts as a welcome screen, other octagon acts as a "Main Menu" containing icons to open other important menus such as the shopping cart, search bar, user information and application information **(Figure 3)**.

To open and close the info or shopping cart menus, the user gazes at the corresponding icon for 1,5 seconds. These menus appear at the eye level of the user, below the main menu octagon. When the users open the shopping cart menu, they can see rotating 3D models of the products they have added to the cart. To add a product to the shopping cart, the user has to access the product's information panel. Information panels of the products remain hidden when the application starts. In order to open them, the user gazes at the colorful interaction model over the product. On the information panel, the user can see the product's information, user ratings and comments. Also, the user can select the color and size for the product and see it change on the mannequin instantly. The user can click, by gazing, on the "Add" button on the information menu to add the product in the selected size and color to the cart **(Figure 3)**.

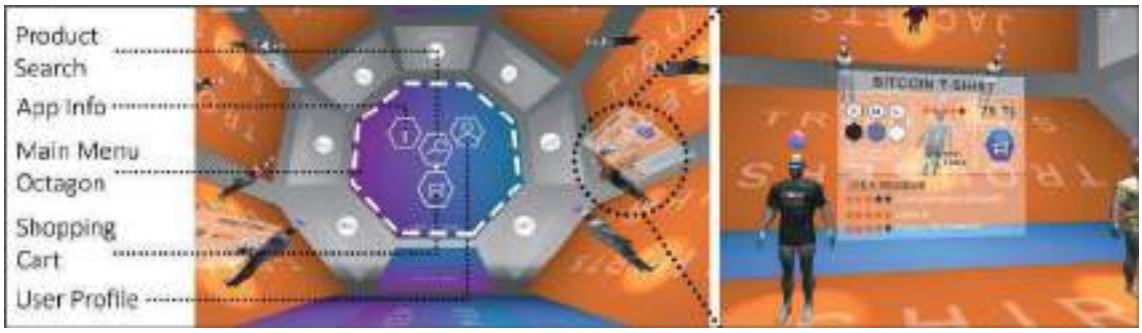


Figure 3: Menus and products inside the VRSE, developed in Unity (Kılıç, 2021).

4. Testing and Evaluation of the VRSE

An experimental research method was used in this study. Designed as a prototype VR shopping application, a sufficiently usable finalized version of VRSE was tested by a group of participants, who were selected according to the convenience sampling method **(Figure 4)**. Right after testing the application, participants filled out a survey to give feedback about their experience.



Figure 4: Participants testing the VRSE (Kılıç, 2021).

4.1. Assembling the Feedback Survey

The survey was composed in order to measure user experience and collect feedback about the application from the participants. As creating a user experience measuring method was not a part of this study, existing methods and studies on evaluating interactive products were reviewed. According to Oreiro et al. (2019), the use of standardized questionnaires on academic papers to measure user experience has increased since 2006 and the 3 most used questionnaires are AttrakDiff, UEQ (User Experience Questionnaire) and meCUE (Modular Evaluation of Key Components of User Experience). UEQ provides a data analysis tool in the form of an Excel sheet to help interpreting the results easier and it is the most preferred questionnaire in academic studies in recent years. Therefore, UEQ was chosen to make up the part of the survey which measures user experience for this study. In short, UEQ consists of questions to measure user experience in a simple and quick way (Laugwitz et al, 2008). It collects data about the usability aspects and user experience aspects of an interactive system (Oreiro et al, 2019). However, UEQ does not have demographic questions. Therefore, questions from AttrakDiff, the second most used standardized questionnaire in recent years, were used for the demographics part of this study's survey.

The survey consists of 6 main sections: Demographics, UEQ Questions, Shopping Habits, Interface Evaluation, Equipment Evaluation and User Suggestions. The demographics section begins with 4 of the AttrakDiff questions. The second section contains 26 UEQ questions. The rest of the survey consists of questions about shopping habits before and after the COVID-19 pandemic, the interface and the environment inside the application, with questions related to this study and its statements. Most of these questions are answered on a 7 item Likert scale, from left to right: Strongly Disagree / Disagree / Slightly Disagree / Indecisive / Slightly Agree / Agree / Strongly Agree. Some questions have opposite adjectives, terms or attributes at each side of the scale instead of agree / disagree. Also, some questions are

multiple choice and a few questions use checkboxes for multiple answers. At the end of the survey, participants were given the option to write their suggestions and opinions about VRSE and their experience in general.

4.2. Experiments and Results

In order to test VRSE and the feedback survey, a pilot study was conducted with a smaller group of 5 participants before finalizing the experiment settings. Their comments were taken into consideration to prepare VRSE for the end-user trials in this study. Participants who attended the pilot study did not participate in the final experiment. A total of 31 people participated in the final trials in this study and none of them saw or experienced the application beforehand. Participants were briefly informed (in Turkish, for around 2 minutes) about the environment and interactions inside the application, by explanations over a screenshot from within VRSE. Afterwards, they were given a simple shopping task to perform inside the application: Select at least one product, select a color and a size for that product, add it to your cart and purchase it. There was no time limit for the participants so they experienced the application for as long as they wanted (mostly between 1 to 5 minutes). Right after experiencing the VRSE application with a VR viewer, participants were asked to fill out the user feedback questionnaire. A Google Forms link for the questionnaire was sent to the participants and all of them filled it by using their smartphones. User trials took place in mid-September of 2021. While interpreting the results of the questions answered in Likert scale, descriptive statistics were used; mode, median and mean values were taken into consideration to find the central tendency. A standard deviation value was given for an indication of how scattered the results were along the range.

User experience measurement questions of UEQ showed that the participants thought VRSE was highly innovative, interesting, creative, efficient and practical. VRSE also had positive results from every UEQ scale and also scale groups. This version of the VRSE was the first version of a prototype, yet it received such good results. This gives strong confidence that more refined and developed applications have the potential to receive even more positive feedback from users and provide better experience. Survey results also showed that people indeed shop in B&M stores less frequently and shop online more frequently after the pandemic began. As of September 2021, people are still hesitant to go to B&M stores for shopping and they prefer to use an app like VRSE instead of going to physical stores, therefore the results confirm the report of Shopify (2020). Participants highly agree that being unable to try and experience products while shopping is a problem and a VR shopping app like VRSE can decrease the number of return processes. Participants also stated that they would use a VR shopping app like VRSE frequently, if such an app was available.

Users think that technologies like VR, AR and MR would play a huge role in the future of online shopping and also stated that they would prefer VR shopping systems to both online and in-store shopping. They have also added that they would prefer a spatial interface over a planar interface to shop online. It was easy for users to find their way inside VRSE and it was easy for them to find a specific product, even easier than both online and B&M stores as they mentioned. Most importantly, users said that 3D representations helped them to understand a product's texture and cuts, while also helping them perceive products better than photographs. So, VR technology and 3D spatial interfaces are demanded by online customers and have very useful benefits for them. Therefore, VR can indeed enlarge businesses that are mentioned in TÜSİAD's 2019 report, which consider using XR technologies to create a more realistic online shopping experience for their customers.

Users have found the environment inside VRSE to be distant from reality, which was desired for this study. Also, users thought that the realism of the environment is not as important as the realism of products, yet, they would still prefer the environment design inside the application closer to reality. Additionally, they liked the original store design that does not resemble real life stores. Hence, it can be confirmed that online customers are seeking for new and original experiences, however, they want to see real-life inspired store designs which use architecture as a space metaphor. This result confirms that using a realistic architectural design as a metaphor can provide people a better sense of familiarity and a sense of place (Maher et al, 1999). Therefore, the next version of VRSE is planned to focus on designing a more realistic yet still original environment. According to the answers, a VR shopping application like VRSE can improve online customer loyalty, random store visits and impulsive shopping behavior of customers. A VR shopping application like VRSE would help users experience and perceive products better than other online shopping alternatives and it would improve customers' online shopping experiences according to survey results. Interaction and movement methods inside VRSE were easy to use and the speed was sufficient according to the participants. Only a small number of users experienced discomfort like nausea, dizziness or headache. Therefore, it can be said that VR viewers for mobile devices are sufficient enough for using a VR shopping application. Also, participants stated that

they would like to buy a VR viewer and a VR dedicated device in the future so it can be confirmed that there is a huge upside potential in this sector, probably once the technology becomes cheaper and more accessible.

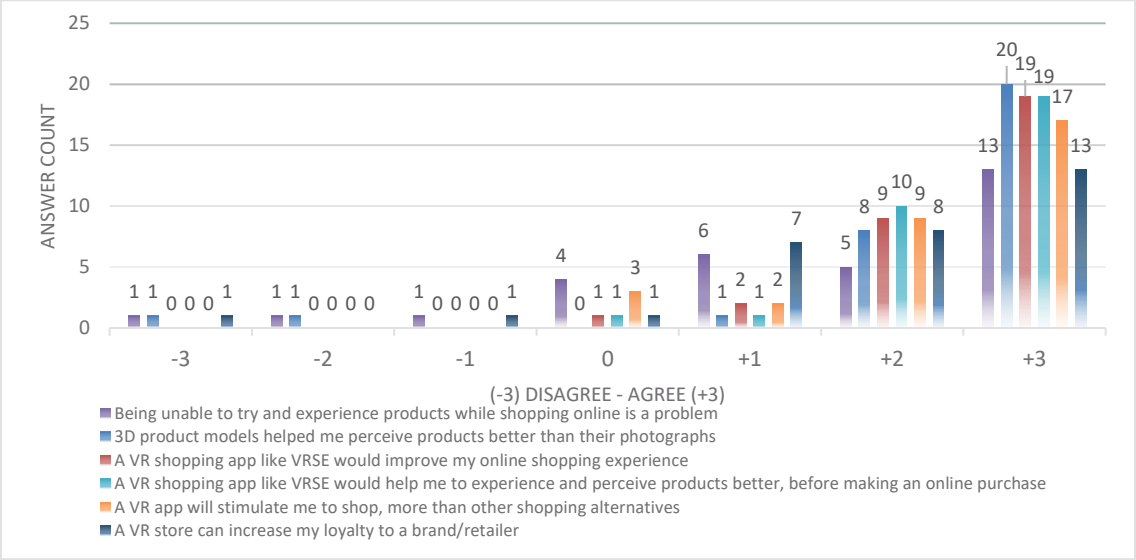


Figure 5: Answers of participants for some of the survey questions, prepared in Excel (Kılıç, 2021).

5. Discussion and Conclusion

In Conclusion, online shopping gained importance in our lives on top of its already increasing adoption, after the COVID-19 pandemic broke out and governments executed lockdowns. Although online shopping is around for some time, it still does not provide a flawless experience. The sector is estimated to get even bigger in the future and the number of online customers will continue to increase. Therefore, we should focus on improving online customer experience to provide better service to more people, in the near future. According to customers, a very significant problem in the sector is to buy products without seeing and experiencing them physically. In order to overcome this negativity, some academic studies and companies have designed prototype shopping systems using VR technologies, which allows users to experience and interact with 3D representations of products in a 3D digital environment.

This study focused on creating a VR store to solve this shortcoming of online shopping. VRSE was developed as a prototype VR shopping application, designed to set a basic example for the future applications in this field. Both design stages of VRSE and feedback of its users, provided beneficial information for the future works. VRSE created an original fiction that takes advantage of the almost boundless design potential of the digital world and tried to explore its dynamic architectural potential, to differentiate from similar studies in the literature. VRSE provides an original and dynamic store design which suits the virtual world, can be operated without using remote controllers or buttons, plus it provides interactive product models which can change color and size. Participants stated that such an application is a necessity since the beginning of the pandemic, as well as that they have the potential to use such an application frequently. This version of the VRSE was rated 7.5/10 on average by the participants. It is considered that the application is a successful prototype and useful data has been collected in this study about what a VR shopping application should look like. Users demanded a similar application especially for categories like “Electronics”, “Home, Furniture and Decoration”, “Household Appliances” and “Sports and Outdoors”. To sum up, although it gained more importance after the COVID-19 pandemic, a VR shopping application can be considered an all-time necessary tool that can bring together the advantages of online and B&M stores, help users to experience and perceive products, reduce the number of returns, increase customer loyalty by providing an original experience, increase sales numbers by promoting products better and causing impulse shopping, while improving online customer experience.

Lastly, the research questions of this study can be answered. The first research question was “What are the design considerations of an online store as a spatial VR environment, which would facilitate customers to experience and perceive products while shopping?”. To begin with, the store design should be original and provide a unique user experience, its architecture should take advantage of the unlimited design opportunities in the virtual environment, while using architectural design elements from the real world as a metaphor to create a realism and familiarity. Product representations inside the VR environment should be realistic and interactive to help users perceive and

experience them better. Also, a visual and aural user feedback system while interacting with the app should be implemented. Movement method, movement speed and interaction method should have multiple customizable alternatives inside the app for every user to utilize it more easily. Moreover, a tutorial session on how to use the interface can be added for first-time users. Also, developing such a VR store as a mobile application that is suitable for cheap VR viewers, can make it more accessible for more customers. In addition, a VR store which sells fashion and apparel products should strongly consider adding 3D user avatars as mannequins which display the products and recommend outfit combinations. The second research question was "What would be the effects of a spatial VR environment on the online shopping experience of its users as they are immersed in the 3D space?". It can be clearly said that such a VR store would improve the overall shopping experience. Customers would feel more comfortable while selecting and buying a product, by looking at their realistic 3D representations as they would experience and perceive them better. This would also increase customer satisfaction with delivered goods, resulting in reducing the number of return processes. By bringing together the advantages of online and in-store shopping, a VR store would stimulate and encourage its customers to shop more. Therefore, frequent customers making a common visit or curious new users having virtual trips to this VR store, can often do impulse shopping and increase sales numbers. Additionally, the unique experience a VR store offers would create customer loyalty to a brand, which is a hard thing to achieve for regular online retailers, while attracting even more customers.

In the future studies, VRSE is planned to be improved and developed according to the feedback gathered in this study. Environment design, interaction method and movement method will be revised to provide a better user experience and products are planned to become more realistic. Audio features will also be added to the application. Also, users have demanded to see their own 3D representations as mannequins as that would be a useful feature to select a size and it would help users to decide on purchasing a product, so it is considered to be added as a feature. Additionally, although VRSE had positive results from every UEQ scale and scale group, two scales such as perspicuity and dependability had significantly lower scale means than others. Having a low perspicuity scale mean shows that VRSE should be easier to learn, whereas having a low dependability scale mean shows that the user controls should be easier. This feedback from UEQ will also be taken into consideration and the app will be developed accordingly.

REFERENCES

Alibaba Group. (2016, October 23). Buy+ The First Complete VR Shopping Experience. Retrieved from https://www.youtube.com/watch?v=-HcKRBKlilg

Azuma, R. T. (1997). Survey of Augmented Reality. Presence, 6 (4), 355–385.

Bloomenthal, A. (2020). Electronic Commerce (e-commerce), Investopedia. Retrieved March 29, 2021, from https://www.investopedia.com/e/commerce.asp

Cavlak, E. (2012). Onlıne Alışveriş Sitesi Tercihinde Etkili Olan Kriterlerin Belirlenmesine ve Önceliklendirilmesine Yönelik Bir Karar Modeli (Master's thesis). Istanbul Technical University, Institute of Science and Technology, ISTANBUL.

Dickenson, S. (2013). Blurred lines: In-store vs. online shopping. Home Accents Today, 28(9), 20.

Enders, A., & Jelassi, T. (2000). The Converging Business Models of Internet and Bricks-and-Mortar Retailers. In European Management Journal (Vol. 18, Issue 5).

E-Ticaret Akademisi. (n.d.). Retrieved April 3, 2021, from https://www.eticaret.gov.tr/cevrimiciegitim/sosyal-medya-pazarlamasi-54

E-Ticaret Bilgi Platformu. (2021). 2020 Yılı E-Ticaret Verileri (Nisan 2021). Retrieved May 5, 2021, from https://www.eticaret.gov.tr/istatistikler#14

E-ticaret Nedir? | Oracle Türkiye. (n.d.). Retrieved March 29, 2021, from https://www.oracle.com/tr/cx/ecommerce/what-is-ecommerce/

Gabriel, D., & Loredana, D. (2020). Using internet as a solution for sales in COVID-19 pandemic: E-commerce. In Annals of DAAAM and Proceedings of the International DAAAM Symposium (Vol. 31, pp. 104–110). DAADM International Vienna. https://doi.org/10.2507/31st.daaam.proceedings.014

Gigante, M. A. (1993). Virtual Reality: Definitions, History and Applications.

Goode, L. (2019). What Is XR, and How Do I Get It? | WIRED. https://www.wired.com/story/what-is-xr/

Grand View Research. (2020). E-commerce Market Share, Growth & Trends Report, 2020-2027. Retrieved April 3, 2021, from https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/e-commerce-market

Guevarra, L. M. (2018). Development & History of E-commerce: Past, Present & Future. Retrieved April 1, 2021, from https://www.spiralytics.com/blog/past-present-future-ecommerce/

Hsiao, M. H. (2008). Shopping mode choice: Physical store shopping versus e-shopping. Transportation Research Part E, 45, 86–95. https://doi.org/10.1016/j.tre.2008.06.002

Ikea. (2017, September 12). Say Hej to IKEA Place. Retrieved from https://www.youtube.com/watch?v=UudV1VdFtuQ
IMARC Group. (n.d.). E-commerce Market Size, Share, Trends, Industry Analysis 2021-2026. Retrieved April 3, 2021, from https://www.imarcgroup.com/e-commerce-market
Kılıç, E. (2021). Designing and Testing a Virtual Reality Online Shopping Application (Master's thesis). Istanbul Technical University, Graduate School, ISTANBUL.
Laugwitz, B., Held, T., & Schrepp, M. (2008). Construction and evaluation of a user experience questionnaire. Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 5298 LNCS, 63–76. https://doi.org/10.1007/978-3-540-89350-9_6
Lowood, H. E. (2020). Virtual reality. Encyclopedia Britannica. Retrieved April 14, 2021, from https://www.britannica.com/technology/virtual-reality
Maher, M. L., Simoff, S. J., & Cicognani, A. (2000). Understanding Virtual Design Studios. Retrieved from https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-1-4471-0729-3.
Mazuryk, T., & Gervautz, M. (n.d.). Virtual Reality History, Applications, Technology and Future. Retrieved April 11, 2021, from http://www.cg.tuwien.ac.at/
Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. IEICE Transactions on Information Systems, E77-D (12), 1321-1329.
Mirescu, S. V. (n.d.). The Premises and The Evolution of Electronic Commerce. Retrieved March 30, 2021, from http://www.scientificpapers.org
Mohsin, M. (2020). 10 Important Ecommerce Trends to Watch for in 2021. Retrieved April 4, 2021, from https://www.oberlo.com/blog/ecommerce-trends
OECD. (2019). E-commerce in the time of COVID-19. Unpacking E-Commerce, October, 1–10.
Oreiro, I. D., López, G., Quesada, L., & Guerrero, L. A. (2019). Standardized Questionnaires for User Experience Evaluation: A Systematic Literature Review. Proceedings, 31(1), 14. https://doi.org/10.3390/proceedings2019031014
Pennington, A. (2021). VR/AR 2.0: Attention Switches to XR. Streaming Media, 18(1), 42–48.
Santos, V. F., Sabino, L. R., Morais, G. M., & Gonçalves, C. A. (2017). E-Commerce: A Short History Follow-up on Possible Trends Business Strategy-Driven and Experimental Big Data Science, Big Code, Data Mining and BI View project Gestão Contemporânea de Marketing View project E-Commerce: A Short History Follow-up on Possible Trends. Article in International Journal of Business Administration, 8(7). https://doi.org/10.5430/ijba.v8n7p130
Schmid, B., & Axhausen, K. W. (2019). In-store or online shopping of search and experience goods: A hybrid choice approach. Journal of Choice Modelling, 31(March 2018), 156–180. https://doi.org/10.1016/j.jocm.2018.03.001
Schrepp, M. (2019). User Experience Questionnaire Handbook Version 8. Retrieved September 12, 2021, from https://www.ueq-online.org/
Shopify. (2020). Future of Commerce. Retrieved April 4, 2021, from https://cdn.shopify.com/static/future-of-commerce/Shopify%20Future%20of%20Commerce%202021.pdf
Speicher, M., Hell, P., Daiber, F., Simeone, A., & Krüger, A. (2018). A virtual reality shopping experience using the apartment metaphor. Proceedings of the Workshop on Advanced Visual Interfaces AVI. https://doi.org/10.1145/3206505.3206518
Takeleap. (2016, October 23). Virtual Reality Store | IKEA. Retrieved from https://www.youtube.com/watch?v=5_znFPj5Lis
TÜBİSAD. (2021). Ekonominin dönüştürücü gücü: E-ticaret etki analizi. Retrieved September 22, 2021, from https://www.tubisad.org.tr/tr/images/pdf/tubisad-e-commerce_impact_assessment-launchpresentation.pdf
TÜSİAD. (2019). E-Ticaretin Gelişimi, Sınırların Aşılması ve Yeni Normlar 2019. Retrieved May 12, 2021 from https://www.eticaretraporu.org/wp-content/uploads/2019/05/DD-TUSIAD-ETicaret-Raporu-2019.pdf
Unity Technologies. (2021). What is AR, VR, MR, XR, 360? - Unity. https://unity3d.com/what-is-xr-glossary
World's First Virtual Reality Department Store - eBay Inc. (2016). Retrieved May 28, 2021, from https://www.ebayinc.com/stories/press-room/au/worlds-first-virtual-reality-department-store/
Xu, C. (2011). An Analysis on Advantages and Disadvantages of C2C E-Commerce in Entrepreneurship. Retrieved April 7, 2021, from https://0-ieeexplore-ieee-org.divit.library.itu.edu.tr/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6009848&tag=1
Yang, J. X., Zhao, H. X., & Wan, J. (2010). Research on the advantages and disadvantages of online shopping and corresponding strategies. 2010 International Conference on E-Product E-Service and E-Entertainment, ICEEE2010, 4–6. https://doi.org/10.1109/ICEEE.2010.5660278
Zuo, P., & Zhao, Y. (2011). A design of 3D modeling virtual fitting project for online shopping. 2011 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 1893–1897. https://0-doi-org.divit.library.itu.edu.tr/10.1109/IEEM.2011.6118244
Url-1<https://developers.google.com/cardboard/develop/unity/quickstart>, date retrieved 08.06.2021
Url-2<https://developers.google.com/vr/develop/unity/get-started-android>, date retrieved 08.06.2021
Url-3< https://github.com/googlevr/cardboard-xr-plugin>, date retrieved 08.06.2021
Url-4<https://www.ueq-online.org/ >, date retrieved 12.09.2021.
Url-5<https://www.youtube.com/watch?v=gj-aTqXh6Ek&t=80s>, date retrieved 27.05.2021.
Url-6<https://www.youtube.com/watch?v=hW00DTAzSNo/>, date retrieved 06.10.2021.
Url-7<https://www.youtube.com/watch?v=we-sgSmy5p0&list=PLY8Qi8FBzyf-yLkBnQjqku0L1wei9lWxY&index=18>, date retrieved 08.06.2021

Mimari Tasarım Sürecinin Erken Evresinde Kullanılacak Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarında Kullanıcı Tercihlerinin Regresyon Analizi Yöntemi ile Belirlenmesi

Mahmut Çağdaş Durmazoğlu [1]; Leman Figen Gül[2]
[1, 2]İstanbul Teknik Üniversitesi
[1]cagdas.durmazoglu@gmail.com; [2]fgul@itu.edu.tr

Özet

Artırılmış Gerçeklik (AG) teknolojisi, bu teorinin ilk olarak ortaya atıldığı yıllardaki hantal, merkezi işlemci ünitesine fiziksel olarak bağımlı ve kullanıcısına sunduğu olanaklar açısından sınırlı halinden, özellikle donanım ve yazılım alanında kaydedilen gelişmelerle birlikte hafif, mobil, kullanışlı ve çok işlevli bir teknoloji haline dönüşmüştür. AG, gerçek dünyada bulunan objeler ile dijital olarak üretilen bilgi ve nesnelerin bir arada var olmalarına olanak veren yapısı sayesinde eğitim, sağlık, tasarım, reklam, kültürel mirasın korunması ve askeri gibi çok farklı alanlarda yenilikçi şekillerde kullanılma potansiyeline sahiptir. Bahsedilen alanlarda yapılan akademik çalışmaların, teoriyi beslemenin ötesine geçip pratik uygulamaların geliştirilmesi ve test edilmesinden sonra son kullanıcı ile buluşması ve AG teknolojisinin barındırdığı imkanların sonuna kadar kullanılması için kullanıcının AG teknolojisini kabul edip benimsemesi gerekmektedir. Geliştirilen bir uygulamanın kullanıcılar tarafından kabul görmesi, kolaylıkla ve memnuniyetle kullanılabilmesi için sistemin hangi özelliklere ve bileşenlere sahip olması gerektiği ile ilgili fikir sahibi olunması ve geliştirme sürecinde bu faktörler üzerine odaklanılmasının, uygulama geliştirme sürecinin verimli ve hızlı geçmesini sağlayacağı ve uygulamanın son kullanıcı tarafından benimsenme ihtimalini arttıracağı düşünülmektedir. Bu amaçla, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimari Tasarımda Bilişim programında yürütülen doktora tezi kapsamında mimari tasarım sürecinin erken aşamalarında tasarım yardımcısı olarak kullanılmak üzere geliştirilen AG uygulaması kullanılarak, AG uygulamasından kullanıcıların beklentilerinin istatistiksel analiz yöntemleri ile tanımlanması için ampirik bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Uygunluk örneklem yöntemine göre seçilen mimarlık alanında en az lisans derecesine sahip gönüllü katılımcılar (n=16) ile gerçekleştirilen çalışmada, katılımcılar öncelikle yüz yüze ve bireysel olarak AG uygulamasını kullanarak kendilerine sunulan bir tasarım problemine çözüm aradıkları tasarım egzersizini tamamlamışlardır. Tasarım egzersizinin tamamlanmasından sonra, araştırmacı tarafından geliştirilen 7'li Likert ölçeği kullanılarak cevaplanması gereken 1 tanesi acık uçlu olmak üzere 20 sorudan oluşan "AG Uygulamalarından Kullanıcı Beklentileri" anketini cevaplamışlardır. Katılımcıların tasarım egzersizi süresince kullanma fırsatı buldukları AG uygulaması ile ilgili deneyimlerine dayanarak tasarım sürecinde kullanılacak bir AG uygulamasından beklentilerini ifade ettikleri anketin güvenilirliği, anketin Cronbach alfa katsayısının hesaplanması ile değerlendirilmiştir. Anketin güvenilirliği (Cronbach α = 0.7) kontrol edildikten sonra bağımsız değişkenler kullanılarak katılımcıların beklentilerini ifade eden modeller üretilmiş ve geliştirilen modeller regresyon analizi yöntemi kullanılarak test edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre mimari tasarım sürecinde kullanılmak üzere geliştirilecek AG uygulamalarında kullanıcıların uygulamayı benimsemelerini sırasıyla izleyiciler, donanım özellikleri (görselleştirme araçları), etkileşim yöntemleri ve sanal nesne üretimi ile ilgili tercihlerinin etkilediği ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Artırılmış gerçeklik, Regresyon analizi, Mimari tasarım, Kullanıcı tercihleri.*

Determination of User Preferences by Regression Analysis Method in Augmented Reality Applications Used in the Early-Stage of Architectural Design Process

Mahmut Çağdaş Durmazoğlu [1]; Leman Figen Gül[2]
[1, 2]Istanbul Technical University
[1]cagdas.durmazoglu@gmail.com; [2]fgul@itu.edu.tr

Abstract

Augmented Reality (AR) technology, in the years when the theory was first established, was bulky, dependent on the central processor unit, and at the same time physically connected to the hardware that contains it and limited in terms of the possibilities it offers to the user. With the technological developments in the field of hardware and software, it has become light, mobile, convenient and a multifunctional technology. AR has the potential to be used in innovative ways in many different fields such as education, health, design, advertising, cultural heritage, and military, because of its structure that allows real-world objects and digitally produced information and objects to coexist. One of the most essential factors for the projects conducted in the research areas that are mentioned before to start being practical and use the possibilities of AR technology to the fullest, is to ensure users' acceptance and adoption of the AR technology. For this purpose, an empirical study was carried out to define the expectations of the users from the AR application by statistical analysis methods. The AR application used in this research project was developed as a design aid to help architects in the early stages of the architectural design process within the scope of the doctoral thesis conducted in Architectural Design Computing program of Istanbul Technical University. Participants (n=16) of the study, who have at least a bachelor's degree in architecture, were selected according to the convenience sampling method. The participants were first asked to complete the design exercise conducted individually, in which they solve a design problem presented to them by using the AR application. After the completion of the design exercise, they answered the "User Expectations from AR Applications" questionnaire (Cronbach α = 0.7) developed by the researcher, which consisted of 19 and 1 open-ended questions to be answered using a 7-point Likert scale. The participants' expectations were modeled and tested by using the regression analysis method. According to the findings, it has been revealed that independent variables related to the trackers, hardware features (visualization tools), interaction methods and type of object creation affect the users' degree of adoption of the AR applications developed to be used in the architectural design process.

Keywords: *Augmented reality, Regression analysis, Architectural design, User preferences.*

1. Giriş

Kullanıcıların görüş alanlarının, kendilerine verilen herhangi bir görevi tamamlamaları için gerekli bilginin eklenerek "artırılması" amacıyla kullanılan bir teknoloji olan Artırılmış Gerçeklik (AG) temel olarak, "bilgisayar yardımıyla üretilmiş yazı veya görsellerin fiziksel dünyada bulunan bir nesne üzerinde istenen bir pozisyonda konumlandırılıp sabitlenmesi" (Caudell ve Mizell, 1992) esasına göre çalışmaktadır. Sanal nesnelerin gerçek nesnelerle aynı fiziksel ortamda yer alıyormuş gibi gösterilmesine olanak tanıyan bu teknoloji Sutherland (1968) tarafından ilk giyilebilen görüntüleme aracının prototipinin geliştirilmeye başlanmasından günümüze kadar, yazılım ve donanım teknolojilerindeki ilerlemelerin itici gücüyle özellikle son yıllarda çok hızlı bir şekilde gelişme göstermiştir. Fiziksel iş gücü gerektiren farklı görevlerde maliyetleri düşürmek ve etkinliği arttırmak amaçlarıyla kullanılması öngörülen AG teknolojisi günümüzde eğitim (López-Faican ve Jaen, 2020; Turkan ve diğ., 2017), satış, eğlence, turizm (tom Dieck ve Jung, 2018), sağlık (Corrêa ve diğ., 2012) ve askeri olmak üzere farklı alanlarda kullanılmaktadır.

Gül (2020) tasarım eyleminin gerçekleştirildiği ortamların farklı imkanlar ve potansiyellere sahip olmaları nedeniyle tasarımcı davranışlarında belirleyici rol oynadığını belirtmektedir. AG teknolojisinin potansiyelinin ve sunduğu imkanların tasarım alanındaki etkilerinin araştırılması amacıyla mimari tasarım disiplininde işbirlikli tasarım (Gül, 2018; Marques ve diğ., 2022), kültürel mirasın korunması (Acar ve diğ., 2022; Nevola ve diğ., 2022), bilgisayar destekli tasarım (Bayraktar ve Çağdaş, 2020), eğitim (Kerr ve Lawson, 2020), mimari sunum, benzetim ve görselleştirme (Wang ve diğ., 2014) gibi alanlarda gerçekleştirilen araştırmalar son yıllarda literatürde kendilerine daha fazla yer edinmeye başlamıştır. Bahsedildiği gibi farklı alanlarda uygulamalarının etkileri incelenen AG teknolojisinin sunduğu avantajlardan tam olarak faydalanılabilmesi ve kullanımının yaygınlaşması için son kullanıcı tarafından benimsenmesi gerekmektedir. Geliştirilen yeni teknolojilerin kullanıcılar tarafından hangi kriterlere bağlı olarak benimsendiği üzerine yapılan ilk çalışmalardan olan Davis'in (1989) Teknoloji Kabul Modeli'nde (TKM) yeni geliştirilen teknolojilerin kabulünün; kullanım kolaylığı ve fayda gibi, kullanıcı tercihlerinin oluşmasında büyük etkiye sahip etkenlere bağlı olduğu belirtilmektedir. Kullanıcıların yeni teknolojileri kabullenmelerinin bağlı olduğu etkenlerin daha gerçekçi bir şekilde modellenebilmesi amacıyla TKM kullanılarak ve bu modelin geliştirilmesi ile elde edilen teorilerden II. Birleşik Teknoloji Kabul ve Kullanım Teorisi'nde (Venkatesh ve diğ., 2012) (BTKKT2) ise teknoloji kabulünün; araştırmacıların daha önce geliştirdikleri modelde öne sürdükleri performans beklentisi, efor beklentisi, sosyal etki ve kolaylaştırıcı koşullar gibi dört ana etkenin yanı sıra keyfi motivasyon, fiyat değeri ve, deneyim ve alışkanlıklara bağlı olduğu belirtilmiştir.

AG teknolojisi kullanılarak geliştirilmiş uygulamaların kolay bir şekilde kullanılmasında ve son kullanıcı tarafından kabul edilmesinde; araçların yazılım ve donanım alanlarındaki gelişmeler yakından takip edilerek ve güncel kullanım eğilimleri göz önünde bulundurularak geliştirilmiş olmasının yanında, araçların geliştirilme sürecinde kullanıcı tercihlerinin de hesaba katılmış olması önemli rol oynamaktadır.

1.1. Literatür Taraması

TKM ve bu modelin genişletilmiş versiyonları kullanılarak genel olarak yeni teknolojilerin kullanıcılar tarafından kabulü ve benimsenmesinin Venkatesh ve diğerlerinin (2012) önerdiği kriterlere bağlı olduğu kabulünden yola çıkılarak geliştirilen teknolojilerin ne derece kabul göreceği değerlendirilmektedir. Li ve Liu (2022) mobil öğrenmeyi destekleyecek biçimde öğrencilerin bilgiye sadece gerçek ortamda değil artırılmış gerçeklik teknolojisi (AG) yardımıyla sanal ortamda da erişmelerini sağlamak amacıyla kurguladıkları araştırmalarında, yerleşik öğrenme teorisini temel alarak geliştirdikleri AG uygulamasını öğrencilerin kampüslerinde bulunan bitkilerle ilgili yeni bilgiler öğrenmeleri için kullanmışlardır. Araştırmacılar çalışmalarında kullanıcıların teknolojik davranışlarını TKM'de de önerildiği gibi bilişsel fayda ve kullanım kolaylığı kriterlerinin yanı sıra kullanıcı davranışları ve davranışsal niyetlerini inceleyerek ölçmüşlerdir. Analiz yöntemi olarak patika regresyon analizi kullanılmıştır. Yavuz ve diğerleri (2021) AG teknolojisinin kabulünün bağlı olduğu kriterleri araştırdıkları çalışmalarında piyasada kullanımda bulunan "Augment" isimli mobil AG uygulamasının nasıl kullanılacağına ilişkin eğitim videolarını katılımcılarına yollayıp katılımcıların değerlendirmelerini anket yoluyla toplamışlardır. Mobil AG uygulamasının kullanımını etkileyen faktörlerin değerlendirilmesi regresyon analizi yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda mobil AG uygulamasının kullanımını etkileyen kriterlerden en önemlileri sırasıyla güvenlik, mahremiyet, öğrenme kolaylığı, görsel kalite ve kullanım kolaylığı kriterleri olarak tanımlanmıştır. İtfaiye erlerinin AG teknolojisi kullanılarak eğitim almaları amacıyla geliştirilen bir uygulamayı kullanarak bu sistemin kullanıcılarının sistemi kabullerinin hangi kriterlere bağlı olduğunun araştırıldığı çalışmada

Papakostas ve diğerleri (2021) uygulamayı kullanma şansı verilen katılımcılardan kullandıkları sistemle ilgili deneyimlerini TKM kriterlerinden algılanan etkileşim, algılanan kişiselleştirme, algılanan kullanılabilirlik, algılanan kullanım kolaylığı ve davranışsal kullanım niyeti olmak üzere beş kritere göre 7'li Likert ölçeği kullanarak anket yoluyla değerlendirmelerini istemişlerdir. Araştırmacılar ana hedeflerinin önerilen modelin veriyi ne ölçüde ve ne kadar iyi açıkladığı ile değil, bağımlı değişken üzerinde bağımsız değişkenlerin varyanslarının anlaşılması olduğundan dolayı kısmi en küçük kareler regresyon analizi yöntemini kullandıklarını belirtmişlerdir. Araştırma sonucunda itfaiye erlerinin AG uygulamasını kullanma tercihlerinde en etkili kriterin kullanılabilirlik olduğu, kullanım kolaylığının ise küçük ancak anlamlı bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır. Georgiou ve Kyza'nın (2018) lokasyon tabanlı AG uygulamalarında sarmalanmanın (*immersion*) öğrenme üzerindeki etkisinin öğrenci motivasyonu tarafından etkilenip etkilenmediğinin irdelenmesi amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmalarında katılımcılar araştırmacılar tarafından geliştirilen lokasyon tabanlı AG uygulamasını kullanmışlardır. Katılımcılardan dört farklı anket yoluyla elde edilen veri ön test-son test karşılaştırması, korelasyon testi, regresyon ve küme analiz yöntemleri ile değerlendirilmiştir. Elde edilen verinin analizi sonucunda sarmalanma hissinin alana özgü motivasyon ve bilişsel motivasyon kriterlerinden etkilendiği ve kavramsal öğrenme kazanımlarının ise öğrencilerin ulaştığı sarmalanma seviyesi ile pozitif bir ilişkiye sahip olduğu ortaya çıkmıştır.

1.2. Amaç ve Araştırma Sorusu

Literatürün incelenmesi sonucunda, geliştirilen teknolojinin kullanıcılar tarafından kabul görmesinin TKM ve genişletilmiş versiyonları kullanılarak değerlendirildiği araştırmalarda bu kriterlerin çok geniş bir spektrumda uygulama ve araçlara uygulanılabildiği ve değerlendirilen teknoloji ile ilgili alanlarda yeni geliştirilecek uygulamalarda hangi kriterlere dikkat edilmesi gerektiği konusunda araştırmacılar için çok önemli ipuçlarını sağlayabildiği görülmüştür. Ancak literatürde mimari tasarım alanında kullanılmak üzere geliştirilen bir AG uygulamasında kullanıcıların beklentilerini inceleyen bir araştırmanın eksikliği fark edilmiştir. Bu amaçla İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimari Tasarımda Bilişim programında yürütülen doktora çalışması kapsamında gerçekleştirilen araştırmanın bir parçası olarak "Mimari tasarım sürecinin erken evrelerinde kullanılacak AG uygulamalarında bulunması tercih edilen bileşen ve özelliklerin hangileri kullanıcı tercihlerinde etkin rol oynamaktadır?" araştırma sorusuna deneye dayalı bir çalışma yapılarak cevap aranmıştır. Yapılan çalışmanın sonuçlarını içeren ve araştırma ve yayın etiğine uygun hazırlanan bu makalede, kullanıcıların beklentilerinin tanımlanması ile mimari tasarım sürecinde kullanılacak AG uygulamalarının geliştirilme sürecini etkin bir şekilde kullanmak, araçtan duyulan memnuniyeti ve aracın kullanılabilirliğini arttırmak hedeflenmektedir.

2. Yöntem

Araştırma kapsamında yürütülen çalışmanın birinci fazında çalışmaya gönüllü katıldıklarına ilişkin onam formunu imzalayan katılımcılar, kullanılabilirliğinin hangi yöntemler kullanılarak ölçüldüğü ve sistem bileşenleri yazarlar tarafından yapılan yayında (Durmazoğlu ve Gül, 2022) açıklanan, AG uygulamasını kullanmışlardır. Katılımcıların uygulamayı kullanmaya alışmaları için yapılan 15 dakikalık deneme egzersizinin ardından uygulamanın kullanıldığı 45 dakika süren bir tasarım egzersizi gerçekleştirilmiştir. Tasarım egzersizinin tamamlanmasının ardından katılımcılar araştırmacı tarafından geliştirilen "AG Uygulamalarından Kullanıcıların Beklentileri" anketini cevaplandırmışlardır. Katılımcılarla bireysel ve yüz yüze gerçekleştirilen birinci fazın tamamlanmasının ardından çalışmanın ikinci fazında veri tabloları hazırlanmış, anketi oluşturan soruların kriterler arası korelasyonları hesaplanmış ve değerlendirmeye alınacak sorulardan oluşan yeni anketin güvenirliği hesaplanmıştır. Araştırmanın üçüncü fazında güvenilirliği Cronbach alfa değeri kullanılarak ölçülen ankete verilen cevaplardan elde edilen yeni veri seti kullanılarak kullanıcıların AG uygulamalarından beklentilerini açıklayan modelin doğruluğu, regresyon analizi yöntemi kullanılarak test edilmiştir.

2.1. Veri Toplama Yöntemi ve Veri Tipleri

Katılımcılarının AG uygulamalarında bulunmasını veya kullanmayı istedikleri özelliklerin belirlenmesi amacıyla geliştirilen anket, biri açık uçlu yorum sorusu olmak üzere toplam 20 maddeden oluşmaktadır. Ankette kullanılan sorularda AG uygulamalarındaki yazılım ve donanım temelli bileşenler ve özellikler açık bir şekilde ifade edilerek katılımcılardan belirtilen bileşen veya özellikleri kullanma tercihlerini 7 puanlı Likert ölçeğine göre "kesinlikle katılmıyorum" (1) ve "kesinlikle katılıyorum" (7) olmak üzere iki kutuplu bir şekilde belirtmeleri beklenmiştir. Katılımcıların mimari tasarım sürecinde kullanacakları AG uygulamasından beklentilerinin belirlenmesi amacıyla geliştirilen ankette sorular; AG izleyicisi (tracker), donanım özellikleri, etkileşim, sanal nesne üretim biçimi tercihi, sanal

nesne üzerinde gerçekleştirilen geometrik modifikasyonları, grafik kullanıcı arayüzü özellikleri, veri girişi tipi ve yazılım özellikleri olmak üzere sekiz ana başlık altında oluşturulmuştur (**Tablo 1**).

Tablo 1: Kullanıcı tercihlerinin belirlenmesinde kullanılan anketle toplanan veri tipleri ve özellikleri.

Değişken İsmi	Değerlendirilen Özellik	Değişken Tipi	Ölçek
Soru 1-2	AG İzleyicisi	Bağımsız - 2 Kutuplu - Ordinal	7'li Likert
Soru 3-5, 17-19	Donanım Özelliği	Bağımsız - 2 Kutuplu - Ordinal	7'li Likert
Soru6	Etkileşim	Bağımsız - 2 Kutuplu - Ordinal	7'li Likert
Soru7-8	Sanal Nesne Üretimi	Bağımsız - 2 Kutuplu - Ordinal	7'li Likert
Soru9	Nesne Özellik Modifikasyonu	Bağımsız - 2 Kutuplu - Ordinal	7'li Likert
Soru10-11	Grafik Kullanıcı Arayüz Özelliği	Bağımsız - 2 Kutuplu - Ordinal	7'li Likert
Soru12-13	Veri Girişi Tipi	Bağımsız - 2 Kutuplu - Ordinal	7'li Likert
Soru14-16	Yazılım Özelliği	Bağımsız - 2 Kutuplu - Ordinal	7'li Likert
AGUP	AG Uygulaması Puanı	Bağımlı-Sayısal-Sürekli	0-133

Katılımcıların anket sorularına 7 puanlı Likert ölçeğini kullanarak verdikleri cevaplar sayısallaştırılıp toplandıktan sonra her katılımcının mimari tasarım sürecinde kullanmak isteyecekleri AG uygulamasından beklentilerini sayısal olarak ifade eden, Artırılmış Gerçeklik Uygulaması Puanı (AGUP) değeri elde edilmektedir. Katılımcıların AG uygulamalarının bileşenleri ve özellikleri temel alınarak oluşturulan anket ifadelerine verdikleri yanıtların toplanması sonucu elde edilen AGUP puanları, anket sonucu elde edilen veriler kullanılarak yapılacak regresyon analizinde katılımcıların AG uygulamalarındaki tercihlerini etkileyen kriterlerin belirlenmesinde kullanılacak bağımlı değişkeni oluşturmaktadır.

2.2. Çalışma Düzeneği ve Kullanılan Araçlar

Katılımcılar 45 dakika süren tasarım egzersizi süresince kendilerine verilen tasarım problemine farklı çözümler geliştirirken erken tasarım evresinde kullandıkları AG uygulaması üzerinden AG teknolojilerini de deneyimleme fırsatı bulmuşlardır. Katılımcıların çalışma kapsamında kullandıkları AG uygulaması, Unity oyun motoru ve Vuforia eklentisi kullanılarak Android 4.0 işletim sisteminin (minimum) kurulu olduğu arka yüzünde kameraya sahip olan akıllı mobil cihazlarda çalışmak üzere geliştirilmiştir. Çalışma süresince; 1080x1920 piksel ekran çözünürlüğüne, 5.0 inç ekrana ve 13.1 megapiksel çözünürlüğünde arka kameraya sahip bir mobil akıllı cihaz kullanılmıştır.

2.3. Katılımcılar

Uygunluk örneklem yöntemi kullanılarak seçilen katılımcıların (n=16) tümü en az mimarlık lisans derecesine sahiptirler. Cinsiyetlerine göre grupladığında 5'i erkek (%31.25) 11'i kadın (%68.25) olan katılımcılardan 10'u lisans derecesine (% 62.5), 3'ü yüksek lisans derecesine (%18.75) ve 3'ü ise doktora derecesine (%18.75) sahiptir (**Tablo 2**).

Tablo 2: Katılımcıların demografik yapısı

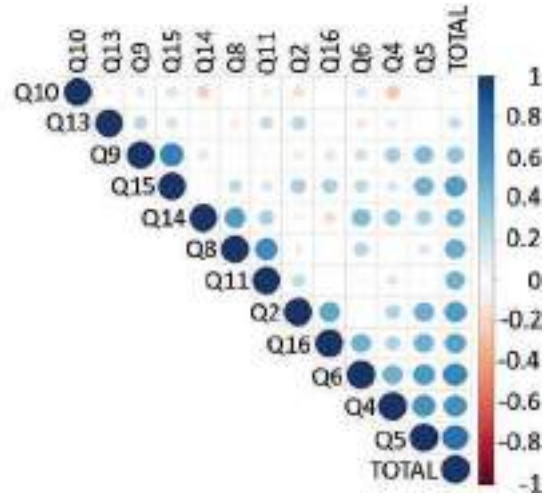
Cinsiyet	Sayı	%	Eğitim Durumu	Sayı	%
Erkek	5	31.25	Lisans	10	62.5
Kadın	11	68.75	Y. Lsans	3	18.75
			Doktora	3	18.75

3. Bulgular ve Tartışma

Katılımcılardan AG uygulaması kullanarak gerçekleştirdikleri tasarım egzersizi sonrasında cevaplamaları istenen 19 potansiyel anket ifadesinden oluşan "AG Uygulamalarından Kullanıcıların Beklentileri" anketine verilen cevaplar kullanılarak yapılan korelasyon testi ile potansiyel 19 ifade arasından bağımlı değişken ile kriterler arası korelasyonu en yüksek olan 12 ifade seçilerek regresyon analizinde kullanılacak asıl anket oluşturulmuştur.

Anket geliştirilirken kullanılan tüm potansiyel ifadelerle bağımlı değişken arasındaki düşük kriterler arası korelasyona sahip olan ve anket içerisinde benzer bir değişkeni ölçmekte kullanılan başka bir ifadeden daha düşük korelasyona sahip olduğu görülen Q1, Q3, Q7, Q12, Q17, Q18 ve Q19 ifadelerinin anketten çıkarılmasına karar verilmiştir.

Seçilen 12 ifadeyi içerecek şekilde güncellenen anketi oluşturan bağımsız değişkenler ve bağımlı değişken arasındaki kriterler arası korelasyonlar grafikte (**Şekil 1**) +1 ve -1 değerleri arasında yer alan koyu mavi- koyu kırmızı renk ölçeğinde görselleştirilmişlerdir.



Şekil 1: 12 ifadeden oluşacak biçimde güncellenen anket soruları ve bağımlı değişken arasındaki kriterler arası korelasyon grafiği. (Yazarlar tarafında oluşturulmuştur.)

Katılımcıların mimari tasarım sürecinde kullanmayı tercih edecekleri AG bileşen ve özelliklerin tanımlanmasında kullanılmak üzere geliştirilen anket 12 ifadeden oluşacak şekilde güncellenmiştir. Ardından, yeni anketi oluşturan maddelerin iç tutarlılığı, başka bir deyişleanketin güvenilirliği, kabul edilebilir değeri tıp alanındaki çalışmalar dışında 0.7 - 0.8 olan Cronbach alfa (Bland ve Altman, 1997) değeri hesaplanarak kontrol edilmiştir. Açık kaynaklı R programında yapılan testin sonuçlarına (**Tablo 3**) göre, güncellenen anketin koşulsuz Cronbach alfa değeri kabul edilebilir değer olan 0.7 olarak hesaplanmıştır. Koşullu Cronbach alfa değerleri incelendiğinde anketten 7 numaralı değişkenin çıkartılmasıyla Cronbach alfa değerinin 0.74 değerine çıkacağı görülmüştür. Ancak anketin güvenilirliği anketten herhangi bir değişken çıkartılmadan da kabul edilebilir eşiğin içerisinde bulunduğundan ve regresyon analizinde kullanılacak kriterlerden birinin daha kaybedilmemesi için ankette bulunan ifade sayısında ikinci bir azaltma yapılmamasına karar verilmiştir.

Tablo 3: Güncellenen anketin Koşullu Cronbach alfa değerleri

Değişken	Cronbach Alpha
1	0.6756238
2	0.6613687
3	0.6217617
4	0.6502348
5	0.6820533
6	0.6952508
7	0.744774
8	0.6890119
9	0.718519
10	0.6883135
11	0.6783442
12	0.6768692
Koşulsuz Cronbach Alpha	0.702955

12 ifadeden oluşacak şekilde güncellenen anket kullanılarak oluşturulan yeni veri setinde bulunan değerler normalize edilmiştir. Ardından, modelin test edilmesi için açık kaynaklı R programında bağımlı değişkenle kriterlar arası korelasyonları 0.5, 0.55, 0.6 ve 0.65 değerlerinden yüksek olan bağımsız değişkenlerin kullanıldığı 8 ayrı regresyon modeli oluşturularak bu modellerin sonuçları karşılaştırılmıştır. Bağımlı değişkene (Y) etki eden farklı bağımsız değişkenler (X_n) kullanılarak ifade edilen regresyon modellerinde R^2 değerleri karşılaştırılarak veri setini en iyi şekilde açıklayan (0-%100) modelin elde edilmesi amaçlanmaktadır. Çoklu doğrusal regresyon modelleri:

Y = Bağımlı değişkeni
β0 = denklem sabitini
β1 = X1 bağımsız değişkenine ait katsayıyı
X1 = X1 bağımsız değişkenini
β2 = X2 bağımsız değişkenine ait katsayıyı
X2 = X2 bağımsız değişkenini

ifade etmek üzere Denklem 1'de görülebileceği şekilde temsil edilirler.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \beta_n * X_n \quad (1)$$

Güvenilirliği test edilen güncel anket cevaplarından oluşan veri setini oluşturan bağımlı ve bağımsız değişkenlerin kriterler arası korelasyonları incelendiğinde "Total" olarak ifade edilen bağımlı değişkenle, kriterler arası korelasyonu "orta derecede ilişkili" olarak kabul edilen 0.5 değerine eşit veya yüksek olan Q8, Q16, Q15, Q2, Q4, Q6, Q5 bağımsız değişkenlerinin ilişkili olduğu görülmüştür. Bu nedenle veri setini açıklayacak regresyon modellerinin oluşturulmasında bahsedilen değişkenlerin kullanılmasına karar verilmiştir (**Tablo 4**). Kurulan regresyon modellerinin test edilmesi sonucunda elde edilen ilgili R^2 değerleri karşılaştırıldığında R^2 değeri 0.88 olan 7 bağımsız değişkenli birinci ve R^2 değeri 0.84 olan 4 bağımsız değişkenli beşinci modellerin (Denklem2) bağımlı değişkeni diğer modellerden daha iyi açıkladığı görülmüştür.

$$Y = 3.80 + 2.07 * Q_2 + 1.59 * Q_4 + 2.03 * Q_6 + 2.06 * Q_8 \quad (2)$$

Tablo 4: Güncellenen ankete ilişkin bağımlı değişken ve bağımsız değişkenler korelasyon tablosu

	Q2	Q4	Q5	Q6	Q8	Q9	Q10	Q11	Q13	Q14	Q15	Q16	Total
Q2	1	0.29	0.48	0.03	0.09	-0.12	-0.16	0.23	0.26	0.07	0.3	0.53	0.56
Q4	0.29	1	0.62	0.48	-0.01	0.32	-0.25	0.15	0.1	0.36	0.16	0.28	0.62
Q5	0.48	0.62	1	0.57	0.14	0.42	-0.01	0.04	-0.01	0.3	0.46	0.47	0.78
Q6	0.03	0.48	0.57	1	0.26	0.19	0.16	0.04	-0.14	0.42	0.25	0.47	0.67
Q8	0.09	-0.01	0.14	0.26	1	0.05	-0.01	0.66	-0.11	0.56	0.24	0.02	0.5
Q9	-0.12	0.32	0.42	0.19	0.05	1	0.14	0.04	0.26	-0.15	0.71	0.14	0.38
Q10	-0.16	-0.25	-0.01	0.16	-0.01	0.14	1	-0.1	-0.09	-0.23	0.16	-0.03	0.07
Q11	0.23	0.15	0.04	0.04	0.66	0.04	-0.1	1	0.22	0.3	0.16	-0.03	0.47
Q13	0.26	0.1	-0.01	-0.14	-0.11	0.26	-0.09	0.22	1	-0.05	0.19	-0.06	0.22
Q14	0.07	0.36	0.3	0.42	0.56	-0.15	-0.23	0.3	-0.05	1	-0.03	-0.17	0.46
Q15	0.3	0.16	0.46	0.25	0.24	0.71	0.16	0.16	0.19	-0.03	1	0.3	0.56
Q16	0.53	0.28	0.47	0.47	0.02	0.14	-0.03	-0.03	-0.06	-0.17	0.3	1	0.53
Total	0.56	0.62	0.78	0.67	0.5	0.38	0.07	0.47	0.22	0.46	0.56	0.53	1

4. Sonuçlar

"Mimari tasarım sürecinin erken evrelerinde kullanılacak AG uygulamalarında bulunması tercih edilen bileşen ve özelliklerin hangileri kullanıcı tercihlerinde daha etkin rol oynamaktadır?" araştırma sorusunu irdeleyen araştırma

sonucunda katılımcılarının beklentilerini en fazla izleyiciler (Q2), donanım özellikleri (Q4), etkileşim yöntemleri (Q6) ve sanal nesne üretimi (Q8) temalarının etkilediği sonucuna varılmıştır.

Araştırma kapsamında elde edilen veriler değerlendirilerek kurulan modelde kullanıcıların AG uygulamalarında işaretleyicisiz sistemleri kullanmayı tercih ettikleri sonucu ortaya çıkmıştır. Yeni bir teknoloji olan işaretleyicisiz izleyicilerin kullanıldığı sistemlerin işaretleyici tabanlı izleyicilerin kullanıldığı sistemlere göre en önemli avantajı nesnelerin koordinatlarının bağlı olduğu fiziksel nesnelerin sistem tarafından tanımlanabilmesi için gerekli olan boyut ve netlik kısıtlamalarına bağlı olmamalarıdır. Başka bir deyişle işaretleyicisiz sistemlerde sanal nesneler sistemin donanım özelliklerinden kameraların çözünürlükleri veya sistemde kullanılan QR kodlarının fiziksel boyutlarına bağlı kalmadan istenilen yerde konumlandırılabilmektedir. İşaretleyici tabanlı izleyici kullanan AG sistemlerine göre daha ağır hesaplamaların yapılmasını gerektiren işaretleyicisiz izleyicilerin kullanıldığı sistemlerle, bu hesaplamaları ve daha karmaşıklarını yapacak kapasitedeki mobil AG donanımlarının son kullanıcı tarafından daha erişilebilir hale geleceği öngörülen önümüzdeki yıllarda daha sık karşılaşılacağı düşünülmektedir.

Kullanıcıların tercihlerinde etkin rol oynayan sistem bileşenlerinden bir diğeri de donanım özelliklerinden görselleştirme cihazının tipidir. Araştırma sonuçlarına göre mimari tasarım sürecinde kullanılacak AG sisteminin görselleştirme bileşeninin mobil olması kullanıcılar tarafından bu sistemin benimsenmesindeki etkin kriterlerden biri olarak görülmektedir. Giyilebilir AG görüntüleme cihazlarının şu an katılımcılar tarafından AG uygulaması tercihlerinde etkin bir kriter olarak görülmese de, kullanıcının hareketliliğini artırmaları, kullanıcılara iki ellerini de kullanma imkanı tanımaları ve ergonomik olmaları nedenleriyle ilerleyen senelerde tercih edilen bir sistem özelliği haline gelebileceği öngörülmektedir.

Kullanıcı tercihlerinde rol oynayan etkenlerden bir diğeri de etkileşim yöntemidir. Katılımcıların ekrana dokunulmadan jestler yoluyla gerçekleştirilen etkileşim yöntemine sahip AG uygulamalarını tercih ettikleri görülmektedir. Her ne kadar daha yeni bir etkileşim yöntemi olan jestler yoluyla nesnelerle etkileşim kullanıcılara daha eğlenceli gelse de, mimari tasarım sürecinde kullanılacak bir AG uygulamasının etkileşim yönteminin kesin ve doğru sonuçlar vermesi daha önemli olarak görülmektedir. Mimari tasarım sürecinde kullanılacak bir AG uygulamasında hangi etkileşim türünün daha etkin kullanılabileceğine karar verebilmek için dokunulabilen etkileşim yöntemine sahip bir AG uygulaması ile bir tasarım egzersizinin gerçekleştirilmesi ve sonuçların değerlendirilmesi faydalı olabilir.

Araştırma sonucunda, katılımcıların mimari tasarım sürecinde kullanılacak bir AG uygulamasından beklentilerini en çok etkileyebilecek son kriter olarak sanal nesne üretim şekli öne çıkmıştır. Katılımcıların deneyimlediği AG uygulamasında sanal nesneler sisteme önceden tanımlanmış dikdörtgenler prizması gibi temel geometrik biçimlerdir. Doktora çalışması kapsamında geliştirilen AG uygulamasında sanal nesneler sistemin daha etkin kullanılabilmesi ve kullanıcıların biçimleri oluşturmak istedikleri tanımlı biçimler olarak değil, belirli yapı elemanlarını temsil eden kesin olmayan nesneler olarak görmelerini sağlamak için sisteme daha önceden tanımlanmışlardır. Kullanıcıların tasarım sürecinde kullanacakları sanal nesneleri tasarım sürecinde üretebilmelerinin kullanıcıları özgürleştirebileceği gibi AG uygulaması kullanarak istedikleri karmaşık nesneyi oluşturmak için gereğinden fazla zaman harcayarak uygulamayı amacına uygun olarak hızlı bir şekilde 3 boyutlu nesneler arası ilişkileri irdelemek için kullanmalarını engelleme ihtimali de bulunmaktadır.

İlerleyen aşamalarda bu çalışmadan elde edilen bulgulara dayanarak, katılımcıların tercih ettikleri bileşen ve özelliklere sahip bir AG uygulamasının kullanıldığı bir çalışmanın kurgulanması özellikle mimari tasarım sürecinde kullanılmak üzere geliştirilen AG uygulamalarının bileşen özelliklerinin kullanıcı tercihleri üzerine etkileri konusunda yeni bilgiler edinilmesine yardımcı olabilir. Katılımcıların farklı sistem bileşenlerine sahip AG uygulamalarını tasarım egzersizinde deneyimlemelerinin, mimari tasarım sürecinde kullanılacak AG uygulamaları özelinde tercihlerini oluştururken gerçekçi ve pragmatist bir yaklaşımla karar vermelerini sağlayabileceği varsayılmaktadır.

Çalışmanın özgün katkılarından birisi, özellikle AG uygulamaları bağlamında, teknoloji kabul modellerini oluşturan kriterlere uygulamanın kullanıldığı alan göz önüne alınarak yeni eklemeler yapılabileceğinin gösterilmesidir. Teknoloji kabul modelleri ile uygulamanın kabulünün kullanım kolaylığı, fayda, çaba, sosyal etki, kolaylaştırıcı koşullar, motivasyon, deneyim, mahremiyet, ekonomik maliyet ve benzeri etkenlere bağlı olduğu varsayımından yola çıkılarak değerlendirilen uygulamanın kullanıcılar tarafından ne kadar benimseneceğine yönelik bir değerlendirmede

bulunulmaktadır. Ancak, mimari tasarım sürecinde kullanılmak üzere geliştirilen bir AG uygulamasının son kullanıcı tarafından benimsenmesinde TKM'nde önerilen kriterlerin dışında başka etkenlerin de etkili olabileceği fikrinin sorgulanması önemli bulunmaktadır. Sonuç olarak mimari tasarım sürecinde kullanılan bir AG uygulamasının son kullanıcı tarafından benimsenmesinde "mahremiyet", "sosyal etkiler" veya "donanımın ekonomik maliyeti" gibi kriterlerden çok uygulamanın kullanıldığı eylemle ve kullanıcıya sunduğu imkanlarla daha yakından ilişkili etkenlerin daha fazla payının olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenlerle çalışma sonucunda elde edilen model göz önünde bulundurularak, tasarım alanında kullanılacak AG uygulamalarının kullanıcı tarafından benimsenmesinin donanım ve yazılım bileşenleri ve özelliklerinden hangilerine bağlı olduğunun gösterilmesinin benzer araçların geliştirilme süreçlerinde önemli katkılarının olacağı beklenmektedir.

AG uygulamalarının geliştirilme süreçlerinin daha etkin bir şekilde sürdürülebilmesi ve kullanıcıların geliştirilen uygulamaları daha kolay kabul etmelerini sağlamak adına özellikle izleyiciler, etkileşim, uygulamanın mobil cihazlarda kullanılması ve nesne üretimi konularına öncelik verilmesinin geliştirilen uygulamaların son kullanıcı tarafından benimsenme ihtimalini arttıracağı düşünülmektedir.

Teşekkür
İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Anabilim Dalı, Mimari Tasarımda Bilişim Doktora programında "Scientific Research, Ethic & Seminar" dersi yürütücülerine ders kapsamında yapılan sunum ve tartışmalarla makalenin hazırlanma sürecinde yaptıkları katkılardan dolayı teşekkür ederiz.

Bu çalışma, İstanbul Teknik Üniversitesi, Sosyal ve Beşeri Bilimler İnsan Araştırmaları Etik Kurulu'nun 27.10.2021 tarihli toplantısında yapmış olduğu değerlendirme sonucunda Etik Kurulu onayı almıştır (No: 196).

KAYNAKLAR

Acar, A., Atalay, F. B., Say, S., Tunca, E. M., Çetin, M. C., Çalışkan, Ş. N., . . . Karakaya, A. F. (2022). Kültürel mirasa yönelik coğrafi konum tabanlı mobil artırılmış gerçeklik teknolojisi uygulaması araştırması ve geliştirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, *37*(4), 1931-1944. https://doi.org/10.17341/gazimmfd.932478

Bayraktar, M. E., & Çağdaş, G. (2020). A Mobile Design Environment for Building Form Generation. *Journal of Design Studio*, *2*(2), 131-142, https://doi.org/10.46474/jds.826659

Bland, J. M., & Altman, D. G. (1997). Statistics notes: Cronbach's alpha. *BMJ*, *314*(7080), 572. https://doi.org/10.1136/bmj.314.7080.572

Caudell, T. P., & Mizell, D. W. (1992, 7-10 Jan 1992). Augmented Reality: An Application of Heads-up Display Technology to Manual Manufacturing Processes. Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences, 2. 659-669

Corrêa, A. G. D., Ficheman, I. K., do Nascimento, M., & de Deus Lopes, R. (2012). Contributions of an Augmented Reality Musical System for the Stimulation of Motor Skills in Music Therapy Sessions. In W. Sittiprapaporn (Ed.), *Learning Disabilities* (pp. 275-289). InTech Open. https://doi.org/10.5772/30142

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, *13*(3), 319-340. https://doi.org/10.2307/249008

Durmazoğlu, M. Ç., & Gül, L. F. (2022). Exploring usability tests to evaluate designers' interaction with mobile augmented reality application for conceptual architectural design. *ITU J Faculty Arch*, *19*(1), 225-242. https://doi.org/10.5505/itujfa.2022.90688

Georgiou, Y., & Kyza, E. A. (2018). Relations between student motivation, immersion and learning outcomes in location-based augmented reality settings. *Computers in Human Behavior*, *89*, 173-181. https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.08.011

Gül, L. F. (2018). Studying gesture-based interaction on a mobile augmented reality application for co-design activity [journal article]. *Journal on Multimodal User Interfaces*, *12*(2), 109-124. https://doi.org/10.1007/s12193-017-0252-0

Gül, L. F. (2020). The Impact of Digital Technologies On Collaborative Design. *Megaron*, *15*(1), 84-98. https://doi.org/10.14744/megaron.2019.23281

Kerr, J., & Lawson, G. (2020). Augmented Reality in Design Education: Landscape Architecture Studies as AR Experience. *International Journal of Art & Design Education*, *39*(1), 6-21. https://doi.org/10.1111/jade.12227

Li, M., & Liu, L. (2022). Students' perceptions of augmented reality integrated into a mobile learning environment. *Library Hi Tech*, *ahead-of-print*(ahead-of-print). https://doi.org/10.1108/LHT-10-2021-0345

López-Faican, L., & Jaen, J. (2020). EmoFindAR: Evaluation of a mobile multiplayer augmented reality game for primary school children. *Computers & Education*, *149*, 103814. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103814

Marques, B., Teixeira, A., Silva, S., Alves, J., Dias, P., & Santos, B. S. (2022). A critical analysis on remote collaboration mediated by Augmented Reality: Making a case for improved characterization and evaluation of the collaborative process. *Computers & Graphics*, *102*, 619-633. https://doi.org/10.1016/j.cag.2021.08.006

Nevola, F., Coles, T., & Mosconi, C. (2022). Hidden Florence revealed? Critical insights from the operation of an augmented reality app in a World Heritage City. *Journal of Heritage Tourism*, 1-20. https://doi.org/10.1080/1743873X.2022.2036165

Papakostas, C., Troussas, C., Krouska, A., & Sgouropoulou, C. (2021). Measuring User Experience, Usability and Interactivity of a Personalized Mobile Augmented Reality Training System. *Sensors*, *21*(11), 3888. https://doi.org/10.3390/s21113888

Sutherland, I. E. (1968). A head-mounted three dimensional display. Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I,

tom Dieck, M. C., & Jung, T. (2018). A theoretical model of mobile augmented reality acceptance in urban heritage tourism. *Current Issues in Tourism*, *21*(2), 154-174. https://doi.org/10.1080/13683500.2015.1070801

Turkan, Y., Radkowski, R., Karabulut-Ilgu, A., Behzadan, A. H., & Chen, A. (2017). Mobile augmented reality for teaching structural analysis. *Advanced Engineering Informatics*, *34*, 90-100. https://doi.org/10.1016/j.aei.2017.09.005

Venkatesh, V., Thong, J. Y., & Xu, X. (2012). Consumer acceptance and use of information technology: extending the unified theory of acceptance and use of technology. *MIS Quarterly*, 157-178. https://doi.org/10.2307/41410412

Wang, J., Wang, X., Shou, W., & Xu, B. (2014). Integrating BIM and augmented reality for interactive architectural visualisation. *Construction Innovation*, *14*(4), 453-476. https://doi.org/10.1108/CI-03-2014-0019

Yavuz, M., Çorbacıoğlu, E., Başoğlu, A. N., Daim, T. U., & Shaygan, A. (2021). Augmented reality technology adoption: Case of a mobile application in Turkey. *Technology in Society*, *66*, 101598. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101598

11. OTURUM

YAPI BİLGİ MODELLEMESİ

Tarihi Yapı Bilgi Modellemesi (HBIM) Kütüphanesi: Akçakoca'da Bir Tescilli Konut Örneği

Nuray Benli Yıldız [1]; Zehra Kalpaklı [2]; Nuray Özkaraca [3]
[1]Düzce Üniversitesi; [2] İstanbul Esenyurt Üniversitesi; [3]Eskişehir Teknik Üniversitesi
[1]nuraybenli@gmail.com; [2]zehrakalpakli81@gmail.com; [3]ozkaracanuray@gmail.com

Özet

Yapı bilgi modellemesi (BIM), bilgi teknolojilerinin inşaat sektörüne uyarlanarak 3B parametrik ve nesne tabanlı model oluşturulması, modellere zaman ve maliyet verisi eklenmesiyle oluşturulan bir metodolojidir. Son yıllarda kültürel mirasın korunması, gelecek kuşaklara aktarılması açısından dijital kültürel mirasın oluşturulması, güncel bir çalışma alanı haline gelmiştir. Teknolojik imkânların artması sayesinde erişim zorlukları, pandemi ve ekonomi gibi sebeplerle fiziki ulaşım sağlanamayan tarihi alanlar, sahip oldukları kültürel zenginlikleri dijital ortamlara aktarmaktadır. Bu amaç doğrultusunda BIM'in tarihi yapılar üzerinde uygulanan versiyonu olan Tarihi Yapı Bilgi Modellemesi (HBIM) önemli bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Kültürel miras yapılarının modellenerek dijitalleştirilmeleri; tek tip detaylarının olmaması, farklı zaman ve periyotlarda, farklı yapım teknikleriyle yapılmış olmaları sebepleri ile emek yoğun bir süreçtir. Bu sebeple HBIM ile parametrik nesne kütüphanelerinin oluşturulması, yaygınlaştırılması, sınıflandırılması ve erişilebilir hale getirilmesi ile bu süreç iyileştirilmiş olacaktır. Bu doğrultuda araştırma yöntemi; modelleme ve kütüphane çalışmaları özelinde literatür taramasının analiz edilerek sentezlenmesine ve alan çalışmasına dayanmaktadır. Alan çalışması olarak Düzce ili, Akçakoca ilçesinde bulunan özgünlüğünü yitirmiş tescilli bir sivil mimarlık örneği üzerinden HBIM ile üç boyutlu olarak oluşturulmuş, yapı ve kütüphane elemanları modellenerek, BIM'e aktarılmıştır. Sonuç itibariyle bina ve elemanları parametrik objelerle tanımlanarak, HBIM kütüphanesine katkıda bulunulurken, binanın özgün hali interaktif olarak deneyimlenme imkânı oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Tarihi Yapı Bilgi Modellemesi (HBIM), Yapı Bilgi Modellemesi (BIM), Kültürel miras yapılarının korunması, Dijital kültürel miras, HBIM kütüphanesi, Akçakoca, Düzce*

Historical Building Information Modeling (HBIM) Library: A Registered Housing Example in Akçakoca

Nuray Benli Yıldız [1]; Zehra Kalpaklı [2]; Nuray Özkaraca [3]
[1]Duzce University,; [2] İstanbul Esenyurt University; [3]Eskişehir Technical University,
[1]nuraybenli@gmail.com; [2]zehrakalpakli81@gmail.com; [3]ozkaracanuray@gmail.com

Abstract

Building information modeling (BIM) is a methodology created by adapting information technologies to the construction industry, creating 3D parametric and object-based models, and adding time and cost data to the models. In recent years, the creation of digital cultural heritage is a current field in terms of protecting cultural heritage and transferring it to future generations. Development of technology and the increase in opportunities, destinations that cannot be physically visited due to access difficulties or pandemics are trying to transfer their cultural richness to digital environments. For this purpose, Historical Building Information Modeling (HBIM), which is the version of BIM applied on historical buildings, emerges as an important tool. Modeling and digitizing cultural heritage structures; It is a laborious process with the lack of uniform details and the fact that they were made at different times and periods, with different construction techniques. For this reason, this process will be improved with the creation, dissemination, classification and accessibility of parametric object libraries with HBIM. In this direction, the research method; It is based on the analysis and synthesis of the literature review and case study in particular on modeling and library studies as a case study, it was created in three dimensions with HBIM on a registered civil architecture example in Düzce province, Akçakoca district, and the building and library elements were modelled and transferred to BIM. As a result, by defining the building and its elements with parametric objects, the opportunity to experience the building interactively was created while contributing to the BIM library.

Keywords: *Historic Building Information Modeling (HBIM), Building Information Modeling (BIM), Conservation of cultural heritage buildings, Digital cultural heritage, HBIM library, Akçakoca, Düzce*

1. Giriş

Yapı bilgi modellemesi (BIM), bilgi teknolojilerinin inşaat sektörüne uyarlanarak 3B parametrik ve nesne tabanlı model oluşturulması, modellere zaman ve maliyet verisi eklenmesiyle oluşturulan bir metodolojidir. Gelişen teknolojiyle birlikte yeni yapı yapma, mevcut yapının rölövesinin alınması gibi gelenekselleşmiş iş yapma ve yürütme yöntemleri ciddi değişimler geçirmektedir. Bu değişimlerden bir kısmı fotogrametri ve 3d lazer tarama gibi ölçüm teknolojilerine bağlıyken, bütünleşik proje elde edilmesine ve inşaata dijitalleşmenin öncülerinden Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) ise dijital ikiz elde etme yöntemiyle ve yapının tasarım, inşaat, işletme, onarım, bakım ve yıkım gibi aşamalarında farklı veriler sağlamaktadır. BIM tasarım alternatifleri, maliyet tahmini, malzeme tanımlama ve metrajı, veri yönetimi, as-built projelerin elde edilmesi, şantiye organizasyonu ve uygulama projelerinin eldesi gibi pek çok farklı veri sağlayabilmektedir (Barbosa, 2018). Bunların yanı sıra çakışma analizi, disiplinler arası koordinasyon, bina, enerji, akustik simülasyonları, üretim, prefabrikasyon, proje yönetimi ve emlak yönetimi gibi konularda da binanın yaşam döngüsü boyunca bilgi akışını devam ettirilebilmektedir. Mevcut yapılar ve tarihi yapılarda (TYBM; HBIM) ise BIM metodolojisi koruma durumunun izlenmesi, miras yönetimi, önleyici bakım, müdahale seçeneklerinin analizi, koruma ve restorasyon planlaması, inşaat simülasyonu, afete hazırlık vb. amaçlara yönelmektedir (Rocha ve diğ., 2020). Kültürel miras yapılarının modellenerek dijitalleştirilmeleri; tek tip detaylarının olmaması, farklı zaman ve periyotlarda, farklı yapım teknikleriyle yapılmış olmaları sebepleri ile emek yoğun bir süreçtir.

2. Tarihi Yapı Bilgi Modellemesi (HBIM)

Miras kavramı, UNESCO (The United Nations Organization for Education, Science and Culture)'nun tanımına göre doğal, kültürel ve karma (doğal ve kültürel) olmak üzere üçe ayrılmaktadır (UNESCO, 1972). Bunların tamamı evrensel değerleri yansıtan ve gelecek kuşaklara miras olarak aktarılması gereken değerlerdir (Vecco, 2010). Geçmişten gelen tüm eserlerin korunması ve gelecek nesillere aktarılması; ekonomik sıkıntılar, kentleşme sorunları, doğal afetler, malzemelerin yıpranması gibi sebeplerden mümkün olmamaktadır (Ahunbay, 1996). Geçmişten günümüze korumanın ölçeği ve anlayışı değişmekte ve böylelikle korumanın içeriğinde ve yönteminde de değişimler yaşanmaktadır (Aladağ, 2010). Son yıllarda tarihi yapıların korunması konusunda, Yapı Bilgi Modellemesine (BIM) entegre edilmesiyle "HBIM (Tarihi Yapı Bilgi Modellemesi)" adında yeni bir yöntem ortaya çıkmıştır (Murphy, Mcgovern ve Pavia, 2009); (Pocobelli, Boehm, Bryan, Still ve Grau-Bové, 2018). BIM kadar yaygın olmamakla birlikte HBIM'in kullanılması, son yıllarda uluslararası düzeyde başladığı ve bu yöntemle yapılan çalışmaların giderek arttığı gözlemlenmiştir (Pocobelli ve diğerleri, 2018).

BIM, yeni veya mevcut yapının fiziksel ve fonksiyonel özelliklerinin parametrik ögeler ile dijital temsilini sağlayan teknolojik bir araçtır. Geleneksel yöntem ile bilgisayar destekli çizim programları zihindeki projenin iki boyuta aktarılması ile proje üretirken, BIM zihindeki projeyi üç boyutlu parametrik elemanlarla oluşturur, iki boyutlu çizimleri bu modelden otomatik elde eder. BIM çok disiplinli bir çalışmada, koordineli veri paylaşımı için güvenli bir platform sunmaktadır (Garber, 2014); (Kuytan ve Yıldız, 2021). Koordineli veri paylaşım özelliği BIM'İ kültürel mirasın arşivlenmesi, korunması, yönetimi ve araştırılması için uygun bir platform haline getirmektedir. BIM, kültür miras varlıklarında bakım, onarım ve işletme gibi yapının yaşam döngüsü boyunca sürdürüldüğünde çok iyi bir karar verme ve yönetim aracı olarak işlevlendirilebilir (Antonopoulou ve Bryan, 2017). HBIM, kültürel bir mirası oluşturan tüm unsurları dijital olarak gösteren bir süreç olarak veya teknik terimlerle nesne yönelimli parametrik modelleme olarak tanımlanabilir. HBIM süreci, 'akıllı' nesnelerin (yapı bileşenleri ve alanları) bir yapının ya da yapı grubunun sanal ortamda birleştirilmesini içermektedir. İlgili bilgi parçalarına karşılık gelen HBIM nesneleri, bilgi modeline yapılandırılmış bir şekilde entegre edilmektedir. Bu şekilde HBIM, kültürel miras varlığı için dijital bir bilgi kaynağı oluşturmaktadır (Antonopoulou ve Bryan, 2017). Son yıllarda kültürel mirasın korunması, gelecek kuşaklara aktarılması açısından dijital kültürel mirasın oluşturulması yeni ve ilgi gören bir alandır. Teknolojinin gelişerek imkânların artması sayesinde erişim zorlukları, pandemi gibi sebeplerle ulaşılamayan tarihi alanlar, sahip oldukları kültürel zenginlikleri dijital ortamlara hızla aktarmaya çalışmaktadır. Bu amaç doğrultusunda BIM'in tarihi yapılar üzerinde uygulanan versiyonu olan Tarihi Yapı Bilgi Modellemesi (HBIM) önemli bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Kültürel miras yapılarının modellenerek dijitalleştirilmeleri; tek tip detaylarının olmaması, farklı açı ve sapmalar gösterebilmeleri, farklı zaman ve periyotlarda, farklı yapım teknikleriyle yapılmış olmaları ile zorlaşmaktadır. Bu sebeple HBIM ile parametrik nesne kütüphanelerinin oluşturulması ve sınıflandırılması; HBIM'in yaygınlaştırılması açısından büyük

önem taşımaktadır. Bu kütüphanenin ulaşılabilir olması HBIM sürecine geçişi oldukça hızlandıracak ve kolaylaştıracaktır.

HBIM süreci, sırasıyla veri toplama, BIM için lazer tarama süreci, bilgileri haritalama ve bilgi paylaşımı aşamalarından oluşmaktadır (**Şekil 1**) (Banfi, 2020)(Fabrizio Banfi, 2020 aktaran Kömürcü ve Yıldız, 2021). "Scan to BIM" olarak isimlendirilen ikinci aşamada özellikle yersel lazer tarama cihazları aracılığıyla nokta bulutu elde edilerek BIM teknikleriyle model elde edilmesine verilen isimdir. HBIM'in son aşaması olarak paylaşılan bilgiler; miras yapısı hakkında tarihsel analizleri, zaman ve maliyet hesaplamalarını, enerji simülasyonlarını, bakım, onarım ve müdahalelerin süreçleriyle ilgili çalışmaları içerme potansiyeline sahiptir. Elde edilen HBIM modeli ile, dijital modele entegre edilen veriler farklı disiplinler tarafından kullanılabilmektedir (Kömürcü ve Yıldız, 2021). Sanal gerçeklik (VR) veya Artırılmış gerçekliğin (AR) ötesinde Teos antik kenti için geliştirilen uygulamada görüldüğü üzere oyunlaştırma şeklinde de yapılabilmektedir (Varinlioğlu, Alankuş, Aslankan ve Mura, 2019).



Şekil 1: HBIM süreci ve çalışma aşamaları (Fabrizio Banfi, 2020 aktaran Kömürcü ve Yıldız, 2021)

Bu kapsamda yapılan incelemede uluslararası pek çok kaynağa rastlanmış olup, ulusal düzeyde dört yeni çalışmaya (Bastem ve Cekmis, 2021); (Kömürcü ve Yıldız, 2021); (Korumaz ve Özeren, 2022) ve (Acar ve diğerleri, 2022) rastlanmıştır. Bastem ve Çekmiş (2021) en yaygın kullanılan dokuz akademik veri tabanında 2009 ve 2020 yılları arasında yayınlanan çalışmalar hakkında sistematik bir literatür taraması yapmıştır. Bu kapsamda, HBIM süreci ve aşamaları hakkında 194 birincil çalışma belirlenmiştir. Belirlenen çalışmalar incelenerek HBIM'in kullanım alanları ve süreci için güncel bir iş akışı oluşturulmuştur. HBIM uygulaması sırasında ihtiyaç duyulabilecek araçlar, yöntemler ve yazılımlar ile karşılaşılabilecek olası zorluklar ifade edilmiştir. Ayrıca yakın gelecekte HBIM'in geleneksel rölöve ve restorasyon sürecinin yerini alacağı öngörüsüne yer verilmiştir. Kömürcü ve Yıldız (2021) SWOT analizi yöntemini kullanılarak HBIM çalışma yöntemini, kullanmanın sunduğu fırsatları ve tehditleri değerlendirip HBIM teknolojisinin güçlü ve zayıf yönlerini tespit etmiştir. SWOT analizi sonucunda, HBIM uygulamasının miras yapıları üzerinde olumlu katkılarda bulunacağı, zayıf yönlerinin giderilmesi ile potansiyel fırsatlar yönünde artış sağlayacağı vurgulanmaktadır. Özeren ve Korumaz (2021) ise HBIM platformunda kullanılacak 3d modellerin detay seviyeleri ve kullanım olanaklarına yönelik değerlendirmeler yapmıştır. Türkiye özelinde 4 farklı detay seviyeleri tanımlanarak, miras yapıları için bu seviyelerin kullanılması önerilmiştir. Çalışma kapsamında alan çalışması olarak geleneksel bir evin modeli elde edilmiş ve detay gereksinimi arttıkça ilave teknoloji, yazılım, ekipmana ihtiyaç duyulduğu aktarılmıştır. Acar ve diğerleri (2022) Ankara'da yer alan Augustus Tapınağının nokta bulutu verileri elde edilmiş ve bu verilerden yola çıkılarak yapılan model alana yerleştirilmiştir. AR ile mobil uygulama üzerinden insanların erişimine sunulmuştur. Kültürel mirasın belgelenmesi, korunması ve aktarılması noktasında bu gibi çalışmaların geliştirilmesinin önemli bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Geliştirilecek ara yüzler ile eğitim ve turizm alanında da kullanılabileceğine ve yapı bilgi modellerinin mobil cihazlar ve uygulamalarla araştırmaların çoğalmasıyla daha uyumlu hale gelebileceğine ifade edilmiştir. Bu çalışmalar kapsamında ise ilgili literatür taranarak analiz edilmiş ve alan çalışması gerçekleştirilmiştir. Alan çalışması olarak Düzce ili, Akçakoca ilçesinde bulunan tescilli bir sivil mimarlık örneği üzerinden yapı üç boyutlu olarak oluşturulmuş, yapı ve kütüphane elemanları modellenerek, BIM'e aktarılmıştır. Bu sayede geçirdiği esaslı tadilatla

özgün niteliklerini kaybetmiş, yerel halkın kent belleğinde yer etmiş olan yapı genç kuşaklar için interaktif ortamda ulaşımı sağlanarak, üç boyutlu ortamda var edilmiştir. Binanın içine girilmesine izin verilmediği için yapı dış hatlarıyla yapı ve detaylar boyutunda modellenmiş, BIM'e aktarılmış ve interaktif olarak binanın dışarıdan deneyimlenmesi sağlanarak, yapı ve bağlamına ilişkin bilgi ve deneyim oluşturulması sağlanmıştır.

3. HBIM ile Belgeleme, Modelleme ve Görselleştirme

3.1. Rölöve, Restitüsyon, Restorasyon ve Veri Analizi

Kültürel miras yapılarının tarihsel süreçlerinin araştırılması; yapı üretim teknikleri, geleneklerinin tespit edilmesi, yapı hakkında veri elde edilme süreci olarak özetlenebilir (Ahunbay, 1996). Bu süreçte, teknolojinin gelişmesiyle tarihi yapıların belgelenmesinde; yersel ve havadan lazer tarayıcılar, sayısal el kameraları (Kaya, Yiğit, Ulvi ve Yakar, 2021), çekilen fotoğraflar ve hareketli kameralardan elde edilen nokta bulutları ve üç boyutlu veriler kullanılmaktadır.
Nokta bulutlarının işlenmesiyle vaziyet, kat, tavan planları, kesit ve cephe gibi 2 boyutlu (2B) ölçekli hassas görüntüler (ortofotolar) elde edilmektedir. Bu görüntülerin üzerinden bilgisayar destekli çizim (BDT, ing. CAD) programları aracılığıyla 2B çizimlerin üzerinden (Sağın, Şerifaki ve İpekoğlu, 2017) veya nokta bulutlarının elde edilmesinden sonra direkt BIM programlarıyla da modellemeye başlanabilmektedir.

3.2. Üç Boyutlu Modelleme

Günümüzde yeni bilgi ve iletişim teknolojilerinin evrimi, çağdaş toplumun faaliyetlerinde önemli bir dönüşüme yol açmıştır (Corneliussen, Herman ve Gajjala, 2018). Teknolojik gelişmeler, miras binalarının, heykellerin ve eserlerin mevcut koşullarını aslına uygun olarak, son derece ayrıntılı, aslına uygun 3B modellerin oluşturulmasını mümkün kılmıştır (Remondino, 2011). HBIM ile nokta bulutu verisi üzerinden gerçek ölçümler yapılarak BIM programlarından uygun görülen ile miras yapıları, yapı elemanları kapı, pencere, ahşap işleme detaylarına kadar modellenebilmektedir. Bu modeller üzerinden malzeme, dönem, müdahale gibi veriler işlenerek, rölöve ve restitüsyon modelleri hazırlanabilmektedir. Bu modeller belgeleme amaçlı olarak tarihi, mekânsal, müdahale gibi meta verileri de içerebilmektedir. Böylelikle birçok potansiyel koruma önlemi, iyileştirme, yenileme veya yeniden işlevlendirme vb. değerlendirmeler ile restorasyon çalışmaları gerçekleştirilebilir (Frosini, Biagini, Capone, Donato ve Giusti, 2016). **Şekil 2'de** gözüktüğü gibi 3B modelin elde edilmesiyle birlikte yapının geleceğe dönük değişimleri, parametrik objelerin değiştirilmesiyle ya da yenilerinin eklenmesiyle kolaylıkla güncellenebilmektedir (Fassi, Achille, Mandelli, Rechichi ve Parri, 2015).



(a) (b)

Şekil 2: (a) Tarihi İsbor Köprüsünün nokta bulutu (b) Yapı elemanlarının her biri family (.rvt) ile modellenmesi (León-Robles, Reinoso-Gordo ve González-Quiñones, 2019)

3.3. HBIM Kütüphanesinin Oluşturulması

HBIM süreci, 'akıllı/parametrik' nesnelerin (yapı malzeme ve bileşenleri), bir yapının ya da yapı topluluğunun sanal ortamda birleştirilmesini kapsamaktadır. İlgili bilgi parçalarına karşılık gelen HBIM nesneleri, bilgi modeline yapılandırılmış bir şekilde entegre edilerek, kültürel miras varlığı için dijital bir bilgi kaynağı oluşturmaktadır (Antonopoulou ve Bryan, 2017). Bu doğrultuda HBIM ile mimari mirasın elemanlarının yanı sıra o mirasa ait tüm bilgilerin yer aldığı verilerin, modelin bütünüyle depolandığı bir sanal kütüphane oluşturulabilmektedir. Böylelikle farklı ülkelerdeki araştırmacılar ve mirasla ilgili uzmanlar, oluşturulmuş kütüphane sayesinde fiziki erişimi o an için mümkün

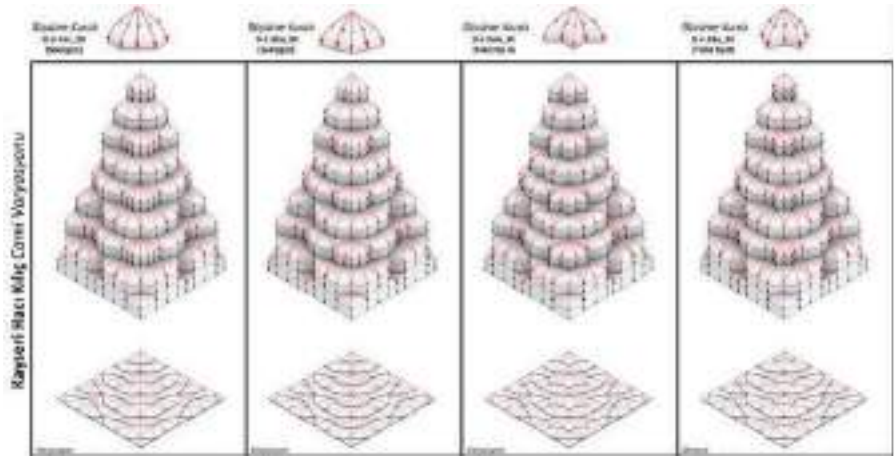
olmayan yapılar hakkındaki bilgilere erişip, onları inceleme, gerektiğinde projelerinde kullanma fırsatına sahip olabilmektedirler.

HBIM ile belli bir devlet, dönem, bölge, akıma ait özgün mimari öğelerin taksonometrik ve tipolojik olarak ortak özellikleri, bir araya geliş biçimleri incelenerek, parametrik obje kütüphaneleri oluşturulmaktadır. Almaimani ve Nawarinin (2019) çalışmasında Hicaz şehrindeki İslam mimarisine (HIAC) sahip Osmanlı tarzı mimariyi; yapım yöntemleri, yapısal elemanlar ve mimari bileşenler doğrultusunda BIM tabanlı 3B nesne kitaplığına dönüştürmeye odaklanmıştır. Yapısal elemanlar ve mimari bileşenler de kemerler, kubbeler, ahşap süslemeler vb. alt bölümlere ayrılarak parametrik olarak modellenmiştir. Yazarlar, bahsi geçen örneklerden yola çıkarak "İslam mimarlığı kütüphanesi" yazılım eklentisini geliştirdiklerini bildirmektedirler (**Şekil 3**).



Şekil 3: Tarihi bir öğenin cumbanın, nokta bulutundan 3B Modele, sonrasında BIM'ne aktarılması (Baik, Alitany, Boehm ve Robson, 2014)

Benzer şekilde Baik ve diğ. (2014), Cidde şehrindeki sivil mimarlık örnekleri için HBIM Kütüphanesi oluşturmuşlardır. Bu çalışmada, yerine göre veya benzersiz olarak üretilen ahşap süslemeler için lazer tarama teknikleri ve otomatik/yarı otomatik yüzey ören yardımcı programlar kullanılarak süreç hızlandırılmıştır. Gökmen ve diğ, (2021) ise Selçuklu dönemi camilerinde tipik olarak kullanılan mukarnas öğesini, Kayseri ilinde bulunan tek cami özelinde incelemiş, mukarnasların 2B izdüşümünden oluşan geometrik ve trigonometrik ilişkiler vasıtasıyla hesaplamalı olarak büyüme ve dallanma davranışlarını çözümleyerek üretken bir algoritma olarak tanımlanmışlardır (**Şekil 4**).



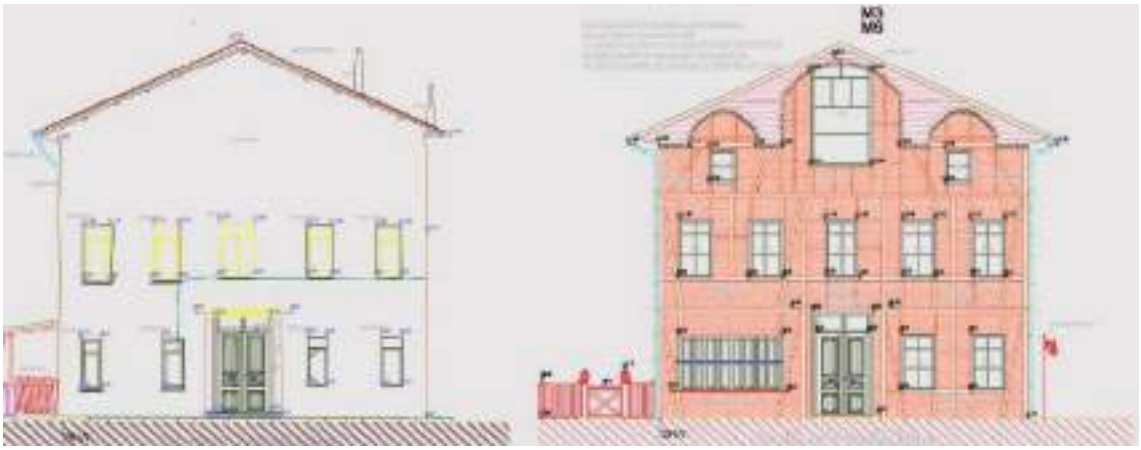
Şekil 4: Farklı Mukarnas varyasyonları (Baik ve diğerleri, 2014)

Altun ve Özkar (2021)'ın bildirisinde de Anadolu Selçuklu mimarisinde kullanılan tuğla duvar panosundaki örüntü incelenerek algoritmik olarak çözümlenmiştir. Bu doğrultuda HBIM/BIM Kütüphanesi aracılığıyla parametrik ilişki kurallarına bağlı olarak yüzlerce farklı şekil alternatifini minimal parametrelerle tek bir objeye düşürülmesi mümkün olmuştur (Priavolou, 2020).

4. Alan Çalışması: Akçakoca İlçesi Yukarı Mahalle 56 Envanter Numaralı Tescilli Ev

Düzce İli, Akçakoca İlçesi Yukarı Mahalle genel olarak Osmanlı yerleşiminden kalmış olmakla birlikte, organik kent dokusu görülmektedir. 20. Yüzyılın başlarında çıkan geniş çaplı bir yangın sonucu yanan evlerin yerine gridal dokulu yeni bir yerleşim sistemi kurgulanmıştır. Alanda diğer tescilli yapı türlerinin yanı sıra 84 tescilli ev bulunmaktadır. Tescilli yapıların fazla olması, kısmen iyi korunmuş olması, binaların içinde yaşamın devam etmesi sebebiyle tarihi doku büyük oranda günümüze ulaşabilmiştir. Alanda sokak sağlıklaştırma projesi kapsamında BHA imar planlama firması tarafından 2007 yılında lazer tarama, nokta bulutu ve ortofoto verileri oluşturulmuştur. İlk yapılan çalışma alandaki tescilli yapıların tekil olarak rölöve, restitüsyon ve restorasyon çalışmalarının yapılmaması sonucu Kocaeli Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu tarafından kabul edilmemiş ve çalışma sokak rölöve ve uygulama çizimlerinin elde edilmesinden ardından sonlandırılmıştır.

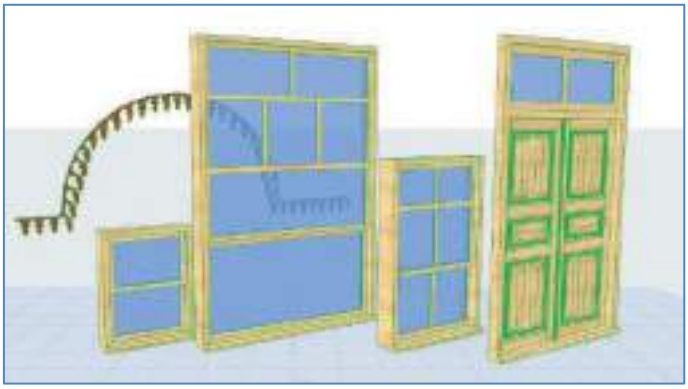
Akçakoca Belediyesinin, 2018 yılında, aynı alan için Kültür ve Turizm Bakanlığına yaptığı toplu hibe başvurusu, Cumhuriyet Caddesi ve Gören caddesinin sokak sağlıklaştırması, bu caddelerin üstünde bulunan tescilli evlerin rölöve, restitüsyon, restorasyonu projelerinin hazırlanması adına olumlu sonuçlanmıştır. İkinci sokak sağlıklaştırma projesi Yıldız Mimarlık Bürosu tarafından üstlenilmiştir. Alandaki ölçüm detayları; yersel lazer tarama cihazı ile ölçüm işlemleri yapılmıştır, nokta bulutu elde edilmiştir. Elde edilen ham tarama dataları 3d lazer tarama, scene 5.5 programı ile birleştirilmiştir. Birleştirme işlemi bittikten sonra cihazın entegre kamerası ile elde edilmiş fotoğraflardan her koordinattaki nokta datasına renk atanarak renklendirme işlemi yapılmıştır. Elde edilen nokta bulutu datası program dışına aktarılarak, bilgisayar destekli tasarım (CAD) programlarında çalışılabilecek formata dönüştürülmüştür. Ayrıca elde edilen nokta bulutu datası 2 boyutlu ortofoto olarak dwg formatında aktarılmıştır (Yıldız Mimarlık Bürosu, 2020). Bu süreçte; proje kapsamında 12 tescilli ev bulunurken, 1 evin hak sahibinin muvafakat vermemesi sonucu bu ev toplu hibe kapsamında, ölçüm ve çizimleri yapılamamıştır. Bu çalışmanın alan çalışmasına konu olan ev, 251 Ada 7 parselde bulunan 56 envanter numaralı konut yapısıdır. Yapı eski fotoğraflarda sıklıkla rastlanan, kayıt edilmeye değer görülen en nitelikli konut yapısı olmasına rağmen bugün özgün niteliklerini kaybetmiştir. Aynı tarihi alanda farklı zamanda yapılan iki sokak sağlıklaştırma çalışmasında, bu yapı bazında ciddi farklar tespit edilmiştir (BHA İmar Planlama, 2007; Yıldız Mimarlık Bürosu, 2020). İlk yapılan rölöve çalışmasında, yapının özgün haline ilişkin tek cephenin 2 boyutlu CAD çizimleri ve bazı fotoğraflarına ulaşılmıştır. Yapıda sonradan çatı katındaki pencereler kapatılmış, pencereler plastik esaslı malzemeye dönüştürülmüş, çatıdaki kemer ve süsler yok edilmiş, cephesi sıvanmış, boyanmıştır. Böylece alanda yapılan ikinci çalışma sürecinde ise önceki rapor ve çizimler olmadan, yapının özgün hali hakkında fikir sahibi olunması, imkânsız hale gelmiştir. Yapıda sokak sağlıklaştırma projesi kapsamında eski rölöve, uygulama çizimleri referans alınarak uygulama projesi önerilmiştir (**Şekil 5**).



(a) (b)

Şekil 5: Yapının mevcut hali (a) (Yıldız Mimarlık, 2020), (b) Uygulama Projesi (BHA Mimarlık, 2007)

Tescilli eve hak sahibinin izin vermemesi, önceki lazer taramalara ulaşılamaması ve dolayısıyla nokta bulutuna ulaşılamaması sebebiyle çalışma "scan to BIM" süreci takip edilememiştir. İlk rölöve çizimlerinde tek cephenin ortofotosu ve dwg uzantılı 2 boyutlu çizimlerine erişim sağlanabilirken, fotoğraflarda en fazla 2 cepheye ulaşılabilmesi sebebiyle çalışma iki boyuttan üç boyuta aktarım şeklinde yürütülmüştür. HBIM çalışması kapsamında yapının iki cephesinin pencereleri, kapıları, kepenkleri cephe çizimi, modelleme programında baştan, tek tek modellenmiştir (**Şekil 6**). Yapı elemanları modellenirken, modelleme kolaylığı, kullanım yaygınlığı ve aktarım kolaylığı sebebiyle Sketch Up programı tercih edilmiştir.



Şekil 6: HBIM kütüphanesi oluşturması ara adımı (Yazar Benli Yıldız tarafından oluşturulmuştur.)

Sketch up modelinin oluşturulmasından sonra modeller, Archicad (Graphisoft) programında BIM objelerinin alt elemanları olarak tanımlanmıştır. Bu sayede ilgili yapı elemanının ayarlarından ulaşmak mümkün olabilmektedir. Kapı kanadı özelinde konu detaylandırılacak olursa, bir kapı kanadı, tek olarak BIM programına aktarıldıktan sonra, uygun düzleme yerleştirilerek "kapı kanadı" alt objesi olarak tanımlandıktan sonra kapı öğesinin alt parametrelerine uyumlu olarak çeşitli varyasyonlarına ulaşmak mümkün olabilmektedir. **Şekil 7**'de görüldüğü üzere en, boy ölçüleri, kol ve tekmelik, açılma çizgileri, malzemeleri (kanat, kasa, kol için ayrı ayrı), kapının duvara yerleşme detayları, örgü kemer, eşik, iç-dış pervaz, panjur(gölgelik), tepelik aydınlatması gibi pek çok farklı alt elemanla farklı kombinasyonlar sonucu yüzlerce farklı kapı tipine rahatça elde edilebilmektedir.



a) b) c) d) e)

Şekil 7: Kapı kanadı alternatiflerinin parametrik obje olarak oluşturulması 7a) Kapı parametreleri, 7b) Tek kanatlı versiyonu 7c) Tek kanatlı, panjurlu versiyon, 7d) Çift kanatlı örgü kemerli versiyonu, 7e) Çift kanatlı, tepelikli versiyonu (Yazar Benli Yıldız tarafından oluşturulmuştur.)

Yapı elemanları modellendikten sonra yapının duvarları, ahşap karkasları ve tuğla örgüsüyle beraber üç boyutlu olarak tanımlanmıştır. Modellemesi tamamlanan yapının BIM programında foto gerçekçi görüntüsü oluşturulmuştur. Böylece

yapının ilk rölöve projesine uygun modellemesi, tamamlanarak farklı zamanlarındaki evreleri bir araya getirilmiştir (**Şekil 8**).



(a) (b) (c) (d)

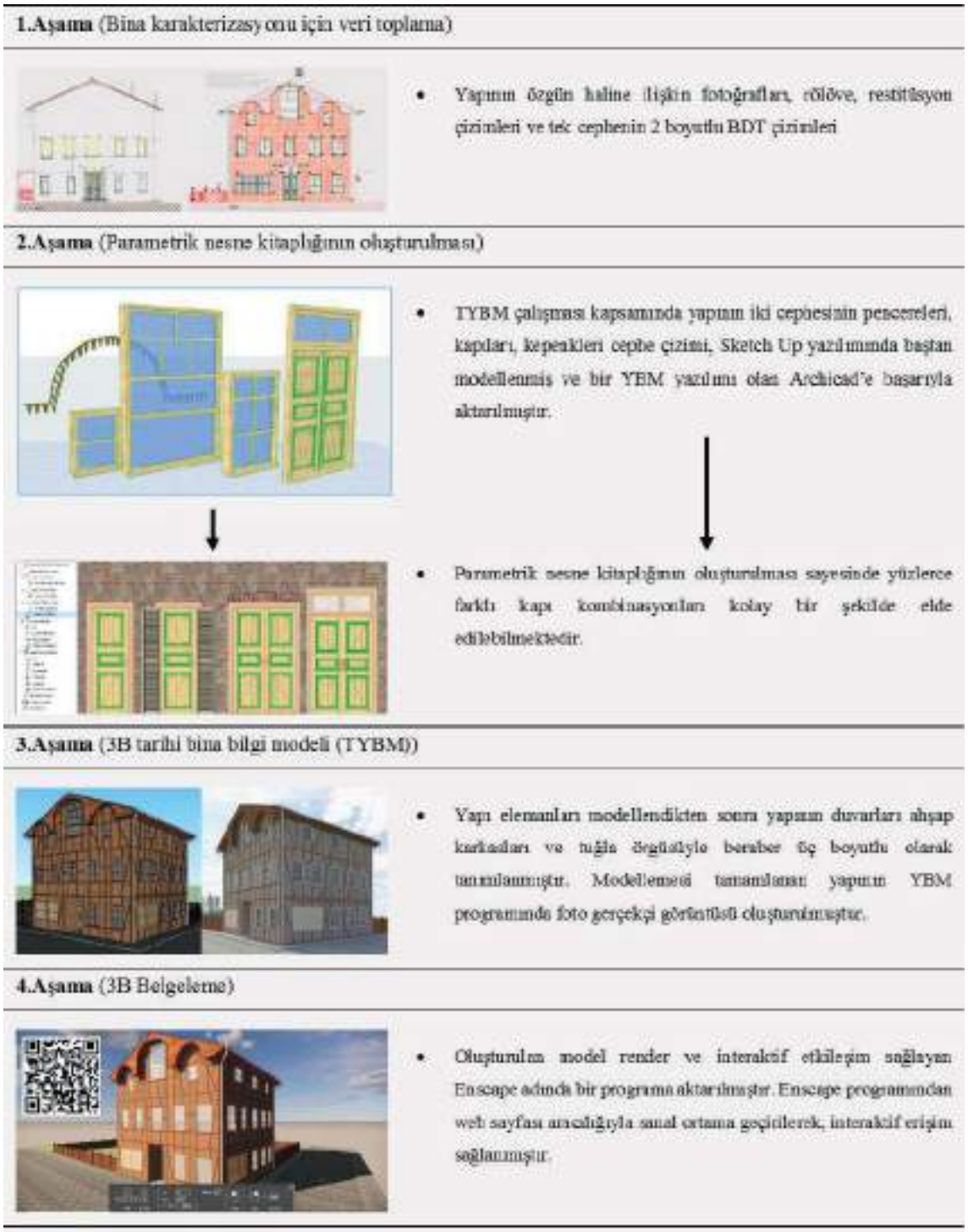
Şekil 8: a) Tescilli yapının eski resmi, b) mevcut hali, c) yapının modellenmiş hali, d) yapının fotogerçekçi görüntüsü

Oluşturulan model photo gerçekçi görüntü oluşturulması ve interaktif etkileşim sağlayan Enscape isimli bir programına aktarılmıştır, benzer bir veri aktarımı Graphisoft BIMx programı için de mümkündür. Enscape yazılımında malzeme atamak, doğal ve yapay ışığı kontrol etmek, peyzaj elemanları, insanlar, araçlar yerleştirmek mümkündür. Bu yazılımla model web sayfası aracılığıyla sanal ortama geçirilerek, https://api2.enscape3d.com/v1/view/8e96842b-29a8-4408-ac83-99c07b6489de'sini içeren interaktif erişim sağlanmıştır (**Şekil 9**). Bu ortamda kullanıcı, işveren veya ziyaretçiler bina etrafında dolaşmak, bakış açısını ayarlamak, kenar kontürlerini belirginleştirmek gibi müdahaleler yapabilmektedir. Modelin aktarıldığı web sayfası karekoda aktarılarak, daha kolay ve hızlı erişim sağlanmıştır (**Şekil 9**). Bir sonraki adım olarak karekod binanın bir köşesine yerleştirilerek, tarihi mahalleye gelen ziyaretçilerin karekodu okutarak, binanın özgün halini yerinde mobil cihazlarında veya sanal gerçeklik gözlükleriyle deneyimlenmesi hedeflenmektedir.



Şekil 9: Tescilli yapının sanal ortamda interaktif erişim sağlanmış hali (Enscape,2022)

Bu yöntem dışında BIM programlarında direkt parametrik pencere elemanları vasıtasıyla da modellemek mümkündür. Revit (Autodesk) programında family; Graphisoft Archicad 'de GDL (Geometric Description Language)'de parametrik obje oluşturmak için kullanılmaktadır. İdeCAD'in bir alt programı olan İdeCAD Odt programı ile de parametrik kapı, pencere oluşturmak mümkündür. 3ds, obj, IFC (Industry Foundation Classes) formatında dosya aktarımı yapabilen her programda birbirine model aktarımı mümkün olmakla birlikte poligon sayısı, yüzey kalitesi ve aktarım başarısı değişiklik göstermektedir. Vaka çalışmasına ait iş akış şeması **Şekil 10**'da verilmiştir.



Şekil 10: HBIM Vaka çalışması işlem sırası (Yazar Benli Yıldız tarafından oluşturulmuştur.)

5. Tartışma

Literatür araştırması ve yapılan alan çalışması değerlendirildiğinde; parametrik nesnelerin BIM ve HBIM'in en önemli unsurlarından olduğu, meta verinin modele işlenmemesi durumunda geleceğe bilgi aktarma bölümünün zayıf kalacağı görülmektedir.

Yapılan vaka çalışmasının parametrik obje tabanlı bir yazılım kullanılması sayesinde kapı, pencere, dükkân kepengi, korkuluklar, alınlık süslemeleri gibi detaylar parametrik olarak tanımlanabilir. Bu durumda bu elemanların parametrik obje olarak oluşturulması, sınıflanması, açık kaynak olarak paylaşılması sonucu, benzer yapı elemanları kullanılan Anadolu'nun başka bir yerleşimindeki yapıların belgelenmesi, BIM ortamına aktarılması, tanıtılması, dijital miras haline

dönüştürülmesinde büyük kolaylık ve hız sağlayacaktır. Aynı zamanda kapı, pencere gibi objelerin alt obje çeşitliliği sağlamasıyla çok sayıda kullanım alternatifi oluşturulmaktadır.

Pek çok kültürel miras içeren coğrafyalarda yapı, yapı izi, arkeolojik kalıntıların dijital mirasa dönüştürülmesi, elbette ki zor, zaman alan ve maliyetli bir süreç olacaktır. HBIM kütüphanelerinin oluşturulmasıyla bu süreç kısaltılabilir, kolaylaştırılabilir hatta kısmen yarı otomatikleştirilebilir.

HBIM ile onarım sırasında yerinde alınması gereken ani kararlar yerine daha kontrollü analiz ve simülasyonların yapılabildiği, farklı paydaşların yapı, dönemleri, müdahaleleri hakkında bilgi ve kontrol sağlayabilecekleri tek bir platform üzerinden karar verme süreci yönetilebilir.

Bu çalışmaların yapılmadığı durumlarda ise bu kültürel zenginliği kaybetmemiz, yeterli verimde ulaşamamamız söz konudur. Alan çalışmasında belirtildiği üzere, daha önce alınan ölçümler, bu bina özelinde özgün görünümüne dair nitelikli veri sağlamış, bu sayede modellenebilmiş, HBIM'e ve sanal gerçekliğe aktarılabilmiştir. Aksi durumda tarihi mahalleye ait en nitelikli konut yapısı, insanların hafızasıyla birlikte kentsel bellekten de silinmiş olacaktı. Eski fotoğraflarla şimdiki hali arasında eşleştirme yapmak, yer tanımlamak imkânsız hale gelmektedir.

6. Sonuçlar

Taşınmaz kültür varlıkları kıymetli evrensel değerler olup bu değerlerin korunması ve gelecek kuşaklara aktarılması uluslararası sözleşmelerle sabittir. HBIM, kültürel mirasın korunması ve dijital miras olarak aktarılması için uluslararası düzeyde sıklıkla kullanılan güncel bir yöntemdir. HBIM ile kültürel miras bilgisayar ortamında parametrik nesneler yardımıyla modellenmekte ve bu parametrik nesnelere yapının geometrisinin dışında tarihsel arka plan, malzeme bileşimi, yapısal bileşenler, bozulmalar vb. tüm bilgiler entegre edilebilmektedir. Böylece mimari yapı hakkında tüm bilgileri düzenleme ve güncelleme, yapının koruma, değerlendirme ve restorasyon müdahalelerini en doğru ve etkili şekilde yapabilme olanağı tanımaktadır. Ayrıca HBIM; tarihi yapıların rölövesinin alınması, 3D modellenmesi, yeniden işlevlendirilmesi, HBIM kütüphanesinin oluşturulması, VR (sanal gerçeklik)- AR (artırılmış gerçeklik) ile kültürel mirasın dijital dünyada vücut bulması, sanal müzelerin ve müzelerdeki sanal uygulamaların arttırılması konularında yeni kullanım alanlarının oluşmasını sağlamıştır.

HBIM kullanılması ve yaygınlaşması kültürel miraslarımızın daha iyi korunması ve gelecek nesillere aktarılması; tehdit oluşturan unsurlara karşı kültürel miras yapılarımızı korumamızı kolaylaştıracaktır. Tescilli miras yapılarının korunmasının yanı sıra tescilli olmayan kırsal miras ve modern mimarlık yapılarının korunması da bir o kadar önemlidir. HBIM yöntemleri kullanarak bu yapıları arşivlemek, dijital kültürel miras olarak saklamak tamamen kaybolmalarına engel olmak anlamına gelmektedir.

Türkiye gibi pek çok eski uygarlıkların yaşamlarına tanıklık etmiş coğrafyalarda çok katmanlı yapılaşmalar bulunmaktadır. Arkeolojik olarak bu katmanların hepsine ulaşmak fiziksel, zamansal ve ekonomik sebeplerle mümkün olamamaktadır. HBIM ile bu katmanlarda ulaşılamayan miras yapıları, dijital hale getirilerek, özgün hali dijital olarak elde edilebilir. Bu modelle toplum bilinci, ortak kültürel miras kavramları, kent belleği gibi kavramlar tarihi alanda yaşayan ve ziyaret eden kullanıcılar açısından canlı tutulabilir.

Arşivleme açısından Rölöve ve Anıtlar Kurulundaki arşivleme tekniklerinin dijitalleştirilmesi de bilginin devamlılığını ve kontrol edilebilirliğini arttıracaktır. En basit düzeyde lazer tarama sonucu elde edilen nokta bulutlarının da kamunun ortak hizmetinde ulaşılabilen bulut teknolojisiyle arşivlenmesi, fiziksel arşivlerden çok daha etkili olacaktır.

Kültürel miras yapılarının HBIM'e aktarılması kültürel, ekonomik ve sosyal verileri de yansıtabilmesi için daha dinamik ve ulaşılabilir bir ifade sistemidir. Bu sebeple belli bir yasal protokol altında HBIM kütüphanesinin açık kodlu olarak paylaşılması, kullanımının yaygınlaşması için önemli bir adım olacaktır.

HBIM ile dijitale geçişte en önemli unsurlardan birisi parametrik obje kütüphanesinin oluşturulmasıdır. Bu doğrultuda HBIM kütüphanelerinin bölgesel ve tarihsel açıdan sınıflandırılarak düzenli olarak oluşturulması gerekmektedir. Bu sebeple, mimarların üç boyutlu modelleme tekniklerinin yanı sıra parametrik tasarım yöntemlerine hâkim olmaları da

gerekmektedir. Bu sayede mimarlar BIM programlarında sadece bir kullanıcı değil, programa aktif katkıda bulunabilen, daha yaratıcı, hedef odaklı yaklaşımlarda bulunabilirler. Böylece, obje kütüphaneleri ve dolayısıyla HBIM üzerinde etkin bir rol oynamaya başlayacaktır. Kendi kültürel mirasımızı tanımak, tanıtmak, yaygınlaştırmak ve genç nesillere aktarma konusunda etki alanımızı arttırmak mümkündür.

Teşekkür
Yıldız Mimarlık Bürosu çalışanı Teknik ressam Ertuğrul Demirel'e çizim, modelleme, görselleştirme çalışmaları, Akçakoca Belediyesi'nde Tarihi mahalle ve tescilli binalarla ilgili proje çalışmalarını yürüten Peyzaj Mimarı Ayşe Güner'e katkılarından dolayı çok teşekkür ederiz.

Not: Kocaeli Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulunun 07.10.2020 tarih ve 4887 sayılı kararı ile kabul edilmiş olan "Cumhuriyet Caddesi Sokak Sağlıklaştırma" uygulama projesi Yıldız Mimarlık Bürosu adına Düzce Üniversitesi Döner Sermaye Birimi üzerinden proje müellifliği ve alan çalışması görselleri yazarlardan Dr. Öğr. Üyesi Nuray Benli Yıldız'a aittir.

KAYNAKLAR

Acar, A., Betül Atalay, F., Say, S., Tunca, E. M., Çalışkan, Ş. N., Altay, S. A., … Fatih Karakaya, A. (2022). Developing a mobile augmented reality application for cultural heritage. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, *37*(4), 1931–1944. doi:10.17341/gazimmfd.932478

Ahunbay, Z. (1996). Tarihi çevre koruma ve restorasyon. Yem Yayınevi, İstanbul, Türkiye

Aladağ, H. (2010). *Kültür varlıklarının korunmasında koruma yönetimi süreci*. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

Antonopoulou, S. ve Bryan, P. (2017). BIM for Heritage. Historic England, ISBN 978-1848024878:

Baik, A., Alitany, A., Boehm, J. ve Robson, S. (2014). Jeddah historical building information modeling "JHBIM"-object library. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, *2*(5), 41–47. doi:10.5194/isprsannals-II-5-41-2014

Banfi, F. (2020). HBIM, 3D drawing and virtual reality for archaeological sites and ancient ruins. *Virtual Archaeology Review*, *11*(23), 16–33. doi:10.4995/var.2020.12416

Barbosa, M. (2018) As-Built Building Information Modeling (BIM) Workflows: From Point cloud Data to BIM. Ph.D. Thesis, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal.

Bastem, S. S. ve Cekmis, A. (2021). Development of historic building information modelling : a systematic literature review literature review. *Building Research & Information*, *0*(0), 1–32. doi:10.1080/09613218.2021.1983754

BHA İmar Planlama, (2007). *Sokak Sağlıklaştırma Projesi,* Akçakoca Belediye Arşivi

Castellano-Román, M.; Pinto, F. Dimensions and Levels of Knowledge in Heritage Building Information Modelling, HBIM: The model of the Charterhouse of Jerez (Cádiz, Spain). Digit. Appl. Archaeol. Cult. Herit. 2019, 14, e00110.

Corneliussen, H. G., Herman, C. ve Gajjala, R. (2018). ICT Changes Everything! But Who Changes ICT?, 250–257. doi:10.1007/978-3-319-99605-9

Enscape, Tescilli Yapı Modeli, Erişim: 20.02.2022, https://api2.enscape3d.com/v1/view/8e96842b-29a8-4408-ac83-99c07b6489de

Fassi, F., Achille, C., Mandelli, A., Rechichi, F. ve Parri, S. (2015). A New Idea Of Bım System For Visualization, Web Sharing And Using Huge Complex 3D Models For Facility Management. doi:10.5194/isprsarchives-XL-5-W4-359-2015

Frosini, G., Biagini, C., Capone, P., Donato, V. ve Giusti, T. (2016). HBIM and fire prevention in historical building heritage management. *ISARC 2016 - 33rd International Symposium on Automation and Robotics in Construction* içinde (ss. 182–190). International Association for Automation and Robotics in Construction I.A.A.R.C). doi:10.22260/isarc2016/0023

Garber, R. (2014). *BIM Design, Realising the Creative Potential of Building Information Modelling*, DOI:10.1002/9781118914694

Kaya, Y., Yiğit, Y. A., Ulvi, A. ve Yakar, M. (2021). Arkeolojik Alanların Dokümanta syonununda Fotogrametrik Tekniklerinin Doğruluklarının Karşılaştırmalı Analizi : Konya Yunuslar Örneği. *Harita Dergisi*, *165*, 57–72.

Kömürcü, E. ve Yıldız, N. B. (2021). Historic Building Information Modelling (HBIM) (ss. 589–597). Alanya Hamdullah Emin Paşa Üniversitesi. doi:10.38027/iccaua2021tr0072n25

Korumaz, M. ve Özeren, Ö. (2022). Miras Yapı Bilgileri Modellemede (HBIM) Detay Düzeylerine Göre Modelleme ve Kullanım Amaçları, erişim: https://www.researchgate.net/publication/357517833.

Kuytan, E. ve Yıldız, N. B. (2021). Yapı Bilgi Modellemesinin (YBM) İnşaat Yönetimi Açısından Değerlendirilmesi. Ankara: 2. Uluslararası Yapı Malzemeleri Mühendisliği ve Mimarlık Kongresi.

León-Robles, C. A., Reinoso-Gordo, J. F. ve González-Quiñones, J. J. (2019). Heritage building information modeling (H-BIM) applied to a stone bridge. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, *8*(3). doi:10.3390/ijgi8030121

Murphy, M., Mcgovern, E. ve Pavia, S. (2009). Historic building information modelling (HBIM). *Structural Survey*, *27*(4), 311–327.

doi:10.1108/02630800910985108
Pocobelli, D. P., Boehm, J., Bryan, P., Still, J. ve Grau-Bové, J. (2018). BIM for heritage science: a review. *Heritage Science*, *6*, 30. doi:10.1186/s40494-018-0191-4
Priavolou, C. (2020). To BIM or not to BIM? Lessons learned from a Greek vernacular museum building. *AIMS Environmental Science*, *7*(2), 192–207. doi:10.3934/environsci.2020012
Remondino, F. (2011). Heritage recording and 3D modeling with photogrammetry and 3D scanning. *Remote Sensing*, *3*(6), 1104–1138. doi:10.3390/rs3061104
Rocha G., Mateus L., Fernández J. and Ferreira V, (2020)., A Scan-to-BIM Methodology Applied to Heritage Buildings, *Heritage, 3, 47–65; doi:10.3390/heritage3010004*
Sağın, E. U., Şerifaki, K. ve İpekoğlu, B. (2017). Kuşadası'nda Geleneksel Ahşap Bir Konut Yapısının Özgün Değerleri İle Korunması, (January 2018), 443–452.
UNESCO. (1972). Convention Concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage.
Varinlioğlu, G., Alankuş, G., Aslankan, A. ve Mura, G. (2019). Dissemination of digital heritage through game based learning. *Metu Journal of the Faculty of Architecture*, *36*(2), 23–40. doi:10.4305/METU.JFA.2018.2.9
Vecco, M. (2010). A definition of cultural heritage: From the tangible to the intangible. *Journal of Cultural Heritage*, *11*(3), 321–324. doi:10.1016/j.culher.2010.01.006
Yıldız Mimarlık Bürosu, (2020). Sokak Sağlıklaştırma Projesi, Düzce

Yapı Bilgi Modellemesi ile Enerji Simülasyonunun Entegre Edilmesi: Düzce Yıldız Villaları Örneği

Rumeysa Eryaman [1]; Nuray Benli Yıldız[2]
[1, 2]Düzce Üniversitesi
[1]eryamanrumeysa@gmail.com; [2]nuraybenli@gmail.com

Özet

Mekânların fiziksel ve fonksiyonel özelliklerinin dijital temsillerinin üretilmesini ve yönetilmesini içeren çeşitli araçlar, teknolojiler ve sözleşmeler tarafından desteklenen bir süreç olan Yapı Bilgi Modellemesinin (YBM) kullanım oranları ve alanları hızla artmıştır. Artan nüfus ve yapılaşma oranıyla birlikte günden güne artan çevre sorunlarını açısından mimarlık, mühendislik ve inşaat (AEC) sektörü büyük oranda sorumludur. Bu sorumluluğu sürdürülebilirlik yaklaşımlarını YBM'de tasarım kararlarına adapte ederek, ilk tasarım evresinden başlayarak veri elde etmek mümkündür. Sürdürülebilirliğin en önemli temel taşlarından enerji hesaplamaları ve simülasyonları ise YBM yazılımlarının içinde veya farklı yazılımlara aktarmak suretiyle mümkün olabilmektedir. Bu çalışmada enerji analizleri ve YBM için genel literatürsel incelemeden sonra Düzce İlinde bulunan konumu farklı aynı tipteki konut yapı blokları seçilmiş ve blokların enerji analizleri yapılmıştır. Yöntem olarak YBM yazılımlarından en köklü ve yaygın kullanılan programlardan Archicad ve eklentisi EcoDesigner Star yazılımı kullanılmıştır. Vaziyet planında 3 farklı şekilde yerleştirilen yapı bloklarının enerji analizleri, iklim, coğrafya, yapının mahal ölçüleri, yakın çevre, malzeme verileri işlenerek mimari projeleri doğrultusunda YBM'de modellenmiştir. Çalışma sonucunda ise, yapıların her biri için ısıtma soğutma enerjileri ve toplamı, güneş kazanımları gibi enerji verileri elde edilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda sürdürülebilirlik kriterlerinden basit ve uygulanabilir (pencere boyutları, güneş kırıcılar, yalıtım kalınlıkları gibi) çözüm önerileri getirilmiştir. Bu nedenle çalışma, YBM ile erken tasarım evresinde bile daha ekonomik ve sürdürülebilir tasarımlar gerçekleştirmenin mümkün olduğunu göstermesi sebebiyle örnek teşkil etmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Yapı Bilgi Modellemesi(YBM), Enerji simülasyonu, Sürdürülebilirlik*

Integrating Building Information Modeling and Energy Simulation: The Case of Düzce Yıldız Villas

Rumeysa Eryaman[1]; Nuray Benli Yıldız[2]
[1, 2]Düzce University
[1]eryamanrumeysa@gmail.com; [2]nuraybenli@gmail.com

Abstract

The usage rates and areas of Building Information Modeling (BIM), a process supported by various tools, technologies and contracts that involve the production and management of digital representations of physical and functional properties of spaces, have increased rapidly. The architecture, engineering, and construction (AEC) sector are largely responsible for environmental problems that are increasing day by day with the increasing population and construction rate. By adapting this responsibility, and sustainability approaches to design decisions at BIM, it is possible to obtain data starting from the first design stage. Energy analysis and simulations, which are one of the most important cornerstones of sustainability, are possible within BIM software or by transferring them to different software. In this study, after the energy analysis and general literature review on BIM, the same type of residential building blocks located in Düzce were selected and energy analyzes of the blocks were made. As a method, Archicad, one of the most established and widely used programs from BIM software, and its add-on EcoDesigner Star software were used. The energy analyzes of the building blocks, which were placed in 3 different ways in the layout plan, were modelled in BIM in line with their architectural projects by processing the climate, geography, location dimensions of the building, the immediate environment, and material data. As a result of the study, energy data such as heating and cooling energies and total, solar gains were obtained for each of the buildings. In accordance with the obtained data, simple and applicable solutions (such as window sizes, sunshades, and insulation thicknesses) from sustainability criteria have been proposed. For this reason, the study sets an example as it shows that it is possible to realize more economical and sustainable designs with BIM even in the early design stage.

Keywords: *Building Information Modeling (BIM), Energy simulation, Sustainability*

1. Giriş

Günümüzde nüfusun artmasıyla birlikte teknoloji de hızla gelişmektedir (UNFPA, 2021). Bu değişimler doğal kaynaklara olan talebi artırmış ve çevre sorunlarına yol açmıştır (SDSN, 2021). Çevre sorunlarının artmasına inşaat sektörünün etkisi büyüktür (UNEP, 2021). Bu nedenle çevre sorunlarının çözümüne yönelik inşaat sektöründe sürdürülebilir binalar başlığı altında Yeşil Binalar, Pasif Binalar, Enerji Etkin Binalar, Düşük Enerjili Binalar, Net Sıfır Enerjili Binalar (nZEB), Net Pozitif Enerjili Binalar ve Akıllı Binalar kavramları geliştirilmiştir. Bu kavramlar genel olarak enerji etkin binaları içermekte olup, sürdürülebilir malzemelerin ve kaynakların etkin kullanıldığı, atık yönetimi sistemlerinin kullanıldığı uygulamalardır (Gürgün vd., 2022). Sürdürülebilir tasarımlar için inşaatın tasarım, uygulama ve yıkım gibi her aşamasında gelişen teknolojiden faydalanılmaktadır. İnşaat sürecinde kullanılan YBM paydaşlar arasında iletişimin artırılması, inşaat faaliyetinin sanal ve gerçek olarak iki kez gerçekleşmesi ile sorunların azaltılması, koordine olmada yardımcı olması, zaman kazandırması ve bütçenin yönetilmesinde kolaylık sağlaması, tasarım kararlarının test edilmesi şeklinde olanaklar sağlamaktadır (Ofluoğlu, 2018). İdeal mimari tasarım süreci döngüseldir ve YBM tasarım, projelendirme ve yapım, tesis yönetimi, yeniden kullanım ve yıkım evreleri şeklinde sıralanan yapıya ait tüm yaşam döngüsü evreleri için oldukça elverişli koşullar ve araçlar sunmaktadır (Özcan & Erol, 2018). Yeni bir alternatif olarak inşaat sektöründe kullanılan Yapı Bilgi Modellemesi sürdürülebilirlik yaklaşımları da entegre edilmiştir. Böylece yapının uygulama öncesinde enerji simülasyonları yapılarak daha çevreci ve ekonomik tasarımlar gerçekleştirilebilmektedir (Pinarer, 2021). Yeşil binalar (Solla vd., 2019), sürdürülebilir tasarım (Çavuşoğlu, 2019) ve sürdürülebilir inşaat (Chong vd., 2017) gibi ilgili kavramlara dayanan önceki çalışmalar tarafından sürdürülebilir yapıların ve Yapı Bilgi Modellemesinin bir araya gelmesiyle "yeşil YBM" kavramı oluşturulmuştur (Ansah vd., 2019). Wong ve Zhou, yeşil YBM ile ilgili önceki araştırmaları özetlemiş ve yeşil YBM'yi "bina enerji verimliliği performansını artıran ve yerleşik hedeflerin gerçekleştirilmesini kolaylaştıran proje yaşam döngüsü boyunca koordineli ve tutarlı bina verilerinin üretilmesi ve yönetilmesi için model tabanlı bir süreç" olarak tanımlamıştır (Wong & Zhou, 2015). Sürdürülebilir binalar için YBM uygulamalarının kapsamını ve karakterlerini açıklamak için bu çalışma, akademik makalelerin ve pratik YBM yazılımlarının seçimi için temel kriterleri sağlayan yeşil YBM'nin bu tanımını takip etmektedir.

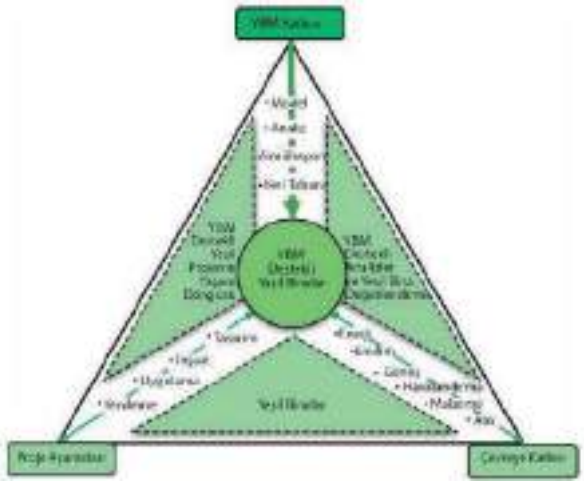
2. Kavramsal Çerçeve

2.1. Sürdürülebilir Yapılar ve Yapı Bilgi Modellemesi

İngiltere başta olmak üzere birçok ülkede inşaat şartnamelerinde zorunlu tutulan YBM'nin bilinirliği ve kullanımı yaygınlaşmaktadır. Henüz yasal boyutu ele alınmış olmasa da yakın zamanda birçok Avrupa ülkesi gibi inşaat sektörü için zorunlu hale gelmesi beklenmektedir. YBM'nin bina yapım aşamasında kullanımının en temel avantajı tasarım aşamasında olası sorunların belirlenmesi ve tasarım aşamasında iken bu sorunların giderilmesidir. Aynı zamanda projede çalışan paydaşların ortak kullanabildikleri bir altyapıyı YBM sağlamış olmaktadır. Ortak dijital bir platformda çalışmanın getirdiği bir diğer avantaj ise maliyet hesaplarının daha tutarlı yapılabilmesidir. Yapının tasarımı ve inşaatının yanı sıra, gerçek zamanlı takibinin yapılması ile çalışan personelin sağlığı ve iş güvenliği konularında da YBM kullanılması avantaj sağlamaktadır (Pinarer, 2021).

Sürdürülebilir inşaat projeleri, sağlıklı bir yapılı çevre oluşturmak ve yönetmek için kaynak verimliliğini ve ekolojik kaygıları hesaba katarak gerçekleştirilen projelerdir (Gürgün vd., 2022). Her ne kadar sürdürülebilirlik kavramı YBM literatüründeki çalışmaların merkezinde yer almasa da, YBM ve sürdürülebilirlik farklı birçok çalışmada birlikte kullanılmıştır. Pinarer (Pinarer, 2021) YBM'nin kablosuz algılayıcı ağ entegrasyonu ile gerçek zamanlı akıllı bina yönetim sistemi prototipi oluşturmuştur. Jalaei vd. (Jalaei vd., 2020) enerji analizi ve aydınlatma simülasyon aracı ile LEED kredilerini hesaplamak ve tahmin etmek için bir eklenti geliştirmiştir. Ansah vd. (Ansah vd., 2019), Chong vd. (Chong vd., 2017), Wrong ve Zhou (Wong & Zhou, 2015) mevcut yeşil BIM literatürü kapsamını ve gelecekteki araştırmalar için en önemli yönleri özetlemektedir. Çavuşoğlu (Çavuşoğlu, 2019) erken tasarım aşamasında YBM ortamlarının sunduğu yeni tasarım araçlarının, tasarımcıların ilk tasarım kararları üzerindeki etkisini sürdürülebilirlik bağlamında incelemiş ve erişilen bulguları irdelemiştir. Doan vd. (Doan vd., 2019) Yeni Zelanda inşaat endüstrisindeki kilit paydaşların Green Star kullanımına yönelik bakış açılarının yanı sıra Yapı Bilgi Modellemesi ile olan ilişkisini ve olası entegrasyonunu araştırmıştır. Özcan ve Erol (Özcan & Erol, 2018), Ofluoğlu (Ofluoğlu, 2018)(Ofluoğlu, 2016), Azhar vd. (Azhar, 2011)(Azhar vd., 2012), İbrahim (Ibrahim, 2004) çalışmalarında YBM kullanımının proje sürecinde kolaylıklar ve daha çevreci tasarımlar sağladığını göstermişlerdir. İlhan (Ilhan, 2015), Cheng ve Das (Cheng & Das, 2014) YBM ile yeşil binaların sertifikasyon sürecinin yürütülmesini araştırmışlardır. Bal Koçyiğit ve Allawı (Bal Koçyiğit & Allawı, 2021) Bağdat'taki Al Shaab stadyumunun üst örtü alternatiflerini parametrik tasarım araçlarıyla (Grasshopper, lady bug) tasarlamış, güneş gölge analizleri ve güneş panelleriyle elde edilen enerjileri hesaplamış ve üst örtünün

optimizasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Lu vd. (Lu vd., 2017) sürdürülebilir yapıların YBM ile etkileşimini "Yeşil YBM Üçgeni Taksonomisi" ile açıklamıştır. Şekil 1'de görüldüğü gibi YBM'in temel özellikleri, çeşitli veri tabanlarıyla entegrasyon, doküman yönetimini kolaylaştırma, analitik süreçleri ve sonuçları görselleştirme ve sürdürülebilirlik analizleri ve simülasyonları sağlama olmak üzere dört açıdan özetlenebilmektedir. Yeşil binaları tanımlamak için "proje aşamaları" ve "çevre katkısı" benimsenmiştir. "Proje aşamaları" boyutu, proje yaşam döngüsü perspektifini yakalamaktadır. Herhangi bir yeşil proje, proje tasarımı ile başlayan, inşaat, işletme, bakım ve yıkım aşaması ile biten bir yaşam döngüsü süreci yaşamaktadır. "Yeşil nitelikler" boyutu, enerji, termal konfor, karbon emisyonları, su, malzeme atığı, günışığı, doğal havalandırma ve akustik analizi gibi YBM yazılımı kullanılarak ele alınabilecek sürdürülebilirlik hususlarını içermektedir (Lu vd., 2017). "Yeşil YBM Üçgeni Taksonomisi" YBM'in farklı aşamaları ve yeşil binaların tüm yaşam döngüsünü nasıl destekleyebileceği göstermektedir (**Şekil 1**).



Şekil 1: Yeşil YBM Üçgeni Taksonomisi(Lu vd., 2017)

YBM'in modelleme ve simülasyon teknolojileri, sürdürülebilirlik ön araştırmalarında kullanılabilir. Yapı inşa edilmeden önce elde edilen dijital ikizin üzerinde güneş-gölge, gömülü enerji, ısıtma-soğutma enerjisi, yaşam döngü değerlendirmesiyle emisyonlar ve çevresel etkileri, akustik, aydınlatma analizleri ve yeşil bina sertifika sistemlerinden alınacak puanların hesaplanabilmesi gibi pek açıdan sürdürülebilirlikte ortak çalışma alanlarına sahiptir. Simülasyona (enerji, görsel, işitsel ve ısısal konfor) dayalı olan uygulamalar kolaylıkla tespit edilerek, görselleştirilebilir. Simülasyonlardan sonra gerekli iyileştirmeler uygulanarak, ön tasarım kararları aşamasında bile optimize edilebilir. Bu yöntemle proje tamamlandıktan sonra yapılacak olan değişikliklere oranla, geniş uygulama alanında çok daha etkili sonuçlar verebilmektedir (Graphisoft, 2022). İklim değişikliğine sebep olan sera gazlarının üretimi bina inşaatlarından daha çok mevcut yapı stokunun ısıtma ve soğutma kaynaklı CO_2 salınımlarıdır (UNEP, 2021).

YBM'in sürdürülebilirlik ve enerji analizlerinde kullanılmasının yöntemleri(Krygiel & Nies, 2010)(Ölçer B., 2019);

1. Binanın vaziyet planına göre yöneliminin belirlenmesi,
2. Bina kütlesinin analiz edilmesi (dolu boş oranları),
3. Güneş gölge analizinin yapılması,
4. Bina enerji analizini modellenmesi (Gömülü ve birincil enerji), olarak literatürde geçerken bu maddelere;
5. Yalıtım katmanlarına bağlı hesaplamaların yapılabilmesi,
6. Alternatif enerji kaynaklarının kullanımı, maddeleri eklemekte mümkündür.

2.2. Enerji Simülasyonları için Kullanılan Yazılımlar

YBM ile sürdürülebilir tasarımlar yapmak için çeşitli simülasyon araçları kullanılmaktadır. Simülasyon araçları termal ve enerji analizi, yeşil bina derecelendirme analizi, maliyet analizi, karbon ayak izi analizi, güneş ve gün ışığı analizi, rüzgar ve havalandırma analizi, yaşam döngüsü analizi ve su verimliliği analizi amacıyla kullanılmaktadır. Bu konular arasında en sık olarak termal ve enerji analizleri simülasyonları olduğu görülmektedir (Chang & Hsieh, 2020).

Yapı Bilgi Modellemesinin sürdürülebilir yapılarla etkileşimi sonucu ortaya çıkan yazılımlar için literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Bonomolo vd. (Bonomolo vd., 2021), İlhan ve Yaman (Ilhan & Yaman, 2016) BIM ve enerji simülasyonu arasındaki etkileşimini, Graphisoft'un BIM yazılımı Archicad ve dinamik enerji simülasyonu EcoDesigner

STAR eklentisini kullanarak bir BIM ortamında BREEAM sertifikası gibi yeşil bina sertifikasyon süreçlerinin değerlendirmesini araştırmıştır. Carvalho vd. (Carvalho vd., 2021), Chen ve Nguyen (Chen & Nguyen, 2017) projenin ön tasarım aşamalarından bu yana enerji simülasyonlarının uygulanmasını kolaylaştırmak için önerilen Autodesk Revit ve SBtool yazılımlarından bahsetmiştir. Solla vd. (Solla vd., 2019) BIM Araçlarının dijital yeşil bina endeksi kriterlerini işleme kapasitesini belirlemeyi ve uygulamayı, yeşil bina değerlendirmesi için kullanılabilir hale getirmeyi amaçlamıştır. Ayrıca smartPLS aracının yeşil binalar için kullanımını göstermiştir. Jalaei ve Jrade (Jalaei & Jrade, 2014), Azhar (Azhar vd., 2010), Wu (Wu, 2010) BIM ve enerji analiz araçlarını yeşil bina sertifikasyon sistemleriyle ilişkilendiren entegre bir metodoloji önermektir. Bu nedenle LEED sertifikası gibi yeşil bina sertifikasyon sistemleri için kullanılan Revit araçları, IES-Virtual Environment gibi araçlardan bahsetmektedir. Cheng ve Das(Cheng & Das, 2014), Cheung (Cheung vd., 2012) ise yeşil bina için kullanılan SketchUp aracı olan EnergyPlus ve LIDX yazılımlarını araştırmaktadır.

BIM yeşil bina üretimi için direkt bir modülü olmamasına rağmen yeşil bina sertifika sistemleri için büyük bir potansiyele sahiptir. SBtool adlı yeşil bina sertifika sistemi için BIM tabanlı Revit programıyla gerekli olan 25 farklı kategoriden 24'ünü kısmen veya tamamen karşıladığı tespit edilmiştir. Bu 24 kategoriden iki tanesi termal konfor ve doğala aydınlatma performansı enerji analizleriyle ilgilidir. Bu kategoriler için gerekli veriler: Yerel iklim verileri, her oda için saat bazlı dinamik operasyonel sıcaklık farkları; toplam cam alanı, iç mekân yüzey alanları (Pencereler, döşemeler, duvarlar ve tavanlar) ve yansıma değerleri, görünür gökyüzü açısı gibi farklı verileri BIM programlarına Green Building Studio, Design Builder, DAYSİM; Radiance gibi program ve pluginlerle erişilebileceği belirtilmiştir(Carvalho vd., 2019).

3. Alan Çalışması

Çalışmada, Düzce İlinde bulunan Kuyumcu Hacı Ali Mahallesi 2458 nolu ada ve 5 nolu parseldeki Yıldız Villalarından farklı yönlerde konumlanmış aynı tipteki üç bina seçilmiştir.

Düzce İli, 17 Ağustos ve 17 Kasım'da 1999 tarihlerinde Marmara ve Düzce depremleri ile art arda 2 büyük deprem geçirmiştir. Bu depremlerden sonra kent merkezi, daha sağlam zeminli olan şehrin kuzey yamaçlarına taşınmak istenilmiş olsa da, kent merkezi yerinde kalırken, konut alanı kuzeye kaydırılmıştır. Halk, deprem sonrası uzun bir süre prefabrik yapılarda ikamet etmek zorunda kalmıştır. Devlet tarafından etap etap yaptırılan Kalıcı Konutlar (sonradan Yeni şehir, Bahçe şehir adlarıyla anılacak olan bölgeye) yüksekliği 4-5 katı geçmeyen, geniş açık ve yeşil alanları bulunan 7700 konut bloklar halinde yapılmıştır (Akıncı Kesim, 2010). Bu süreçte halk kendi köylerinde veya satın aldıkları araziler üzerine genellikle 2 katı geçmeyen bir yapılaşmaya gittiği gözlemlenmiştir. Covid 19 salgın hastalığı ile konutlarında bahçe, balkon, teras gibi açık ve yarı açık alanları olan evleri tercih etme oranları artmıştır (Sağsöz vd., 2021). Bu bölgeye yapılan yol, market, okul gibi sosyal donatılar deprem korkusu, imar izni ve pandemi gibi sebeplerden ötürü kent merkezi ile kalıcı konutlar arasındaki alan hızlı bir şekilde villalarla dolmaktadır. Düzce ili Türkiye'deki iller arasında villa yapılaşmasına oran olarak en çok yer veren iller arasında olduğu düşünülmektedir (Gökçe & Güneş, 2022).

Bu çalışmada, Düzce İlinde bulunan aynı tipteki konut bloğu vaziyet planında farklı yönlerde konumlandırılmıştır. Bu yapıların Archicad ve Ecodesigner Star yazılımı aracılığıyla güneş enerjisinden faydalanma miktarları, ısıtma ve soğutma enerjileri elde edilmiştir.



Şekil 2: Çalışmada Kullanılan Yapıların Kat Planı (Düzce Yıldız Villaları uygulama projesi, 2022)

Alan çalışmasına konu olan Yıldız villaları pandemi sürecinde tasarlanmıştır. Yapı bloğu **Şekil 2**'de görüldüğü gibi, ikiz, iki katlı bir konut yapısından oluşmaktadır. Tek bir konutun iki katta toplam 194 m^2 kapalı alanı, 11 m^2 balkonu, 32 m^2'de zemin terası bulunmaktadır. Vaziyet planına göre değişmekle birlikte yaklaşık 217 m^2 bahçesi ve iki adet otopark alanı bulunmaktadır. Düzce ili Batı Karadeniz iklim koşulları hâkim olduğu için yapının üstü geniş saçaklı, betonarme döşeme üstü, beton kiremitten, kırma çatıyla kaplı olarak tasarlanmıştır. Vaziyet planında, sürdürülebilirlik adına sert zeminler minimumda tutulmuş, çatıdan zemine inan suların peyzaj sulamasında kullanılması planlanmıştır. Yapı alanı kent sınırları içinde kaldığı için, yol, kanalizasyon ve doğal gaz alt yapısı bulunmaktadır.



Şekil 3: Seçilen yapıların vaziyet planı (Düzce Yıldız Villaları uygulama projesi, 2022)



Şekil 4: Çalışmada Kullanılan Archicad Modeli Dış Cephe Görseli (Volkan Aygül, 2022)

Seçilen üç binanın ısınma ve soğutma enerjisi miktarları için öncelikle **Şekil 3** ve **Şekil 4**'te görüldüğü gibi Archicad programında yapı modeli üç boyutlu olarak modellenmiş, ardından foto gerçekçi görüntüsü oluşturulmuştur. Yapı modelleri Şekil 3'deki gibi araziye kuzey-güney yönünde 1 numaralı yapı, batı-doğu yönünde 2 numaralı yapı ve doğu-batı yönünde 3 numaralı yapı şeklinde yerleştirilmiştir.

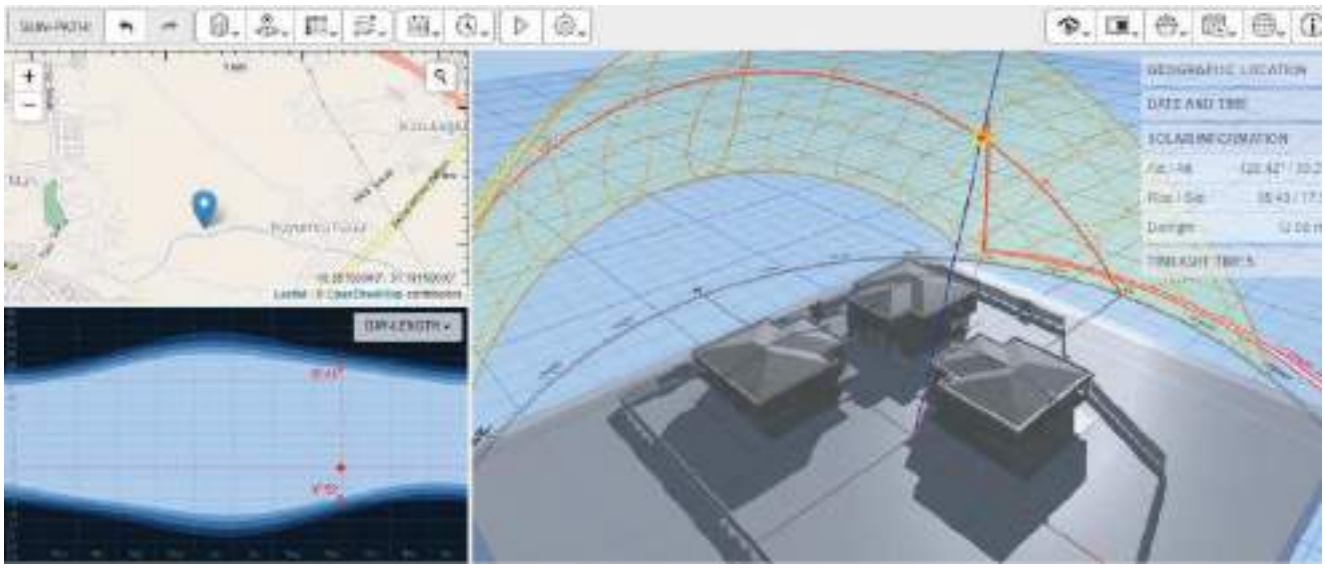
4. Materyal ve Yöntem

Yeşil YBM için; Design Builder(Energy Design Tool), Energy Plus, Open Studio, Ecodesigner Star, Edge, eQUEST(DOE-2), Climate Positive Change(Pathfinder), 2030 Palette, HHMI Biome Viewer, UBAKUS, Lightstanza, Dialux, PD Shading Box, Acustic Calculator, Autodesk, Integrated Environment Solutions(IES), Radiance gibi pek çok farklı yazılım geliştirilmiştir (Carvalho vd., 2021). Bu yazılımlar arasında YBM tabanlı olan Ecodesigner Star eklentisi ile yapının karbon emisyonu, aylık toplam sağlanan ve kullanılan enerji miktarı, binanın ve kullanılan enerjinin maliyeti, ısıtma ve soğutma için gerekli enerji, sıcak su için kullanılan enerji miktarı, havalandırma ve aydınlatma için gerekli enerji miktarı ve yapı malzemelerinin u-value değerleri hesaplanabilmektedir (Chang & Hsieh, 2020). Ayrıca yazılımın YBM tabanlı olması sebebiyle programda tanımlanan yapı elemanlarının uygulama sürecinde birebir tatbik edilebilme özelliği nedeniyle gerçekçiliği daha yüksek değerler elde edilmekte, tasarım aşamasında karar vermeye yardımcı olurken, yapılacak olan değişiklikler daha hızlı ve bilinçli yapılması mümkün olmaktadır (Huang vd., 2020). YBM ve enerji analizlerinin bir arada kullanılmasının en büyük avantajı, erken tasarım evresinde rahatlıkla ulaşılabilmesidir. Böylece ilk aşamada verilen karar sonrasında daha çok maliyet kazancı sağlamaktadır (Karagöz, 2019).

Tablo 1: Archicad Modelinde Oluşturulan Yapı Elemanlarının Tabakaları

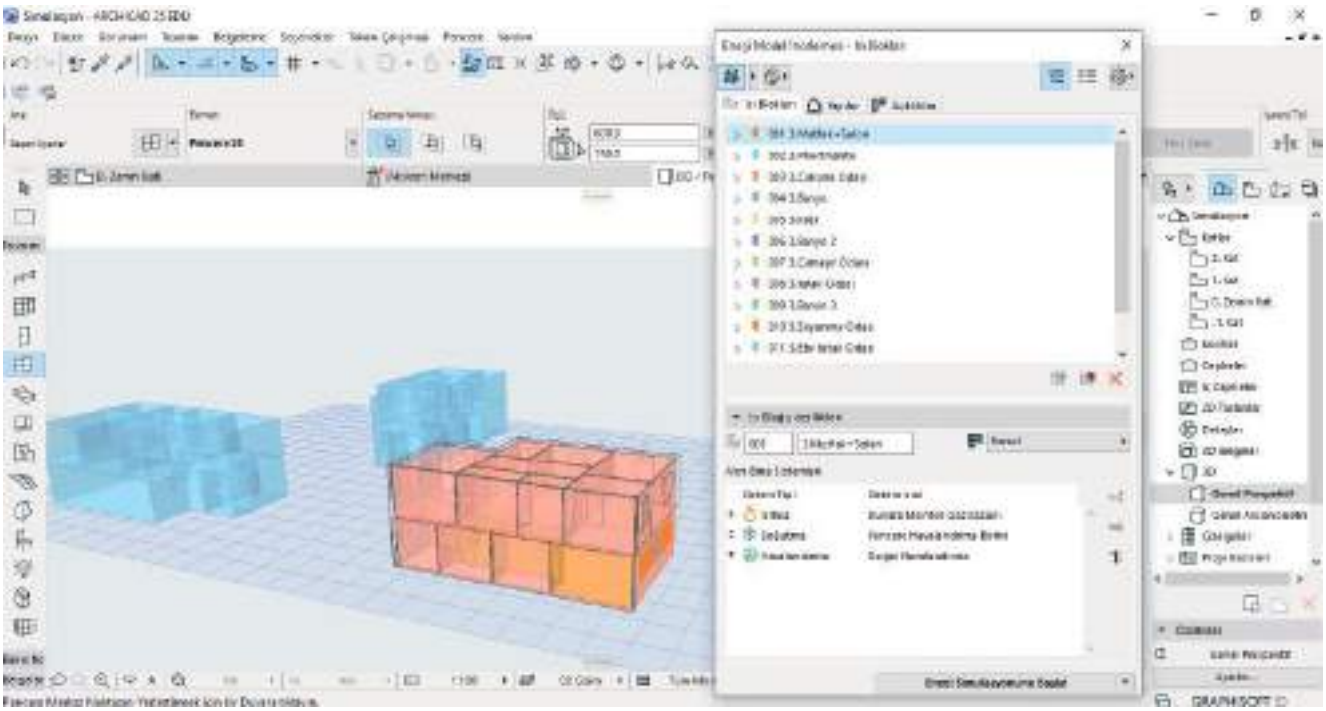
Pencere	Çatı Döşeme	Dış Duvar	İç Duvar	Döşeme
Yatay Sürme Pencere 215/150 cm ölçülerinde	Hava boşluğu-Kasası (3 cm)	Sıva (1,5 cm)	Sıva (1,5 cm)	Şap (1,5 cm)
PVC doğrama	Yalıtım- EPS(4 cm)	Yalıtım-XPS(5 cm)	Yapısal Beton blok (7 cm)	EPS(5 cm)
Orta sürme kapılar	Betonarme	Beton blok-Yapısal (12 cm)	Alçı Sıva (1,5 cm)	Betonarme Döşeme (12 cm)
Tek cam Low-e kaplamalı	Membran-Buhar Kesici (1 mm)	Sıva-Alçı(1,5 cm)		Alçı Sıva (1,5 cm)
	Kırma Çatı (2 cm)			
	Hava boşluğu-Kasa (18 cm)			

Archicad'de modellenen yapı malzemelerinin özellikleri yapı kataloğundan seçilebilmektedir (Konovalov, 2013). Bu katalogda yapı malzemelerinin ısıl iletkenliği, yoğunluk, ısı kapasitesi ve gömülü enerji ve gömülü karbon enerjileri bilgileri TS 825'e uygun olarak düzenlenebilmektedir (TS 825, 2008). Program ayrıca yeni (istenilen) bir yapı malzemesini tanımlama olanağı da sunmaktadır. Bununla birlikte binalara yenilenebilir enerji kaynakları (rüzgar, güneş vb.) tanımlanarak enerji değerlendirmesi raporlarına ilave edilebilmektedir (Altınöz, 2019). Bu çalışmada ise her bir yapı elemanı için **Tablo 1**'deki gibi kompozit malzemeler tanımlanmıştır. Malzeme Kataloğu, enerji hesaplamaları (termal iletkenlik, yoğunluk ve ısı kapasitesi) ile ilgili yapı malzemesi bilgilerini içeren, EcoDesigner'a entegre edilmiş kapsamlı bir veri tabanıdır. Yapı malzemeleri, kolay erişim ve hızlı seçim sağlamak için açılan ayrıntılı listelerle ana kategorilerde gruplandırılmıştır (Graphisoft, 2022).



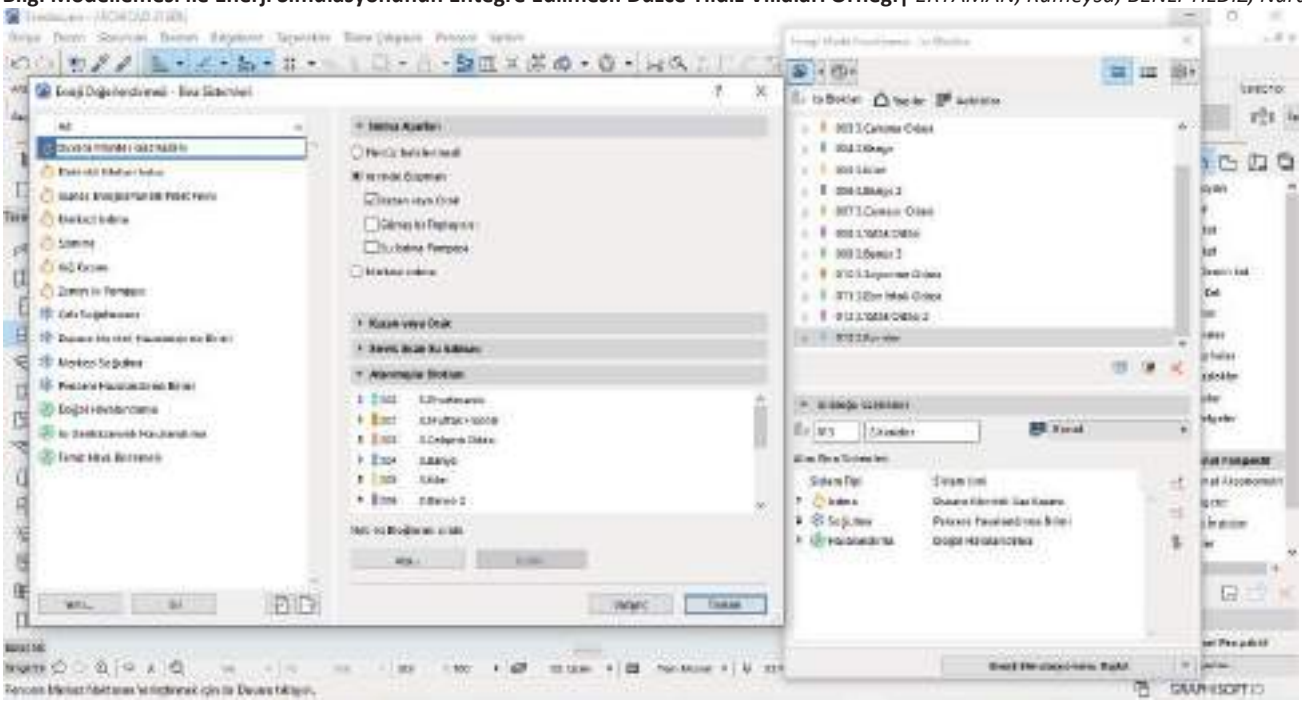
Şekil 5: Sun path online aracıyla 23 Eylül 2022 tarih, saat 15.00 tarihli animasyon görüntüsü(sun-path, 2022)

Modellenen yapılar Vaziyet planında birbirlerine olan güneş gölge analizleri ekinokslar üzerinden görsel olarak kontrol edilmiştir. Yapılan Model sun-path online güneş gölge animasyonuna aktarılmış. Ekinokslar üzerinden saat 9.00-12.00-15.00 saatlerindeki güneş gölge durumları tespit edilmiştir. Vaziyet planında birbirlerine bu tarih aralıklarında gölge yapmadıkları tespit edilmiştir(sun-path, 2022) (**Şekil 5**).



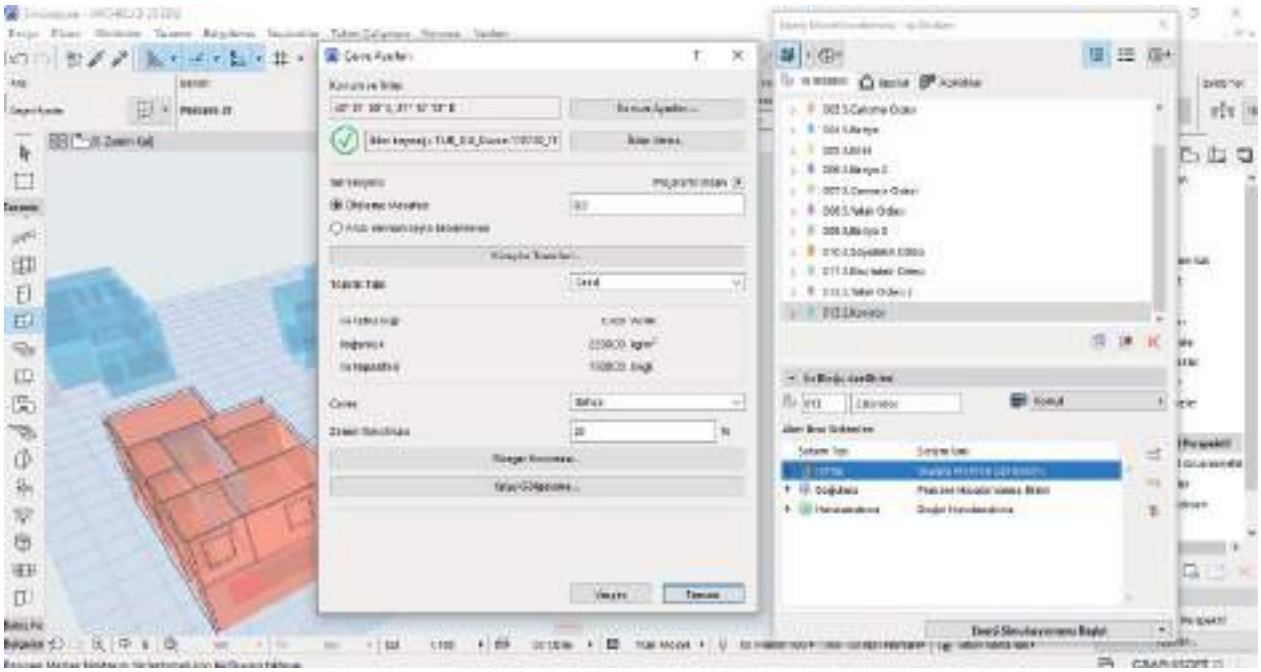
Şekil 6. EcoDesigner Star Aracında Oluşturulan Isı Blokları (Archicad programı ara yüzü, 2022)

Modellenen yapıların planlarında EcoDesigner Star aracı için tanımlanan her odaya mahal belirtilmiştir. Belirtilen mahaller enerji simülasyonu için **Şekil 6**'da görüldüğü gibi ısı bloklarına çevrilmiştir.



Şekil 7. EcoDesigner Star Aracında Oluşturulan Isı Blokları İçin Tanımlanan Bina Sistemleri (Archicad programı ara yüzü, 2022)

Her bir ısı blokları için **Şekil 7**'de görüldüğü gibi ayrı ısıtma, soğutma ve havalandırma bina sistemleri tanımlanabilir. İncelenen yapılarda ısıtma için duvara doğalgaz kombi, soğutma için pencere havalandırma birimi ve havalandırma için ise doğal havalandırma sistemleri seçilmiştir. Düzce ili iklim bölgesi olarak çok sıcak olmadığı, soğutma amacıyla klima ön görülmemiştir.



Şekil 8. EcoDesigner Star Aracında İklim Verileri ve Çevre Ayarları (Archicad programı ara yüzü, 2022)

Archicad EcoDesigner Star bölümünden yapılan enerji değerlendirmeleri için kullanıcı işlem profilleri ve günlük profil düzenleyicisi sayfalarından binanın yıllık kullanım saatleri yaz ve kış dönemi için ayarlanarak her iki dönem için iç sıcaklık değerleri ile iç sıcaklık artışına sebep olan faktörlerin düzenlemesi yapılmıştır. Çevre ayarları ve iklim verisi sayfalarından binanın bulunduğu çevre özellikleri belirlenerek, bulunduğu konuma ait iklim veri dosyası epw dosya formatında programa tanıtılmıştır. Çevre ayarları içerisinde **Şekil 8**'deki gibi yapı çevrelerindeki gölgeleme elemanları

ve rüzgar koruması ayarları da yapılabilmektedir. İnşaatın yapılacağı yakın çevrede herhangi bir bina veya farklı bir yükselti bulunmamaktadır. Bu sebeple böyle bir engel modele işlenmemiştir. Belirtilen aşamalardan sonra enerji simülasyonu yapılıp, farklı bloklar için değerler elde edilmiştir.

5. Bulgular ve Tartışma

Enerji simülasyonu sonucunda elde edinilen genel bilgilerde yapıların yıllık net ısıtma ve soğutma enerji değerleri ve güneş kazanımları görülmektedir.

Tablo 2. Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırmalı Tablosu

	Net ısıtma enerjisi (kWh/ m²a)	Net soğutma enerjisi (kWh/ m²a)	Toplam Enerjisi (kWh/ m²a)	Güneş kazanımı (kWh/a)
Kuzey-Güney yönündeki 1 nolu yapı	70,95	14,88	85,83	12532,9
Batı-Doğu yönündeki 2 nolu yapı	44,10	21,48	65,58	19540,8
Doğu-Batı yönündeki 3 nolu yapı	53,69	16,01	69,7	14783,4

1 nolu yapı için net ısıtma enerjisi 70,95 kWh/m²a, soğutma enerjisi 14,88 kWh/m²a ve güneş kazanımı 12532,9 kWh/a'dır. 2 nolu yapının net ısıtma enerjisi 44,10 kWh/m²a, net soğutma enerjisi 21,48 kWh/m²a ve güneş kazanımı 19540,8 kWh/a'dır. 3 nolu yapının net ısıtma enerjisi ise 53,69 kWh/ m²a, net soğutma enerjisi ise 16,01 kWh/ m²a ve güneş kazanımı ise 14783,4 kWh/a'dır. Yapılarda CO_2 emisyonları da incelendiğinde enerji tüketimleriyle paralel artış gösterdikleri tespit edilmiştir. Bulunan değerler karşılaştırmak amaçlı **Tablo 2**'de gösterilmiştir.

Bu çalışmadan anlaşılacağı gibi serbest bir vaziyet planı içinde tasarım yapılırsa doğal olarak yapıların 2 nolu yapı gibi yönlendirilmesi ısıtma, soğutma ve toplam enerji miktarı açısından en avantajlı olan pozisyon olmaktadır. Yalnız bu her zaman mümkün olamamaktadır. Vaziyet planına tek noktadan girmek sert zeminin en az düzeyde kullanılması, yapı sahiplerine en büyük bahçeleri tahsis etmek, ortak bir yol ve alan kullanımı sağlamak adına yapıları her zaman ideal konumlarına yerleştirmek mümkün olamamaktadır. Bu sebeple mevcut konumlanma ile devam edildiği düşünülerek alternatifler araştırılmıştır.

Yapıların planları gereği salondan bahçeye açılan camlar büyük tutulmuş, ortak alana bakanlar küçük tutulmuştur. Enerji tasarrufu adına kuzeye bakan 1 no'lu yapının bu pencereleri daraltılıp, kepenk eklenebilir, kışın mekâna daha fazla ışık girmesi adına ışık rafları yerleştirilebilir. 2 no'lu yapı yazın ısıtma değerleri en yüksek olan konut yönelmesine sahiptir. Bu sebeple yazın batıya bakan pencerelerin kepenklerle, güneş kırıcılarla güneş kontrolü sağlanarak, kamaşma engellenmeye çalışılabilir. 3 no'lu yapı enerji giderleri açısından diğer iki konutun ortasında bulunmaktadır. Onun da kışın ısınma giderleri azaltmak amacıyla batı tarafındaki pencereler büyütülerek, genel ısı kazanımı arttırılabilir. Her üç konut için de zemin katlarda yerden ısıtma yapılması yapıların içindeki ısıl konforu artıracaktır. Ayrıca yalıtım malzemesi kalınlıkları kuzey cephelerde arttırılabilir, güneye bakan cephelerde kış bahçeleri oluşturulmak kaydıyla ısı kazanımı arttırılabilir.

6. Sonuç ve Öneriler

Dünya nüfusunun hızla artmasıyla birlikte 2050 yılına kadar günde 13.000 yeni bina inşa etmeye ihtiyacımız olacağı tahmin edilmektedir (Bertollini, 2018). Bu sebeple artan inşaat miktarıyla birlikte çevresel etkilerin artışında da ciddi bir artış beklenmektedir. Bu sebeple mimari, mühendislik ve inşaat sektörünün enerji etkin bina yapma ve uygulama yönündeki bilinç ve eylemleri önemli bir etki yaratacaktır. İklim değişikliği, ısı adası etkisi, karbon emisyonun azaltılması gibi birbirine bağlı ve Dünya'nın geleceği için önemli olan konular inşaat sektörü açısından irdelendiğinde gerek yeni yapı, gerekse mevcut yapıların tasarım, onarım, güçlendirme, işletme ve yıkım gibi pek çok aşamasında YBM önemli bir yere sahiptir. Isıtma ve soğutma enerjilerinden kaynaklı oluşan CO_2 salınımların azaltılması için mevcut yapıların YBM modellerinin de çıkartılması, bina işletmecilerinin de bu sorumluluğa dâhil edilmeleri ve bilinçlendirilmeleri ile mümkündür.

Çevre bilincinin oluşturulmasını takiben bakanlıklar, yerel yönetimler, müteahhitler, işletmeciler, yıkım ve hafriyatçılar açısından inşaat sektörünün dijitalleşme araçlarından en güçlüsü olarak YBM'nin bu süreçte aktif olarak kullanılması çok önemli bir rol üstlenmektedir.

Geleneksel çizim ve inşaat yöntemlerden YBM ile tasarım, işletme aşamalarına geçebilmek için ulusal, açık kaynaklı bir ara yüz geliştirilmesi, yaygınlaştırılması açısından çok faydalı olacaktır. Bu ara yüzün yerel programlarla entegre edilmesi de mümkündür. Mimari, statik, elektrik, makina, yaklaşık maliyet, enerji analizleri, kazı hesapları, ısı köprülerinin tespiti, akustik hesaplamaları, coğrafi veri tabanlı algoritmalardan veri edilmesi, çevresel emisyonların tespiti gibi pek çok farklı bilgi, aynı model üzerinden elde edilmesi hem proje müellifleri hem yerel yönetimler hem de kullanıcılar açısından çok avantajlı olacak, bürokratik işlemleri kolaylaştırarak, kontrol süreçlerini de hızlandıracaktır.

Architecture 2030 tarafından yayınlanan Net Zero Buildings standardına ve Paris İklim sözleşmesine uyum süreçleri gereği tasarımcıların YBM gibi teknolojik araçlardan faydalanma miktarları arttırılmalıdır. Enerji analizlerinden elde edilen sonuçlara göre, imar planlarının ve notlarında da bu kriterler göz önüne alınmalıdır. Sokak genişlikleri, çekme ve bahçe mesafeleri, kat yükseklikleri gibi parametreler binaların enerji analizlerini çok büyük ölçüde etkilemektedir. Bu sebeple yerel yönetimlerin bilinci ve iradesi bu konuda çok önemli bir yer teşkil etmektedir. Ayrıca tasarımcı mimarların ekolojik çözümler hakkında daha detaylı çözümleri öğrenmeleri, kendilerini geliştirmeleri Avrupa Birliği hedefleri arasında olan "net 0" emisyonlu bina hedeflerini yakalamak için etkili olacaktır. Bu sebeple üniversitelerde mimarlık, peyzaj mimarlığı, inşaat, makina ve elektrik mühendisliği gibi bölümlerde sürdürülebilir yapı kavram ve çözümleri uygulamalı olarak öğretilmelidir.

KAYNAKLAR

Akıncı Kesim, G. (2010). *Yeni Kentleşme Sürecinde Düzce'de Bazı Sorunlar Ve Öneriler*.

Altınöz, M. (2019). BİNALARIN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE KARBON AYAK İZİ AÇISINDAN İNCELENMESİ: KIRKLARELİ ÖRNEĞİ. *tez*.

Ansah, M. K., Chen, X., Yang, H., Lu, L., & Lam, P. T. I. (2019). A review and outlook for integrated BIM application in green building assessment. *Sustainable Cities and Society*, *48*(April), 101576. https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101576

Azhar, S. (2011). Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering*, *11*(3), 241–252. https://doi.org/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127

Azhar, S., Brown, J. W., & Sattineni, A. (2010). A case study of building performance analyses using building information modeling. *2010 - 27th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, ISARC 2010*, *June 2018*, 213–222. https://doi.org/10.22260/isarc2010/0023

Azhar, S., Khalfan, M., & Maqsood, T. (2012). Building information modeling (BIM): Now and beyond. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, *12*(4), 15–28. https://doi.org/10.5130/ajceb.v12i4.3032

Bal Koçyiğit, F., & Allawı, A. (2021). Optimal Location Selection For Solar Panels Using Parametric Analysis Tools and BIM: Case Study of Al Shaab Stadium. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, *9*, 1653–1668. https://doi.org/10.29130/dubited.915940

Bertollini, V. (2018). *Here's What Building the Future Looks Like for a 10-Billion-Person Planet*. https://redshift.autodesk.com/building-the-future/

Bonomolo, M., Di Lisi, S., & Leone, G. (2021). Building information modelling and energy simulation for architecture design. *Applied Sciences (Switzerland)*, *11*(5), 1–32. https://doi.org/10.3390/app11052252

Carvalho, J. P., Bragança, L., & Mateus, R. (2019). Optimising building sustainability assessment using BIM. *Automation in Construction*, *102*(September 2018), 170–182. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.02.021

Carvalho, J. P., Bragança, L., & Mateus, R. (2021). Sustainable building design: Analysing the feasibility of BIM platforms to support practical building sustainability assessment. *Computers in Industry*, *127*. https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103400

Çavuşoğlu, Ö. H. (2019). BİNA BİLGİ MODELLEME İLE ERKEN TASARIM AŞAMASINDA KARAR VERME SÜREÇLERİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ. *İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ*, *3*, 1–9.

Chang, Y. T., & Hsieh, S. H. (2020). A review of building information modeling research for green building design through building performance analysis. *Journal of Information Technology in Construction*, *25*, 1–40. https://doi.org/10.36680/j.itcon.2020.001

Chen, P. H., & Nguyen, T. C. (2017). Integrating web map service and building information modeling for location and transportation analysis in green building certification process. *Automation in Construction*, *77*, 52–66. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.01.014

Cheng, J. C. P., & Das, M. (2014). A bim-based web service framework for green building energy simulation and code checking. *Journal of Information Technology in Construction*, *19*(January), 150–168.

Cheung, F. K. T., Rihan, J., Tah, J., Duce, D., & Kurul, E. (2012). Early stage multi-level cost estimation for schematic BIM models. *Automation in Construction*, *27*, 67–77. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.05.008

Chong, H. Y., Lee, C. Y., & Wang, X. (2017). A mixed review of the adoption of Building Information Modelling (BIM) for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, *142*, 4114–4126. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.222

Doan, D. T., Ghaffarianhoseini, A., Naismith, N., Ghaffarianhoseini, A., Zhang, T., & Tookey, J. (2019). Examining Green Star certification uptake and its relationship with Building Information Modelling (BIM) adoption in New Zealand. *Journal of Environmental Management*, *250*(August). https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109508

Gökçe, D., & Güneş, Z. (2022). *Dağınık Planlı Kent Dışı Genç Üniversite Yerleşkelerinde Büyüme ve Gelişme: Düzce Üniversitesi Konuralp Yerleşkesi Örneği*. *10*, 847–861. https://doi.org/10.29130/dubited.755187

Graphisoft, T. (2022). *graphisoft*. https://graphisoft.com/

Gürgün, A. P., Koç, K., & Atabay, Ş. (2022). Yapı Bilgi Modellemesi Kullanımının Sürdürülebilir Yeşil Bina Projeleri Üzerine Etkileri. *Teknik Dergi*, 1–30. https://doi.org/10.18400/tekderg.715574

Huang, B., Lei, J., Ren, F., Chen, Y., Zhao, Q., Li, S., & Lin, Y. (2020). Contribution and obstacle analysis of applying BIM in promoting green buildings. *Journal of Cleaner Production*, *278*, 123946. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123946

Ibrahim, M. (2004). *Two Approaches to BIM: A Comparative Study*. 1–7. http://cumincad.scix.net/cgi-bin/works/Show?_id=2004_610&sort=DEFAULT&search=magdy ibrahim&hits=13

Ilhan, B. (2015). BIM and Sustainable Construction Integration: An IFC-Based Model. *MEGARON / Yıldız Technical University, Faculty of Architecture E-Journal*, *March*. https://doi.org/10.5505/megaron.2015.09719

Ilhan, B., & Yaman, H. (2016). Green building assessment tool (GBAT) for integrated BIM-based design decisions. *Automation in Construction*, *70*, 26–37. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.05.001

Jalaei, F., Jalaei, F., & Mohammadi, S. (2020). An integrated BIM-LEED application to automate sustainable design assessment framework at the conceptual stage of building projects. *Sustainable Cities and Society*, *53*(October 2019), 101979. https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101979

Jalaei, F., & Jrade, A. (2014). Integrating Building Information Modeling (BIM) and energy analysis tools with green building certification system to conceptually design sustainable buildings. *Journal of Information Technology in Construction*, *19*, 494–519. https://doi.org/10.1007/s12273-013-0120-0

Karagöz, E. (2019). Bim İle Yapi Yaklaşık Maliyeti Hesaplama Önerisi. *Yapı bilgi modelleme*, *1*(1), 39–45.

Konovalov, A. (2013). *ENERGY ANALYSIS OF 3D MODEL OF BUILDING IN ArchiCAD ENVIRONMENT*.

Krygiel, E., & Nies, B. (2010). *Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling*.

Lu, Y., Wu, Z., Chang, R., & Li, Y. (2017). Building Information Modeling (BIM) for green buildings: A critical review and future directions. *Automation in Construction*, *83*(August), 134–148. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.08.024

Ofluoğlu, S. (2016). BIM ve sürdürülebilirlik. *XVIII. Akademik Bilişim Konferansı*, *November*, 1183–1187.

Ofluoğlu, S. (2018). *BIM VE PROJE YÖNETİMİ*. 10–27.

Ölçer B. (2019). *İklim Krizinde BIM'in Üstleneceği Rol*. 0–3.

Özcan, U., & Erol, İ. (2018). *Sürdürülebilir Tasarımda Yapı Bilgi Modellemesi (BIM)*.

Pinarer, Ö. (2021). *Araştırma Makalesi / Research Article Yapı Bilgi Modellemesi nin Kablosuz Algılayıcı Ağ Entegrasyonu ile Gerçek Zamanlı Akıllı Bina Yönetim Sistemi Prototipi Real-Time Smart Building Management System Prototype with Wireless Sensor Network Integration wit*. *10*(1), 207–216.

Sağsöz, A., Kahraman, M. U., Izadpanah, S., & Şekerci, Y. (2021). COVID-19 Pandemi Sürecinde Sağlıklı ve Hasta Bireylerin Konut Deneyimine Dair Bir Karşılaştırma: Antalya Örneği. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *March*. https://doi.org/10.29048/makufebed.874560

SDSN. (2021). Sustainable Development Report 2021. Içinde *Cambridge University*. https://doi.org/10.1017/9781009106559

Solla, M., Ismail, L. H., Shaarani, A. sharainon M., & Milad, A. (2019). Measuring the feasibility of using of BIM application to facilitate GBI assessment process. *Journal of Building Engineering*, *25*(June), 100821. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100821

sun-path. (2022). *No Title*. http://andrewmarsh.com/apps/staging/sunpath3d.html

TS 825. (2008). TS 825 Binalarda ısı yalıtım kuralları. *Turkish Standarts Institution, Ankara*, *825*, 1–80.

UNEP. (2021). *SDG Academy 2021 Annual Report*. https://resources.unsdsn.org/sdg-academy-2021-annual-report?_ga=2.153980027.270451635.1633292828-36469729.1633077373

UNFPA. (2021). *SWOP Report 2021|United Nations Population Fund*. https://www.unfpa.org/swop

Wong, J. K. W., & Zhou, J. (2015). Enhancing environmental sustainability over building life cycles through green BIM: A review. *Automation in Construction*, *57*, 156–165. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.06.003

Wu, W. (2010). INTEGRATING BUILDING INFORMATION MODELING AND GREEN BUILDING CERTIFICATION: THE BIM – LEED APPLICATION MODEL DEVELOPMENT. *Theoretical and Applied Genetics*, *7*(2), 1–7. http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2011.03.004%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.pbi.2010.01.004%0Ahttp://www.biomedcentral.com/1471-2156/12/42%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2009.11.005%0Ahttp://www

Eski İşlevini Kaybetmiş Binaların Yeniden Kullanımına Adaptasyonunda Tarihi Yapı Bilgi Modellemesinin Kullanımı Üzerine Araştırma: Vaka Çalışmalarının İncelenmesi

Açelya Özdirek [1]; Enes Yaşa [2]; Selahattin Ersoy [3]
[1]İstanbul Üniversitesi; [2]İstanbul Üniversitesi; [3]İstanbul Üniversitesi
[1]acelyaozdirek@gmail.com; [2]enesyasa@istanbul.edu.tr; [3]selahattin.ersoy@istanbul.edu.tr

Özet

İşlevsel olarak günümüzün şartlarına uyum sağlayamayan, kültür varlığı olarak geçen tarihi yapılar, kentin hafızasında önemli rol oynarlar ancak zamanla hasar gören ve atıl hale gelen tarihi yapılara gerekli bakım ve onarımın yapılması, değişen zamanın koşullarının etkisiyle işlev kaybına uğrayan binalarda yeni işlev seçimlerinin zamanın şartlarına uygun olarak yapılması gerekmektedir. Tarihi yapıların uygun yeni işlevlerle yeniden kullanıma adaptasyonları, bu yapıların kent hafızasındaki yerlerinin korunmasına, kentin tarihi ve kültürel sürekliliğinin sağlanmasına ve yeni döneme değer sağlarken, kentlinin geçmişle fiziksel bağ kurmasına imkân verir. Yapı bilgi modellemesi (YBM); mimarlar, mühendisler, tarihçiler ve yöneticiler gibi farklı uzmanların bir tesisin planlanması, tasarlanması, inşa edilmesi, kullanım ve yönetim aşamalarında ortak olarak çalışabilmelerini sağlayan 3 boyutlu modelleme ve bilgi paylaşım sürecidir. Tarihi ve kültürel miras binalarında kullanımlarında ise "Tarihi Yapı Bilgi Modellemesi (TYBM)" olarak adlandırılmaktadır. Tarihi yapıların yeniden kullanıma adaptasyon süreçlerinde bakım onarımlarının yapılması aşamasında TYBM kullanımı sürecin daha doğru, daha planlı ve sistematik bir şekilde ilerlemesini sağlar. Bu çalışma, TYBM'nin, yeniden kullanıma adaptasyon süreçlerinde kullanımının yaygınlaştırılması ihtiyacından yola çıkılarak yürütülmüştür. Bu doğrultuda eski işlevini kaybetmiş binaların yeniden kullanıma adaptasyonunda TYBM kullanımı üzerine literatür taraması yapılmıştır. Yapılan bu kapsamlı literatür taraması sonucunda çeşitli vaka çalışmaları üzerinden incelemeler yapılmıştır. Başlangıçta çalışmanın amacı tarihi yapıların yeniden kullanıma adaptasyonları kapsamında yapılar için en uygun yeni işlevi seçme sürecinde TYBM kullanımlarını incelemek, bu doğrultuda vakalar üzerinden detaylı inceleme ve karşılaştırma yapmak olsa da, literatürde bu konuda yapılan çalışmaların yeterli olmadığı fark edilmiş ve bu nedenle literatürdeki doldurulması gereken boşluklar vurgulanmıştır. Var olan çalışmalar üzerinden TYBM ile ilgili çalışmalar incelenmiş, tarihi binaların yeniden kullanıma adaptasyonları süreçlerinde vaka çalışmaları üzerinden TYBM'nin hangi seviyede kullanıldığı irdelenmiştir. TYBM'nin yeni işlev karar alım süreçleri dışında tarihi yapılardaki restorasyon süreçlerinde, dokümantasyon, veri yakalama ve görselleştirme süreçlerinde de kullanıldığı tespit edilmiştir. Yeniden kullanıma adaptasyon potansiyeli, TYBM potansiyeli ve vaka çalışmalarıyla bir arada çalışıldığında ortaya çıkacak faydalar üzerinde odaklanılmıştır. Ayrıca çalışma sonunda literatürdeki bu konuda yapılacak yeniden kullanıma adaptasyon çalışmalarındaki işlev karar aşamasında paydaşları TYBM kullanımına yönlendirmek ve bu konuda daha çok araştırma yapılması gerekliliğine dikkat çekmek çalışmanın yürütülme amaçlarındandır.

Anahtar Kelimeler: *Yeniden kullanıma adaptasyon, Yapı Bilgi Modellemesi (YBM), Tarihi Yapı Bilgi Modellemesi (TYBM), Miras bina.*

Research on The Use of Historic Building Information Modeling in Adaptation To The Reuse of Buildings That Have Lost Their Old Function: Study of Case Studies

Açelya Özdirek [1]; Enes Yaşa [2]; Selahattin Ersoy [3]
[1]Istanbul University, Institute of Graduate Studies in Science, Architecture and Regeneration Of The Built Environment; [2]Istanbul University, Faculty of Architecture, Department of Interior Architecture; [3]Istanbul University, Faculty of Architecture, Department of Architecture
[1]acelyaozdirek@gmail.com; [2]enesyasa@istanbul.edu.tr; [3]selahattin.ersoy@istanbul.edu.tr;

Abstract

Historical buildings, which are functionally incomprehended to today's conditions and are mentioned as cultural assets, play an important role in the memory of the city, but the necessary maintenance and repair of historical buildings that have been damaged and inert over time, and new function selections should be made per the conditions of the time in buildings that have lost their function due to the conditions of changing time. The adaptation of historical buildings to reuse with appropriate new functions allows them to maintain their place in the city's memory, ensure the city's historical and cultural continuity and provide value for the new era while allowing the urban to establish a physical connection with the past. Building information modeling (BIM); is a 3D modeling and information sharing process that allows different experts such as architects, engineers, historians, and managers to work together in the planning, designing, construction, use, and management stages of a facility. Its use in historical and cultural heritage buildings is called "Historic Building Information Modeling (HBIM)". The use of HBIM during the maintenance repairs of historical buildings in the adaptation processes for reuse allows the process to proceed more accurately, systematically, and more planned. This study was carried out based on the need to expand the use of HBIM in adaptation processes for reuse. In this direction, literature was reviewed on the use of HBIM in the adaptation of buildings that had lost their old function to reuse. As a result of this comprehensive literature review, reviews were carried out on various case studies. Although the study aimed to examine the use of HBIM in the process of selecting the most suitable new function for the structures within the scope of reuse adaptations of historical structures and to make detailed examinations and comparisons of the cases in this direction, it was noticed that the study on this subject was not enough and therefore the gaps that should be filled in the literature were emphasized. Studies related to HBIM were examined through existing studies and the level of HBIM was examined through case studies in the process of adaptation of historical buildings for reuse. In addition to the new function decision-making processes, HBIM is used in restoration processes in historical buildings, documentation, data capture, and visualization processes. The focus is on the potential for adaptation to reuse, the potential for HBIM, and the benefits that will arise when working together with case studies. In addition, the function of the reuse adaptation studies to be carried out in the literature at the end of the study is to direct the stakeholders to the use of HBIM during the decision phase and to draw attention to the need for more research on this subject.

Keywords: *Adaptive reuse, Building Information Modeling (BIM), Historic Building Information Modeling (HBIM), Heritage building*

1. Giriş

Kentin kimliğinin oluşmasına büyük katkı sağlayan tarihi binalar, geçmişle geleceği birbirine bağlayan, döneminin özelliklerini gelecek kuşaklara aktaran, tarihi mirasın temsilcileridir. Tarihi yapılardan bazıları döneminin ihtiyaçlarına cevap vermiş ancak günümüzün koşullarına uyum sağlayamayanları işlevlerini yitirmişlerdir. Tarihi mirasın korunması ve yaşatılması kent için oldukça önemli bir konudur. Tarihi yapıların yok olmasını önlemenin yolu kültür mirası olan bu yapıları günümüzün yaşam koşullarıyla bütünleştirmekten geçer (Ahunbay, 1999). Yapı ömürleri tamamlanmamış olan bu binaların günümüzün şartlarına uygun doğru işlev seçimiyle yeniden kullanıma adaptasyonları, günümüz yaşamıyla bütünleşmelerini sağlarken, kültürel mirasın ve kent kimliğinin korunmasında büyük önem arz eder.

Yapı bilgi modellemesi (YBM) ise mimarlar, mühendisler, tarihçiler ve yöneticiler gibi farklı uzmanlık alanlarından meslek insanlarını ortak bir çalışma platformunda birleştirerek bir arada çalışabilmelerini sağlayan, 3 boyutlu model üzerinden dijital olarak oluşturulan bir bilgi paylaşım sürecidir. Yapı bilgi modellemesinin tarihi yapılar üzerinde uygulanmasını, tarihi yapıların verilerinin tespit edildikten sonra bilgilerin dokümantasyonunu yapan ve paydaşlar arasında bilgi akışını sağlayan süreç "Tarihi Yapı Bilgi Modellemesi (TYBM)" olarak adlandırılır.

Tarihi çevre koruma çalışmalarının ilk adımı, korunması planlanan kültür ve doğa varlıklarının saptama ve belgeleme çalışmalarıyla tespit edilmesidir (Ahunbay, 1999). TYBM bu verilerin dijital modele olduğu gibi aktarılması yoluyla verilerin korunması ve devamlılığını sağlar. Aynı zamanda bir yapı ile ilgili tüm verilerin arşivleme ve düzenleme özelliği ile dokümantasyonunun yapılması planlı çalışmalara kaynak oluşturur (Bruno & Roncella, 2019). TYBM, koruma projesi aşamasında paydaşlar arasında bilgi alışverişini sağlamış olur (Jouan & Hallot, 2019).

Tarihi yapılarda yeniden kullanıma adaptasyon süreçlerinde bakım ve onarım çalışmaları yürütülür. Yeniden işlev kazandırılan binalarda bakım ve onarım süreçlerinde ise zaman zaman paydaşların bir arada çalışamaması, bilgilerin bir arada doğru şekilde dokümantasyonunun yapılamaması gibi sebeplerden dolayı çalışmalar sekteye uğrayabilmekte ve zorlu bir süreç yaşanabilmektedir. Bu araştırma kapsamında, TYBM'nin yeniden kullanıma adaptasyon süreçlerindeki yeni işlev seçim süreçlerinde kullanılıyor mu, kullanılıyorsa hangi amaçlarla kullanılıyor, kullanıcılara hangi faydaları sağlar gibi soruların cevaplarına ulaşmak için bu konular üzerinde literatür taraması yapılmıştır. Yapılan tarama sonucunda vaka çalışmaları arasında karşılaştırma ya da sınıflandırma yapmak için yeterli çalışmaya ulaşılamamıştır ancak var olan çalışmalarda TYBM kullanımının faydalarına erişilmiş, tarihi yapılardaki restorasyon projelerinde, dokümantasyon, veri yakalama ve görselleştirme süreçlerinde de kullanılarak çalışmalara oldukça katkı sağladığına ulaşılmıştır. Ayrıca ulaşılan çalışmalarda yeniden kullanıma adaptasyon süreçlerinde vaka çalışmaları üzerinden TYBM'nin hangi seviyede kullanıldığı irdelenmiştir. Bu çalışma TYBM'nin tarihi yapılardaki yeniden kullanıma adaptasyon süreçlerinde kullanımının yaygınlaştırılması ihtiyacından yola çıkılarak yürütülmüştür. Erişilen çalışmalar sonucunda yeniden kullanıma adaptasyon sürecinde TYBM'nin kullanımıyla ortaya çıkacak faydalar üzerinde odaklanılmış, yeni işleve karar aşaması ve genel süreçte TYBM kullanımına yönlendirme yapılmıştır ve daha çok araştırma yapılması gerekliliğine dikkat çekilmiştir.

2.Yeniden Kullanıma Adaptasyonda Tarihi Yapı Bilgi Modellemesinin Kullanımı

Tarihi binalar kentin hafızasında önemli yer kaplayan, kentlinin geçmişiyle bağ kurmasını sağlayan, tarihi mirasın somut temsilcileridirler. Yapıldıkları dönemin ruhunu yansıtan ve kent kimliğinin oluşmasına büyük fayda sağlayan tarihi binalar, geçmişin izlerini bugüne taşırlar. İnşa edildikleri dönemin yapım tekniklerini, mimari üslubunu ve karakterini yansıtan bu binalar, yapıldıkları dönemin toplumuna hizmet etmiş ve dönemin ihtiyaçlarına uygun işlevlere sahip olmuşlardır. Bu binalar geçmişle somut bağ kurarken, aynı zamanda yerel karakteri yansıtırlar (Khodeir ve diğ., 2016). Bu yapılar dönemlerinin, tarihi, mimari, sosyal, kültürel, ekonomik, simgesel yapısına ışık tutarlar (Aksoya & Aydın, 2015; Omar & Ishak, 2009).

Zamanla hasar gören ve atıl hale gelen tarihi yapıların bakım ve onarımlarının yapılarak kente kazandırılması gereklidir. Prof. Dr. Cevat Erder'in çevirisiyle Venedik Tüzüğü'nün 5. maddesi *"Anıtların korunması, her zaman onları herhangi bir yararlı toplumsal amaç için kullanmakla kolaylaştırılabilir. Bunun için bu tür bir kullanma arzu edilir fakat bu nedenle*

yapının planı veya bezemeleri değiştirilmemelidir ancak bu sınırlar içinde yeni işlevin gerektirdiği değişiklikler tasarlanabilir ve buna izin verilebilir." şeklindedir. (Venedik Tüzüğü, 1964). Bakım ve onarım çeşitlerinden eski yapının günümüze adaptasyonunu sağlayan "yeniden kullanıma adaptasyon" kavramı büyük önem kazanmıştır (Douglas, 2006). Yeniden kullanıma adaptasyon, kullanılmayan binaların yeniden canlandırılması ve kente kazandırılmasını sağlar. Yeniden kullanıma adaptasyon için seçilecek olan yeni işlev günün şartlarına ve bağlamına uygun olarak yoğun bir çalışma sonucunda seçilmelidir. Bir yapıya yeniden işlev önerileri getirilirken, o yapının özgünlüğünü oluşturan etmenleri: işlevini, tarihsel değerlerini, malzeme ve yapısal detaylarını, sanat kompozisyonları ve çevresel unsurlarını dikkate almak gerekir (Pavlovskis ve diğ., 2019). Tarihi yapıya uygun doğru işlev seçimi yapının ömrü için büyük önem taşır, bu süreçte bakım onarımlarının yapılması aşamasında TYBM kullanımı bu sürecin daha doğru ilerlemesine yardımcı olur.

Yapı bilgi modellemesi tarihi yapılarda uygulandığında "Tarihi Yapı Bilgi Modellemesi (TYBM)" olarak karşımıza çıkmaktadır (Mol ve diğ., 2020), YBM'ye tarihsel/miras katmanı ekler (Marzouk ve diğ., 2016). TYBM kavramı ilk olarak Dublin Teknoloji Enstitüsün'den Murphy, McGovern ve Pavia tarafından kullanılmıştır (Murphy ve diğ., 2009).TYBM tarihi verilerden hazırlanan bir parametrik nesneler kitaplığıdır (Logothetis ve diğ., 2015). Tarihi yapıların yönetimi ve bakımı yapılması için eklenti olan TYBM temel bir araçtır. TYBM, tarihi aşamaları bütünleşik bir biçimde ele almayı, bilgi eşzamanlılığı, daha hızlı ve daha doğru çalışmayı sağlayan tarihi eleman kütüphanelerinin oluşturulmasını sağlar (Palomar ve diğ., 2020). TYBM, tarihi binanın tüm çizimlerini ve bilgilerini oluşturmak, tarihi binaları belgelemek, korumak ve yönetmek için kullanılabilmektedir (Megahed, 2015). Geometrik ve topoğrafik bilgilerin kullanımıyla hazırlanmış doğru YBM modeli, yapının etkili dokümantasyonunun oluşturulmasıyla ileride yapılacak çalışmalara rehberlik edebilir (Pavlovskis ve diğ., 2019).

Yeniden kullanıma adaptasyon projelerinde, tüm önemli boyut bilgilerine, malzeme ve demontaj bilgilerine hâkim olmak projenin verimli bir şekilde planlanması için önemlidir (Esfahani ve diğ., 2019). Bu binaların, yeni işlevleriyle kullanımlarına başlanabilmesi için ihtiyaçlardan biri ise mevcut hallerini güncellemektir. Bu güncellemeyi yaparken en çok kullanılan yöntemler, 2 boyutlu ölçme yöntemleri ve yazılımları kullanmak olsa da, 2 boyutlu dönüşümlerin zorlu, hataya yatkın olmaları ve yorumlama zorlukları gibi olumsuz yanları mevcuttur. 3 boyutlu ölçme teknikleri ve yazılımlar ise daha kesin sonuçlara daha basit yoldan ulaşmayı sağlar (Esfahani ve diğ., 2019).

YBM' de bir binanın dijitalleştirmesi aşamasında farklı etkenler bulunmaktadır. Bunlardan bazıları: hammadde çeşitliliği, ayrıntı düzeyi, boyut ve şekillerde karmaşıklık, boyut ve uygulanabilirlik, bütçedir (Pavlovskis ve diğ., 2019). Tasarımların daha doğru yapılabilmesi için yeniden kullanıma adaptasyon sürecinde model kullanımı büyük önem arz eder. Modelleme için de önemli olan ilk adım, mekânsal veri toplama adımıdır ve bu adım ne kadar doğru atılırsa model o kadar doğru ve son model olabilir (Zhu & Brilakis, 2009). TYBM ile oluşturulmuş modelin geometrik doğruluğu, modelden güvenilir görselleştirme çıktıları almaya imkân verir (Khodeir ve diğ., 2016). Yapılacak olan yeniden kullanıma adaptasyon projelerinde, yeni işleve ait öneri görsellerinde önerileri metinlerle yapmaktansa TYBM ile zengin görselleştirmelerle yapmak çok daha ifadeli bir sunum dili oluşturmaktadır (Suling ve diğ., 2016).

Tarihi yapılar için veri tabanı oluşturmak; bu tarihi yapıların yeniden kullanımlarında, bakımlarında ve yönetimlerinde alınacak kararlarda büyük önem taşımaktadır (Khodeir ve diğ., 2016). Tarihi yapılarda, TYBM süreci verilerin uzaktan toplanmasıyla başlar ve sonrasında çeşitli yazılımların tarama verilerini ve görüntüyü birleştirmesiyle devam eder (Murphy ve diğ., 2009). Veri toplandıktan sonra taranan nesnenin temizlenme, sıralanma ve birleştirilme işleminin yapılmasını gerektiren x,y,z koordinatlarından oluşan bir nokta bulutu oluşur. Ardından nokta bulutu dokulandırılması yapılır, son aşamada ise YBM nesnelerinin nokta bulutu üzerinde eşlenmesi yapılır (Murphy ve diğ., 2009). TYBM modelleme süreci, tersine mühendislik çözümünden oluşur. Özetle ilk aşama olan veri toplama işlemini, veri işleme ve veri birleştirme aşamaları takip eder (Megahed, 2015). İncelenen çalışmalarda vaka çalışması yapanlar bu şekilde çalışmalarını yürütmüşlerdir (**Şekil 1**). TYBM'de, zengin veri araştırmasına dayanan bilgilerin modellemeye aktarılması en önemli kısımdır (Baik, 2017).

Lazer tarama ve fotogrametri gibi yöntemler kullanılarak elde edilmiş verilerle tarihi yapıların modellenmesi yapılmaktadır. TYBM, tarihi yapıların analiz ve korunma sürecine oldukça katkı sağlayacak, 3 boyutlu dokümantasyon, ortografik projeksiyonlar, kesitler, detaylar, çizelgelerin dahil olduğu tam mühendislik çizimlerini otomatik olarak üretir (Dore & Murphy, 2012; Khodeir ve diğ., 2016; Murphy ve diğ., 2011, Murphy ve diğ., 2013). TYBM'nin, yeni yapılarla

çevre bağlamında yeni yapılarla çalışmaya izin vermesi, farklı zaman dilimlerini incelemeyi sağlaması, doku, kütle ve formu görüntülerle daha iyi ifade etmesi, çoğu kişinin 3 boyutlu modellemeyi, 2 boyutlu çizimlere göre daha iyi algılaması, binanın uzaktan model yardımıyla görülmesinin inşaatta kesin kararlar vermeden önce uyarlama ve yenileme kararlarının değerlendirilebilmesi, kullanıldığı zaman oluşturacağı fırsatlardan bazılarıdır (Logothetis ve diğ., 2015).



Şekil 1: TYBM oluşturulma süreci (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır.)

İncelenen çalışmalarda, TYBM çalışmalarına altlık oluşturacak modeller oluşturulurken ve dokümantasyon sürecinde çeşitli yazılımlar kullanılmıştır. Bunlar veri tarama yöntemlerinde, fotogrametri ve lazer tarayıcı; nokta bulutu temizleme de, Agisoft PhotoScan, CloudCompare, Faro Scene, Leica Cyclone, PolyWorks, ReCap Pro, Trimble Realworks; modellemede, 3ds Max, ArchiCad, AutoCAD, Blender, Dynamo, Geomagic Design X, Microstation Triforma, Revit, Rhinoceros'dur. İncelenen çalışmalarda veri yakalama yöntemlerinden lazer tarama ve fotogrametri kullanılmış, bazı çalışmalarda sadece lazer tarama bazı çalışmalarda sadece fotogrametri bazılarında ise ikisi bir arada kullanılmıştır ama daha çok lazer tarama tercih edilmiştir. Bu teknolojiler geleneksel yöntemlerle ölçmenin zorlu olduğu kısımlarda uzaktan doğru bir şekilde ölçmeyi sağlar. Modellemelerde en çok Revit yazılımı tercih edilmiştir, nokta bulutu temizleme de ise en çok Recap Pro tercih edilmiştir.

3. Yeniden Kullanıma Adaptasyonda Yapı Bilgi Modellemesinin Kullanımı Üzerine Vaka Çalışmalarının İncelenmesi

Bu bölümde, tarihi yapıların yeniden kullanıma adaptasyonunda TYBM kullanımı; literatür taraması sonucunda ulaşılan makaleler, bildiriler, tezler ve bu kaynaklardan ulaşılan vaka çalışmaları üzerinden detaylı olarak incelenmiştir. İncelenen vaka çalışmalarında tarihi binaların çeşitli işlevlere sahip oldukları görülmüştür. İncelenen çalışmalarda istenildiği gibi tarihi yapılarda, yeniden kullanıma adaptasyon sürecindeki yeni işlev için karar aşamalarında TYBM'nin sunduğu imkânlarla karar alma sürecinin yönlendiği çalışmalara ulaşılamamıştır. Bu çalışma bu konuda yapılan çalışmaların yetersiz olmasına dikkat çekmektedir. Ulaşılan çalışmalarda ise tarihi yapıların yeniden kullanıma adaptasyon süreçlerinde, bakım onarım süreçlerinde, restorasyon süreçlerinde TYBM'nin kullanımı incelenmiştir.

Yapılan araştırmalar sonucu incelenen çalışmaların farklı konular üzerinde odaklandığı görülmüştür. Vaka çalışmaları yapan araştırmaların çeşitli çıkarımlarda bulundukları gözlemlenmiştir. İncelenen çalışmaların üzerinde yoğunlaştıkları konular ise: TYBM, değerlendirme, dokümantasyon, veri yakalama ve yönetimi, görselleştirme (modelleme vs.), bozulma ve hasar tespiti belgelemek, koruma, güçlendirme ve yeniden kullanım süreci, kütüphane oluşturma, lazer tarama ve YBM entegrasyonu, yapım yöntemlerini ve malzeme bilgisini de içeren detaylı 3 boyutlu model oluşturma, kentsel ölçek ve bina ölçeğinde analizler, TYBM ve sanal artırılmış gerçeklik, sürdürülebilir kullanım, maliyet performans değerlendirme, gün ışığı simülasyonları, mevcut altyapının iyileştirilmesidir. Bu çalışma yeniden kullanıma

adaptasyon üzerinde yoğunlaştığı için daha çok dokümantasyon, veri yakalama ve yönetimi, görselleştirme (modelleme vs.) üzerinde yapılan vaka çalışmaları üzerinde incelemeler yapılmıştır. Günümüzde artan modern dijital teknoloji imkanlarından şimdiye kadar en az faydalanan inşaat alanları restorasyon ve rekonstrüksiyon işlemleridir (Pavlovskis ve diğ., 2019). İncelenen çalışmalardan bu süreçte dijital teknolojiden faydalanan çalışmalar seçilmiştir.

Khodeir, Aly ve Tarek (2016) yaptıkları çalışmada, binaların koruma sürecinde yapılacak güçlendirme ve yeniden kullanıma adaptasyon süreçlerinde TYBM kullanımı ve diğer aşamaları içeren bir çerçeve önermişlerdir. Süreç, başlatma planlama, uygulama, izleme ve değerlendirme olarak geçen 5 fazdan oluşmaktadır. Bu önerilen çerçevede TYBM araştırma ve tasarım ekiplerinin çalışma süreçlerinde dâhil olmaktadır. Bu süreçte araştırma ekipleri; veri toplama (lazer tarama), veri işleme (mimari desen kitaplarından tarihi detayların belirlenmesi) aşamalarında olurken, tasarım ekipleri 'bitmiş proje' modelleme (ortografik mühendislik çizimlerinin çıkarılması, kesit ve 3B model) aşamalarında yer almaktadır.

Qian Zhao'nun, (2020) yaptığı çalışmada yeniden kullanıma adaptasyondaki işlev değişikliği aşamasında YBM'nin kullanıldığı gözlemlenmiştir. Eski fabrika binasının kültür faaliyet merkezine dönüşümünde YBM'nin kullanımı şu adımlarla açıklanmıştır:

-Alan bilgilerinin toplanması
-YBM modelinin oluşturulması
-Bina performansının analizinin yapılması
-YBM modelinin geliştirilmesi
-Tasarım şemasının sunuma hazır hale getirilmesi

YBM'nin yeniden kullanıma adaptasyon sürecinde yeni işlev seçiminde kullanılması, tasarım öğelerinin sistematik ilişkisine, mekânsal yerleşim düzeninin oluşmasına katkı sağlar, model tasarımcıların doğru planlama yapmasını destekler.

4.Tartışma ve Sonuçlar

Tarihi yapıların yeniden kullanıma adaptasyonlarının çevre, kültür, kent hafızası için pek çok olumlu katkısı vardır. Bu yaklaşım bu yapıların yeni işlevleriyle kullanıma devam etmesini sağlayan koruma yoludur. Yapılan bu çalışma, yeniden kullanıma adaptasyonla, TYBM kullanımının ne seviyede olduğunu tespit etmek için keşif amaçlı yapılmıştır. Çalışmada tarihi yapıların yeniden kullanıma adaptasyon süreçlerinde, yeni ve doğru işlev seçim karar aşamalarında, TYBM'nin kullanılmasının sağladığı faydalara vakalar üzerinden bakılmak istense de, bu konuda yapılan çalışmaların yetersiz olmasından dolayı istenilen sayıda çalışma vakalar üzerinden detaylı incelenememiştir.

Ancak yine incelenen çalışmalar sonucunda tarihi yapılarda yeniden kullanıma adaptasyon sürecinin diğer kollarında TYBM'nin kullanımının sürece birçok fayda sağladığı anlaşılmıştır, bu nedenle TYBM'nin sağladığı katkılar üzerinde durulmuştur (**Tablo 1**)**.** Bu katkılar da düşünüldüğünde TYBM'nin kullanımının artırılması ve bu konuda gerekli teşviklerin yapılması gereklidir.

Yapılan araştırmalar sonucu tarihi yapılarda bina verilerini yakalayan ve ardından YBM'ye entegre ederek dokümantasyonunu sağlayan yaklaşımların arttığı gözlemlenmiştir. TYBM'den faydalanan çalışmaların incelenmesi sonucu, bu modelin kültürel miras alanları olan tarihi yapılarda kullanılmasının fayda sağladığı ve yapıları koruma sürecinin verimli ve koordineli bir sürece dönüştüğü sonucuna ulaşılmıştır.

TYBM ile oluşturulmuş modelin doğruluğu yapılacak daha sonraki çalışmalar ve dokümantasyon için çok büyük öneme sahiptir. Bu nedenle modelin yeterince doğru ve güvenilir olması gerekmektedir. Süreç tüm paydaşlar tarafından kontrol edilebilir ve şeffaf olmalıdır. Bu sayede TYBM, paydaşların işbirliğiyle yeni tasarımların yapılmasına imkân verir. Geleneksel yöntemde farklı yerlerde dağınık bir şekilde olan bilgilerin ortak tek bir platformda olması, yapının daha sonraki süreçlerinde yönetim kolaylığı sağlar. TYBM ile ilgili standardizasyon eksikliğinin çeşitli kılavuzlar yardımıyla giderilmesi, sürecin herkes için belirli bir çerçevede ilerlemesini sağlayabilir. Ayrıca tüm paydaşların aktif bir şekilde YBM modelini kullanmaları ve modeli güncel tutmaları gerektiği için herkesin aynı seviyede program bilgisinin olması

gerekmektedir. Bu nedenle yeterli program bilgisi olmayan paydaşların gerekli teknik eğitimleri alması gerekmektedir. Eğitimler, işlem süreleri ve TYBM'nin yaygınlaştırılması için gerekli yatırımlar yapılmalıdır.

Tablo 1: İncelenen vakalar sonunda yeniden kullanıma adaptasyon sürecine katkı sağlayabilecek TYBM faydaları

TYBM'nin Yeniden Kullanıma Adaptasyon Sürecinde Kullanımının Faydaları	Yazarlar
Tasarım ögelerinin sistematik ilişkisine katkı sağlaması	(Zhao, 2020)
Geleneksel yöntemlere göre çalışmalarda daha kısa sürede, düşük hata payıyla anlamsal açıdan zengin, 3B modeller oluşturabilme	(Bastem & Cekmis, 2021)
Mekânsal yerleşim düzeninin oluşmasına katkı sağlaması	(Zhao, 2020)
Modelin tasarımcıların doğru tasarım yapmasına destek olması	(Zhao, 2020)
Paydaşlar arasında bilgi paylaşımını sağlaması ve işbirlikçi bir ortamın olması	(Ho & Hou, 2019)
Açıklayıcı verileri depolamayı sağlaması	(Sztwiertnia ve diğ., 2021)
İletişim desteği sağlaması	(Ho & Hou, 2019)
Temel bilgi dayanağı olması	(Ho & Hou, 2019)
Daha doğru çalışmayı sağlayan tarihi eleman kütüphanelerinin oluşturulmasını sağlaması	(Palomar ve diğ., 2020)
Restorasyon işlemlerinin daha doğru bir şekilde yapılmasını sağlaması	(Kaya, 2020)
Zamanla oluşan sapma ve bozulmaların kolayca belirlenebilmesini sağlaması	(Kaya, 2020)
Koruma uygulamalarının temeli sayılan karar verme aşamalarına destek olması	(Woodward & Heesom, 2020)
Tarihi yapılar ile ilgili gerekli analizlerin kolay bir şekilde oluşturulması	(Kaya, 2020)
Tarihi aşamaları bütünleşik bir biçimde göstermesi	(Palomar ve diğ., 2020)
Bilgi eşzamanlılığını sağlaması	(Palomar ve diğ., 2020)
Tasarımı daha hızlı hale getirmesi	(Henek & Venkrbec, 2017)
Verimlilik simülasyonları hazırlayabilmesi	(Palomar ve diğ., 2020)
Çakışmaların kolayca tespit edilebilmesi, bu sayede sorunların giderilmesi	(Henek & Venkrbec, 2017)
Görselleştirmelerle yapılacak anlatımın çok daha ifadeli olması	(Suling vd., 2016)
Koruma projelerinin ekonomik olarak değerlendirilmesi	(Suling vd., 2016)
Günışığı analizi, su hasatı	(Zainudin ve diğ, 2016)
Enerji modellemesi	(Zainudin ve diğ, 2016)
Saha ve lojistik yönetimi	(Zainudin ve diğ, 2016)
Tarihi yapıların analiz ve korunma sürecine oldukça katkı sağlayacak, 3 boyutlu dokümantasyon, ortografik projeksiyonlar, kesitler, detaylar, çizelgelerin dahil olduğu tam mühendislik çizimlerini otomatik olarak üretmesi	(Dore & Murphy, 2012; Khodeir ve diğ., 2016; Murphy ve diğ., 2011, Murphy ve diğ., 2013)

Araştırmalar sonucunda, yapının yeniden kullanıma adaptasyon öncesi belgelenmesinde, restorasyon süreçlerinde, birebir görsel aslına uygun olan model oluşturma aşamasında TYBM'nin kullanıldığı gözlemlenmiştir. Bu aşamada modele yapının arşivde yer alan bilgileri, tarihsel geçmişi, malzeme bilgisi, yapı elemanlarının detayları, sağlamlık durumları, kullanım geçmişleri, fiziksel ve işlevsel durumları gibi özellikleri modele işlenmelidir. YBM'nin kullanımının bu süreçte temel bilgi dayanağı olması, iletişim desteği sağlaması ve tüm paydaşların zamanında her konudaki bilgiye ulaşıp katkı sağlamasına olanak vermesi sürecin daha verimli geçmesini sağlar (Ho & Hou, 2019). Yeni işlev önerme aşamasında ise henüz yeterli çalışmaya ulaşılamamıştır. YBM'nin işlevsel durum, kullanım geçmişi, bina elemanlarının bina sistemi içindeki rolü, yaşam döngüsü özelliklerinin tanımlanması gibi konularda yetersiz olduğu ve bu konularda geliştirilerek yeniden kullanıma adaptasyon konusunda daha faydalı olacağı sonucu çıkarılmıştır (Sanchez ve diğ., 2020).

Yapıların yeniden kullanıma adaptasyon süreçlerinde bina performanslarını analiz etmek için diğer programların yanında Ecotect programının kullanımı, rüzgâr ortamı, aydınlatma, akustik ortam, iç havalandırma sistemi gibi konularda çıkaracağı analizlerle yeni işlev doğrultusunda gelişen tasarım süreçlerine ışık tutacaktır (Zhao, 2020).

Geleneksel sezgisel yöntemle yeni işlevine karar verilmiş bir tarihi yapının, TYBM kullanılarak yeni işleve karar verilmiş haliyle karşılaştırma yapılması, TYBM kullanımının fayda ve zararları daha somut şekilde ortaya koyacak olması bakımından önemlidir. Daha sonraki yapılacak çalışmalarda bu yöntemin izlenmesi yapıların işlev seçiminde hangi yolun tercih edilmesinin gerektiğini net bir şekilde ortaya koyacaktır.

TYBM'ye yapıların tarihi aşamalarının da diğer tüm bilgilerle birlikte yüklendiği için, yapının yeni işlevi seçilirken tarihi aşamaları bir arada görmek yeni işlev için karar verirken tarihten referans alınabilmesini sağlayabilecektir. YBM'nin sunduğu imkânlardan, zamanlama ve ekonomik analiz yöntemleri yeniden kullanıma adaptasyon süreçlerinde de kullanılabilir. Modelin varlığı, daha sonraki değişiklikler için hızlı karar alabilmeyi, hızlı değerlendirme ve hesaplamalar yapabilmeyi sağlar. TYBM için yetersiz olan özellikler için yeni eklentiler geliştirilmelidir.

TYBM'nin miras binalarının restorasyon, dokümantasyon ve korunma süreçlerinde kullanılması söz konusudur. Başarılı bir yeniden kullanıma adaptasyon projesinin hazırlanması için uygun proje planlama araçlarının ve yöntemlerinin var olması gerekmektedir. Tarihi yapılar için gelecekte yeni yapılacak çalışmalarda, tarihi yapıya uygun işlev önerilerinde TYBM'nin sağlayacağı katkılarla, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, karma gerçeklik potansiyelleri kullanılabilir. Aynı zamanda yapının modeli kullanılarak oluşturulan verimlilik, enerji, yapısal davranış, kalabalık simülasyonları gibi çeşitli simülasyonlar, analizler ve tüm paydaşların katılımıyla olası dönüşüm alternatifleri oluşturulup aralarında karşılaştırma yapılarak hangi işlevin daha uygun olacağına sistematik bir yöntemle karar verilebilir. Bu sayede planlı işlev dönüşümleriyle daha doğru tasarımlara karar verilip uygulamaya geçilebileceği öngörülmüştür. Güvenilir görselleştirme çıktıları sayesinde daha anlaşılır projeler hazırlanır, yanlış anlamaların önüne geçilir, yasal izinler konusunda anlaşılırlık arttığı için kolaylık sağlanmış olur. Bu sayede tarihi yapının miras değerlerinin korunduğu, öne çıkarıldığı, sürdürülebilir tasarımı hedefleyen, bina faydalarını gözeten, verimliliği yüksek yeni işleve karar verilmiş olur.

KAYNAKLAR

Ahunbay, Z. (1999). *Tarihi çevre koruma ve restorasyon*, YEM Yayınları, İstanbul.

Aksoya, E., & Aydın, D. (2015, Mayıs 28-30). Mimaride Yeniden Kullanım: Sürdürülebilirlik Bağlamında Raziye Takkalı Evinin Yeniden Kullanımı İçin Mekânsal Analizler. *Gazi Üniversitesi International Sustainable Buildings Symposium*, Ankara.

Baik, A. (2017). From point cloud to jeddah heritage BIM nasif historical house–case study. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, *4*, 1–18. https://doi.org/10.1016/j.daach.2017.02.001

Bastem, S. S., & Cekmis, A. (2021). Development of historic building information modelling: a systematic literature review. *Building Research & Information*, 1–32. https://doi.org/10.1080/09613218.2021.1983754

Bruno, N., & Roncella, R. (2019). HBIM for conservation: A new proposal for information modeling. *Remote Sensing*, *11*(15), 1751. https://doi.org/10.3390/rs11151751

Dore, C., & Murphy, M. (2012, Sept 2-5). Integration of Historic Building Information Modeling (HBIM) and 3D GIS for recording and managing cultural heritage sites. *2012 18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia*, 369-376. https://doi.org/ 10.1109/VSMM.2012.6365947

Douglas, J. (2006). *Building adaptation*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9780080458519.

Esfahani, M. E., Eray, E., Chuo, S., Sharif, M. M., & Haas, C. (2019). Using Scan-to-BIM Techniques to Find Optimal Modeling Effort; A Methodology for Adaptive Reuse Projects. *ISARC Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, *36*, 772–779.

Henek, V., & Venkrbec, V. (2017). BIM-based timber structures refurbishment of the immovable heritage listed buildings. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *95*(6), 62002. https://doi.org/10.1088/1755-1315/95/6/062002

Ho, D., & Hou, H. (2019). Enabling sustainable built heritage revitalisation from a social and technical perspective: a case study. *Facilities*. *37* (11/12), 704-722. https://doi.org/10.1108/F-05-2017-0055

Jouan, P.-A., & Hallot, P. (2019). Digital Twin: A HBIM-based methodology to support preventive conservation of historic assets through heritage significance awareness. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, *42*(2019), 609–615. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W15-609-2019

Kaya, F. (2020). *Geleneksel yapıların x, y, z düzlemindeki yapısal bozuklarını bim teknolojisi ve lazer tarama yardımıyla inceleyen bir alan çalışması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Ana Bilim Dalı, Elazığ.

Khodeir, L. M., Aly, D., & Tarek, S. (2016). Integrating HBIM (Heritage Building Information Modeling) tools in the application of sustainable retrofitting of heritage buildings in Egypt. *Procedia Environmental Sciences*, *34*, 258–270. https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.04.024

Logothetis, S., Delinasiou, A., & Stylianidis, E. (2015). Building Information Modelling for Cultural Heritage: A Review. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, II-5/W3, 177-183. https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-5-W3-177-2015

Marzouk, M., Metawieb, M., & Ali, M. (2016, Nov 8-10). Framework for HBIM applications in Egyptian heritage. *Proceedings of the International Conference on Sustainable Vital Technologies in Engineering and Informatics*.

Megahed, N. A. (2015). Towards a theoretical framework for HBIM approach in historic preservation and management. *ArchNet-IJAR: International Journal of Architectural Research*, *9*(3), 130-147. https: //doi.org/10.26687/ARCHNET-IJAR.V9I3.737

Mol, A., Cabaleiro, M., Sousa, H. S., & Branco, J. M. (2020). HBIM for storing life-cycle data regarding decay and damage in existing timber structures. *Automation in Construction*, *117*, 103262. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103262

Murphy, M., McGovern, E., & Pavia, S. (2009). Historic building information modelling (HBIM). *Structural Survey*, 27(4), 311-327. https://doi.org/10.1108/02630800910985108

Murphy, M., McGovern, E., & Pavia, S. (2011). Historic building information modelling-adding intelligence to laser and image based surveys. *ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVIII-5/W16, 1-7. https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXVIII-5-W16-1-2011

Murphy, M., McGovern, E., & Pavia, S. (2013). Historic Building Information Modelling–Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *76*, 89–102. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.11.006

Omar, Y., & Ishak, N. H. (2009, May 11-14). *Preventive maintenance management: an approach towards a sustainability of adaptive re-use historical buildings in Kuala Lumpur, Malaysia*, In: 3rd International Engineering Convention, Damascus, Syria. http://eprints.um.edu.my/id/eprint/10233

Palomar, I. J., Valldecabres, J. L. G., Tzortzopoulos, P., & Pellicer, E. (2020). An online platform to unify and synchronise heritage architecture information. *Automation in Construction*, *110*, 103008. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.103008

Pavlovskis, M., Migilinskas, D., Antucheviciene, J., & Kutut, V. (2019). Ranking of heritage building conversion alternatives by applying BIM and MCDM: A case of Sapieha Palace in Vilnius. *Symmetry*, *11*(8), 973. https://doi.org/10.3390/sym11080973

Sanchez, B., Bindal-Gutsche, C., Hartmann, T., & Haas, C. (2020). A building information modeling approach for adaptive reuse building projects. In *Construction Research Congress 2020: Infrastructure Systems and Sustainability*, 552–561. https://doi.org/10.1061/9780784482858.060

Suling, B., Zhang, Y., & Stancanelli, C. (2016). Protection and regeneration of traditional buildings based on BIM: A case study of Qing Dynasty tea house in Guifeng Village. *International Review for Spatial Planning and Sustainable Development*, *4*(1), 17–30. https://doi.org/10.14246/irspsd.4.1_17

Sztwiertnia, D., Ochałek, A., Tama, A., & Lewińska, P. (2021). HBIM (Heritage building information modell) of the Wang Stave Church in Karpacz–Case study. *International Journal of Architectural Heritage*, *15*(5), 713–727. https://doi.org/10.1080/15583058.2019.1645238

Venedik Tüzüğü, Uluslararası Tarihi Anıtları Onarım Kuralları, 1964, Prof. Cevat Erder'in çeviri metninden alıntı yapılmıştır.

Woodward, A., & Heesom, D. (2020). Implementing HBIM on conservation heritage projects: Lessons from renovation case studies. *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, *39*(1),96-114. https://doi.org/10.1108/IJBPA-06-2019-0054

Zainudin, H., Haron, N. A., Bachek, S. H., & Jusoh, A. (2016, Oct 17-21). Utilization of building information modeling (BIM) in planning an adaptive reuse project of a Traditional Malay House (TMH). *2016 22nd International Conference on Virtual System & Multimedia (VSMM)*, 1–7. https://doi.org/10.1109/VSMM.2016.7863193

Zhao, Q. (2020, Dec 11-14). BIM Design for Reconstruction of Old Factory Building based on Sustainable Perspective. *2020 IEEE 20th International Conference on Software Quality, Reliability and Security Companion (QRS-C)*, 522–526. https://doi.org/10.1109/QRS-C51114.2020.00092

Zhu, Z., & Brilakis, I. (2009). Comparison of optical sensor-based spatial data collection techniques for civil infrastructure modeling. *Journal of Computing in Civil Engineering*, *23*(3), 170–177. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3801(2009)23:3(170)

12. OTURUM

ÜRETKEN SİSTEMLER
KURAL TABANLI TASARIM

Kabuk Yapıları için Evrimsel Algoritma Tabanlı Parametrik Tasarım Önerisi

İhsan Erdem Er [1]; Togan Tong[2]
[1]Yıldız Teknik Üniversitesi; [2]Yıldız Teknik Üniversitesi
[1]ihsanerdemer@gmail.com; [2] https://avesis.yildiz.edu.tr/tong/, [2] togantong@yahoo.com

Özet

Kabuk sistemleri, az malzeme ile geniş açıklıkları geçebildikleri için mimarlar tarafından yıllarca ilgi duyulan bir konu olmuştur. Kabuk sistemleri geniş açıklıkları geçebilmenin yanında serbest formların üretimine de imkân sunarken karmaşık yapıları birçok tasarım zorluğunu da beraberinde getirmektedir. Bu durum, tasarım gereksinimleri karşılayabilen bir form arayışını doğurmaktadır. Form arayışı için başlarda fiziksel modellemeye dayalı yöntemler kullanılırken, parametrik tasarım araçlarının gelişimi ile fiziksel modellere alternatif olarak "Dinamik Gevşeme" gibi dijital form bulma yöntemleri geliştirilmiştir. Dijital yöntemler mekanik yöntemlere göre daha hızlı olsalar da parametrik tasarım, parametre ve başarımların net bir şekilde tanımlanmasını gerektirmektedir. Kabuk yapılarının tasarımında yükseklik, statik, maliyet ve estetik gibi birden çok başarım göz önünde bulundurulmak zorundadır. Bu sebeple kabuk yapılarında çok hedefli optimizasyon, birçok farklı araştırmanın da odak noktası olmuştur. Evrimsel algoritmalar birden çok başarım için optimizasyon imkânı sunabildikleri için çok hedefli optimizasyon problemleri için en çok kullanılan yöntemdir. Bu çalışmanın da temel amacı, kabuk yapıları için form bulma optimizasyon işlemini eş zamanlı olarak gerçekleştirebilen parametrik tasarım modeli geliştirmektir. Bu çalışmada, iki boyutlu bir çokgenden yola çıkılarak üç boyutlu düzlemsel panellere sahip kabuk üretimi ve optimizasyonunu ele alınmaktadır. Üretilen kabuk formunun biçim ve maliyet optimizasyonu için evrimsel algoritma kullanılmıştır. Çalışmada önerilen model, üç bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde köşe sayısı belirlenerek iki boyutlu yüzey üretimi yapılmaktadır. Ardından üretilen yüzey panellenerek kabuğun ağ sistemi oluşturulmaktadır. İkinci bölümde "Dinamik Gevşeme" yöntemi kullanılarak ağ sisteminden üç boyutlu kabuk formu üretilmektedir. Son bölümde ise üretilen kabuk formu; maksimum yükseklik, minimum panel maliyeti ve maksimum akışkanlık olmak üzere üç farklı başarım için evrimsel algoritma kullanılarak optimize edilmektedir. Optimizasyon sonucunda üretilen sonuçlar arasından "Pareto Verimliliği" yöntemi ile beş öncül seçilmiştir. Seçilen öncüllerin; akışkanlık, yükseklik ve panel maliyeti açısından değişimleri ile formların açıklık oranları değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda evrimsel algoritmanın, kullanıcıya farklı başarım değerlerine sahip geniş bir çözüm havuzu sunduğu gözlemlenmiştir. Bu sebeple önerilen modelin, tasarımcıya karar verme sürecinde yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Çok hedefli optimizasyon, Panel optimizasyonu, Kabuk optimizasyonu, Evrimsel algoritmalar, Kabuk tasarımı*

Parametric Design Proposal for Shell Structures Based on Evolutionary Algorithm

Ihsan Erdem Er [1], Togan Tong [2]
[1] Yıldız Technical University; [2] Yıldız Technical University
[1]ihsanerdemer@gmail.com; [2] https://avesis.yildiz.edu.tr/tong/, [2] togantong@yahoo.com

Abstract

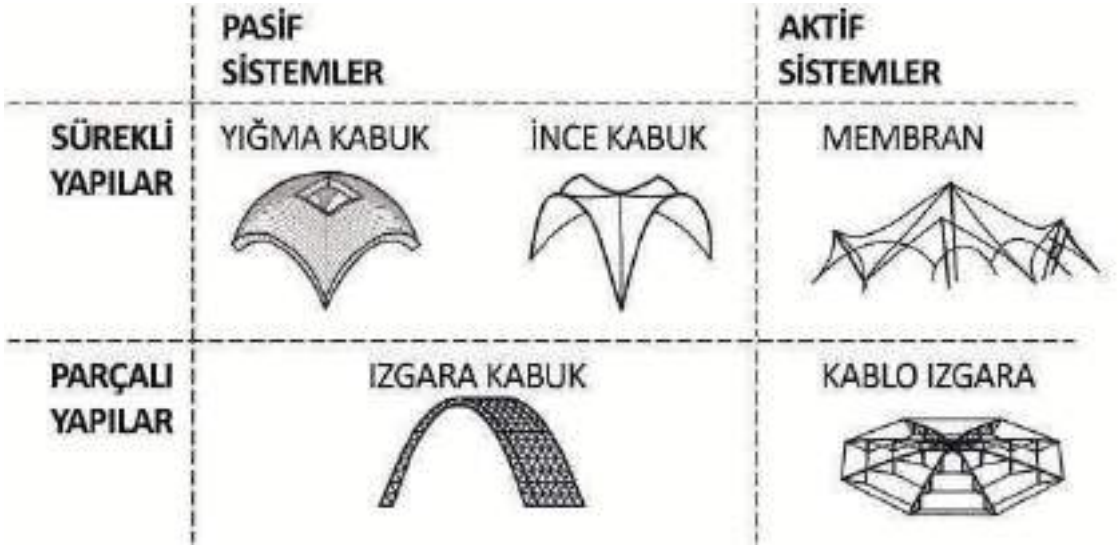
Shell systems have been a subject to architects for years because they can pass large openings with less material. While shell systems allow the production of free forms and can span large spans, their complex structures introduce many design problems. This situation leads to the search for a form, called "form finding," that can solve the design problems. In the early days, physical models were used for form finding. With the development of parametric design tools, digital form finding methods such as "Dynamic Relaxation" were developed as an alternative to physical models. Although digital methods are faster than mechanical methods, parametric design requires clear definition of parameters and objectives. When designing shell structures, multiple objectives such as height, static, cost, and aesthetics must be considered. For this reason, multi-objective optimization of shell structures has been investigated in many different studies. Evolutionary algorithms are the most commonly used method for multi-objective optimization problems because they can provide optimization opportunities for multiple objectives. The main objective of this study is to develop a parametric design model for shell structures that can simultaneously perform form finding and optimization. In this study, the production and optimization of a three-dimensional shell with planar panels starting from a two-dimensional polygon is discussed. An evolutionary algorithm was used for shape and cost optimization of the produced shell form. The model proposed in the study consists of three parts. In the first part, the number of corners is determined and a two-dimensional surface production is generated. Then, the generated surface is discretized into panels and the mesh system of the shell is formed. In the second part, a three-dimensional shell form is generated from the mesh system using the "Dynamic Relaxation" method. In the last section, the shell form is created and optimized using evolutionary algorithms for three different objectives, namely maximum height, minimum panel cost, and maximum smoothness. From the optimization results, five frontiers were selected for comparison using the "Pareto Front" method. Selected frontiers were evaluated according to the optimization objectives and the opening ratios of the forms. As a result of the study, it was found that the evolutionary algorithm provides the user with a wide pool of solutions with different trade-offs. For this reason, the proposed model is expected to help the designer in the decision-making process.

Keywords: *Multi objective optimization, Panel optimization, Shell optimization, Evolutionary algorithms, Shell design*

1. Giriş

Kabuk sistemleri, geniş açıklıkları minimum malzeme ile geçebilmeyi sağlayan verimli ve hafif yapılardır (Malek & Vassallo, 2017). Bu sebeple tarih boyunca, mimarlar geniş açıklıkların geçilebilmesi için kabuk sistemlerini kullanmışlardır. Kabuk sistemleri yükler karşısında hareket edebilen aktif sistemler ve hareket edemeyen pasif sistemler olarak ikiye ayrılmaktadır (Adriaenssens ve diğ., 2014). Aktif sistemler esneklikleri ile dış yükler karşısında hareket edebilen, pasif sistemler ise dış yükleri membran davranışı ile şekil değiştirmeden destek noktalarına ileten sistemlerdir. Kabuk yapıları ayrıca yüzey yapılarına göre **Tablo 1**'deki gibi sürekli ve parçalı yapılar olarak ikiye ayrılmaktadır.

Tablo 1: Kabuk yapılarının sınıflandırılması ((Kamal et al., 2020) çalışmasından uyarlanmıştır.)



Kabuk yapıların statik davranışları baskın olarak geometrilerine dayandığı için kabuk strüktürü, kabuğun formuyla doğrudan ilişkilidir (Adriaenssens ve diğ., 2014). Bu sebeple kabuk yapı tasarımında biçimsel kararlar ile strüktürün eş zamanlı olarak düşünülmesi gerekmektedir. Bu durum kabuk tasarımında hem estetik gereksinimleri karşılayabilen hem de strüktürel olarak başarılı bir form arayışını doğurmaktadır (Ağırbaş, 2019). Bunun için yıllar içerisinde çeşitli form bulma yöntemleri kullanılmıştır. Form bulma sonunda elde edilen geometrinin aynı zamanda üretim için tanımlanabilir ve aktarılabilir olması gerekmektedir bu sebeple ilk form bulma çalışmaları, matematiksel olarak tanımlanabilen temel geometrilere dayanmaktadır. Ardından fizik temelli form bulma yöntemleri gelmektedir. Hooke'un (1676) "Hooke's Law of Elasticity" çalışmasından doğan sarkıt modelleri bu çalışmaların ilki olarak kabul edilebilir. Fiziksel model ile form bulma günümüzde halen kullanılan verimli bir yöntemdir. Ancak fiziksel model sonucu üretilen formun üretim için yeniden tanımlanması gerekmektedir. Hesaplamalı tasarım araçlarının gelişimiyle fiziksel model çalışmalarına alternatif olarak dijital form bulma yöntemleri geliştirilmiştir. Bu sayede form bulma sonucu üretilen geometri dijital ortamda oluşturulduğu yeniden tanımlanması gerekmemektedir. Farklı kabuk yapı tasarımları için farklı form bulma yöntemleri kullanılmaktadır. "Kuvvet Yoğunluğu" (Force Density) yöntemi aktif kabuk yapı çalışmaları (Malerba ve diğ., 2012; J. Y. Zhang & Ohsaki, 2006) için kullanılırken "Baskı Ağı" (Thrust Network) yöntemi yığma kabuk yapı çalışmaları (Rippmann ve diğ., 2013) için kullanılmaktadır. "Dinamik Gevşeme" (Dynamic Relaxation) ve "Parça Dizisi" (Particle String) yöntemleri ise hem pasif (Larsen ve diğ., 2012; Naboni, 2016)hem de aktif (Bel Hadj Ali ve diğ., 2011; Noel ve diğ., 2021) kabuk yapı çalışmaları için kullanılmaktadır.

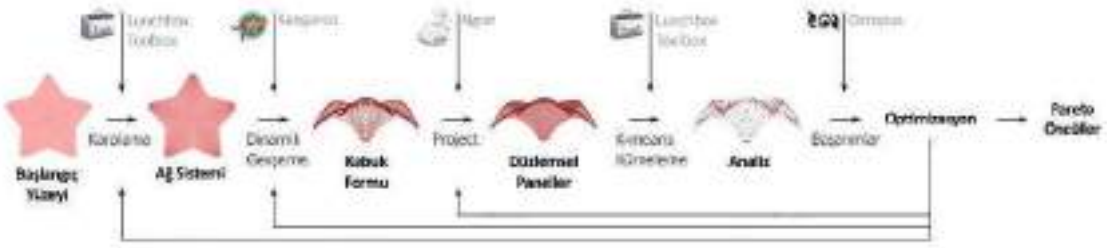
Kabuk yapıları sadece strüktürden oluşabilmektedir. Ancak bu tür yapılarda, kabuk genellikle hem duvar hem de çatı görevi görmektedir (Cuvilliers ve diğ., 2017). Bu sebepten kabuğun biçimsel sorunlarının yanı sıra, ışık geçirgenliği ve yalıtım gibi sorunlara da cevap vermesi gerekmektedir. Bu gibi durumlarda kabuk, esnek membran benzeri bir malzeme veya cam gibi esnek olmayan paneller ile kaplanmaktadır. Bu durumda yüzey geometrisine göre düzlemsel veya eğrisel paneller tercih edilmektedir. Eğrisel paneller, dijital üretim teknikleri ile mümkün olsalar da kalıp maliyetleri sebebiyle düzlemsel panellere göre daha pahalı sistemlerdir. Düzlemsel paneller ise üretim kolaylığı sebebiyle eğrisel panellere göre daha az maliyetli sistemlerdir. Ancak kabuk yüzeyinde kırılmalara sebep oldukları için düzlemsel panellerde estetik olarak eğrisel panellerdeki akışkanlık sağlanamamaktadır. Eğrisel panellerde üretim maliyetini optimize etmek için

paneller tekrarı (Pena & Sanchez-Alvarez, 2012) veya kalıp tekrarı (Eigensatz ve diğ., 2010) çalışmaları bulunmaktadır. Düzlemsel panellerde ise maliyet optimizasyonu ise panel üretiminde kullanılan malzeme ve üretim sırasında oluşan artık malzemenin azaltılması ile sağlanmaktadır.

Kabuk tasarımında yükseklik, statik, maliyet ve estetik gibi birden çok başarım göz önünde bulundurulmak zorundadır (Chilton & Tang, 2016). Evrimsel algoritmalar birden çok başarım için optimizasyon imkânı sunmaktadır. Bu sebeple mimari tasarım alanında sıkça kullanılmaya başlanmıştır (L. Zhang ve diğ., 2021). Mueller (2015)'de yapı tasarımında enerji ve biçim başarımlarını hedeflerken, Mesnil ve diğ., (2017)'de kabuk yapı tasarımında biçim ve statik başarımlarını hedeflemiştir. Kabuk yapılarının optimizasyonu, birçok farklı araştırmanın (Ağırbaş, 2019; Demirel, 2018; Saltık & Alaçam, 2020) da odak noktası olmuştur. Kabuk yapılarında optimizasyon genellikle formun optimizasyonu ile sağlanmaktadır. Formunda optimizasyonu da baskın olarak kullanılan form yöntemine bağlıdır. Bu çalışmada düzlemsel panellere sahip pasif ve sürekli kabuk yapıları için form bulma ve optimizasyon işlemini eş zamanlı olarak gerçekleştirebilen parametrik tasarım modeli önerilmiştir. Önerilen modelde, iki boyutlu bir çokgenden yola çıkılarak "Dinamik Gevşeme" yöntemi ile üç boyutlu kabuk üretimi ve üretilen formun evrimsel algoritma yardımıyla optimizasyonu çalışılarak evrimsel algoritmaların kabuk tasarımındaki potansiyeli incelenmiştir. Bu çalışmada düzlemsel paneller hedeflendiği için panel ve kalıp tekrarı kapsam dışı bırakılarak panel maliyeti, panel üretiminde kullanılan malzeme üzerinden hesaplanmıştır. Ayrıca kabuk formunun statik başarımı da kapsam dışında bırakılmıştır. İleriki çalışmalarda modelin geliştirilerek statik başarımın da optimizasyona dahil edilmesi amaçlanmaktadır.

2. Metot

Çalışma kapsamında, iki boyutlu bir çokgenden yola çıkılarak üç boyutlu bir kabuk üretimi ve optimizasyonu yapılmaktadır. Çalışma "Rhino-Grasshopper" ortamında gerçekleştirilen üç bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde iki boyutlu başlangıç yüzeyi oluşturulmaktadır. Ardından oluşturulan yüzeyden panelleme yöntemi ile ağ sistemi üretilmektedir. İkinci bölümde "Dinamik Gevşeme" yöntemi kullanılarak ağ sisteminden üç boyutlu kabuk geometrisi üretilmektedir. "Dinamik Gevşeme" ile üretilen kabuk eğrisel panellere sahiptir. Eğrisel panellerden düzlemsel panellere geçiş için "Project" yöntemi kullanılmıştır. Ancak panellerin düzlemsel hale getirilmesi biçimin akışkanlığını bozarak kabuk yüzeyinde kırılmalara sebep olmaktadır. Üçüncü bölümde kabuk formunun akışkanlığı, yüksekliği ve panel maliyeti optimize edilmektedir. Akışkanlık analizi için "Kümeleme" (K-Means Cluster) makine öğrenmesi algoritması kullanılmıştır. Çalışmanın son adımında ise optimizasyon sonuçları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma, optimizasyon öncesi rastgele parametreler kullanılarak üretilen bir adet başlangıç formu ile optimizasyon öncülleri üzerinden yapılmıştır. Çok hedefli optimizasyonun öncülleri "Pareto Öncül" (Pareto Front) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Karşılaştırma için her başarımın en iyi öncülü ve ortalamada en iyi ilk iki öncül seçilmiştir. Çalışmada yararlanılan yöntemler için kullanılan eklentiler **Şekil 1**'de gösterilmiştir.

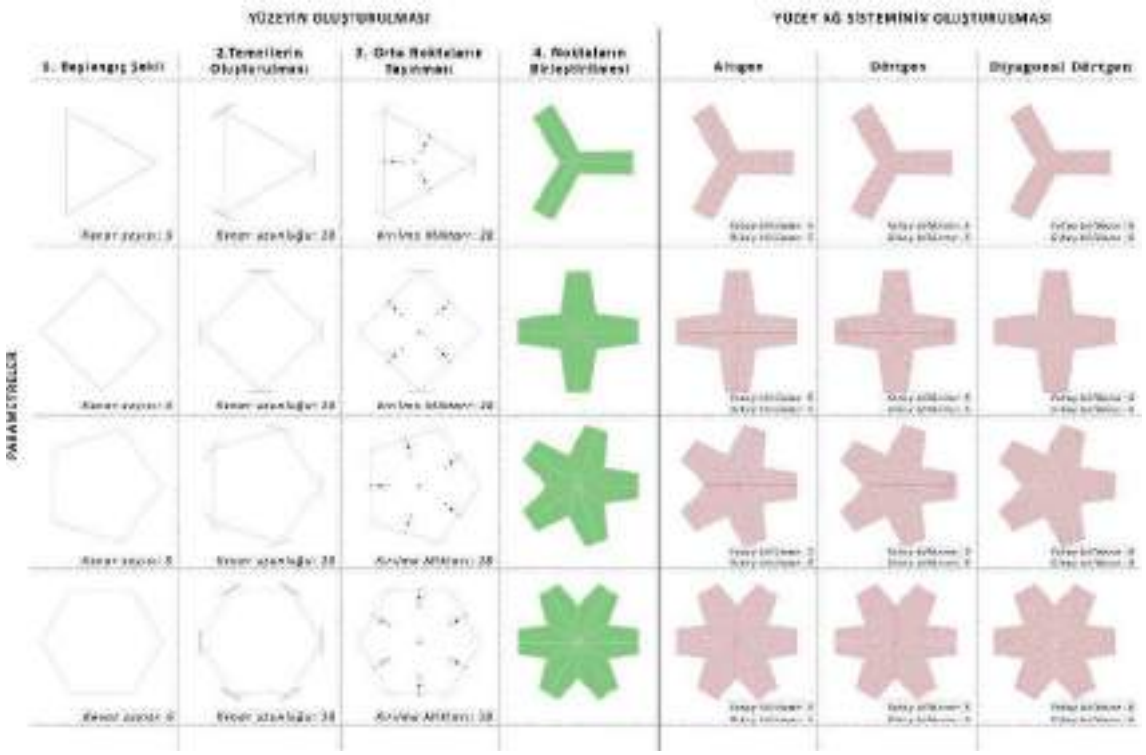


Şekil 1: Çalışmanın metodu ve kullanılan eklentiler (Şekiller yazarlar tarafından hazırlanmıştır.)

2.1. Köşe Nokta Sayısı ile Ağ Sisteminin Oluşturulması

Bu bölümde ilk olarak 5 metre yarıçaplı daire içerisinde kenar sayısı belirlenerek çokgen oluşturulmaktadır. Çokgenler geometrileri gereği panelleme işlemine uygun oldukları için tercih edilmiştir. Çokgenin köşe noktaları orta nokta olacak şekilde çokgenin açıortaylarına dik yeni kenar çizgileri oluşturulmaktadır. Bu çizgiler aynı zamanda üretilecek olan kabuk strüktürünün zemin ile bağlantı noktaların bulunacağı kenarlardır. Çokgen kenarlarının orta noktaları, şeklin ağırlık merkezine doğru taşınarak yeni köşe noktaları oluşturmaktadır. Oluşturulan yeni kenar çizgileri ve köşe noktaları birleştirilerek başlangıç yüzeyi oluşturulmaktadır. Ardından yüzey karolama yöntemi ile panellenerek düzlemsel ağ sistemi oluşturulmaktadır. Karolama için altıgen, dörtgen ve diyagonal dörtgen olmak üzere üç yöntem seçeneği sunulmuştur. Kenar sayısı ve karolama yöntemine göre oluşturulan alternatifler **Tablo 2**'de gösterilmiştir.

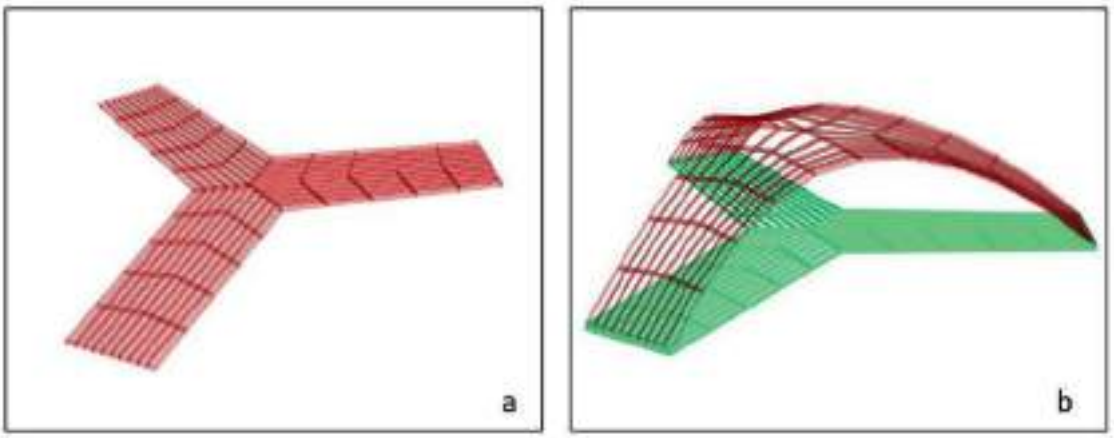
Tablo 2: Yüzey oluşumu ve ağ sisteminin üretimi (Şekiller yazarlar tarafından hazırlanmıştır.)



Altıgen ağ sistemini oluşturmak için "Lunchbox", dörtgen ve diyagonal dörtgen ağlar için ise "NGon" eklentisi kullanılmıştır. Her ağ sisteminin yatay ve dikey bölünme sayısı iki parametre ile belirlenmektedir. Ağ sistemlerinin yoğunluklarını birbirine yakın tutabilmek için diyagonal dörtgen sistemin her iki parametresi, altıgen sistemin ise dikey bölünme parametresi.

2.2. Kabuk Geometrinin Oluşturulması

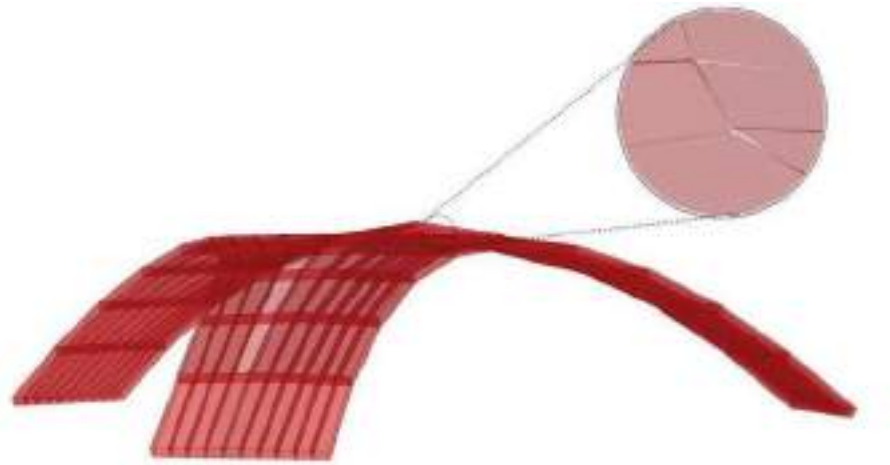
Bu bölümde, ilk bölüm sonunda oluşturulan ağ sistemi "loft" işlemi ile yükseltilmiştir. Bu sayede düzlemsel elemanlardan yeni ağ sistemi oluşturulmuştur (**Şekil 2a**). Yükseklik kazandırılan ağ sisteminden "Dinamik Gevşeme" yöntemi kullanılarak kabuk strüktürü oluşturulmaktadır (**Şekil 2b**).



Şekil 2: a: Yükseltilmiş düzlemsel ağ sistemi, **b:** Dinamik Gevşeme yöntemi ile üretilen kabuk strüktürü (Şekiller yazarlar tarafından hazırlanmıştır.)

Oluşturulan ağ sisteminin geometrisi çift eğrilikli olduğu için düzlemsel paneller kullanılarak üretimi mümkün değildir. Düzlemsel panellere geçiş için ağ sisteminin dış çeperinde bulunan panellere "Project" işlemi uygulanmıştır. Bu sayede

düzlemsel paneller ile üretilebilecek kabuk tasarımı elde edilmiştir. Ancak düzlemsel paneller kullanıldığında geometrinin akışkanlığında bozulmalar oluşmaktadır (**Şekil 3**).



Şekil 3: Düzlemsel panelleme sonucunda kabuk geometrisinde oluşan akışkanlık bozulmaları (Şekiller yazarlar tarafından hazırlanmıştır.)

2.3. Çok Hedefli Optimizasyon

Çalışmanın devamında çok hedefli optimizasyon algoritması ile akışkanlık, yükseklik ve panel sayısı başarımları için potansiyel çözümler araştırılmıştır. Optimizasyon işlemi için "Octopus" eklentisi kullanılmıştır. Kullanılan optimizasyon algoritmasının ayarları **Tablo 3**'de gösterilmiştir. 50 popülasyon ile 20 nesil üretilmiştir. $4{,}4x10^{9}$ sonuç olasılığı içerisinden 1000 tanesi incelenmiştir.

Tablo 3: Octopus eklentisi ve kullanılan ayarlar

Algoritma Parametresi	Elitlik	Mutasyon Olasılığı	Mutasyon Oranı	Çaprazlama Oranı	Popülâsyon	Nesil Sayısı
Değer	0,5	0,2	0,9	0,8	50	20

2.3.1. Optimizasyonun Başarım Kriterleri

Optimizasyon için kabuk yüksekliği ve akışkanlık artırılmaya, panel maliyeti ise azaltılmaya çalışılmıştır. Bu başarımlar doğaları gereği birbiriyle çelişmektedir. Panel maliyeti, panel sayısı ile doğru orantılı olduğu için panel maliyeti panel sayısı ile ölçülmüştür. Kabuk yüksekliği kabuğun en üst noktasının zemine olan dikey uzaklığı ile ölçülmüştür. Kabuk akışkanlığı paneller arası kırılma miktarı ile ters orantılıdır. Bu sebeple akışkanlık için paneller arasındaki en büyük kırılma miktarı azaltılmaya çalışılmıştır. Kırılma miktarı komşu panellerin köşe noktalarının birbirine olan uzaklıkları bulunarak hesaplanmıştır. Panel köşe noktalarını komşuluk ilişkilerine göre sınıflandırmak için "Kümeleme" makine öğrenmesi algoritması kullanılmıştır.

2.3.2. Parametreler ve Sınırları

Modelin ilk parametresi çokgenin kenar sayısıdır. 3-6 aralığıyla sınırlandırılmıştır. 2.1 bölümünde anlatılan yeni kenar uzunluğu ve orta nokta konumu da optimizasyon parametresi olarak kullanılmıştır. Bu parametreler sırasıyla 32-200 cm ve 0-100 cm aralığı ile sınırlandırılmışlardır. 2.1 bölümünde anlatılan yüzey karolama yöntemi ve yoğunluğu da bu bölümün son parametreleri olarak belirlenmiştir. Panelleme yöntemleri altıgen, dörtgen ve diyagonal dörtgen ile sınırlandırılmıştır. Panelleme yoğunluğu için ise yatay ve dikey bölünme sayıları parametre olarak belirlenmiş ve 5-12 aralığı ile sınırlandırılmıştır.

2.2 bölümünde ise "loft" işleminin mesafesi parametre olarak belirlenmiş ve 1-10 cm aralığı ile sınırlandırılmıştır. Bu parametre aynı zamanda panel kalınlığını da belirlemektedir. Modelin son parametresi ise "Dinamik Gevşeme" yönteminde kullanılan ağın düğüm noktalarına uygulanan yüktür ve **(1)** formülü ile belirlenmektedir. Formülün x değeri 0-8 aralığıyla sınırlandırılmıştır.

$$f(x)=0{,}5+2x.10^{-1} \quad (1)$$

3. Değerlendirme

20 nesil sonunda 33 adet pareto öncül üretilmiştir. Teorik olarak bu öncüllerin hepsi sonuç ürün olarak kullanılabilmektedir (Xhao v.d. 2021). Ancak bu bölümde değerlendirme için her başarımın en iyi öncülü ve ortalamada en iyi ilk iki öncül olmak üzere beş seçilmiştir. Beş öncülün başarım değerlerinin değişimini ölçebilmek için optimizasyonun başlangıç şekli referans alınmıştır. Seçilen öncüllerin formları, parametre ve başarım değerleri **Tablo 4**'te gösterilmiştir.

Tablo 4: Optimizasyon sonucu seçilen öncüller, DD: Diyagonal Dörtgen, D: Dörtgen, A: Altıgen (Şekiller yazarlar tarafından hazırlanmıştır.)

Çözüm		Parametreler		Panel Kırılması	Kabuk Yüksekliği	Panel Sayısı
Başlangıç Şekli		Kenar Sayısı	5			
		Kenar Uzunluğu	60 cm			
		Orta Nokta Konumu	91 cm			
		Panelleme Yöntemi	DD			
		Yatay Bölüntü Sayısı	12			
		Dikey Bölüntü Sayısı	6			
		Panel Kalınlığı	2 cm			
		Yük	2,1	10,15cm	2,22m	871
1.Öncül	*Minimum Panel Sayısı*	Kenar Sayısı	3			
		Kenar Uzunluğu	60 cm			
		Orta Nokta Konumu	10 cm			
		Panelleme Yöntemi	A			
		Yatay Bölüntü Sayısı	5			
		Dikey Bölüntü Sayısı	5			
		Panel Kalınlığı	6 cm			
		Yük	2,1	13,15cm / %29,56	2,74m / %23,42	108 / % -87,60
2.Öncül	*Minimum Panel Kırılması*	Kenar Sayısı	3			
		Kenar Uzunluğu	70 cm			
		Orta Nokta Konumu	97 cm			
		Panelleme Yöntemi	D			
		Yatay Bölüntü Sayısı	10			
		Dikey Bölüntü Sayısı	6			
		Panel Kalınlığı	1 cm			
		Yük	0,5	0,17cm / % -98,33	1,23m / % -44,59	600 / % -31,11
3.Öncül	*Maksimum Kabuk Yüksekliği*	Kenar Sayısı	3			
		Kenar Uzunluğu	50 cm			
		Orta Nokta Konumu	89 cm			
		Panelleme Yöntemi	A			
		Yatay Bölüntü Sayısı	12			
		Dikey Bölüntü Sayısı	12			
		Panel Kalınlığı	6 cm			
		Yük	2,1	8,76cm / % -13,69	7,56m / %240,54	510 / % -41,45
4.Öncül	*1. En İyi (Ortalama)*	Kenar Sayısı	3			
		Kenar Uzunluğu	60 cm			
		Orta Nokta Konumu	89 cm			
		Panelleme Yöntemi	A			
		Yatay Bölüntü Sayısı	5			
		Dikey Bölüntü Sayısı	12			
		Panel Kalınlığı	6 cm			
		Yük	2,1	6,65cm / % -34,48	7,02m / %216,22	234 / % -73,13
5.Öncü	*2. En İyi*	Kenar Sayısı	3			
		Kenar Uzunluğu	130 cm			
		Orta Nokta Konumu	99 cm			
		Panelleme Yöntemi	D			
		Yatay Bölüntü Sayısı	9			
		Dikey Bölüntü Sayısı	11			
		Panel Kalınlığı	4 cm			
		Yük	2,1	0,61cm / % -93,99	2,84m / %27,93	486 / % -44,20

Optimizasyon sonunda öncüllerin panel sayısı 108 ile 864, kabuk yüksekliği 38 cm ile 757 cm, panel kırılması ise 0,17 cm ile 19,63 cm arasındadır. Kabuk yüksekliği ile panel kırılması arasında ters orantı gözlemlenmiştir. Panel sayısı ile panel kırılması arasında da ters orantı gözlemlenmiştir. Yükseklik başarımı, diğer iki başarıma göre kabuk geometrisinde daha fazla değişikliğe sebep olmaktadır. 3. ve 4. öncüller teoride diğer öncüllerden daha başarılı iken yüzey alanları diğer öncüllere göre daha düşüktür ve geometrik oranları açısından estetik gözükmemektedir. Bu sebeple beş öncül pratikte daha iyi bir tercih kabul edilebilir. Optimizasyon sürecinde parametreler başarım değerini artırabilmek için sürekli değişmiştir. Ancak yük parametresi yükseklik başarımı ile doğrudan ilişkili olduğu için, sürekli yükselme eğilimi göstermiştir.

Kabuk yapıları, giriş bölümünde de bahsedildiği gibi hem duvar hem de çatı görevi görmektedir. Bu sebeple çalışma sonucunda üretilen öncüller yarı açık mekanlar oluşturmak için kullanılabilmektedir. Ancak kapalı alan oluşturulmak istendiğinde kabuk yüzeyi dışında kalan açıklık yüzeylerinin kaplanması gerekmektedir. Kabuk yüzeyinin ışık geçirgenliği olmadığı durumlarda açıklık alanlar, ışık geçirgenliği için cam benzeri saydam malzemeler ile kaplanarak cephe oluşturulmaktadır. Bu durumda cephe yüzeyinin eğimi de taşıyıcılık açısından önem kazanmaktadır. Eğimin çok artması

durumunda kabuk formunun serbest kenarlarında ekstra cephe yükü oluşacağı için ek taşıyıcı kirişlere ihtiyaç duyulacaktır. Optimizasyon sonucunda seçilen öncüllerin açıklık oranları ve açıklık yüzeylerinin eğimleri **Tablo 5**'de gösterilmiştir. 3. ve 4. öncüllerde A/K oranının çok yüksek olduğu görülmektedir. A/K oranın çok artması durumunda iç mekânda aydınlanma ve ısı kontrolünü zorlaştıracağı öngörülmektedir. 1,2 ve 3. öncüllerde ise açıklık yüzeyinin eğiminin başlangıç şekline göre arttığı görülmüştür. Kabuk yüksekliği ile açıklık alanı arasında doğru, açıklık yüzey eğimi arasında ise ters orantı görülmüştür.

Tablo 5: Optimizasyon sonucu seçilen öncüllerin açıklık oranları, A/K: Toplam açıklık alanının kabuk yüzeyine oranı (Şekiller yazarlar tarafından hazırlanmıştır.)

	Başlangıç Şekli	**1. Öncül**	**2. Öncül**	**3. Öncül**	**4. Öncül**	**5. Öncül**
Form						
Açıklık Alanı	25,47 m^2	38,63 m^2	24,33 m^2	108,54 m^2	115,07 m^2	45,44 m^2
Kabuk Alanı	74,17 m^2	28,72 m^2	26,21 m^2	31,51 m^2	19,79 m^2	36,35 m^2
A/K Oranı	%34	%135	%93	%344	%581	%125
Açıklık Yüzey Eğimi	%7	%24,76	%41,82	%10,06	%14,78	%20,58

4. Sonuçlar

Optimizasyon sonunda üretilen pareto öncüllerde başlangıç formuna kıyasla akışkanlık, yükseklik ve panel maliyeti başarımlarından en az ikisinde gelişme görülürken 4. ve 5. öncül gibi bazı öncüllerde üç başarımda da gelişme görülmüştür. Ayrıca evrimsel algoritmanın, kullanıcıya farklı başarım değerlerine sahip geniş bir çözüm havuzu sunduğu gözlemlenmiştir. Bu sebeple önerilen modelin, tasarımcıya karar verme sürecinde yardımcı olacağı düşünülmektedir. Ancak çok hedefli optimizasyon sonucunda üretilen öncüllerin hepsi pratikte kullanıma uygun değildir. Bu sebeple optimizasyon sonunda üretilen öncüller arasından tasarımcının seçim yapması gerekmektedir. Optimizasyon sonuçları incelendiğinde çalışmada önerilen yöntemin kapalı alan oluşturan kabuk yapıları için uygun olmadığı görülmüştür. Kabuk formunun açıklık yüzey alanı ve eğiminin, optimizasyona başarım kriteri olarak dahil edilerek çalışmanın kapalı alan tasarımını da kapsayacak şekilde geliştirilebileceği öngörülmektedir. Ayrıca değerlendirme sonucunda yükseklik başarımının diğer başarımlara göre baskın geldiği görülmüştür ayrıca kenar sayısı parametresinin tüm optimizasyon başarımları ile ters orantılı olduğu görülmüştür. Çözüm havuzu çeşitliliğini artırmak için ileriki çalışmalarda modele yeni başarım kriterleri eklenebilir ve yükseklik başarımı için baraj değer sınırlaması getirilebilir. Sınırlama sayesinde başarısız sonuçların optimizasyon sürecine girmesi önlenebilir. Bu çalışmada önerilen model tamamen otomatik bir kabuk tasarım yöntemi değil, tasarımcıya karar verme sürecinde yardımcı bir araçtır. Modelin, benzer performans odaklı tasarım süreçlerine de uygulanarak mimari optimizasyon alanında, evrimsel algoritmaların farklı kullanım potansiyellerinin keşfedilebileceği öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

Adriaenssens, S., Block, P., Veenendaal, D., & Williams, C. (2014). *Shell Structures for Architecture*. Routledge, https://doi.org/10.4324/9781315849270

Ağırbaş, A. (2019). *A Physics-Based Design Method of Gridshell Systems: Optimization of Form and Construction Cost*. (539776) [Master's thesis, Yaşar Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

Bel Hadj Ali, N., Rhode-Barbarigos, L., & Smith, I. F. C. (2011). Analysis of Clustered Tensegrity Structures Using a Modified Dynamic Relaxation Algorithm. *International Journal of Solids and Structures*, *48*(5), 637–647. https://doi.org/10.1016/j.ijsolstr.2010.10.029

Chilton, J., & Tang, G. (2016). *Timber Gridshells*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315773872

Cuvilliers, P., Douthe, C., du Peloux, L., & le Roy, R. (2017). Hybrid Structural Skin: Prototype of a GFRP Elastic Gridshell Braced by a Fiber-Reinforced Concrete Envelope. *Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures*, *58*(1), 65–78. https://doi.org/10.20898/j.iass.2017.191.853

Demirel, E. (2018). *Bambu Malzeme Davranışına Bir Model Olarak Kabuk Strüktür Tasarım ve Şekil Optimizasyonu.* (512037) [Master's thesis, İstanbul Teknik Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.

Eigensatz, M., Kilian, M., Schiftner, A., Mitra, N. J., Pottmann, H., & Pauly, M. (2010). Paneling Architectural Freeform Surfaces. *ACM SIGGRAPH 2010* (pp. 1-10). https://doi.org/10.1145/1833349.1778782

Kamal, M. A., Setya, A., & Brar, T. S. (2020). Exploration of Catenary Based Ferrocement Shell Structures: Form, Design and Architectural Interventions. *Architecture Research*, 93–101.

Larsen, N. M., Pedersen, O. E., & Pigram, D. (2012). A Method for The Realization of Complex Concrete Gridshell Structures in Pre-Cast Concrete. *ACADİA: Synthetic Digital Ecologies*, 209–216.

Malek, S., & Vassallo, M. (2017). Design and Structural Analysis for a Deployable Gridshell Shelter. *Proceedings of IASS Annual Symposia*, 1–8.

Malerba, P. G., Patelli, M., & Quagliaroli, M. (2012). An Extended Force Density Method for The Form Finding of Cable Systems with New Forms. *Structural Engineering and Mechanics*, *42*(2), 191–210. https://doi.org/10.12989/sem.2012.42.2.191

Mesnil, R., Douthe, C., & Baverel, O. (2017). Non-Standard Patterns for Gridshell Structures: Fabrication and Structural Optimization. *Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures*, *58*(4), 277–286. https://doi.org/10.20898/j.iass.2017.194.893

Mueller, V. (2015). Learning about Parametric Model Behavior through Multi-Objective Optimization. *Anais Do XIX Congresso Da Sociedade Ibero-Americana de Gráfica Digital 2015*, 405–413. https://doi.org/10.5151/despro-sigradi2015-80328

Naboni, R. (2016). Form-Finding to Fabrication of Super-Thin Anisotropic Gridshell. *Blucher Design Proceedings*, 418–425. https://doi.org/10.5151/despro-sigradi2016-807

Noel, V., Nikookar, N., Pye, J., & Tran, P. K. (2021). The Infinite Line Active Bending Pavilion: Culture, Craft and Computation. *International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia*, 351–360.

Pena, A., & Sanchez-Alvarez, J. (2012). *Rationalisation of Freeform Façades: A Technique for Uniform Hexagonal Panelling*. *International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia*, 243-252.

Rippmann, M., Block, P., & Zurich, E. (2013). Funicular Shell Design Exploration. *Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture. 337-346*

Saltık, E., & Alaçam, S. (2020). Experiments for Design and Optimization of Thin Shell Structures. *Architecture, Technology and Innovation (ATI)*, 76–90.

Zhang, J. Y., & Ohsaki, M. (2006). Adaptive Force Density Method for Form-Finding Problem of Tensegrity Structures. *International Journal of Solids and Structures*, *43*(18–19), 5658–5673. https://doi.org/10.1016/j.ijsolstr.2005.10.011

Zhang, L., Wang, C., Chen, Y., & Zhang, L. (2021). Multi-Objective Optimization Method for the Shape of Large-Space Buildings Dominated by Solar Energy Gain in the Early Design Stage. *Frontiers in Energy Research*, *9*. https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.744974

Türk Evi Biçim Gramerleri: Mekân Dizimi ve Evrimsel Algoritma ile Alternatif Plan Şeması Üretimi

Selen Çiçek [1]
[1]İzmir Ekonomi Üniversitesi
[1]selen.cicek@izmirekonomi.edu.tr

Özet

Günümüz sayısal tasarım anlayışı ile mimari mekânlar için alternatif plan şemaları üretme noktasında, biçim gramerleri teorisi üretken bir sistem olarak karşımıza çıkmaktadır. Analitik uygulamalar ile seçilen bir yapının veya bir tipolojinin biçim kuralları deşifre edildikten sonra, bu mekânsal oluşum kurallarının parametrik biçimde farklı tekrarlar ve kombinasyonlar halinde uygulanması ile tasarım uzamını öngörülebilenin ötesinde genişletmek mümkündür. Ancak tasarım uzamının bilgisayarların hesaplamalı gücü sayesinde genişletilebilmesi ilk etapta mimari tasarım pratiği için önemli bir avantaj olarak görülse de mekândaki tasarım problemine yanıt verecek alternatiflerin seçilebilmesi noktasında bazı sorgulamaları beraberinde getirmektedir. Evrimsel algoritmaların bu noktada biçim gramerleri ile kurgulanması ile tanımlanan uygun hedef ve kısıtlar doğrultusunda tasarım uzamı daraltılarak, tasarım problemine yanıt verecek alternatif mimari plan şemaları üretimi sağlanabilir. Bu noktada önerilen modelde, Çağdaş (1996) tarafından analiz edilen Geleneksel Türk Evi Biçim kurallarının, parametrik uygulamasında geleneksel Türk evi plan tipolojilerinde önemli bir yer tutan Sofa mekanının, entegrasyon değeri evrimsel algoritmalara uygunluk değeri olarak tanımlanarak alternatif plan şemaları üretimi gerçekleştirilmiştir. Entegrasyon değeri, Mekân Sözdizimi (Space Syntax) teorisinin önemli çıktılarından biri olup mekânlar arası topolojik ilişkileri inceleyerek, mekânların kamusallık derecesi hakkında varsayımlarda bulunur. Bu kapsamda geleneksel Türk evlerinde, günlük yaşamın merkezinde yer alan Sofa, ev sakinlerinin bir araya gelmesini sağlayan ortak bir mekân oluşturması sebebiyle, konut içerisinde en yüksek kamusallık değerine sahip olması beklenen mekân olarak tanımlanabilir. Aynı şekilde, plan tipolojilerinde yer alan odaların, konutun giriş, servis mekânlarından özelleşerek, daha düşük değerlere sahip olması beklenmektedir. Böylelikle önerilen modelde, geleneksel Türk Evi biçim gramerleri uygulamalarında, belirtilen hedeflerin evrimsel algoritmalara tanımlanmasıyla mekânsal entegrasyon değerlerine göre en uygun plan şeması alternatiflerinin üretilmesi hedeflenmiştir. Modelin bir sonraki adımında ise elde edilen Türk evi plan şeması alternatifleri, günümüz modern konut mekânsal ihtiyaçları noktasında yeniden değerlendirilmiştir. Bu ihtiyaçlar kapsamda yeni türetilen biçim kurallarının uygulanması ile mekânsal organizasyon bakımından geleneksel Türk evleri ile aynı dili paylaşan ve aynı zamanda da günümüz modern konut yaşantısının mekân ihtiyaçlarına yanıt veren Türk evi plan şeması alternatifleri oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Biçim grameri, Evrimsel algoritma, Geleneksel Türk evi, Mekân dizimi, Mekânsal organizasyon, Plan optimizasyonu, Tasarım uzayı*

Turkish House Shape Grammars: Applying Space Syntax and Evolutionary Algorithms for Alternative Plan Schema Generation

Selen Çiçek[1]
[1]Izmir University of Economics
[1]selen.cicek@izmirekonomi.edu.tr

Abstract

Shape Grammars as a generative system for plan schemas offers an advantageous usage for designers to expand their design space beyond the expected. By analytical shape grammar applications, it is possible to decipher the shape rules of a selected building or a typology. The outcomes of the analytical compounds can be integrated into generative shape grammar applications by numerous iterations and combinations. Although the expansion of the design space seems as a significant aid of the computational design at first sight, it causes inevasible issues for selecting the alternatives that answer the design problem best. In that context, integrating the evolutionary algorithms into the computational process with the fitness values determined by the shape grammar and space syntax applications, might be useful to narrow down the design space. Therefore, the proposed model offers a solution for the issue by applying an evolutionary algorithm that takes spatial integration outputs delivered by Space Syntax methodology as fitness values, for the exploration of the design space constructed by Shape Grammars. To apply this model, the shape rules of traditional Turkish houses had taken as the primary grammar and applied parametrically to analyze syntactic measurements of the spaces. The syntactic outputs revealing the topological organization characteristics of traditional Turkish house plan schemas had given as a fitness value to the evolutionary algorithm in order to search from the design space constructed by random processed shape grammar application. The alternative plan schemas obtained from this application evaluated under the spatial needs of current modern dwellings & living habits. Therefore, new shape rules added the grammar accordingly. By the application of new shape grammar, alternative plan schemas for Turkish houses, that both satisfy the modern needs of dwellings and also share a common spatial organizational language with the traditional Turkish houses had been generated.

Keywords: *Design space, Evolutionary algorithm, Plan optimization, Shape grammar, Space syntax, Spatial organization, Traditional Turkish houses*

1. Giriş

Biçim Gramerleri teorisi, günümüzde mimari tasarım süreçlerinin farklı noktalarında, çeşitli amaçlar doğrultusunda analiz ve üretim aracı olarak karşımıza çıkmaktadır. Literatürde kullanım amaçlarına göre sınıflandırıldığında analiz için tanımlanan analitik biçim gramerleri, hali hazırda üretilmiş olan tasarımların mimari dillerini incelemek ve üretim kurallarını deşifre etmek için kullanılabilmektedir. Seçilen tasarım kümelerinin mekân kurguları soyutlanarak tasarımın dili, kompozisyondaki mekânsal ilişkiler ve bu ilişkilerin oluşum kuralları biçim gramerleri yardımıyla analiz edilebilir (Economou,2001). Aynı zamanda biçim kurallarının deşifre edilmesi ile elde edilen sentaktik bilgi, analiz edilen tasarımla ortak bir dil paylaşan farklı tasarım alternatiflerinin üretilebilmesini mümkün kılar (Stiny, Mitchell, 1978). Bu noktada kural tabanlı çalışan bir sistem olarak biçim gramerleri, günümüzde bilgisayar destekli hesaplamalı tasarım anlayışı ile birlikte tasarımcıya, tasarım uzayını öngörülebilenin ötesinde genişletme imkânı tanır.

Ancak tasarım uzayının, bilgisayarların hesaplama gücü sayesinde bu denli genişletilebilmesi ilk etapta tasarım pratiği için önemli bir avantaj olarak görülse de tasarım uzayının keşfi noktasında bazı sorgulamaları beraberinde getirmektedir. Bilgisayar destekli biçim gramerleri uygulamalarında tanımlanan sonlu sayıdaki kuralların ve kural şemalarının; farklı yinelemeler ve tekrarlar halinde kurgulanarak, olasılıksal olarak sonsuz sayıda belirmenin, dolayısı ile tasarım alternatifinin üretilmesi mümkündür (Strobbe, Pauwels, Meyer, Campenhout, 2014). Fakat üretilen bu alternatiflerin, genellikle eksik veya hasta tanımlanan tasarım problemlerine yanıt verebilmesi için belirli kısıtlar dâhilinde belirlenen hedefleri ve uygunluk koşullarını yerine getirmesi beklenmektedir. Bu noktada evrimsel yaklaşımlar kullanılarak oluşturulan arama metotları, istenilen hedefler ve tanımlanan uygunluk değerleri doğrultusunda karmaşık optimizasyon problemlerini çözmek için kullanılabilir (Calixto,Celani,2015) .Bu bağlamda, biçim grameri uygulaması ile plan şemaları için yaratılan tasarım uzayından evrimsel algoritma ile probleme en iyi yanıt veren alternatiflerin seçimi için kurgulanan modelde, tasarım probleminin ve dolayısı ile uygunluk kriterlerinin mekânların plan düzlemindeki topolojik ilişkileri üzerinden belirlenmesi hedeflenmektedir. Bu kapsamda, plan konfigürasyonu içerisindeki mekânsal ilişkilerin Mekân Dizimi (Space Syntax) teorisinin sentaktik çıktıları ile incelenmesi planlanmaktadır.

Teorinin temel çıktılarından biri olan mekânsal entegrasyon analizi, mekanların topolojik ilişkilerini gerekçeli grafik (Justified-Graph veya J-Graph) üzerinden inceler. Mekânsal entegrasyon değeri yüksek olan mekanlar, çevresindeki mekanlar ile daha fazla ilişki kurmaya açık dolayısı ile görece kamusal olarak tanımlanırken, düşük değere sahip olanlar daha özel mekanlar olarak tanımlanırlar (Hillier, Hanson, 1984). Bu bağlamda mekânsal entegrasyon değeri, incelenen yapının fonksiyonuna, mekanların kamusallık derecesine göre adım derinliği analizi üzerinden minimum veya maksimum olması hedeflenecek şekilde evrimsel algoritmaya uygunluk değeri olarak tanımlanabilir. Böylece analitik biçim gramerleri deşifre edilen kuralların, parametrik olarak tanımlanan uygulama şemalarının kullanılması ile ortaya çıkan geniş tasarım uzayı, mekânsal entegrasyon değeri hedefleri doğrultusunda daraltılarak, probleme yanıt verecek şekilde plan şeması alternatifleri üretilebilir.

1.1. Amaç ve Yöntem

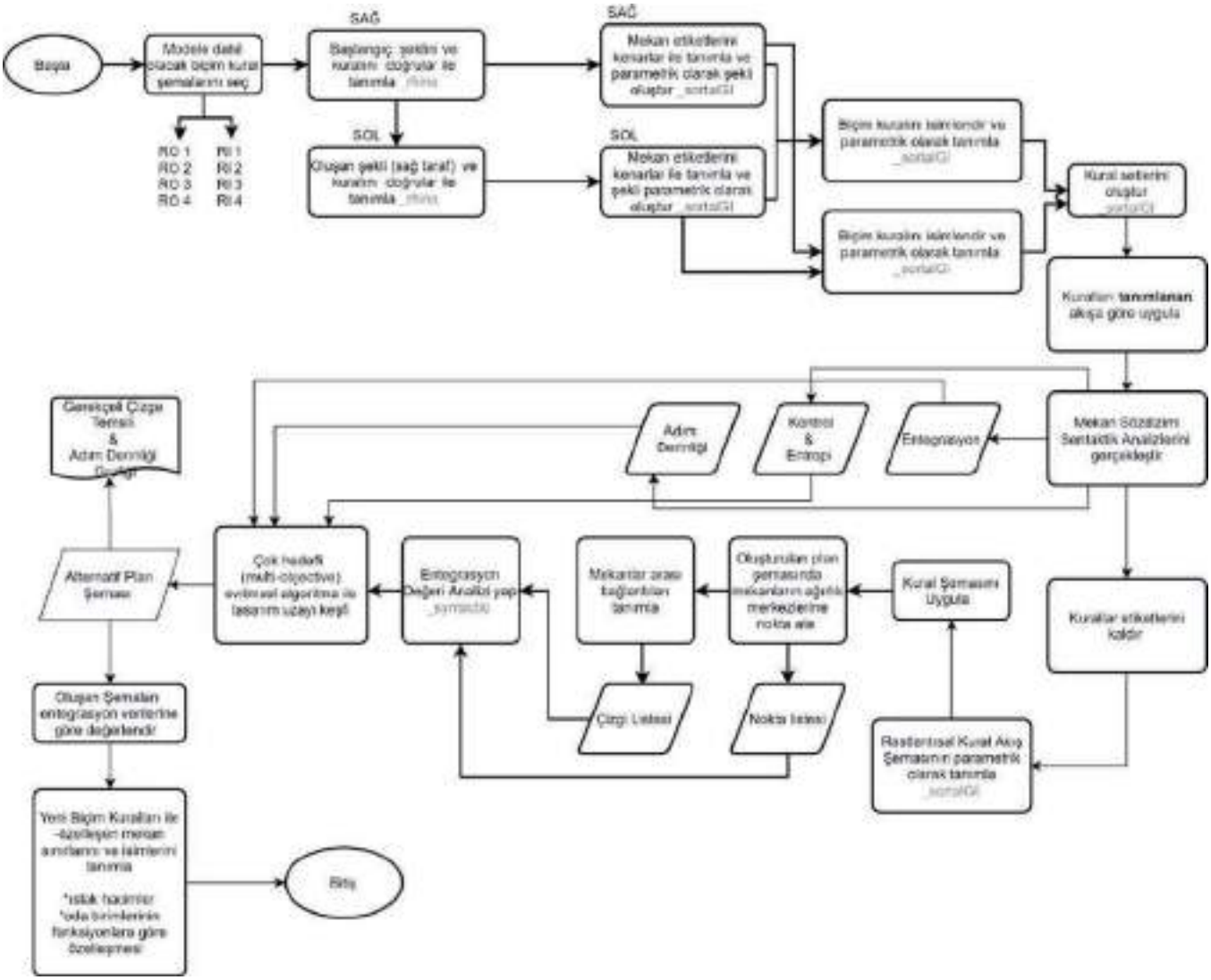
Yapılan çalışmada, plan şeması üretimi için biçim grameri kuralları, Gülen Çağdaş'ın Geleneksel Türk Evleri'nin Biçim kuralları çalışmasından elde edilmiştir (Çağdaş,1996). SortalGI Grasshopper eklentisinde parametrik olarak tanımlanan biçim kuralları uygulama şemalarının kullanılması ile elde edilen geleneksel Türk evi planlarındaki mekânsal organizasyon ve topolojik ilişkiler, mekân sözdiziminin sentaktik analiz araçları üzerinden Syntactic eklentisi ile incelenmiştir. Elde edilen bu sentaktik verilerin, Octopus çok hedefli evrimsel algoritmasına uygunluk değeri olarak tanımlanarak; biçim kurallarının uygulama şemalarının rastlantısal biçimde parametrik olarak değiştirilmesi ile geleneksel Türk evi mekânsal organizasyonuna en uygun alternatif plan şemaları üretilmiştir. Son olarak elde edilen bu plan şeması alternatiflerinin, günümüz konutlarının mekânsal ihtiyaçları gözetilerek yeniden değerlendirilmesi ve tanımlanan yeni biçim kuralları ile mekânsal organizasyon anlamında geleneksel Türk evleri ile benzer dili paylaşan plan alternatiflerin türetilmesi amaçlanmıştır.

Şekil 1'de önerilen model akış şemasının kesintisiz bir şekilde işleyebilmesi için Rhino ve Grasshopper eklentileri kullanılmıştır. Önerilen modeli üç ana başlık altında incelemek mümkündür:

1. Çağdaş (1996) tarafından deşifre edilen biçim kuralları parametrik olarak tanımlanması ve kural akış şemasına göre uygulanması. Elde edilen alternatif plan şemasındaki işaretlenen mekanların entegrasyon analizlerinin yapılması. Entegrasyon değerleri ve adım derinlikleri gerekçeli çizge (Justified Graph) ile görselleştirilmesi.

2. Tanımlanan kural akışın uygulanması ile elde edilen plan şemalarının kontrol, entropi, entegrasyon değerleri ile adım derinliği analizlerinin; rastlantısal kural akış şeması ile üretilen alternatiflerin tasarım uzayından seçilmesi noktasında evrimsel çözümleye uygunluk değeri olarak tanımlanarak alternatif plan şeması üretimi.

3. Evrimsel algoritma ile seçilen plan şeması alternatifi çıktılarının, günümüz konutlarının mekânsal ihtiyaçları gözetilerek değerlendirilmesi. Bu kapsamda tanımlanan yeni biçim kurallarının uygulanması ile modern konut yaşantısı alışkanlıklarımız için önemli yer tutan fakat geleneksel Türk evi konut tipolojisinde alışılagelmeyen bağımsız servis mekânlarının eklenerek, alternatif Türk evi plan şemaları olarak sunulması.



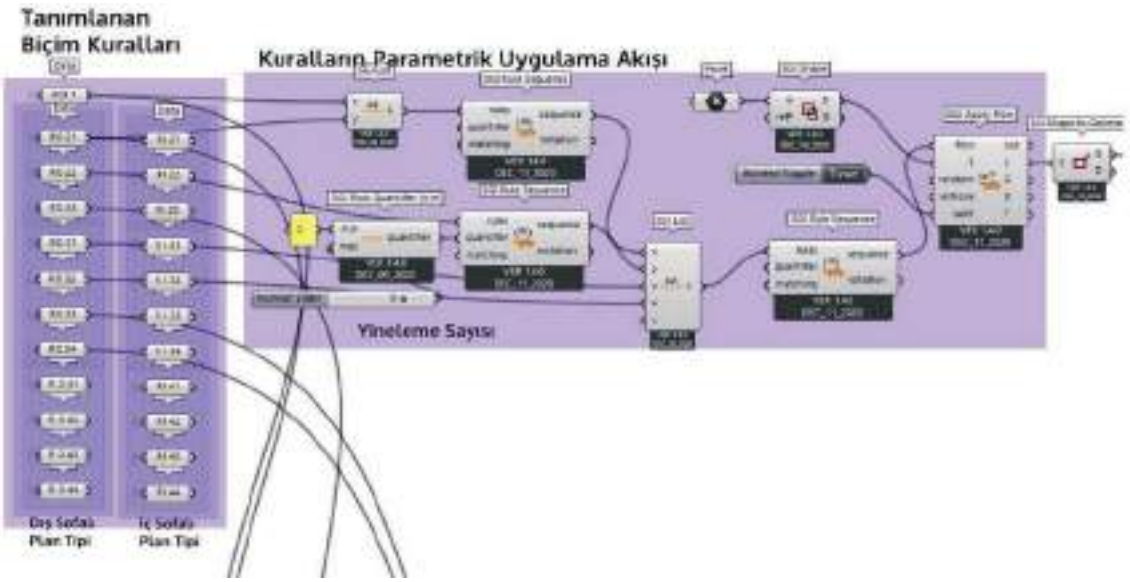
Şekil 1: Önerilen Model Akış Diyagramı

2. Biçim Kurallarının Tanımlanması ve Parametrik Uygulama Akışı

Önerilen modelde temel amacın mekânlar arasında kurulan topolojik ilişkilere odaklanması sebebiyle çalışmanın kapsamı, kural setleri yalnızca mekânsal konfigürasyonun ana hatlarını ortaya koyan, ilk dört başlık altında yer alan biçim kurallarını kapsayacak şekilde daraltılmıştır (**Şekil 2**). Seçilen bu kural şemaları sortalGI eklentisi ile parametrik olarak çizgiler ile tanımlandıktan sonra, mekân isimleri o mekânı sınırlayan kenarların etiketlenmesi ile sağ ve sol şekiller tanımlanarak kurallar oluşturulmuştur.



Şekil 2: Seçilen biçim kurallarının parametrik olarak tanımlanması ve mekânların etiketlenmesi

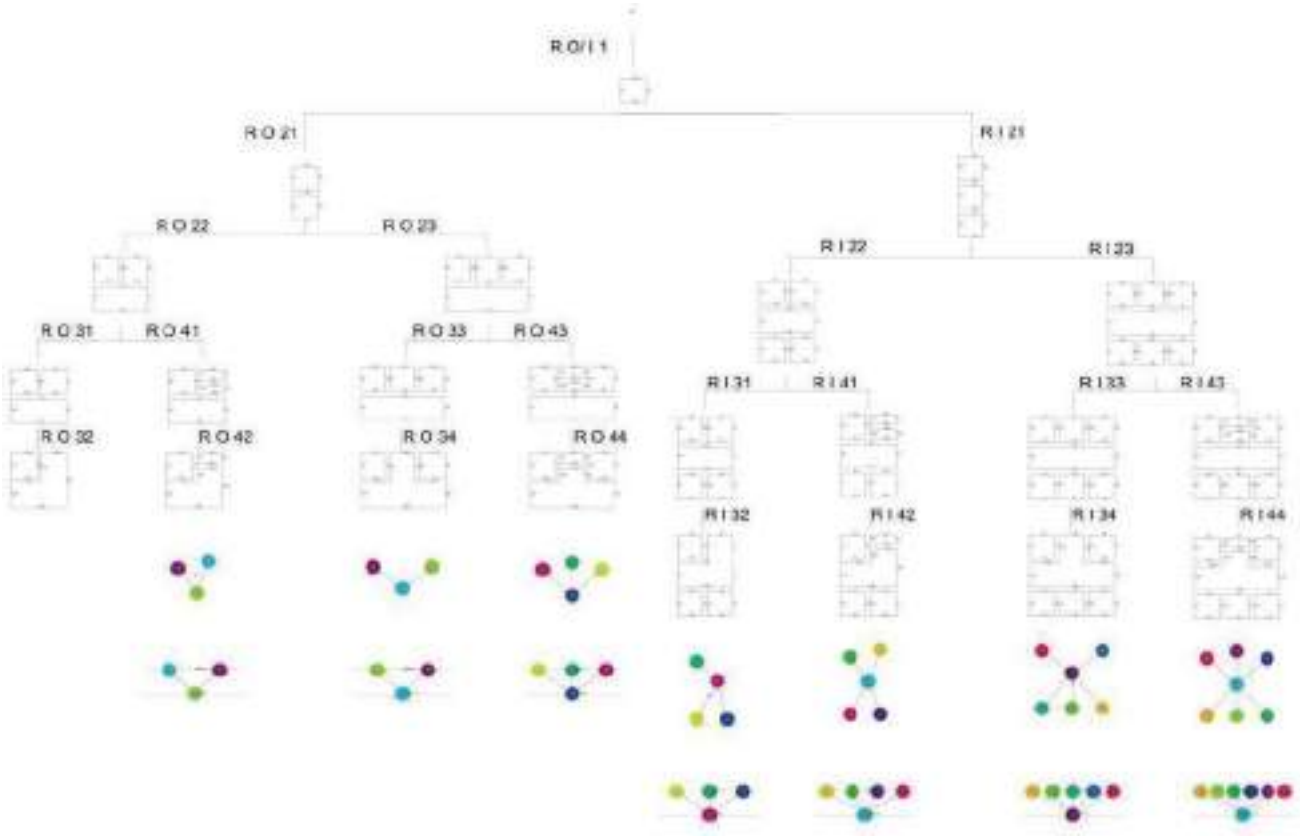


Şekil 3: Seçilen biçim kurallarının parametrik olarak tanımlanması ve mekânların etiketlenmesi

Tanımlanan biçim kural setleri, her bir kuralın içinde barındırdığı sağ ve sol şekil tanımları doğrultusunda birbirleri arasında bir süreklilik gösterdiği, uygulamanın akışı için yol göstericidir. Bu süreç, sortalGı eklentisinde veri listeleri ile plan şeması üretiminde her bir kuralın hangi sırada, kaç farklı tekrarla uygulanacağı bilgisi parametrik olarak tanımlanmıştır. (**Şekil 3**).

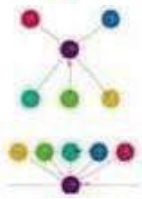
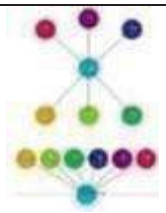
2.1. Mekân Dizimi Analizleri

Kuralların tanımlanan akış süreçleri ile uygulanmasının ardından elde edilen plan şeması tasarım alternatifleri **Şekil 4**'te sentaktik analizleri ile birlikte incelenmiştir. Bir mekândan bir diğerine ulaşmak için geçilmesi gereken mekân sayısı olarak tariflenen adım derinlikleri, plan şemasındaki oda ve sofa mekânları için **Tablo 1**'de ayrı olarak verilmiştir. Kontrol değeri ise çizgede nokta ile tariflenen bir mekânın bir diğeri ile bağlantısının gücünü simgeleyen bir değer olarak tanımlanmıştır (Hillier, Hanson, Peponis, 1987). Entropi, ise kontrol değeri ile ters korelasyon halinde olup, yüksek entropi değeri diğer mekanlardan seçilen mekâna ulaşmanın zorluğunu ifade etmektedir. Analizler sonucu elde edilen veriler kapsamında (**Tablo 1**), beklenildiği üzere geleneksel Türk evlerindeki sofa mekânının, plan şemalarında yüksek kontrol ve düşük adım derinliği değerleri ile genel mekânsal organizasyon için belirleyici bir unsur olduğu görülmektedir. Bu değerler, Türk evi plan tipolojisinde sofanın, evdeki dolaşım kurgusunda önemli bir rol oynamasının yanı sıra, ev sakinlerinin günlük yaşamlarında bir araya gelmelerine alan sağlayacak, ortak mekân ihtiyaçlarını karşılaması ile açıklanabilir.



Şekil 4: Kuralların tanımlanan akış şemaları uygulanması sonucu elde edilen tasarım uzayı ve mekân sözdizimi çıktıları (Topolojik ilişki ağı ve Gerekçeli Çizge)

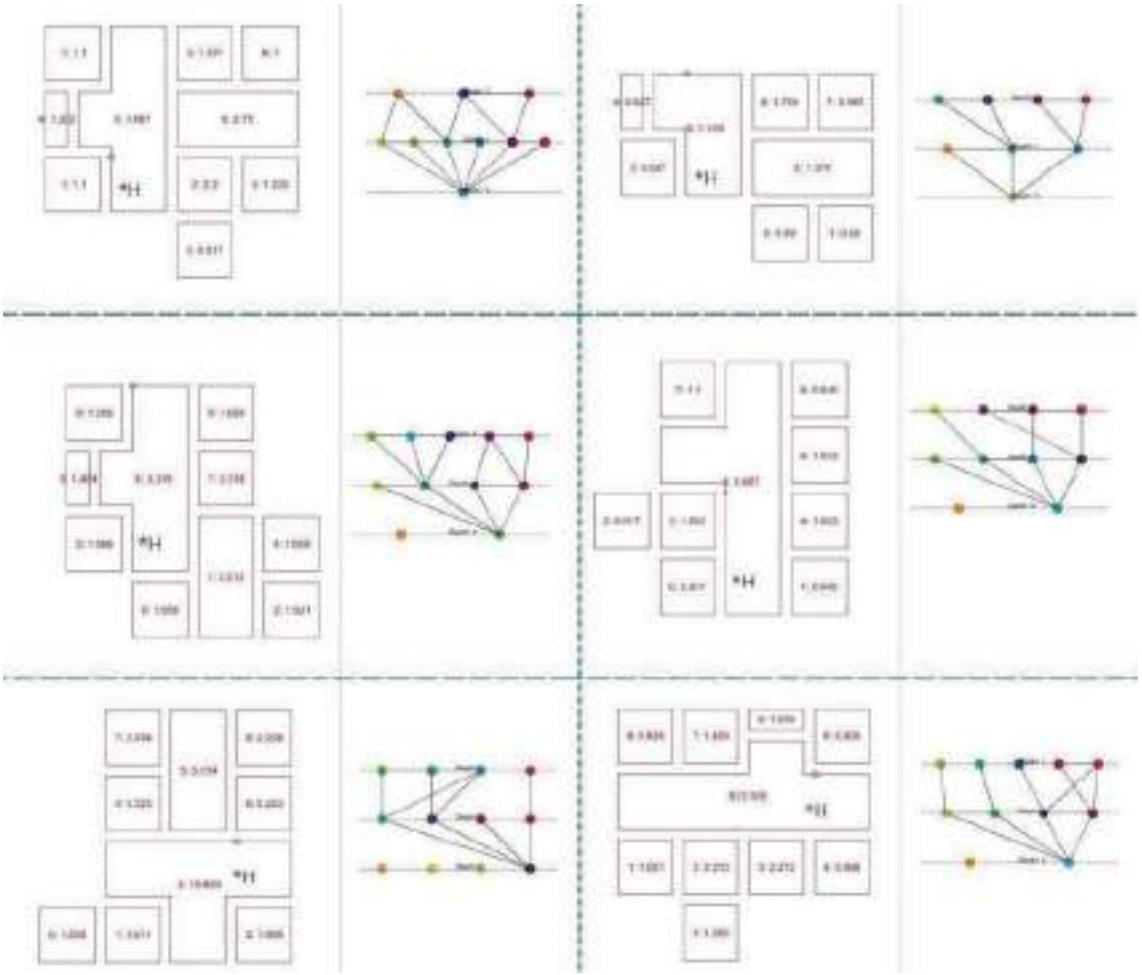
Tablo 1: Plan Şeması Alternatiflerinin Sentaktik Analiz Verileri

Plan Şeması Alternatifleri Gerekçeli Çizgeleri		Maksimum Adım Derinliği		Kontrol Değeri	Entropi
a	-	-		-	-
b		Oda (R)	2	0.5	1.057
		Sofa (H)	1	2	0.39
c		Oda (R)	2	0.5	1.057
		Sofa (H)	1	2	0.39
d		Oda (R)	2	0.33	1
		Sofa (H)	1	3	0.31
e		Oda (R)	2	0.33	1
		Sofa (H)	1	3	0.31
f		Oda (R)	2	0.25	0.907
		Sofa (H)	1	4	0.258
g		Oda (R)	2	0.25	0.821
		Sofa (H)	1	5	0.219
h		Oda (R)	2	0.16	0.748
		Sofa (H)	1	6	0.191

3. Rastlantısal Kural Uygulama Şemaları ve Evrimsel Algoritma ile Tasarım Uzayı Keşfi

Bir önceki adımında tanımlanan akışın uygulanması ile 8 farklı tipte plan alternatifi üretilmiş ve sentaktik analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın bu adımında ise tasarım uzayının genişletilebilmesi için, biçim kuralları arasında mekân isimlerinin etiketlenmesi ile oluşan sınırlı akışın rastlantısal olarak kurgulanabilmesi için mekân

etiketleri kaldırılmıştır. Çizgiler ile tanımlanan biçim kuralları liste halinde uygulama şemasına aktarılmış ve bu listenin sıralamasının ve her bir kuralın iterasyon sayısının parametrik olarak kontrol edilmesi ile 1280 farklı plan şeması üretilmiştir.



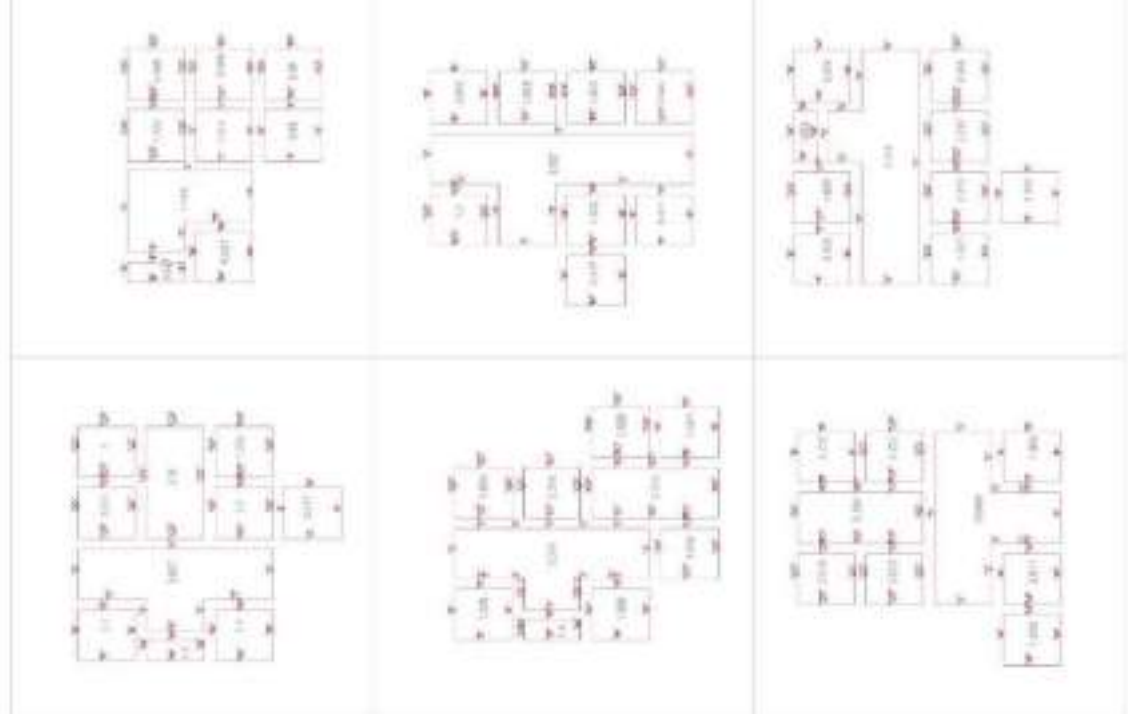
Şekil 5: Tasarım Uzayından seçilen plan şeması alternatifleri entegrasyon değerleri ve Sofa (H) endeksli gerekçeli çizge analizleri

Üretilen her bir tasarım alternatifi veri listesi halinde, mekân dizimi analizlerine sokulmuş ve entegrasyon ve adım derinliği grafikleri üzerinden incelenmiştir. Üretilen tasarım alternatiflerinin seçimi için evrimsel çözümleyiciye genom olarak tasarım uzayı liste olarak verilmiş, uygunluk değeri ise, Sofa mekanının adım derinliğinin azaltılması ve oluşturulan mekânsal topoloji ağında Sofa'nın entegrasyon değerinin diğer mekanlara oranla daha fazla olma hedefi tanımlanmıştır. Buna göre Geleneksel Türk evi mekân organizasyonu ile benzer sentaktik ve biçimsel ilişkiler gösteren tasarım alternatiflerinin seçimi sağlanmıştır (**Şekil 5**).

4. Plan Şemalarının Modern Konut Mekân İhtiyaçlarına göre Değerlendirilmesi ve Yeni Biçim Kurallarının Uygulanması

Önerilen modelin son aşamasında, elde edilen Geleneksel Türk Evi'ne mekânsal organizasyon olarak benzerlik gösteren plan şeması alternatiflerinin, günümüz modern konut ihtiyaçlarına göre yeniden değerlendirilmesi ve bu kapsamda yeni eklenen biçim kuralları ile mekân özelleşmelerinin sağlanması hedeflenmiştir. Eldem geleneksel Türk evlerinde odaların, sofaların ve dolaşım elemanı olarak merdivenlerin plan şemasını oluşturan temel elemanlar olduğunu; odaların kendi içerisinde başoda, misafir odası ve çocuk odası olmak üzere ayrıştığını; mutfak, fırın, hamam gibi servis mekânlarının ise plan tiplerinde yaşam mekânlarından ayrı olarak konumlandırıldığını

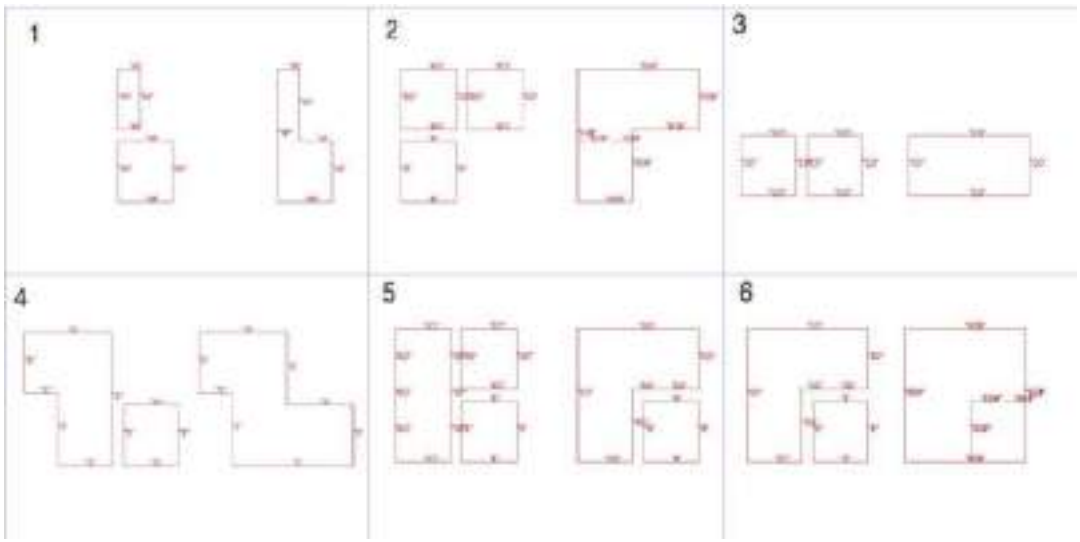
vurgulamaktadır (Eldem,1968). Geleneksel Türk evlerinde servis mekânlarının bir diğer ayırt edici özelliği ise, oda içlerinde yunmalık (gusülhane) adı verilen dolap içerisinde yer alan küçük banyoların bulunmasıdır (Bektaş,2013) . Ancak yıllar içinde değişen konut tipolojisi ve yaşam alışkanlıkları düşünüldüğünde, bu tip servis mekânları ve ıslak hacimlerin yaşam mekânlarından ayrı olarak konumlandırılması günümüz planlarında söz konusu değildir. Bu kapsamda bir önceki aşamada elde edilen plan şeması alternatiflerindeki mekânların (**Şekil 5**), günümüz modern konut planlarında yer alan temel unsurlar olan mutfak(M), banyo (B) gibi ıslak hacimleri de içerecek şekilde etiketlenmesi ve aynı zamanda oda mekanlarının da geleneksel Türk evi oda kurgularındaki hiyerarşik yapıya uygun olarak çocuk odası (ÇO), ebeveyn odası (EO) (banyolu oda birimi) olmak üzere tanımlanması sağlanmıştır. Bu tanımlama yapılırken bir önceki aşamada elde edilen mekân entegrasyon değerleri, mekanların kamusallığı için bir ölçüt olarak kabul edilmiş, bu doğrultuda servis mekanları düşük entegrasyon değerine sahip olan birimlere tayin edilirken, başta sofa olmak üzere, yaşam mekanları yüksek değerli birimlere atanmıştır (**Şekil 6**).



Şekil 6: Modern Türk evi mekândan ihtiyaçlarının karşılanması için tanımlanan yeni Türk evi biçim kuralları (M: Mutfak, B: Banyo, ÇO: Çocuk Odası, EO: Ebeveyn Odası, EOB: Banyolu Oda Birimi, S: Sofa)

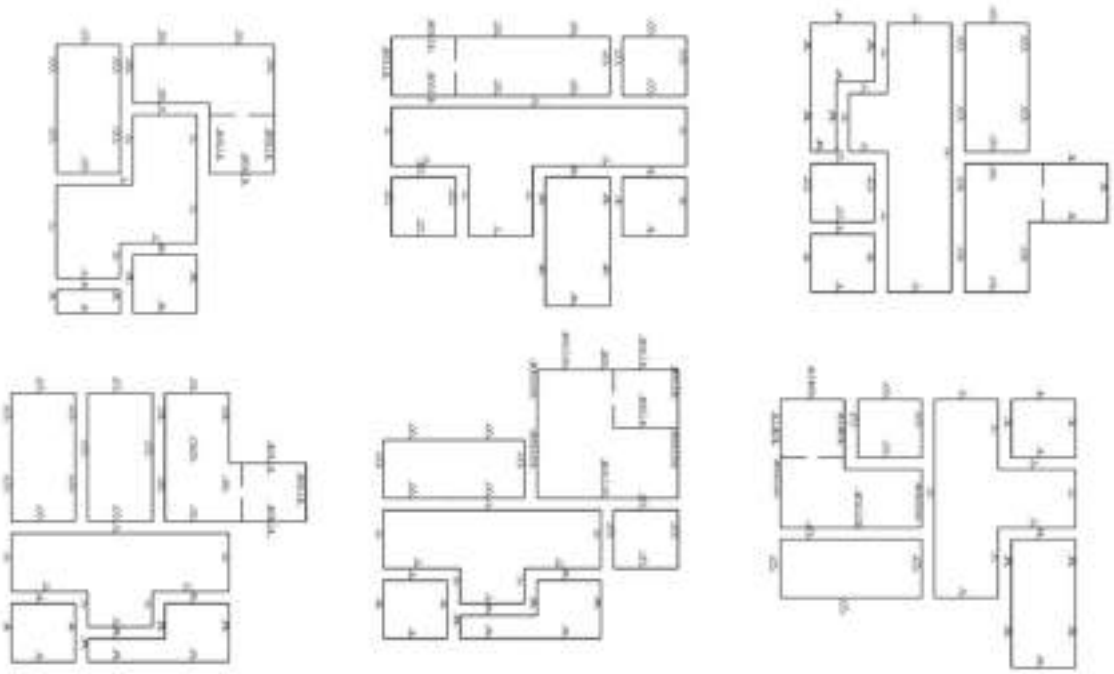
Bu etiketlemenin ardından mekânsal ihtiyaçlar doğrultusunda, mekân sınırlarını değiştirmek için 6 farklı yeni biçim kuralı tanımlanmıştır (**Şekil 7**). Kural 1, mutfak mekanına kiler olarak kullanım sağlayabilecek yardımcı mekânı plan şemasına ekler. Kural 2 ise ebeveyn odasının mekânının büyültmesini ve sadece oda içine kullanım sunan banyo hacminin eklenmesini sağlar. Kural 3 ise tanımlanan iki farkı oda sınırını birleştirerek daha geniş alanlı bir çocuk odası tanımlanmasını sağlar. Kural 4 ortak yaşam mekânı olarak tariflenen sofanın genişlemesini sağlar. Kural 5 ve

6 ise kural 2'ye benzer şekilde ebeveyn odasının genişlemesini ve ıslak hacminin eklenmesini sağlar.



Şekil 7: Modern Türk evi konut tipolojisinin, mekândan ihtiyaçlarını karşılamak için tanımlanan yeni Türk evi biçim kuralları

Yeni tanımlanan biçim kuralların bir önceki aşamada elde edilen plan şemalarına uygulanmasının ardından, elde edilen geleneksel Türk evi mekânsal organizasyonu ile benzer bir dil paylaşan ve aynı zamanda günümüz konutunun mekân ihtiyaçlarına cevap veren plan şeması alternatifleri elde edilmiştir (**Şekil 8**).



Şekil 8: Yeni Biçim kurallarının uygulanması ile elde edilen modern Türk evi plan şeması alternatifleri (M: Mutfak, B: Banyo, ÇO: Çocuk Odası, EO: Ebeveyn Odası, EOB: Banyolu Oda Birimi, S: Sofa)

5. Sonuç

Çalışmanın başında temel problem olarak tanımlanan biçim grameri uygulaması ile elde edilen tasarım uzayının keşfi, mekân dizimi teorisinin ve evrimsel algoritmaların birlikte kurgulanması ile gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda plan şeması üretiminde biçim grameri üretken sisteminin kullanılması ile elde edilebilecek tasarım alternatiflerinin seçiminin, mekân dizimi metodolojisi ile irdelenen topolojik özellikler doğrultusunda evrimsel

algoritmalar ile yapılabileceği kanıtlanmıştır. Çalışmanın bir diğer önemli çıktısı ise modele biçim kurallarını sağlayan geleneksel Türk evlerinin, günümüz yaşam alışkanlıklarının ve modern konut tipolojisin mekânsal ihtiyaçlarını karşılayan plan şeması alternatiflerinin üretimidir. Bu kapsamda üretilen plan şeması alternatifleri, hem değişen mekân ihtiyaçlarını karşılaması sebebi ile hem de geleneksel Türk evi mekânsal organizasyonu ile benzer bir dili paylaşması sebebi ile modelin doğru şekilde kurgulandığında başarılı sonuçlar verebileceğini gözler önüne sermektedir. Bu noktada yapılan çalışmanın kapsamı ilerleyen zaman diliminde, üretilen plan şemalarında ki mekanların boyutsal özelliklerinin tanımlanması ile genişletilebilir. Aynı zamanda modele konutun yapı adasındaki konumu, etrafındaki yapılar ile komşuluk durumu ve bunlara bağlı olarak konutun giriş lokasyonu gibi yeni parametrelerin tanımı ile biçim gramerleri uygulamasının ardından gerçek mimari plana dair daha fazla ipucu veren plan şemalarının üretimi sağlanabilir.

Teşekkür
Araştırma boyunca desteklerini esirgemeyen başta sevgili hocam Prof. Dr. Gülen Çağdaş'a ve araştırma görevlisi arkadaşlarımız Begüm Hamzaoğlu'na ve Burak Delikanlı'ya teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

Bektaş Cengiz. (2013). Türk evi. YEM Yayın.
Calixto, Victor & Celani, Gabriela. (2015). A literature review for space planning optimization using an evolutionary algorithm approach: 1992-2014. 662-671. 10.5151/despro-sigradi2015-110166.
Çağdaş, G.. (1996). A shape grammar: The language of traditional Turkish houses. Environment and Planning B: Planning and Design. 23. 443-464. 10.1068/b230443.
Economou, A. (2001). Shape Grammars in Architectural Design Studio. ACSA Technology Conference: Emerging Technologies and Design. Retrieved April 04, 2021, from https://www.acsaarch.org/proceedings/Technology%20Proceedings/ACSA.Tech.2000/ACSA.Tech.2000.11.p df.
Eldem S H, 1968 The Plan Types of Turkish Houses Faculty of Architecture, Istanbul Technical University, Taşkışla, Taksim, Istanbul
Hillier, B., & Hanson, J. (1984). The Social Logic of Space. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511597237
Hillier, Bill and Hanson, Julienne and Peponis, John (1987) Syntactic Analysis of Settlements. Architecture et Comportement/Architecture and Behaviour, 3 (3). pp. 217-231,
Stiny G, Mitchell W J, 1978, "The Palladian Grammar" Environment and Planning B 5 5- 18
Strobbe, Tiemen & Pauwels, Pieter & Meyer, Ronald & Campenhout, Jan. (2014). Design space exploration using a shape grammar implementation. 79-80.

Kural Tabanlı Tasarım Yöntemleri Aracılığı ile Hastane Polikliniği Tasarımı

Muhammed Fatih Çetintaş [1]; Nesip Ömer Erem [2]
[1] İstanbul Teknik Üniversitesi [2] İstanbul Teknik Üniversitesi
[1]cetintasm@itu.edu.tr; [2]eremn@itu.edu.tr

Özet

Sağlık insanlığın temel gereksinimlerindendir ve insanların yaşamlarını engelsiz bir şekilde devam ettirebilmesini sağlar. Sağlığımızı kontrol ve tedavi etmek için sağlık yapılarından olan hastanelerden yararlanırız. Geçmişten günümüze yeni buluşlar ve gereksinimler ile dönüşen hastaneler sağlık hizmetlerinin verildiği en gelişmiş sağlık yapılarıdır. 20. yy.'ın ikinci yarısında özellikle 1950-80 yılları arasında yaşanan tartışmalar ile beraber yapılan çalışmalar sonucunda hastane tasarımları üzerine geniş bir bilgi birikimi oluşarak hastane yapıları gerek teknoloji gerekse yapım sistemi ve buluşlar sayesinde gelişme göstermiş ve günümüzde yeni tasarım anlayışlarını ortaya çıkarmıştır. Kanıta dayalı tasarım anlayışı, iyileştiren hastane, hasta merkezli tasarım, kural tabanlı tasarım gibi anlayışlar bunlardan bazılarıdır. Bu çalışma çerçevesinde de kural tabanlı tasarım anlayışları benimsenerek, sağlık yapılarının en üst ölçeğinde yer alan hastane yapılarında dış hasta merkezli çalışan hastane poliklinikleri odak alanı olarak seçilmiştir. Hastane poliklinikleri gerek erişilebilirlik gerekse de görünürlük açısından birtakım problemleri içerisinde barındırmaktadır. Bu çalışmanın ana amacı da bu problemler çerçevesinde fonksiyon ilişkileri ve mesafeler gözetilerek hastanelerin üretken tasarım yöntemlerinden faydalanılarak alternatif plan tipleri için model altlığı oluşturulması ve mevcut tasarımlar ile türevlerinin değerlendirilerek optimum çözüm önerisinin geliştirilmesi çalışmanın ana amacını oluşturmaktadır. Hastanenin önemli bir fonksiyon grubu olan hastane polikliniklerinin ele alınması, polikliniklerde hastaların minimum rota çakışması, minimum yürüme mesafesi ve görünürlüğü yüksek olan mekânlar elde ederek hastane poliklinik tasarımlarının optimizasyonunun sağlanması çalışmanın kapsamını ifade etmektedir. Tekrara dayalı yerleşimleri sebebi ile hastaneler için kural tabanlı bir yaklaşım olan biçim grameri analizi ile değerlendirilmesi ve mekân türetilmesi çalışmada yer edinmiştir. Biçim grameri ile beraber kullanılan genetik algoritma yöntemi sayısal verilerin işlenerek özgün tasarım alternatiflerinin kıyaslanması için çalışmada yer edinmiş, çalışma sonucunda yer verilen mekân dizim yöntemi bir değerlendirme yöntemi olarak kullanılmıştır. Çalışmada yararlanılan karma yöntemde öncelikle biçim grameri analiz tekniği ile elde edilen hastaneler Rhino/Grasshopper programı aracılığı ile kullanılan genetik algoritma araçlarıyla alternatif üretimlerin sağlanarak, bu üretimlerin elde edilmesi sonucunda bir karşılaştırma, seçim ve değerlendirme yöntemi olarak kullanılan mekân dizim yönteminden faydalanılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen model ile oluşturulan özgün plan tiplerinin mesafe, görünürlük ve estetik açıdan mevcut plan tiplerine göre optimum çözüm önerisi sağladıkları görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Mimari tasarım, Genetik algoritma, Mekân dizimi, Poliklinik tasarımı, Biçim grameri, Kural tabanlı tasarım.*

Outpatient Clinic Design Through Rule Based Design Methods

Muhammed Fatih Çetintaş [1]; Nesip Ömer Erem[2]
[1]İstanbul Teknik Üniversitesi [2]İstanbul Teknik Üniversitesi
[1]cetintasm@itu.edu.tr; [2]eremn@itu.edu.tr

Abstract

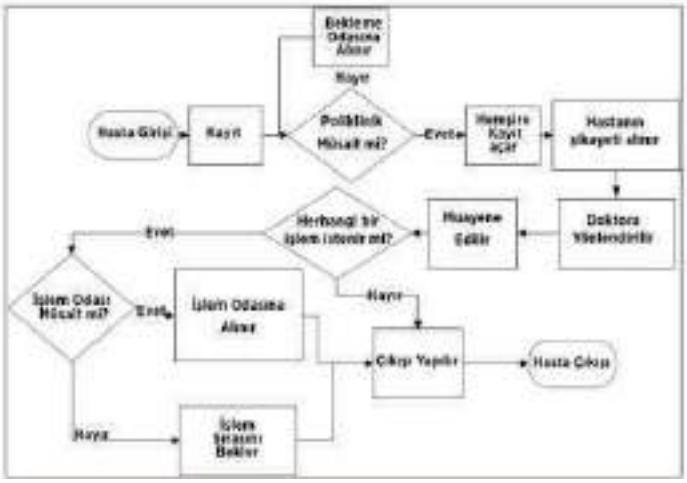
Health is one of the basic needs of humanity and enables people to continue their lives unhindered. We use hospitals, which are health structures, to control and treat our health. Hospitals, which have been transformed from the past to the present with new inventions and requirements, are the most advanced health structures where health services are provided. In the second half of the 20th century, as a result of the studies carried out together with the discussions between the years 1950-80, a wide knowledge on hospital designs was formed, and hospital structures developed thanks to both technology and construction systems and inventions, and today, new design approaches have emerged. Evidence-based design, healing hospital, patient-centered design, rule-based design are some of them. Within the framework of this study, by adopting rule-based design approaches, outpatient clinics working in hospital structures located at the highest scale of health facilities were chosen as the focus area. Hospital outpatient clinics have some problems in terms of both accessibility and visibility. The main purpose of this study is to create a model base for alternative plan types by taking advantage of the productive design methods of hospitals by considering function relations and distances within the framework of these problems, and to develop an optimum solution proposal by evaluating existing designs and their derivatives. The scope of the study is to deal with the hospital outpatient clinics, which is an important function group of the hospital, and to optimize the hospital outpatient clinic designs by obtaining the minimum route overlap of the patients, minimum walking distance and high visibility spaces in the outpatient clinics. Due to its repetitive layouts, the evaluation of the shape grammar analysis, which is a rule-based approach for hospitals, and the derivation of space have taken place in the study. The genetic algorithm method, which is used together with the shape grammar, has taken place in the study to compare the original design alternatives by processing numerical data, and the space syntax method, which is included in the study, is used as an evaluation method. In the mixed method used in the study, first of all, alternative productions were provided with the genetic algorithm tools used by the hospitals Rhino/Grasshopper program, which was obtained by the shape grammar analysis technique, and as a result of obtaining these productions, the space syntax method, which was used as a comparison, selection and evaluation method, was used. It has been seen that the original plan types created with the model obtained as a result of the study provide an optimum solution proposal according to the existing plan types in terms of distance, visibility and aesthetics.

Keywords: *Architectural design, Genetic algorithm, Space syntax, Outpatient clinic design, Shape grammar, Rule-based design.*

1. Giriş

Sağlık insanlığın temel gereksinimlerindendir ve insanların yaşamlarını engelsiz bir şekilde devam ettirebilmesini sağlar. İnsanlar sağlıklı yaşamlarını sürdürebilmeleri için sağlık haklarına sahiptirler. Sağlık hakkı Uluslararası hukuk ve ülkelerin anayasalarında yer alan, insanların en önemli haklarındandır. Sağlık hakları sağlık hizmeti ile hastalara hastaneler aracılığı ile verilmektedir. Farklı görevler ile hizmet veren sağlık yapılarından olan hastaneler birçok parçadan oluşan yaşayan organizmalardır. Sağlık ocakları, sağlık merkezleri, sağlık evleri, aile planlaması merkezleri, laboratuvarlar gibi birçok sağlık kuruluşunun ülkemizde var olmasına rağmen hastaneler çok yönlü sağlık kuruluşları piramidinde en üst kademede yer almaktadırlar. Hastaneler, kullanıcı çeşitliliği, bünyesindeki farklı fonksiyon grupları ile 'karmaşık fonksiyonlu' yapı sınıfında yer almaktadırlar (Aydın D. 2001). Çeşitli sağlık yapıları ile sağlık hizmeti verilen ve bunların en gelişmiş örneği olan hastaneler geçmişten günümüze yeni buluşlar ve gereksinimler ile dönüşmektedir. 20. yy.'ın ikinci yarısında özellikle 1950-80 yılları arasında yaşanan tartışmalar ve yapılan çalışmalar sonucunda hastane tasarımları üzerine geniş bir literatür oluşarak hastane yapıları gerek teknoloji gerekse yapım sistemi ve buluşlar sayesinde gelişme göstermiş ve günümüzde yeni tasarım anlayışlarını ortaya çıkarmıştır. Kanıta dayalı tasarım anlayışı, iyileştiren hastane gibi anlayışlar bunlardan bazılarıdır. Yıllar içerisinde yaşanan değişim ve dönüşüm tasarım dilinde de farklılaşmaları haliyle beraberinde getirmiştir. Tasarım dili de dil gibi kurallı bir bütünden oluşmaktadır. Bu bağlamda tasarım/biçim dili (mimarlık) ile dil arasındaki benzerlikler ve farklılıklar bulunmaktadır: her ikisini de etkileyen akımlar (stiller) bulunmakta ve her ikisinin de çeşitli uygulama türleri vardır. Bunun yanı sıra farklılıkları da barındırır: mimarlığın somutluğuna karşın soyut olması, mimarlığın mekânı şekillendirmesine karşın zaman içerisinde gelişim göstermesi bunlara örnek gösterilebilir. Dil kurallı bir sözcükler diziminden oluşuyorken, mimarlık ta kurallarla yaşamı şekillendiren mekânlar üretir. Dil kurallı sözcüklerin birleşiminden oluştuğu gibi mimari tasarımlar da fonksiyona, çevresel verilere, topoğrafyaya göre belirli kurallar (standartlar) çerçevesinde mekân oluştururlar. Oluşan mekânın tasarım dilini analiz etmek için ise kullanılan tekniklerden olan biçim grameri analiz tekniği ile tasarım dilinin biçimsel oluşum kurallarını analiz edip, anlamlı kurallar üreterek yeni mekânlar türetilebilir. Bu çalışma ile hedeflenen biçim grameri analiz tekniği ile aynı kullanıma sahip, karmaşık fonksiyonlu yapı türü olan hastanelerin poliklinik planları ortaya çıkarılarak anlamlı kurallar oluşturması ve yeni plan türlerinin üretilmesi için hesaplamalı tasarım yöntemlerinden faydalanılarak kural tabanlı bir model üretimini sağlamaktır. Çalışmanın kuramsal alt yapısı kural tabanlı tasarım anlayışına dayanmaktadır.

Hastane poliklinikleri incelendiğinde şekilde (**Şekil 1**) verilen bir iş akışı gerçekleşmektedir. Hasta kaydını yapar, poliklinik sırasını bekler daha sonra muayene edilir, tetkik istenirse yönlendirilir ihtiyaç duyulmazsa tedavi yöntemi verilerek hastanın hastaneden çıkış yapılır. Hastane yapıları gerek iş akışı gerek yerleşim ve mekân ilişkileri açısından kurala dayalı bir anlayışa sahiptirler.



Şekil 1: Hastane Polikliniği İş Akış Şeması (Ceresoli, J.D., (2019)'dan uyarlanmıştır).

Hastane poliklinikleri mekân yerleşimleri açısından incelendiğinde aşağıdaki şekilde (**Şekil 2**) yer alan plan şemalarından birine sahip oldukları gözlemlenebilir. Şekle göre hastanelerin tek veya çift koridorlu şekillerde yerleşim gösterdikleri görülmektedir. Ayrıca poliklinikler koridor yerleşim biçimlerinin yanı sıra farklı tipolojilerde de bir araya gelmektedirler. İncelenen örneklerden bu yerleşimler 'U', 'T', 'H', 'I' tipi plan şemaları ile bir araya geldikleri ortak bir plan diline sahip oldukları görülmüştür.



Şekil 2: Hastane Poliklinikleri Plan Şemaları (International Health Facility Guidelines, 2016).

1.1. Amaç

Hastaneler dinamik bir yapıya sahiptirler, değişken bir çevreye sahip olmakla birlikte aldığı girdileri dönüştürme süreçleri sonunda tekrar çıktılarını aynı çevreye veren, geri bildirim mekanizmasının işlediği yapılardandır (Erçetin, A. 2019). Hastaneler sosyal sistemler, sosyo-teknik sistemler, çevreye uyum gösterebilen sistemler, açık-dinamik sistemler olarak tanımlanmaktadırlar. Sosyal bir sisteme sahiptir çünkü çevreyle etkileşim halindedir, sosyo-teknik bir yapıdadır çünkü sosyal sistem ile teknoloji birbirini sürekli olarak etkilemektedir. Aynı zamanda çevreye uyum gösterebilen ve geribildirim mekanizmasına sahip olması ile de açık-dinamik bir yapıya sahiptir (Erçetin, A. 2019). Çalışmada dinamik bir yapıda olan hastanelerin üretken tasarım yöntemlerinden faydalanılarak alternatif plan tipleri için model oluşturulması ve mevcut tasarımlar ile türetimlerin değerlendirilerek optimum çözüm önerisinin geliştirilmesi çalışmanın ana amacını oluşturmaktadır. Çalışmanın özünü oluşturan dış hasta merkezli çalışan, hastane poliklinikleri ele alınarak, biçim grameri, genetik algoritma ve mekân dizim yöntemleri ile hastane içerisindeki konumları da göz önünde bulundurularak, estetik, mesafe, görünürlük açısından optimum bir çözüm önerisi geliştirilmeye çalışılmıştır.

1.2. Kapsam

Günümüzde gittikçe karmaşık hale gelen sağlık hizmetlerin sunumunda sağlık yapılarının tasarımı önem arz etmektedir. İşte tam da bu noktada bu çalışma ile mimari tasarım ekseninde sağlık yapılarından olan hastane tasarımlarına geniş bir bakış açısı sunulması amaçlanmıştır. Sağlık hizmetini iyileştirmek ve konforlu bir ortam sağlamak adına çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Son dönemde elde edilen veriler hasta sağlığı hastane tasarımı ilişkisinin hasta sağlığına katkı sağladığını göstermektedir. Bundan dolayı hastane tasarımları oldukça önem arz etmektedir. Bu çalışmada da hastanenin önemli bir fonksiyon grubu olan hastane polikliniklerinin ele alınması amaçlanarak, polikliniklerde hastaların minimum rota çakışması, minimum yürüme mesafesi ve görünürlüğü yüksek olan mekânlar elde ederek hastane tasarımlarının optimizasyonunun sağlanmasına çalışılmıştır. Bunları elde etmek için kanıtlanmış verilerden faydalanılarak çeşitli yazılımlar aracılığı ile sonuç elde edilmeye çalışılmıştır. Bu bağlamda hesaplamalı tasarım yöntemlerinden faydalanılmıştır.

Mimari tasarım ekseninde sağlık yapılarından olan hastane poliklinik tasarımlarına geniş bir bakış açısı sunulması amaçlanmış, hastane tasarımının gelişim süreci göz önünde bulundurularak tasarım araştırma teknikleri ile çözümlenmesi ve çağın gereksinimleri ile birlikte çeşitli tasarım standartları, ihtiyaçlar, geri bildirimler, analizler ve kanıta dayalı tasarımlarla birlikte geliştirilecek sistem ile bir tasarım altlığının model üretiminde kullanılması hedeflenmiştir. Geliştirilen sistem ile tüm girdilerin ortak bir tasarım altlığı oluşturması hedeflenmektedir. Bu noktada

bildiri kapsamında hastane poliklinik işleyiş sistemi literatürde taranmış böylece bu çalışma alan çalışmasına altlık oluşturmuştur. Çalışmanın özünü oluşturan dış hasta merkezli çalışan, hastane poliklinikleri ele alınarak, çeşitli yöntemler ile hastane içerisindeki konumları da göz önünde bulundurularak, estetik, mesafe, görünürlük açısından optimum bir çözüm önerisi geliştirilmeye çalışılmıştır.

Polikliniklerin en belirgin özelliği birbirini tekrar eden mekânların varlığıdır. Tekrara dayalı yapılar iyi tanımlı (well-defined) olarak tanımlanmaktadırlar (Kepez O. 2001). Bu mekân yerleşimi sebebi ile hastane planlarının biçim grameri analizi ile değerlendirilerek, mekân türetilmesi çalışmada yer edinmiştir. Genetik algoritmalar yardımı ile de bu mekânların optimizasyonun sağlanması ve üretilen model ile geçmiş tasarımlar arasındaki görünür ilişkinin mekân dizim yöntemi ile değerlendirilmesi çalışmanın ana odak noktalarını oluşturmaktadır. Çalışmanın ana sorusu 'Hastane polikliniklerinde kullanım optimizasyonu sağlamak için nasıl bir tasarım modeline ihtiyaç vardır?' olarak belirlenmiştir.

1.3. Yöntem
Çalışmada kural tabanlı tasarım yöntemlerinden faydalanılarak, karma bir yöntem kullanılmış olup; üçlü bir yöntem uygulanmıştır (**Şekil 3**).



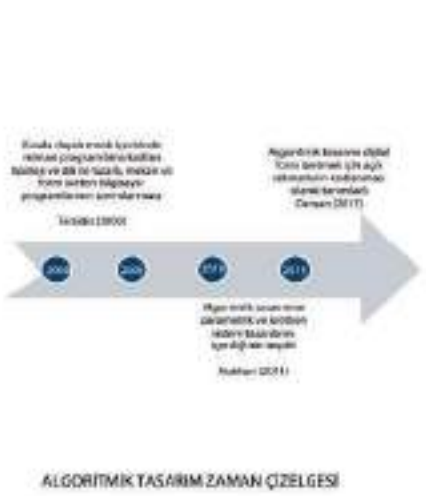
Şekil 3: Yöntem diyagramı.

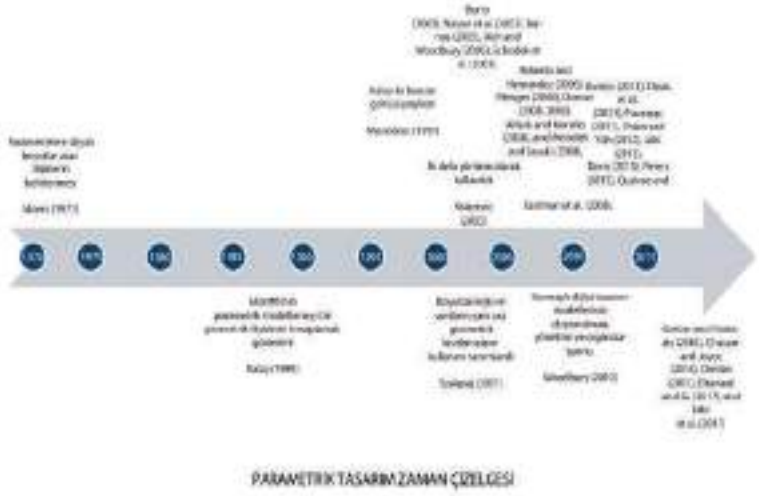
İlk olarak hastane poliklinikleri biçim grameri ile analiz edilmiş, üretilen kurallar çerçevesinde hastane poliklinik planları elde edilmiştir. İkinci yöntem olan genetik algoritmalar tanımlanan kurallar çerçevesinde hastane planlarına uygulanmış üretilen planlar biçim grameri yöntemi kullanılarak elde edilen planlar arasındaki ilişki görünürlük, derinlik ve okunabilirlik açısından mekân dizimi (space syntax) değerlendirme yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Özetle kural tabanlı tasarımlardan biçim grameri ve genetik algoritma yöntemleri model oluşumunda kullanılmış, değerlendirme ve seçim yöntemi olarak ta mekân dizim yönteminden faydalanılmıştır.

Çalışmada belirtilen üç aşamalı yöntem olan biçim grameri (shape grammar), genetik algoritma (genetic algorithm) ve mekân dizim yöntemi (space syntax) şu şekilde uygulanmıştır: Öncelikle biçim grameri çerçevesinde hastane poliklinikleri planları incelenerek poliklinik mekânlarının boyutları ortaya konulmuştur. Boyut ve alan ilişkisi elde edilen grafiklerle verilerek ortalama mekân boyutları çıkarılmıştır. İncelenen hastane planlarından bu bağlamda mekânsal ilişkileri ortaya konmuş ve kural setleri oluşturulmuştur. Elde edilen tüm veriler genetik algoritmada mekân üretimleri için Grasshopper programından faydalanılarak bir model oluşturulmuş ve oluşturulan model bir ilişki temelli optimizasyon devresi ile tanımlanmıştır. Genetik algoritmada ile verilerden yüzlerce plan alternatifi tek koridorlu plan şeması örneğinde oluşturulmuştur. Çalışma ilerleyen aşamalarda her bir plan tipi şeması için ayrı alternatiflerin oluşturulması olanağı sunmaktadır. Elde edilen optimize hastane planı ve mevcut hastane projelerini mekânsal ilişki bağlamında görünürlüğünü ve derinliğini değerlendirmek için mekân dizimi yönteminden nasıl faydalanılacağına dair örnek bir değerlendirme yöntemi verilerek çalışma sonuçlandırılmıştır.

2. Kural Tabanlı Tasarım ve Uygulama
Kural tabanlı tasarım yaklaşımları literatürde incelendiğinde biçim grameri, genetik algoritmalar, algoritmik tasarım, parametrik tasarım, etmen tabanlı sistem yaklaşımlarından yararlanılan farklı üretken tasarım tekniklerinin yer aldığı görülmektedir (Morris, 1971; Stiny ve Mitchell 1978; Kalay, 1989; Kolarevic, 2003; Terzidis, 2003; Duarte, 2001; Oxman, 2007; Eastman, 2008; Woodbury, 2010). Çalışmanın yöntemini oluşturan kural tabanlı tasarımlar süreç içerisindeki gelişimleri ile aşağıda literatür çerçevesinde ele alınmıştır:

Knight (1997) biçim gramerlerini altı grupta sınıflandırmaktadır: Temel gramerler (basic grammer), temel olmayan gramerler (no basic grammer), ardışık gramerler (sequential grammer), eklemeli gramerler (additive grammer), belirleyici gramerler (deterministic grammer) ve sınırsız gramerler (unrestricted grammer). Temel gramerler birbirini takip eden kural setlerinden oluşur. Eklenen kurallar birbirinin devamını sağlar. Temel olmayan gramerler bir önceki tasarımın bazı adım ve türetmelerinden ortaya çıkar. Ardışık gramerlerde kural sıralı olarak ardışık uygulanır. Şekillerin simetrik ilişkisine dayanır. Eklemeli gramerlerde kural seti sıralamasına bağlı kalınmadan başlangıç şeklinin türetilmesi ile üretilir. Belirleyici gramerlerde başlangıç şekli tüm kurallar için aynıdır. Sınırsız gramerler ise parametrik şekillere bağlı kalmadan üretim gerçekleştirirler. Esas olarak bir kurallar bütünü olarak tanımlanabilecek olan biçim gramerleri bir çözümleme/analiz ve yeniden üretme tekniğidir. Stiny (1977)'in çalışmaları bu alandaki ilk örneklerden olmakla beraber parametrik biçim grameri üretimlerinin yer aldığı çalışması olan (Stiny ve Mitchell, 1978) Palladio villalarının plan üretimleri gerçekleştirdiği çalışma mimari tasarım örneği bakımından ele alınan ilk çalışmalar arasındadır.
Tasarım ve üretim aşamalarını kurala dayalı bir sistem içerisinde süreç olarak ifade eden tasarım anlayışı olan algoritmik tasarım 2003'te Terzidis'in kurala dayalı mantık içerisinde mimari program bina kodları, tipoloji ve dili ile tutarlı, mekân ve form üreten bilgisayar programlarının tanımlanması ile başlamış, 2017'de Oxman tarafından algoritmik tasarımı dijital form üretmek için açık talimatların kodlanması olarak tanımlanmıştır (**Şekil 4 (a)**).





Şekil 4 (a) : Algoritmik Tasarım Zaman Çizelgesi.

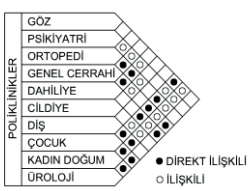
Şekil 4 (b) : Parametrik Tasarım Zaman Çizelgesi.

Tasarım ve üretim aşamalarını kurala dayalı bir sistem içerisinde parametrelerle ifade eden tasarım anlayışı olan parametrik tasarım ilk olarak 1971'de Morris tarafından parametrelere dayalı boyutsal ilişkiler olarak tanımlanmıştır. Kalay (1989) geometrik ilişkilerin hesaplamalı gösterimi olarak ifade edilmiş, 2003 yılında ilk olarak yöntem olarak Kolarevic tarafından kullanılmıştır. 2010 yılında Woodbury tarafından karmaşık dijital tasarım modelleri oluşturulmuştur (**Şekil 4 (b)**).

2.1. Biçim Grameri (Shape Grammer)

Yukarıda verilen kural tabanlı tasarım tekniklerinden Biçim gramerleri iki türde ele alınabilmektedir: analitik ve orijinal. Analitik örnekler geleneksel yapılarla örneklenirken, orijinal örnekler ise yeni yaratımlar ve özgün çalışmalar olarak tanımlanmaktadır (Çolakoğlu, B. 2002).

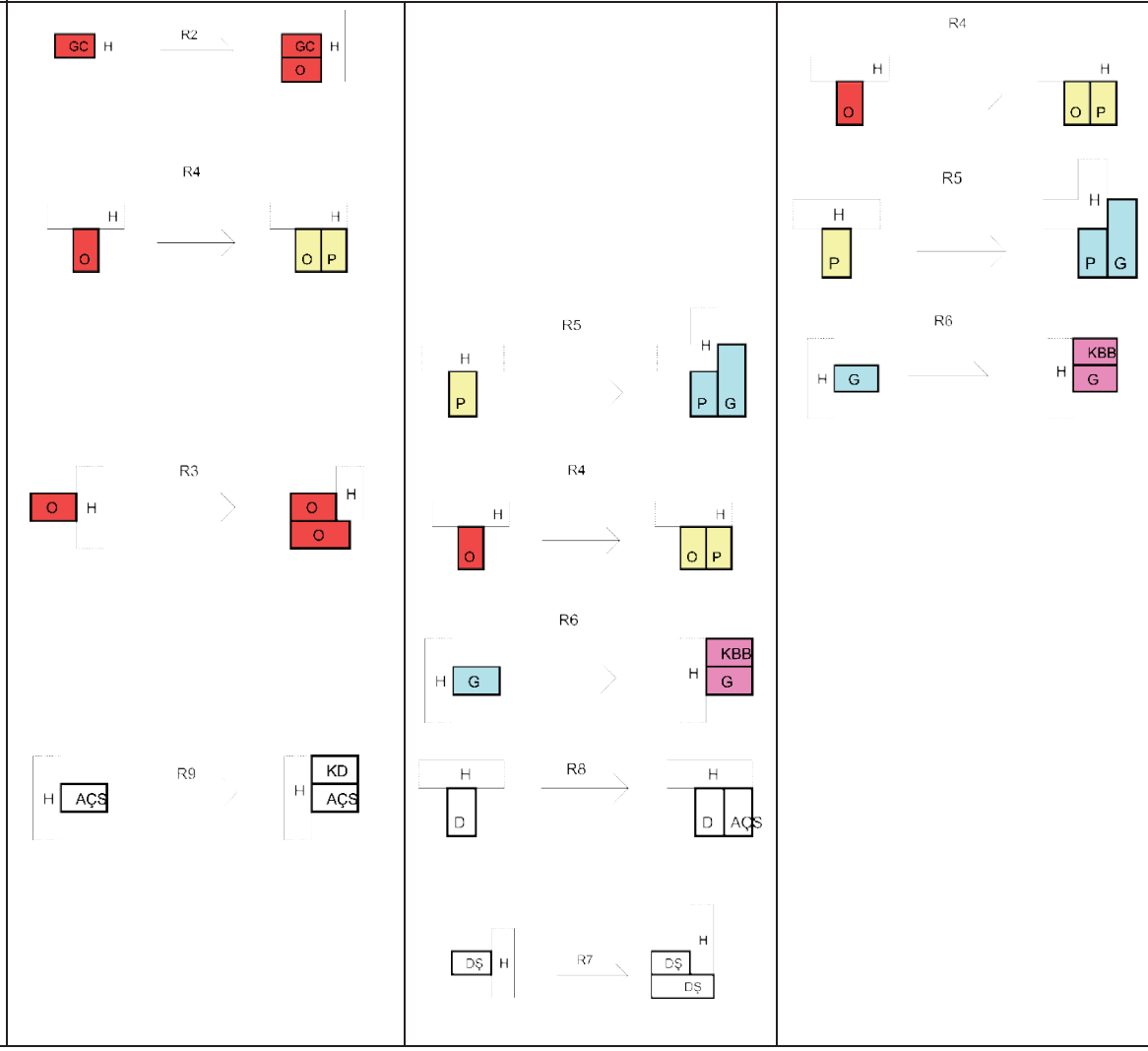
Çalışma kapsamında örneklem olarak seçilen hastane yapılarının dış hasta merkezli çalışan, teşhis birimlerinden olan poliklinikler planlanmaları itibari ile kurallı bir tasarıma sahip olmakla birlikte özgün örnekler özelinde ele alınan bu çalışma ile incelenen hastane poliklinikleri kurala dayalı tasarım anlayışı çerçevesinde ele alınmıştır.

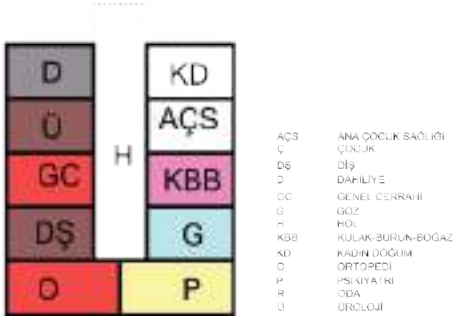


Şekil 5: Poliklinik İlişki Matrisi.

Şekil 5' te yer alan incelenen hastane poliklinikleri ilişki matrisi verilmiştir. İlişki matrisinde yer alan poliklinik birimleri tek koridorlu hastane plan şemasına sahiptirler. Tek koridorlu hastane plan şemaları bir araya geliş biçimleri üzerinden kurallar üretilerek (**Tablo 1**), bu kurallar çerçevesinde özgün hastane plan şeması **Şekil 6**'da verilmiştir.

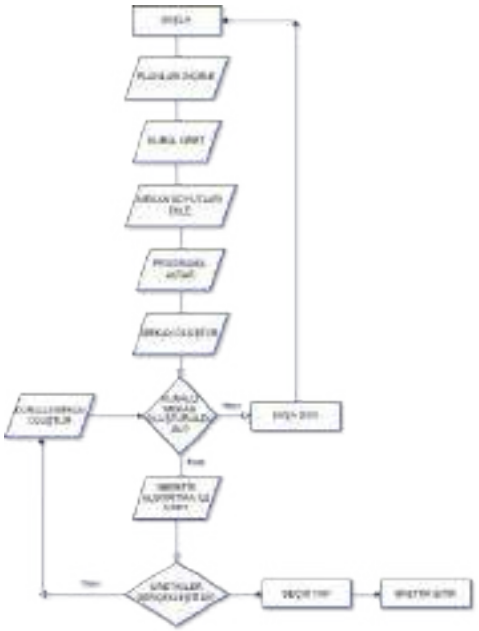
Tablo 1: Kural Seti.

Mekân Adı	Kurallar
GC	
P	
G	
O	
KBB	
AÇS	
DŞ	

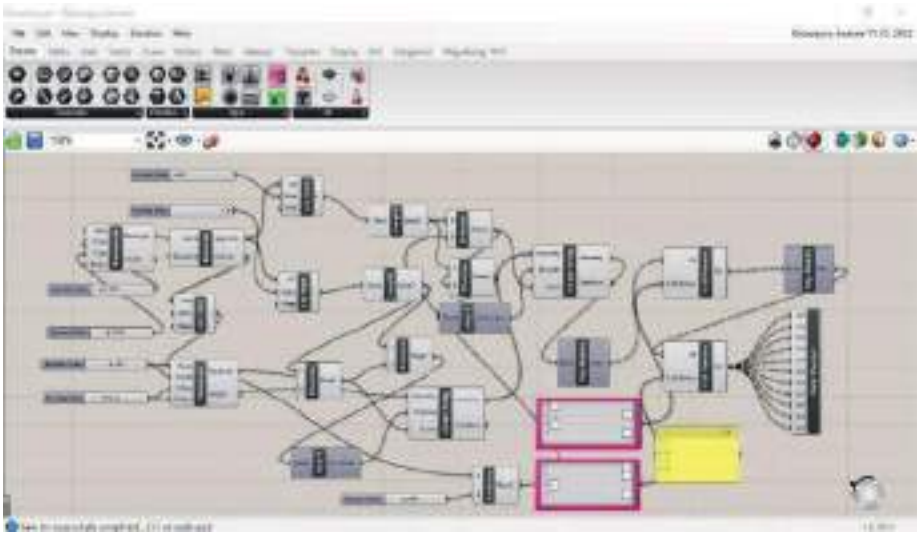


Şekil 6: Kurallı Poliklinik Yerleşimi.

2.2. Genetik Algoritmalar (Genetic Algorithm)



Şekil 7 (a): Üretim Algoritması.



Şekil 7 (b): Model Devresi.

Şekil 7 (a)' da genetik algoritma üretimleri için bir üretim algoritması verilmiştir. Buna göre; incelenen plan şemalarından kurallar üretilmiş ve incelenen polikliniklerin mekân boyutları çeşitli standartlar çerçevesinde yorumlanarak, optimum mekân boyutları elde edilmiştir. Elde edilen veriler rhino/grasshopper programı aracılığı ile genetik algoritma kullanılarak bir model devresi (**Şekil 7 (b)**) oluşturulmuştur. Üretilen devre ile kurallı mekân üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen kurallı optimize mekân üretimleri arasından en uygun plan tipi seçilerek üretim tamamlanmıştır. Üretim sonucunda **şekil 8'** de yer alan plan şeması sonuç ürünü olarak verilmiştir.

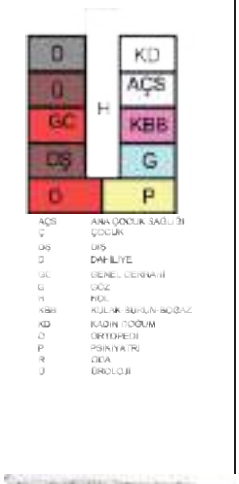
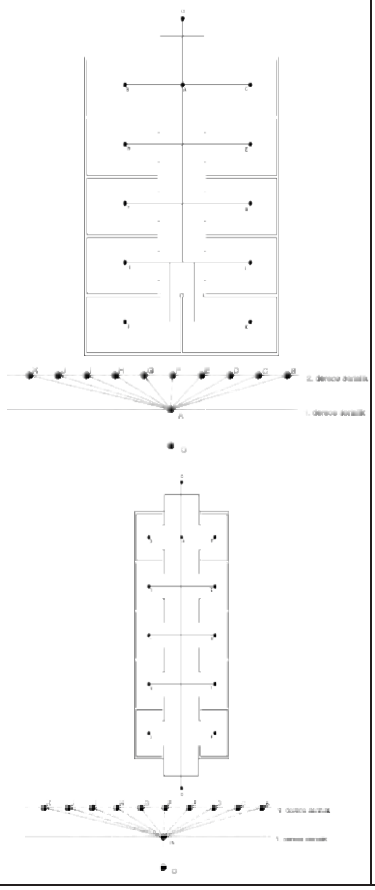
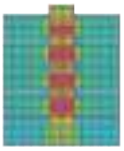
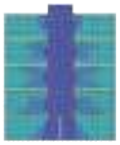
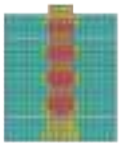


Şekil 8: Genetik Algoritma Üretimi Sonucu Seçilen Plan Şeması.

2.3. Mekân Dizim Yöntemi (Space Syntax)

Mekânların değerlendirilmesinde, somut veriler kadar soyut veriler de büyük rol oynamaktadır. Ancak soyut verilerin nesnel bir biçimde değerlendirilmesi oldukça zordur. Hillier'e göre mekân dizim yöntemi, yerleşim alanlarındaki ya da yapılardaki mekânsal şekillenmenin açıklamasını ve sınıflandırmasını yapabilmek için kullanılan teknikler bütünüdür. Bu tekniklerin amacı, öncelikle mekânsal organizasyonların kullanıcı hareketleri ve görüş alanlarıyla ilişkisini objektif olarak inceleyerek; mekânların bu kullanıcıları bir araya getirme ve yönlendirme potansiyellerini ortaya çıkarmaktır. Bu anlamda mimarlığın temelini oluşturan mekâna dair somut ve soyut verileri objektif bir biçimde değerlendirmeye yarayan mekân dizim yöntemi, mekânsal formları çözümleyebilmek için mimarlar tarafından tercih edilen yardımcı bir araçtır (Şahin ve Olğun, 2020). Bu doğrultuda çalışmada yer edinen mekân dizim yöntemi iki farklı yöntemi değerlendirmek amacı ile bir analiz tekniği olarak kullanılmıştır. **Tablo 2'** de biçim grameri sonucu üretilen plan şeması ile rhino/grasshopper yardımı ile genetik algoritma kullanılarak üretilen optimize plan şemaları karşılaştırmalı olarak verilerek, mekan dizim yöntemi ile karşılaştırmalı analiz sonuçları verilmiştir:

Tablo 2: Mekân Dizimi ile Analiz.

Plan Şeması	Graph Şeması	Bağlantılılık	Derinlik	Görsel Entegrasyon	Sonuç Özeti
					
					

Bu sonuçlara göre (**Tablo 2**); graph şemasında; β<1 ise yapı ağaç, β=1 ise döngü, β>1 ise bu graph kompleks devre özelliğini göstermektedir. Şebekenin; ağaç, döngü veya kompleks devre olması; bina bütünsel formunun lineer, döngüsel veya kompozit formlardan hangisine uygun olduğunu tanımlamaktadır. **Tablo 2**'de sonuçları verilen tabloya göre biçim grameri ile üretilen plan şeması ile genetik algoritma ile üretilen plan şemalarının β değerleri aynı sonucu vermiştir (β: 16/12=1.33 > 1). Yapı kompleks (kompozit form) devre özelliği göstermiştir. Lineer formda bir yapıdır (**Tablo 2**). Gama indeksine göre; 1 değeri tam bağlantılılık iken, 0 değeri şebeke elemanları arasında tam bağlantısızlığı göstermektedir. Mekânsal dizim teorisi, yüksek entegrasyon değerine sahip olan sığ mekânları yüksek görselliğe ve geçirgenliğe sahip mekânlar olarak tahliye noktaları olarak tanımlamaktadır. Bu noktalar sosyal etkileşimin çok olduğu bütünleşik alanlardır. Buna karşın daha düşük sosyal etkileşimin olduğu mekânlar ise derin ve düşük entegrasyona sahip mekânlardır. Almış olduğumuz 0.0606 ($16/12^2$-12/2=0.0606) değeri tam bağlantısızlığı ifade etmektedir (**Tablo 2**). Mekân derinlik açısından az bir değere sahipse bu durumda derinlik "sığ", yüksek bir değere sahipse "derin" denilmektedir. Ortalama derinlik hesabında yüksek (2.138) bir değer alan biçim grameri ile türetilen plan şeması; genetik algoritma ile türetilen plan şeması üretiminde daha düşük bir değer (1.659) almış ve bu plan şeması biçim grameri plan şemasına göre daha sığ bir yapıdadır (**Tablo 2**).

3. Sonuçlar

Mimarlık kurallarla yaşamı şekillendiren mekânlar üretir. Özgün tasarımlardan yola çıkılarak ortaya konulan tasarımlar nitelikli yapı üretimi konusunda tasarımcıya yol gösterir. Tüm bu amaçlar doğrultusunda kurallı yapı tasarım yöntemlerinin bir arada kullanıldığı bu çalışmada poliklinik plan şemalarından üretilen optimize plan şemaları kurala dayalı tasarlanan plan şemalarına göre daha sığ bir yapıda olduğu ve yapısı itibari ile sosyal etkileşimin yüksek olduğu

mekân sınıfında yer aldığı, görünürlük ve yoğunluk açısından daha verimli olduğu ve hastanelerin olası büyüme ihtimaline elverişli oldukları görülmüştür.

Teşekkür
Rhino/Grasshopper eğitim ve model oluşturma sürecindeki katkılarından dolayı Endüstri Ürünleri Tasarımcısı Cem DÖNMEZ hocama teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

Aydın D. (2001), *'Genel Hastanelerde Teknolojik Gelişmelerin Bina İhtiyaç Programına Etkilerinin Araştırılması'*, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Yükseköğretim Kurumu Ulusal Tez Merkezi.

Ceresoli, J.D., (2019). *HCD-SIM: Healthcare Clinic Design Simulator With Application to a Bone Marrow Transplant Clinic,* Yüksek Lisans Tezi, Rochester Institute of Technology.

Çolakoğlu, B., (2002). *' An Informal Shape Grammars for Interpolations of Traditional Bosnian Hayat Houses in a Contemporary Context',* Generative Art. http://papers.cumincad.org/data/works/att/ga0212.content.pdf/ .

Duarte, J. P. (2001). *Customizing Mass Housing: A Discursive Grammar for Siza's Malagueira Houses,* Doktora Tezi, MIT, USA.

Erçetin, A. (2019). *Değişen Kullanım İhtiyaçları karşısında Hastane Giriş Mekânlarının Şekillenmesi,* Gece Akademi, Ankara.

Erem, Ö., ve Ermiyagil, A.S.M. (2016).*'Adapted design generation for Turkish vernacular housing grammar'* Environment and Planning B, Vol. 43(5) 893–919.

Ergenoğlu, A.S. (2006). *'Sağlık Kurumlarının İyileştiren Hastane Anlayışı ve Akreditasyon Bağlamında Tasarımı ve Değerlendirilmesi'*, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Yükseköğretim Kurumu Ulusal Tez Merkezi.

Hillier, B., Leaman, A., Stansall, P., & Bedford, M. (1976). *'Space syntax', Environment and Planning B: Planning and design*, *3*(2), 147-185. https://doi.org/10.1068/b030147/ .

International Health Facility Guidelines (2016). Part B – Health Facility Briefing & Design 245 Outpatients Unit.

Kalay, Y.E., (1989). *Modeling Objects and Environments (Principles of Computer Aided Design).* Wiley-Academy, New York.

Kepez O. (2001), *'Hastaneler İçin Hasta Bakım Ünitelerine Dayalı Bir Tasarım Modeli Önerisi',* Y.Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yükseköğretim Kurumu Ulusal Tez Merkezi.

Knight, T.W. (1999). '*Shape Grammers: Six types.', Environment and Planning B: Planning and design*, 15-31. https://doi.org/10.1068/b260015/ .

Kolarevic, B. (Ed.), (2003). *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing*, first ed. Spon Press.

Oxman, R., (2017). *Thinking difference: theories and models of parametric design thinking.* Des. Stud. 1e36. http://dx.doi.org/10.1016/j.destud.2017.06.001/ .

Stiny, G. (1977). *Ice-ray: a note on the generation of Chinese lattice designs*, Environment and Planning B, 4, 89-98. https://doi.org/10.1068/b040089/ .

Stiny, G. ve Mitchell, W. J. (1978). *The Palladian Grammar*, Environment and Planning B, 5, 5-18. https://doi.org/10.1068/b050005/ .

Şahin, M., ve Olğun , T., (2020, Mart 5). *'Mekân Dizim Yöntemi İle Geleneksel Konutlarda Yeniden İşlevlendirme Uygulamasının İncelenmesi: Malatya Beşkonaklar Örneği.'* ISENSA 2020 II. Uluslararası Mühendislik Fen Bilimleri ve Mimarlık Sempozyumu, Diyarbakır, Mutman, U.& Özkale, C. (ed), pp. 6-10. https://mega.nz/file/vk1HxbKR#Ms3zr_CWPJOwkpeTLwvUP6r9DnGvqotgNWVbthM89B0 .

Terzidis, K. (2003). *'Expressive Form: A Conceptual Approach to Computational Design'* London: Spon Press.

Woodbury, R., 2010. *Elements of Parametric Design.* Routledge, New York.

Kurallara Bağlı Sistemlerle Adaptif - Duyarlı Mekânsal Kodlar Üretilmesi

Gözde Betülay Yorulmaz [1]; Levent Arıdağ [2]
[1]Gebze Teknik Üniversitesi; [2]Gebze Teknik Üniversitesi
[1]g.yorulmaz2021@gtu.edu.tr; [2]www.leventaridag.com, [2]leventaridag@gtu.edu.tr

Özet

Dijital araçların hızlı gelişmesiyle yapay ortamda ortaya çıkan işbirlikçi ve katılımcı üretken sistemler adaptif kodlarla etkileşimli deneyimler sunmaktadır. Adaptif kodların interaktif olmasıyla deneyim öznesi sürecin oluşumunda ve işleyişinde yer almaktadır. Yapay yaşam biçimlerinden biri olan üretken sistemler, morfogenetik yaklaşımla dijital araçlarla biçimlenmekte ve kodlanmaktadır. Üretken sistemleri oluşturan duyarlı uzantılar ve dijital araçlar arasındaki ilişkilerle etkileşimli arayüzler ve uzantılar meydana gelmektedir. Kural tabanlı sistemlerin ve alışıla gelmiş tasarımların dijitale aktarılmasını sağlamanın yanı sıra, kendi işleyişini üreten sistemlerin mimarlıkta etkileşimli olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Kullanıcı etkileşimli algoritmalar ve kodlarla beraber kurallara bağlı sistemler için alternatif çözüm arayışları değişmekte ve davranış dinamikleri duyarlı olana yönelmektedir. Bu bağlamda işbirlikçi ve katılımcı üretken sistemlerle mekân tasarımları için yenilikçi ve interaktif çözümler üretmek ve bu sistemler duyarlılık barındıran mekânlar için kullanıcı etkileşimli kodlar tasarlanmaktadır. Çalışma kapsamında kendi sınırlarını dönüştüren ve katmanlaşarak boyutlandıran adaptif davranışın, dijital ortamda etkileşimli üretilen kodları Voronoi diyagramı üzerinden anlamayı amaçlanmaktadır. Voronoi diyagramının veri noktalarıyla oluşan ağsı sistem ve bu sistemin bir parçası olan Voronoi hücrelerinin organizasyonu duyarlı mekânlar/formlar dönüştürmeye yardımcı olur. Kullanıcının parametreleri değiştirerek farklı karakterde mekanlar ve mekân organizasyonlarının oluşturmasına olanak verirken üç boyutlu organizmik sistem temsil edilmektedir. Organizmik sistemin sayısal verilerle eş zamanlı etkileşimi sonucunda mekânların/formların üretilmesi ve farklı senaryolara entegre olabilmesiyle ön plana çıkarmaktadır. Kendi kendini organize eden sistemleri karmaşık formlara dönüştürmeye yardımcı olabilecek dijital bir eklenti olan Voronoi, Rhinoceros üzerinden Python dilinde kodlanarak aktarılmaktadır. Yapılan analizler ve bulgular sonucunda kullanıcı etkileşimli algoritmanın esnek ve eş zamanlı veri tabanları oluşturmasıyla beraber karmaşık mekânsal formlar için tasarım kararlarını alırken işbirlikçi sürece yönlendirerek, mimarlıkta duyarlı kod üretiminin bir parçası haline gelmektedir. Bu dinamik bir akış içeresinde mekânsal deneyimler de dönüştürerek boyutlanmasını sağlar. Adaptif davranış barındıran kodların dijital ortamda görselleştirilmesiyle birçok disiplinlerin etkileşim içinde olduğu bir süreç meydana gelir. Bu çalışma, benzersiz çözümler üretmek için mimarinin karmaşık mekânsal formlarını ve organizasyonlarını araştırmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Parametrik Tasarım, Adaptif davranış, Morfogenez, Python, Voronoi diyagramı*

Generating Adaptive and Responsive Spatial Codes with Rules-Based Systems

Gözde Betülay Yorulmaz [1]; Levent Arıdağ [2]
[1]Gebze Technical University; [2]Gebze Technical University
[1]g.yorulmaz2021@gtu.edu.tr; [2]www.leventaridag.com, [2]leventaridag@gtu.edu.tr

Abstract

Collaborative and participatory generative systems that emerged in the artificial life with the rapid development of digital tools offer interactive experiences with adaptive codes. With adaptive codes being interactive, the subject of experience is involved in the formation and functioning of the process. Generative systems, one of the artificial life forms, are shaped and coded with digital tools with a morphogenetic approach. Interactive interfaces and extensions are created by the relationships between responsive extensions and digital tools that make up generative systems. In addition to providing the digital transfer of rule-based systems and conventional designs, it shows that systems that produce their functioning can be used interactively in architecture. With user-interactive algorithms and codes, the search for alternative solutions for rule-based systems is changing and behavior dynamics are turning the sensitive. In this context, it produces innovative and interactive solutions for space designs with collaborative and participatory generative systems, and these systems design user-interactive codes for sensitive spaces. Within the scope of the study, it is aimed to understand the codes produced interactively in the digital environment of adaptive behavior, which transforms its boundaries and dimension by layering, through the Voronoi diagram. The network system formed by the data points of the Voronoi diagram and the organization of the Voronoi cells that are a part of this system help transform sensitive spaces/forms. The three-dimensional organic system is represented while allowing the user to create spaces and spatial organizations of different characters by changing the parameters. As a result of the simultaneous interaction of the organismal system with digital data, the production of spaces/forms and their integration into different scenarios come to the fore. Voronoi, a digital plug-in that can help transform self-organizing systems into complex forms, is coded in Python language via Rhinoceros. As a result of the analysis and findings, the user leads the collaborative process when making design decisions for complex spatial forms, together with the interactive algorithm creating flexible and simultaneous databases. It becomes a part of responsive code generation in architecture. This enables it to be dimensioned by transforming its spatial experiences into a dynamic flow. With the codes that contain adaptive behavior and visualization in the digital environment, a process in which many disciplines interact occurs. This study explores the complex spatial forms and organizations of architecture to produce unique solutions.

Keywords: *Parametric Design, Adaptive behavior, Morphogenesis, Python, Voronoi diagram*

1. Giriş

Günümüzde dijital araçların kullanımının yaygınlığını artmasıyla "edimsel" ve "virtüel" deneyimler aynı ortamda yaşanmaya başlamıştır. Bu varoluş ikiliğinde, hem edimsel olan virtüeli, hem de virtüel olan edimseli etkilemektedir. Her çokluk edimsel ve virtüel öğeler barındırır, hiçbir nesne tamamen edimsel değildir. Edimsel olan her şey virtüel imgelerden bir sisle çevrilidir (Deleuze, 2002). Virtüelin varlığının benimsenmesiyle birlikte, bu iki kavramın sentezinden etkileşimli deneyim mekânları ortaya çıkmaktadır. Artan karmaşık mekânsallıklar/formlar artık çağdaş yazılımlar (Python, C++, Rhinoscript…) ve dijital üretim araçları kullanılarak üretilmeye başlanmıştır. Sibernetik mekân sayesinde, karmaşıklığa yepyeni bir alan açılmaktadır. Sibernetik mekân bilgisayar tarafından üretilen etkileşime açık, çok boyutlu sentetik uzantılara sahip olan sistemdir (Benedikt, 1991). Sibernetik mekân, yapay olarak üretilen genellikle bilgisayar tabanlı ortamlar tarafından oluşturulan çok boyutlu bir yer anlamına gelmektedir. Sibernetik kuramın öncülerinden olan matematikçi Norbert Wiener, sibernetiği insan ve hayvanlarda kontrol ve iletişimi konu alan çalışma alanı olarak tanımlarken Krippendorff (2007) sibernetik kelimesini karmaşık, uyarlanabilir, özerk ve organizasyon yeteneğine sahip yeni fenomenlerin ortaya çıktığı bir kavram olarak tanımlamaktadır. Jean-Pierre Dupuy'a (1996) göre sibernetikten etkilenen Maturana ve Varela, biyoloji tabanlı Otopoiesis (Autopoiesis) kavramını geliştirmiştir.

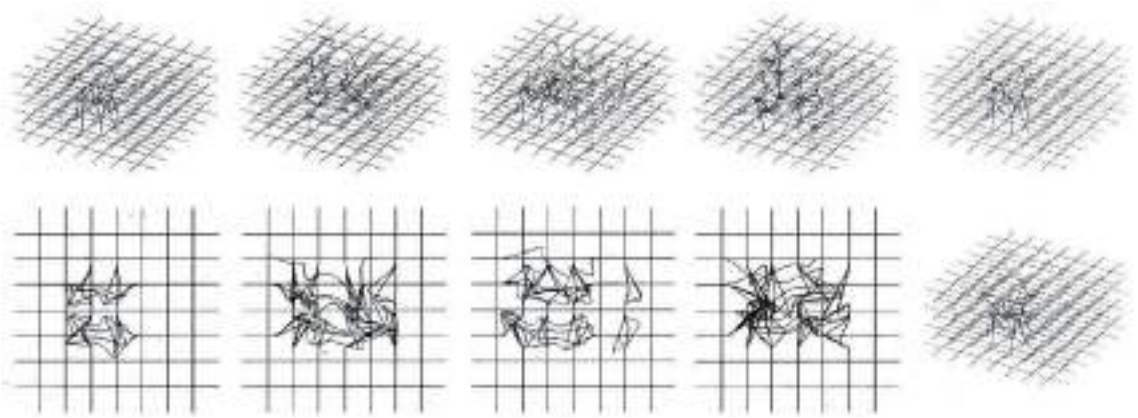
Bilgi teknolojilerine bağlı kodların üretimi, insanın kültürel, sosyal ve psikolojik bağlamını değiştirmekte, sonuç olarak mimarlık fikri evrim geçirmekte, artık multidisipliner bir mimarlık anlayışı oluşmaya başlamaktadır. Farklı disiplinlerin ortak ufukta birleşmesi ve birbiriyle etkileşime girmesiyle yeni melez kavramlar ortaya çıkar. Kendi başına ortaya çıkmayan ama yaratıcı disiplinlerin ilişki kurmasıyla zaman, mekân, bilgiler bu süreçte dönüşüm geçirir (Deleuze, 2002). Algısal, bilişsel içerikler, mekânsal deneyimler ve üretilen formlar için yepyeni bir çerçeve çizmektedir. Adaptif kodlar ve etkileşimli Voronoi diyagramı kullanılarak oluşturulan mekânlar/formlar mimarlık alanı için yeni tasarım stratejileri olasılıkları sunmaktadır. Mimari tasarıma Voronoi diyagramının dahil edilmesiyle karmaşık formlar ve mekanlar üretilmeye başlanmıştır. 2011 yılında Stuttgart Üniversitesi'ndeki öğrenciler, Hesaplamalı Tasarım Enstitüsü (ICD) ile Bina Yapıları ve Yapısal Tasarım Enstitüsü (ITKE) ile birlikte tasarladığı ICD/ITKE araştırma pavyonu projesi en bilinen parametrik tasarım örneklerinin başında gelmektedir (**Şekil 1**).



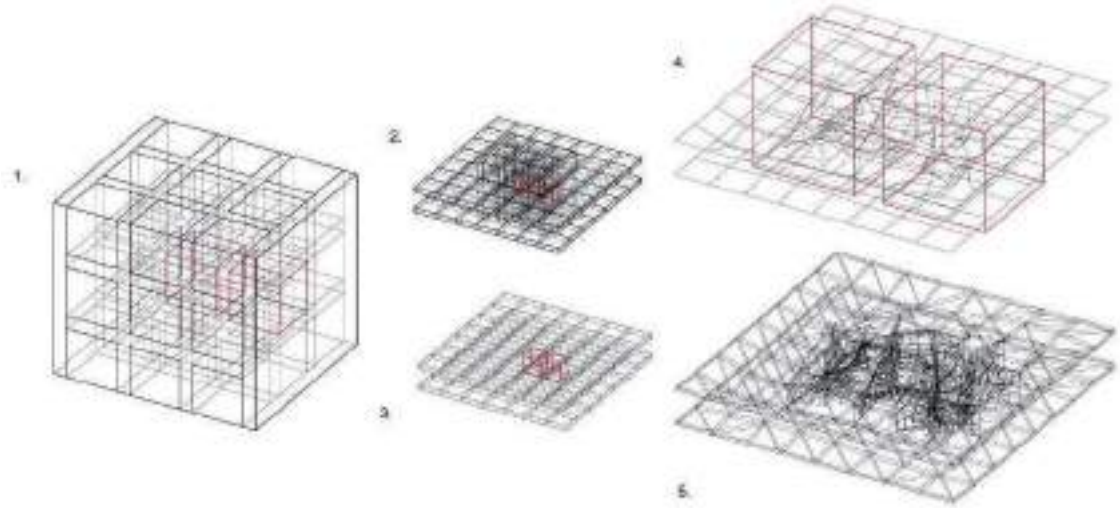
Şekil 1: ICD/ITKE Araştırma Pavyonu (Stuttgart, 2011), https://www.archdaily.com/200685/icditke-research-pavilion-icd-itke-university-of-stuttgart

Adaptif davranış, üretilen kodlar ile entegre olarak dinamik etkileşim oluşmasını sağlar, bu oluşum sonucunda adaptif kodlar meydana gelir. Adaptif kodlar ve virtüel uzantılar arasındaki ilişkiyi içeren sistem, karmaşık sistem teorileriyle ilişkilidir. Virtüel ve edimsel evrenin farklı eksenlerinde, kendiliğinden organize sistemlere dönüşen adaptif kodlarla, virtüel tasarım araçlarının inovatif kullanımına olanak sağlayan, "gerçek zamanlı" etkileşimli deneyim mekânları üretilebilmektedir. Bu deneyim mekânları virtüel tasarım araçlarına ve etkileşimli teknolojik cihazların kullanılmasına olanak sağlayan, gerçek zamanlı bir hibrid bir uzay olarak üretilir (Dourish & Bell, 2011). Edimsel ve virtüelin melezlenmesiyle zaman ve mekân algısı yeni bir boyut kazanmaktadır. Eisenman'ın Sanal Evinde (Virtual House) eş

zamanlı işleyen sanal devinimlerin, zamanla diyagramların mekân algısını değiştirdiği görülmektedir (**Şekil 2**). Makine içerisinde hareket eden diyagramlar aracılığıyla izi kaydedilen her durum zamansal olduğu kadar mekânsal süreç içerisinde algılanıp kavranabilmesi için görselleştirilen bir sistemdir (**Şekil 3**). Zaman ve mekân ilişkisini güç ekseniyle belirleyen dinamik, karmaşık bir akış olarak görmekte olan Kwinter, mekân ile zamanı birbirleriyle etkileşimde olan çokluklar olarak ele almaktadır. Magermans'a (2004) göre siber uzayda mekân, uzamsal ve çok boyutlu nitelikler sunmaktadır. Çoklu duyusal deneyimler yaratan deyim mekânları dönüşebilen, etkileşimli, interaktif ve yapıcıdır. Bu çalışmada mimarlıkta morfogenetik yaklaşımla virtüel ortamda kodlarla oluşan işbirlikçi sistemler ve yapay ortamda duyarlı uzantılara sahip sentetik oluşumlar incelenmektedir.



Şekil 2: Sanal Ev diyagramlarının oluşumu (Berlin, 1998), https://eisenmanarchitects.com/Virtual-House-1997



Şekil 3: Peter Eisenman'ın Sanal Evi (Berlin, 1998), https://eisenmanarchitects.com/Virtual-House-1997

Virtüel tasarım araçları ve teknolojilerinin gelişmesiyle mekân temsili tekdüzelikten çıkıp temsil ötesi biçimlere bürünmektedir. Temsil ötesi teori doğa-kültür, zihin-beden gibi düalist ayrımlardan birini tercih etmemekte ve bunu değişip dönüşen ilişkisel süreç olarak ele almakta temsilin ötesini görmeye çalışma biçimidir (Uysal & Güngör, 2016). Temsil ötesi teori, mekânın durağan yönünü eleştirip onu daha canlı ve duyarlı hale getirme çabası içindedir. Mekân kendi içinde karmaşık dinamikleri barındıran, üretken, deneyimlerle değişip dönüşen canlı bir sistemdir. Canlı sistemlerin belirleyici özelliklerinden biri kendi kendini var eden organizasyon biçimleridir. Kendini var eden bir sistem, kendi kendine yeten ve çevresinden kendi dinamikleri aracılığıyla ayrılan, bunu da sistem ve dinamiklerini birbirinden ayırt edilemeyecek şekilde yapar. Canlıları farklı kılan organizasyonlarının ürünü kendileridir, üreten ile ürün arasında ayrım yoktur (Maturana & Valera, 2010). Kendi bileşenlerini kendi üreten sistem organizasyonuna dayalı olmasına ilişkin düşünceye dayalı bir kavram olan Otopoiesis, günümüzde dijital tasarım teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte üretken sistemlerin kendi siber uzantılar bağlamında davranış dinamiklerini değiştirmektedir. Otopoiesisi anlamak için sistem/çevre, açık/kapalı sistemler, kendi kendini düzenleme, kendi kendini üretim, karmaşıklık gibi birçok sistem teorisi ve sibernetikten devralınan bir dizi kavramların bilinmesi gerektirmektedir. J. Varela (1981) otopiesis, biyolojik

fenomenler hakkındaki bakış açısı değişikliğinin merkezine koyar: Kendini üretme mekanizmalarının, canlıların hem çeşitliliğini hem de benzersizliğini anlamanın anahtarı olduğunu ifade eder. Bir sistemin özelliğini tanımlamak için kullanılır; kendi üretimlerini sağlayan bileşenleri kendileri oluşturmakta (otopoietik) ya da bu bileşenleri dışarıdan sağlamaktadır (allopoietik). Otopoietik sistemler etkileşime açık sistemler olup adaptif tavır içerir. Çevreyle etkileşim halinde olan üretken sistemler, virtüel ortamla ve uzantılarla artiküle olmasıyla organizmik sistemleri oluşturur. Bu sistemler de adaptif kodlar sayesinde çoklu duyusal deneyimler yaratan mekanlar üretilmesini sağlar.

2. Yöntem

Parametrik ve işbirlikçi süreçte, kendi kendine örgütlenen karmaşık geometriler/formlar Python dilinde kodlanarak dijital tasarım araçlarından biri olan Rhinoceros da etkileşimli olarak deneyimlenmektedir. Etkileşim içinde bulunan sistemlerin birbirine eklemlenip sibernetik uzantıların dönüşmesi sonucunda duyarlı mekânsal oluşumları ortaya çıkmaktadır. Ağsı sistemlerden birine sahip olan Voronoi diyagramı üzerinden duyarlı oluşumlar incelenmektedir. Çalışmanın yöntemi, nitel araştırma metodolojilerinden biri olan mantıksal akıl yürütmedir. Bu çalışmada ek olarak verilerinin dijital ortamda algoritmalar ile kodlanarak, birbiriyle olan ilişkisini ve üretken sistemlerin oluşturduğu morfolojik uzantıları anlamaya yönelik prospektif bir inceleme yapılmaktadır. Son olarak geliştirilen duyarlı ve kullanıcı etkileşimli kod oluşumunun hesaplamalı tasarım süreçlerine yaptığı katkı değerlendirmektedir. Dijital tasarım araçlarının ve teknolojilerin sağladığı yapay yaşamın, evrimsel süreçleri barındıran sentetik oluşumlar ve morfolojik formların duyarlı kodlarla biçimlenmesi beklenmektedir.

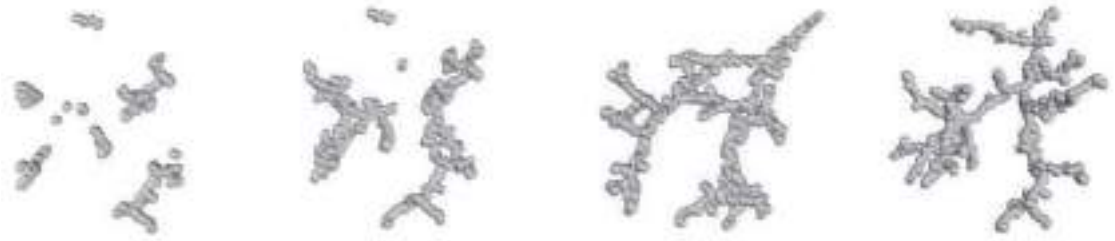
3. Hesaplamalı Tasarımda Morfogenetik Yaklaşımlar

Bilgisayar ve yazılım teknolojilerinin gelişimiyle beraber karmaşık ve yenilikçi tasarımlar için bir başka çözüm arayışı olarak görülen hesaplamalı tasarım, mekânsal organizasyonların, yeni formları ve yöntemleri ortaya çıkarmaktadır (Mitchell, 1995). Algoritmalara dayalı parametrik formlar için üretici ve yaratıcı potansiyeli barındıran bu yaklaşım mimaride ortaya çıkan yeni boyutların kapılarını açmaktadır. Kolarevic'e (2000) göre hesaplamalı tasarım, form oluşturma ve dönüşümlerini hesaplamaya dayalı süreçlerini kapsamaktadır. Veriler bu yaklaşımla sistematik olarak uyarlanabilir, esnek ve farklı senaryolara entegre edilebilir biçimler üretip, çeşitli varyasyonların oluşmasına da imkân vermektedir. Hesaplamalı tasarım ve süreçleri beraberinde yeni yaklaşımlar, kavramlar ve karmaşık geometriler getirmiştir. Algoritmik tasarım üretken sistemleri, parametrik tasarım, performansa dayalı tasarım, genetik algoritmalar, evrimsel mimarlık gibi birçok tasarım stratejisini barındırmaktadır.

İşbirlikçi ve katılımcı olan üretken sistemler; adaptasyon, doğal seçilim, genetik kodlama ve morfogenez ilkelerinin olduğu bir yapay yaşam biçimidir. Yapay yaşam (ALife) terimi, 1980'lerin sonlarında Langton tarafından ortaya konur, günümüzde yapay yaşam kavramı farklı anlamlarla tanımlanabilmektedir. Yapay yaşamın metabolik dengeyi, doğadaki gibi sağlayabilmek olduğu belirtir, Frazer (1995) mimarlıktaki biçim üretme sürecini de evrimsel bir süreç olan morfogeneze benzetmektedir. Morfogenez, canlının gelişmesi sırasında büyüme ve hücre farklılaşması ile adaptif tavrı ile form alması olayı olarak tanımlanmaktadır. Mimarlıkta duyarlı kod üretimi, doğadaki evrim sürecine benzer şekilde kendi kendine büyüyen, gelişen, organize olup büyüyebilen biçimlerin, genetik algoritmalar aracılığıyla üretilmesidir. Parametrelerin değerleri, üretim sürecinde değişip dönüşmektedir. Bu karmaşık doğal süreçlerin meydana gelmesi için dijital tasarım araçları ve çeşitli programa dilleri ile üretilen bir dizi kod gerekmektedir. Doğada bulunan karmaşık formlar ve sistemler evrimsel süreçlerden geçerken büyümekte ve gelişmektedir. Bu büyüme yaşayan biçimlerin genetik özelliklerine bağlı olarak gerçekleşir. Doğal süreçler kullanılarak üretken dinamik sistemler ortaya çıkmaktadır. Böyle sistemler, karmaşık ve duyarlı formlar elde etmek için üretken bir tasarım araçlarıdırlar.

Mimarlıkta morfogenetik yaklaşımı ile ortaya çıkan dijital morfogenez kavramı, karmaşık form gelişiminin veya morfogenezin hesaplama ile etkinleştirildiği bir tür dinamik sistemdir. Bu karmaşık formları oluşturma süreci sanal bir ortamda olup dijital araçlar ve kodların entegre olmasıyla kullanılmaktadır. Büyüme veya adaptasyon yöntemlerinin açık bir tanımı olmaksızın kademeli olarak gelişmektedir. Bununla paralel ortaya çıkan özellikler; öz-göndergesellik (self-referentiality), kendi kendini üretim (self-production) ve kendi kendine örgütlenen organizasyonlar (self-organization) görülmektedir. Canlı sistem süreçlerinden biri olan morfogenez, organizma geliştikçe çevresel koşullara uyum sağlayabilmek için evrimsel işleyişle birlikte başkalaşım geçirir ve çevreye adapte olmalarını sağlayan değişim morfolojik yaklaşım ile mümkündür (Roudavski, 2009). Canlı sistemlerin sentezi ve simülasyonu olarak anlaşılabilen dijital morfogenez, cansız ve canlı madde arasındaki ilişki sonucunda ortaya çıkan bir dinamik akıştır. Bu akış içinde sanal ortamda oluşan organizmik oluşumlar üretken sistemler içinde var olmaktadır. Adaptasyon veya evrimsel süreçler içinde zamanla yeniden şekillenen karmaşık üretken sistemler yapay yaşamın ana odak noktasıdır (Holland,

1992). Organizasyon ve simetri kalıplarının kusursuz bir şekilde dijital maddeyle birleştirilmesiyle var olan sentetik oluşumlar, dijital evrenlerin yapay uzantıları olan kodların algoritmalarını deşifre etmektedir. Genetik algoritmalarda kodlanan yapay uzantılar bir veri uzayına bağlıdır. Veri uzayına girilen kodun bilgileri değişip dönüşmesiyle sentetik oluşumlar meydana gelmektir. Bu multidisipliner yaklaşımlı sentetik oluşumlar, yeni yaşam biçimleri üretme ve tasarlama gibi birleştirici bir hedefe sahiptir (Deplazes, 2009). Karmaşık, öngörülemeyen bir dijital ortamda, evrimsel ve ekolojik dinamikler, sürü zekası, adaptasyon, evrim, sistematik organizasyon gibi duyarlı uzantı modellerini barındırmaktadır (**Şekil 4**).



Şekil 4: Tomurcuklanma (2022), Morfolojik yaklaşımla sentetik form oluşumu (Yazarlar tarafından geliştirilmiştir)

```
import rhinoscriptsyntax as rs
import random

def placePt(x_range,y_range,z_range):
    x = random.uniform(0,x_range)
    y = random.uniform(0,y_range)
    z = random.uniform(0,z_range)
    pt = [x,y,z]
    return pt

rs.EnableRedraw(False)

ptZero = [100,100,100]
pts = []
pts.append(ptZero)
#circleZero = rs.AddCircle(ptZero,1)
sphereZero = rs.AddSphere(ptZero, 1)

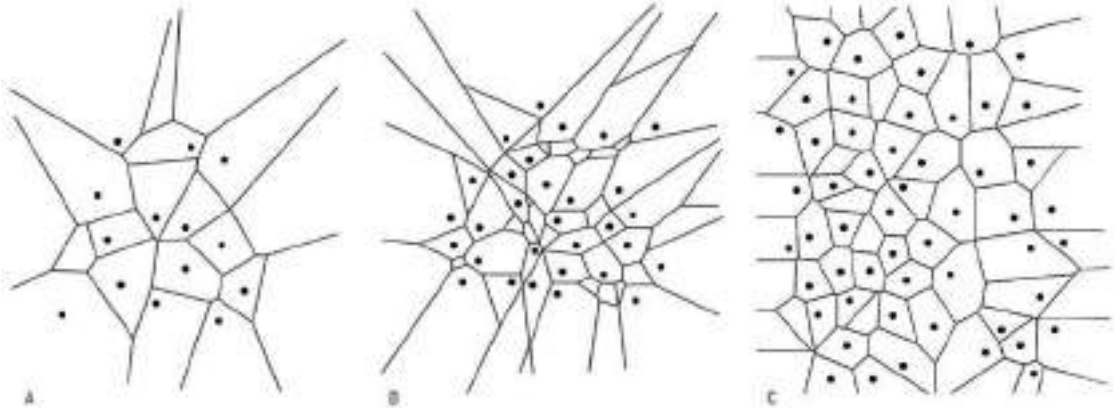

for i in range(0,1000):
    pt = rs.AddPoint(placePt(100,100,100))
    index = rs.PointArrayClosestPoint(pts,pt)
    cp = pts[index]
    vect = rs.VectorCreate(cp,pt)
    unitVect = rs.VectorUnitize(vect)
    subVect = vect - unitVect
    newPt = rs.MoveObject(pt,subVect)
    #rs.AddCircle(newPt,1)
    rs.AddSphere(newPt,
    pts.append(newPt)

rs.Redraw()
```

Şekil 5: Tomurcuklanma (2022), Morfolojik yaklaşımla sentetik form oluşumu Python kodu (Yazarlar tarafından geliştirilmiştir)

3.1 Üretken ve Algoritmik Bir Sistem Olarak Voronoi Diyagramı

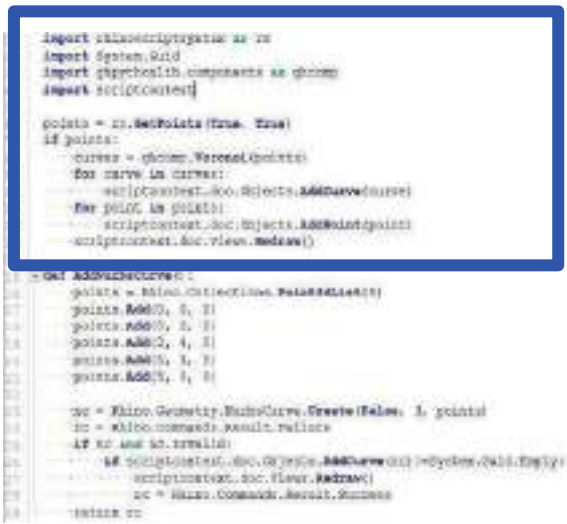
Voronoi diyagramı, uzayı birkaç bölgeye ayırmanın bir yolu olarak görülmektedir. Önceden bir dizi nokta belirlenmekte ve her merkez nokta için, diğerlerinden daha yakın tüm noktalara karşılık gelen bir bölge oluşmaktadır. Dinamik bir ağsı sisteme sahip voronoi diyagramı, kendi bileşenlerini kendi üreten ağsı sistem organizasyonuna dayalı olmasına ilişkin düşünceye dayanmaktadır. Bu sayede karmaşık formlar üretim imkânı sağlamaktadır (**Şekil 6**). Kendi kendine organizasyon yapabilme yeteneği sayesinde farklı formlar oluşturmaya açık bir sistemdir. Parametrik tasarım yaklaşımına olan ilginin artmasıyla birlikte algoritmik ve üretken sistemlerle olan etkileşim artmaktadır. Bu sistemlerin başında yer alan voronoi diyagramına olan ilgi artmaktadır.



Şekil 6: Voronoi diyagram karmaşık ağsı form oluşumu, Etkileşimli Voronoi projesi (Yazarlar tarafından geliştirilmiştir)

Kolarevic'e (2003) göre sayısal tasarım yöntemlerinden önce mimari tasarımda yaklaşım, Öklid geometrisinin tanımladığı kurallı elemanlar ve bunların oluşturduğu kompozisyonlar yetersiz ve sınırlıdır. Sayısal morfogenez aracılığıyla kodlanmış kontrol parametreleri, değişip yeni yaklaşımlar ortaya çıkmaktadır (Kolarevic, 2003). Günümüzde dijital tasarım teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte voronoi sistemlerin kendi ağsı uzantılar bağlamında davranış dinamiklerini değiştirmektedir. Çeşitli programlama dillerinde bu verilerin kodlanmasıyla etkileşimli voronoi diyagramı ortaya çıkmaktadır.

Morfogenetik yaklaşımla dijital ortamda kodlarla oluşan sentetik oluşumlardan biri olan etkileşimli Voronoi diyagramı, geometrik bir soyutlamanın gerçekleşmesi değil, dönüşen dönüştüren ağsı sistemdeki reaksiyonların uzamsal sonucudur. Ağsı sistemin çeşitli varyasyonlar üretmesi hesaplamalı kod dizelerine dayanmaktadır. Bu ağsı sistemdeki çeşitlenmeler adaptif kod sayesinde etkileşimli olarak kodlardaki değerlerin değişmesine sebep olmaktadır. Ama bu değerler sayısal olarak deneyim öznesinin yapay etkisiyle değil, deneyim öznesini de sürecin içine alarak sürecin kendisinin de adaptif hal almasını sağlar. Kodun çalışmaya başlamasıyla bu süreç başlamış olmaktadır. Kullanıcının kodu doğru çalıştırması için öncelikli olarak Grasshopper' da bulunan Voronoi pluginin yüklü olması gerekmektedir. Kodu çalışmaya başladıktan sonra kullanıcıyla etkileşim içinde olup dijital süreç başlamaktadır. Kullanıcı ilk olarak Rhinoceros komutunda, komutun belirlenmesiyle nokta bulutları, nokta ya da çizgi çizerek kodu çalıştırmış olur. Çalışan bir dizi kod voronoi diyagramını Rhinoceros da oluşturur (**Şekil 7**).



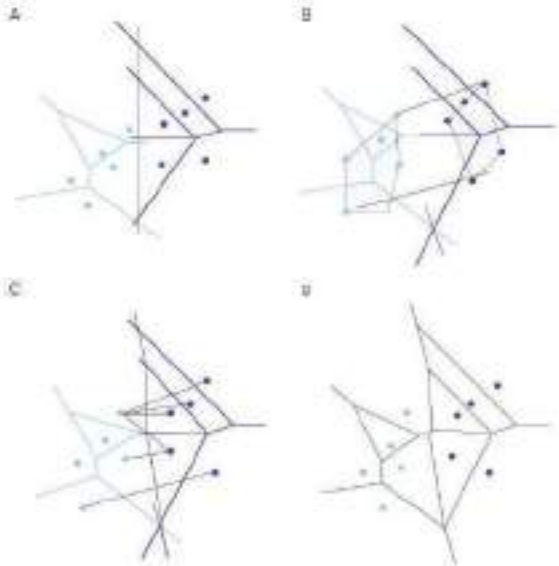
Şekil 7: Etkileşimli Voronoi (2022), Python kodu (Yazarlar tarafından geliştirilmiştir)

Kullanıcı, Python kodunu her çalıştırdığında adaptif tavrı sayesinde kodun işlenme süreci farklılaşmaktadır. Etkileşim içinde olan adaptif kod, kullanıcıyla dinamik bir akış içindedir. Çizilen noktaların sayısının artmasıyla birlikte Voronoi diyagramında oluşan ağsı sistem karmaşık bir forma dönüşür. Oluşan diyagramdaki voronoi hücrelerinin daha organik uzamlar oluşturması için düzgün olmayan rasyonel temelli eğrilerle (Nurbs) düzenlenmektedir (**Şekil 8**).



Şekil 8: Etkileşimli Voronoi (2022), Voronoi hücrelerinin organikleşmesi (Yazarlar tarafından geliştirilmiştir)

Belirli bir kurallar dizisine bağlı kodların, adaptif davranışı sayesinde davranış dinamikleri değişmektedir (**Şekil 9**). Davranış dinamiğinin organizmanın durum değişimlerine ve yapısal bağlaşımlarının zamansal durumuyla ilişkili olması çevreyle duyarlı etkileşiminin sonucudur. (Maturana & Valera, 2010). Bu dinamiğin çevreyle ilişkili hareketi, canlının konumu ya da tavrının değişimi davranış dinamiklerinin değişimine sebep olmaktadır. Voronoi diyagramı adaptif davranışla, organizmaya çok yönlü ve esnek bir yapı sunarak etki alanını daha duyarlı hale getirip iki boyutlu halden üçüncü bir boyuta geçer.



Şekil 9: Voronoi hücrelerinin davranış dinamiklerinin değişmesi (Yazarlar tarafından geliştirilmiştir)

Oluşan voronoi diyagramları 3d olarak boyutlanırken de kullanıcı etkileşimli, çok katmanlı süreç devam etmektedir (**Şekil 10**). Rhinoceros komutunda, tekrardan komutun belirlenmesiyle işbirlikçi sistemde boyutlandırılmak istenen uzamlar ya da yerler seçilir. Kodlar yeniden aktive olarak girilen satırdaki değerlere göre boyutlanmaktadır. Böylece etkileşimli Voronoi diyagramı son halini alır, süreç sona erer (**Şekil 11**). Oluşan form/mekân ile mimari tasarımda adaptif form arayışının etkileşimli bir hale gelebileceğini göstermektedir. Kod her çalıştığında başka bir form başka bir mekân üretmektedir. Adaptif davranışın sanal deneyim mekânlarında oluşan sentetik oluşumların birbiriyle olan ilişkisi ve kendi içindeki dinamik ağsı sistemlerin oluşturduğu arayüzler ve uzantıları Voronoi diyagramıyla ele alınmaktadır. Deneyim öznesi, adaptif kodu her çalıştırdığında Voronoi diyagramının ağsı oluşumları devininim içinde olup süreç tekrar farklılaşarak başlamaktadır. Böylece mimarlıkta sayısal verilerle form üretme dışında, bilgisayar simülasyonları

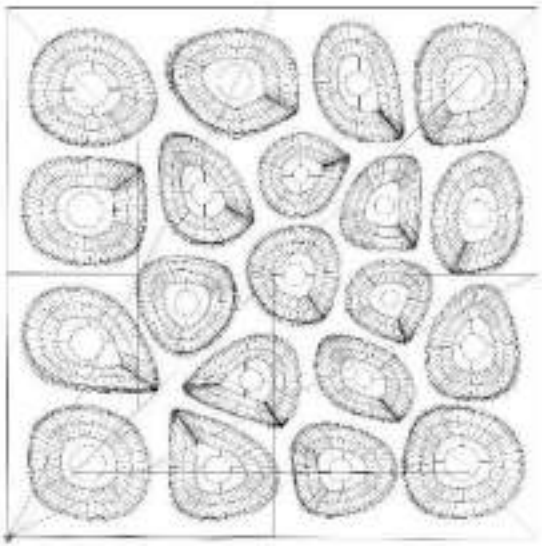
vasıtasıyla disiplinler arası etkileşim için olan birçok verinin tasarım parametresi olarak işlendiği tasarım sürecine dönüşmektedir (Kavurmacıoğlu & Arıdağ, 2015). Tasarım süreci de form / mekân üretirken işbirlikçi ve duyarlı davranır.



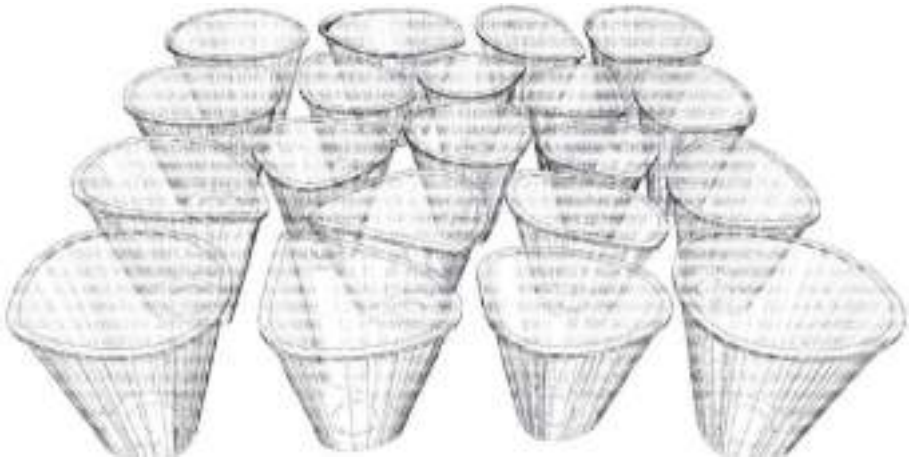
Şekil 10: Voronoi diyagramının üç boyutlu hale gelmesi



Şekil 11: Voronoi diyagramının üç boyutlu yüzey oluşumları



Şekil 12: Voronoi diyagramının üç boyutlu hale gelmesiyle yüzey oluşumları (Yazarlar tarafından geliştirilmiştir)



Şekil 13: Voronoi diyagramının üretimini sonucunda oluşan üç boyutlu oluşumlar (Yazarlar tarafından geliştirilmiştir)

4. Sonuç ve Değerlendirme

Duyarlı mekânlar yeni bir tasarım araştırması açmaktadır. Mimari formlar/mekânlar, hareketsiz uzamsal form tasarımından kendi kendine organize eden duyarlı davranış sistemlerinin tasarımına doğru yönelmektedir. Bu sistemler kullanıcı etkileşimli gerçek zamanlı yeniden yapılandırma yoluyla etkileşim kurabilen uzamsal sistemlerdir (Schumacher, 2004). Schumacher, esin kaynağı organizmalar, kompleks morfolojiler, üretken sistem teorileriyle çeşitli biçimler kullanılarak yeni bir mimari tasarım dili oluşturmaktadır. Çeşitli dinamik bileşenlerin entegrasyonuyla tasarlanan duyarlı mekânlar, mimarlıkta yeni bir tasarım dili oluşmasına olanak tanır. Kurallara bağlı ve kodlanmış sistemlerin adaptif davranış ile değiştirilmesi sonucunda, dönüşen ve değişen etkileşimli kodlar aracılığıyla bilginin kodlanması yeni deneyimler meydana getirmektedir. Parametrik ve üretici süreçler barındıran kodlanmış morfogenezin, kendi kendine örgütlenen karmaşık geometriler ve dijital üretimle çeşitli arayüzlerle etkileşimli olarak deneyimlenebilmektedir. Doğadaki evrim sürecine benzer bir işleyiş dahilinde ve genetik algoritmalarla üretilen, kendi kendine organize olup büyüyen, gelişen biçimlerin üretimini gerçekleştiren işbirlikçi ve duyarlı üretken sistemlerde işleyen süreçler dijitale dayalı etkileşimli tasarım stratejisini ortaya çıkmaktadır. Çalışma kapsamında adaptif kodlarla üretilen Voronoi diyagramı, işbirlikçi tasarım süreci, duyarlı mekân tasarımı ve mekânsal organizasyon bağlamında tasarımcılara yol gösterici olduğu öngörülmektedir. Geliştirilen model üzerinden sentetik oluşumları ve kullanıcı etkileşimli morfogenetik formların üretim sürecini anlamayı sağlamaktadır. İşbirlikçi kodlar ile üretilen Etkileşimli Voronoi, başlangıç aşamasında olup ilerleyen aşamalarda, artırılmış gerçeklik teknolojileri ve yapay zekâ algoritmaları yardımıyla çoklu duyumsal mekânlar oluşturabilir. Bu çalışma, işbirlikçi kodlar yardımıyla mimari tasarımı daha fazla etkileşime davet etmektedir.

KAYNAKLAR

Anders W. (2011). Line-segment voronoi diagram notes. Retrieved January 15, 2022, from http://www.anderswallin.net /2011/08/line-segment-voronoi-diagram-notes/

Benedikt, M. (1991). Cyberspace: first steps. Cambridge: MIT Press.

Boissonnat, J. D., Wormser, C., & Yvinec, M. (2010). Curved Voronoi diagrams. In J. D. Boissonnat & M. Teillaud (Eds.), Effective computational geometry for curves & surfaces (pp. 67– 116). Berlin: Springer.

Boulding, K., & Khalil, E. (1996). Evolution, Order and Complexity. Routledge.

Deleuze, G. (2002). Actual and the Virtual. Dialogues II,NewYork: Continuum Intl Pub Group ,2-6.

Deplazes, A., Huppenbauer, M. (2009). Synthetic organisms and living machines. Syst Synth Biol 3, 55. https://doi.org/10.1007/s11693-009-9029-4

Dourish, P., & Bell, G. (2011). Divining a Digital Future: Mess and Mythology in Ubiquitous Computing. Cambridge, USA: MIT Press.

Eisenman, P. (1998). Virtual House. Borusan Culture and Art's 'Eisenman Architects' Exhibition Catalogue, Istanbul.

Frazer, J. (1995). An evolutionary architecture, Architectural Association Publications, London.

Graeme, W. (2018). Visualising air quality data with Voronoi diagrams. Retrieved January 15, 2022, from https://maths.straylight.co.uk/archives/1257

Holland, J.H. (1992). Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control and Artificial Intelligence, University of Michigan Press.

Kavurmacıoğlu, Ö., & Arıdağ, L. (2015). Strüktür Tasarımında Geometri ve Matematiksel Model İlişkisi. Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 6 (2), 59-76. Retrieved form https://dergipark.org.tr/en/pub/bujse/issue/3849/51491

Krippendorff, K. (1986). A dictionary of cybernetics. Norfolk VA: The American Society for Cybernetics. Retrieved from http://repository.upenn.edu/asc_papers/224

Kolarevic, B. (2000). Digital Morphogenesis and Computational Architectures, Constructing the digital space, pp 1-6.

Kolarevic, B. (2003). Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing, Spon Press, New York.

Kwinter, S. (2002). Architectures of time: Toward a theory of the event in modernist culture. MIT press.

Langton, C. G. (1997). Artificial life: An overview. A Brandford Book Cambridge: MIT Press.

Magermans, A. (2004). Architecture and Cyberspace. Intelligent Agent Vol. 4 No. 3.

Maturana, H. R., & Varela, F. J. (1992). The tree of knowledge: The biological roots of human understanding. Boston: Shambhala.

Mitchell, W. (1995). City of Bits: Space, Place, and the Infobahn. Cambridge: MIT Press.

Nishida, T., & Sugihara, K. (2005). Boat-Sail Voronoi diagram on a curved surface. Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics, 22(2), 267–278. https://doi.org/10.1007/bf03167442

Nolfi, S., & Floreano, D. (2000). Evolutionary robotics: The biology, intelligence, and technology of self-organizing machines. Cambridge: MIT Press.

Roudavski, S. (2009). Towards Morphogenesis in Architecture. International Journal of Architectural Computing vol. 7- no. 3, 345-374.

Schumacher P. (2004). Responsive Environments – From Drawing to Scripting, Experimental Research in Architecture and Design Beginnings, Royal Institute of Technology, Stockholm.

Stefan H., & Denis W., (1999). Voronoi Diagrams.Retrieved January 13, 2022, from http://www1.phys.vt.edu/bubble/voronoi-diagrams/voronoi-diagrams.html

Uysal, A., & Güngör, Ş. (2017). Postyapısalcı ve İlişkisel Coğrafyalarda Bir Tarz Olarak Temsil Ötesi Teori(ler). Coğrafya Dergisi, (33), 83-93. Retrieved from https://dergipark.org.tr/tr/pub/iucografya/issue/30515/330120

Varela, F. J. (1981). Autonomy and autopoiesis. Self-organizing Systems: An Interdisciplinary Approach, Frankfurt/New York: Campus Verlag, 14-23.

13. OTURUM

PERFORMANSA DAYALI TASARIM 2

Bahçelievler Mahallesi: Bölgenin Kentsel Isı Adası (KIA) Analizi, Kamusal Binaların Isıtma & Soğutma İhtiyaçları ve Analizin ArcGIS Pro ile Görselleştirilmesi

Eser Delice [1]; Dilara Güney[2]
Yasin Kantaş [3]; İpek Gürsel Dino [4];
[1,2,3,4]Orta Doğu Teknik Üniversitesi
[1]eser.delice@metu.edu.tr; [2]dilara.guney@metu.edu.tr;
[3]yasin.kantas@metu.edu.tr; [4]ipekg@metu.edu.tr

Özet

Yapılı çevrelerde enerji tüketimi oldukça fazladır. İstatistiksel olmak gerekirse, dünya çapındaki enerji tüketiminin %40'ından fazlası binalara aittir (Clerici ve Alimonti, 2015). Enerjinin bu denli yüksek miktarda kullanımı, antropojenik ısı üretiminin bir sebebi ve sonucudur. Bununla birlikte, kentsel bölgelerdeki ısı üretiminin tek kaynağı bu değildir. Soğurucu malzemeler ve zayıf yeşil alan kullanımı gibi şehircilik kararları içeren, yoğun bir dokuya sahip kentsel alanlar, 'Kentsel Isı Adası', yani 'KIA' (ing. Urban Heat Island, UHI) olarak adlandırılan bir etki ile sonuçlanmaktadır. Bu etki şöyle tanımlanmaktadır: "gelişmemiş (kırsal) çevre ile karşılaştırıldığında kentsel alanlarda yaşanan daha yüksek hava sıcaklıkları" (Costanzo et al., 2022, s. 3). KIA etkisi, ekosisteme ve iklime ciddi şekilde zarar vermenin yanı sıra, kentsel bölge sakinleri ile ilgili sağlık sorunların artması riskini de barındırmaktadır. Kentsel bölgelerde depolanan ısı enerjisindeki önemli artışlar potansiyel olarak ölümcül sonuçlara yol açabilir (Costanzo et al., 2022). KIA sorunu, çok sayıda nüfusa ve yoğun ekonomik faaliyete sahip anakentler ve şehirler için büyük bir endişe kaynağıdır (Rizwan et al., 2008). Yakın ölçekte incelendiğinde enerji tüketiminin diğer bir kaynağı da bina kütleleridir. Isıtma ve soğutma gibi temel ihtiyaçlar bina performansının düşük olması sebebiyle fazla enerji harcaması ile sonuçlanabilmektedir. Karbon ayak izinin azaltmak amacıyla binaların enerji tüketimini analiz etmek ve sonucunda bu analizleri simülasyonlarla destekleyip çözümler üretmek Kentsel Bina Enerji Modellemesi kavramının ana odağını oluşturmakta. "Kentsel Bina Enerji Modellemesi, aşağıdakileri içeren serval veri kümelerinin kombinasyonunu gerektirir: iklim verileri, bina geometrisi ve kullanım programları" (MIT,2015). Bu amaçla yazı aynı zamanda bina ölçeğinde yapılan enerji harcamalarını ve oranlarını analiz etmekte ve belirli sonuçlara varmaktadır. Pek çok parametrenin incelendiği bir dizi simülasyon sonucunda bulgular karbon ayak izinin azalması için bir başlangıç noktası görevi görebilmekte ve yönlendirici olabilmektedir. Bina analizleri okul ve kamu binalarını kapsamakta ve apartman gibi mesken yapılarını analize dahil etmemektedir. Bu sayede yoğun kullanılan ve gün içerisinde pek çok değişkenin etki ettiği yapılar detaylıca incelenebilmektedir. Kentsel enerji modelleri ve araçlarındaki son araştırmalar, mahalle ve şehir ölçeğindeki enerji sistemleri ve stratejilerinin anlaşılmasını, analizini ve yayılmasını geliştirmek için Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin (ing. Geographic Information Systems) yeteneklerini kullanmıştır (Krietemeyer, El Kontar, 2019). Coğrafi Bilgi Sistemleri bazlı yazılımlar, incelenen yapıların özelliklerinin ve bulgularının görselleştirilmesinde kolaylık sağlamaktadır. Elde edilen farklı parametrelere göre oluşturulan görseller, sonuçların anlaşılmasını ve karşılaştırılmasını kolaylaştırmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Kentsel bina enerji modelleme, Kentsel ısı adası, Enerji analizi, Üç boyutlu görselleştirme*

Bahçelievler Neighborhood: Urban Heat Island (UHI) Analysis of the Region, Heating & Cooling Needs of Public Buildings and Visualization of Analysis with ArcGIS Pro

Eser Delice [1]; Dilara Güney[2];
Yasin Kantaş [3]; İpek Gürsel Dino [4];
[1,2,3,4]Orta Doğu Teknik Üniversitesi;
[1]eser.delice@metu.edu.tr; [2]dilara.guney@metu.edu.tr;
[3]yasin.kantas@metu.edu.tr; [2]ipekg@metu.edu.tr

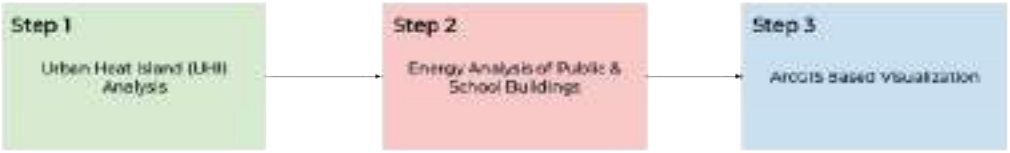
Abstract

Energy consumption in built environments is quite high. Statistically, more than 40% of worldwide energy consumption belongs to buildings (Clerici and Alimonti, 2015). Such high usage of energy is a cause and consequence of anthropogenic heat generation. However, this is not the only source of heat generation in urban areas. Densely textured urban areas with urbanism decisions such as absorbent materials and poor green space use result in an effect called 'Urban Heat Island', aka 'UHI'. This effect is defined as "higher air temperatures experienced in urban areas compared to undeveloped (rural) environment" (Costanzo et al., 2022, p. 3). Aside from severely damaging the ecosystem and climate, UHI impact also carries the risk of increased health problems for urban residents. Significant increases in heat energy stored in urban areas can have potentially fatal consequences (Costanzo et al., 2022). The UHI problem is a major concern for metropolitan cities and cities with large populations and intense economic activity (Rizwan et al., 2008). Examined on a closer scale, another source of energy consumption is building masses. Basic needs such as heating and cooling may result in excessive energy expenditure due to low building performance. The main focus of the Urban Building Energy Modeling concept is to analyze the energy consumption of buildings in order to reduce the carbon footprint and to support these analyzes with simulations and produce solutions. "Urban Building Energy Modeling requires a combination of several datasets including: climate data, building geometry, and utility "(MIT, 2015). Thus, the article also analyzes the energy expenditures and rates at the building scale and comes to certain conclusions. Results of simulations in which many parameters are examined, the findings can serve as a starting point and guide for reducing the carbon footprint. Building analyzes include school and public buildings and do not include residential structures such as apartments in the analysis. In this way, structures that are used extensively and that many variables affect during the day can be examined in detail. Recent research in urban energy models and tools has used the capabilities of Geographic Information Systems to improve the understanding, analysis, and dissemination of energy systems and strategies at the neighborhood and city scale (Krietemeyer, El Kontar, 2019). Geographic Information Systems-based software provides convenience in visualizing the features and findings of the structures examined. The visuals created according to different parameters obtained make it easier to understand and compare the results.

Keywords: *Urban building energy modeling, Urban heat ısland, Energy analysis, 3D visualization*

1. Giriş

Bu çalışmanın amacı Ankara Bahçelievler Mahallesinin şehir ve yapı ölçeğinde Kentsel Bina Enerji Modellemeleri (KBEM) ve Kentsel Isı Adası (KIA) analizinden elde edilen verilerin görselleştirilerek yorumlanmasıdır. Daha küçük bir ölçekte, binaların ve dış mekanların geometrisi, aralığı ve yönü şehirdeki mikro iklimi güçlü bir şekilde etkiler. Mikro iklim, birkaç metrelik bir mesafede bile önemli ölçüde değişebilir. Kentsel çevrenin iklim üzerindeki yarattığı değişikliklerin en iyi bilinen örneklerinden biri kentsel ısı adası etkisidir. (Kleerekoper et al.,2012). Çalışma sırasında kentsel ısı adası analizi verilerinin katkısı ile kamusal bina stoğu üzerinde yapılan enerji simülasyonları, yazılım kullanılarak görselleştirilmeye çalışılmıştır (**Şekil 1**). Kentsel bina enerji modellerinin sağladığı olanaklar, kentsel enerji planlaması (Davila ve Reinhart, 2016), güçlendirme (*İng. Retrofit*) analizi, emisyon ve enerji kullanım tahminlemesi (*İng. Prediction*) ve yenilenebilir enerji potansiyelinin hesaplanması (Iniyan ve Jebaraj, 2006) olarak sıralanabilir. Çalışmada yapılan simülasyonların sonucunda elde edilen veriler Bahçelievler mahallesine ait tahmini hava sıcaklığı ve bağıl nem oranı, ayrıca mahallenin kamusal yapı stoğuna ait yıllık ısıtma soğutma yükleridir. Çalışmanın sonucu, iklim değişikliğinin Bahçelievler mahallesi yapılı çevresine olan etkisinin incelenmesi ve gelecek olası senaryoların yorumlanması açısından önem arz etmektedir.



Şekil 1: Akış Diyagramı (Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.)

2. Yapılı Çevrenin Kentsel Isı Adası (KIA) Analizi

KBEM iş akışlarında, binaların üç boyutlu modelleri ve karakteristikleri yinelemeli bir süreçte hazırlandıktan sonra, binaların termal modelleri otomatik olarak oluşturulur ve belirli iklim koşulları altında simüle edilir (Johari et al., 2020). Bu doğrultuda, öncelikle Ankara'da yer alan Bahçelievler bölgesinin 3 boyutlu dijital modeli elde edilmiştir. Yapı yerleşimleri, kat sayısı bilgileri, yeşil unsurlar, yol mesafeleri ve yapılı çevrenin malzemeleri gözlemlenmiştir. Ardından, hazırlanan üç boyutlu dijital model ENVI-met simülasyon yazılımında daha doğru sonuçlar almak adına kalibre edilmiştir. (**Şekil 2**).



Şekil 2: Adım 1- Kentsel Isı Adası (*ing. Urban Heat Island*) Efektinin İncelenmesi Akış Diyagramı (Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.)

Bu kalibrasyon sürecinde ilk olarak simülasyon sürelerini ve gerekli olan bilgisayar gücünü azaltmak için, Bahçelievler mahallesi üç farklı bölüme ayrılmıştır (**Şekil 3**). Daha sonra mahalle üzerinde 3x3 metrelik modüllerden oluşan ızgaralar oluşturulmuştur. Hem model çözünürlüğü hem de yazılımda hesaplama süresi gözetilerek 3 metre mesafenin optimum olduğu belirlenmiştir (**Şekil 4**).

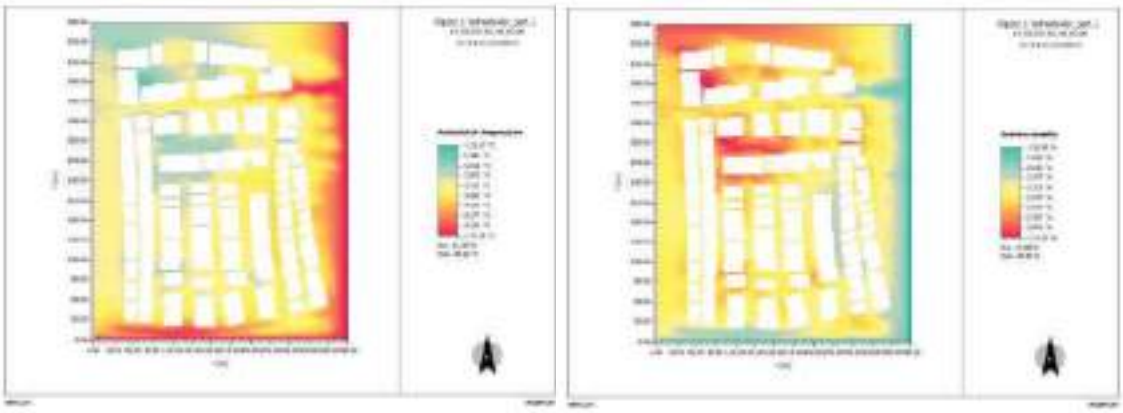


Şekil 3: Bahçelievler Mahallesi'nin Uydu Görüntüsü ve Üçe Bölünmesi (Google Earth)



Şekil 4: Bahçelievler Mahallesi'nin Üç Farklı Izgaraya Bölünmesi (Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.)

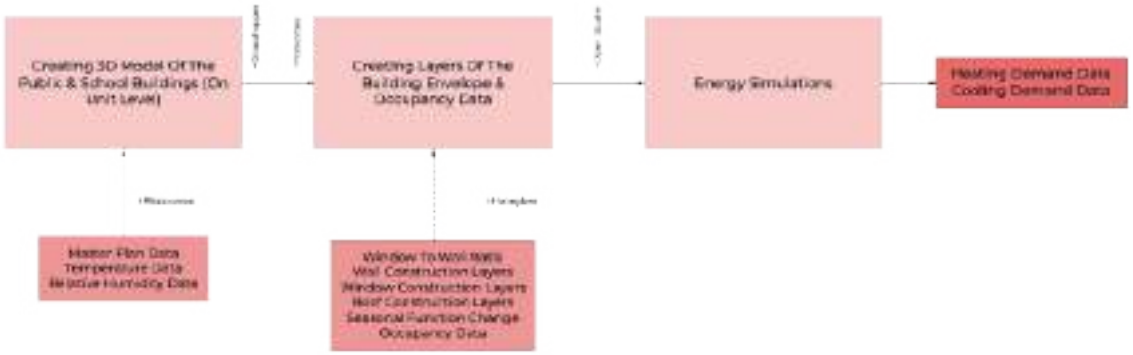
Daha sonra yapı, ağaç, yol ve toprak verileri ızgaralara daha iyi oturacak şekilde kalibre edilmiş ve böylece daha uygun bir simülasyon modeli elde edilmiştir. Geometriler daha sonra ENVI-met Dragonfly bileşenleri kullanılarak Rhino Grasshopper'a atanmıştır ve doğru malzeme seçimleri yapıldı. Simülasyonlar tamamlandıktan sonra XLS, CSV ve BitMap uzantılı sonuçlar elde edilmiştir (**Şekil 5**).



Şekil 5: ENVI-met Simülasyonundan Elde Edilen BitMap uzantılı "Hava Sıcaklığı" ve "Bağıl Nem" Analiz Haritaları (Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.)

3. Kamusal Binaların Enerji Simülasyonları

Yapılan bir diğer analiz ise Bahçelievler semtindeki kamusal binaların enerji simülasyonlarıdır. Simülasyonlarda Rhinoceros Grasshopper ve Honeybee eklentisi ile çalışılmıştır (**Şekil 6**). Simülasyonlar Open Studio kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Fiziksel model Rhinoceros programı tarafından yapılandırılırken, Grasshopper-Honeybee'de bölgelerin parametreleri ve katmanları oluşturulmuştur (**Şekil 7**). Bu çerçevede farklı parametrelere göre analiz edilen 26 kamu ve 2 okul binası bulunmaktadır.



Şekil 6: Adım 2- Kamusal Bina Enerji Analizi İncelenmesi Akış Diyagramı (Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.)

Honeybee Enerji modeli oluşturulurken dikkate alınan parametreler şu şekildedir;

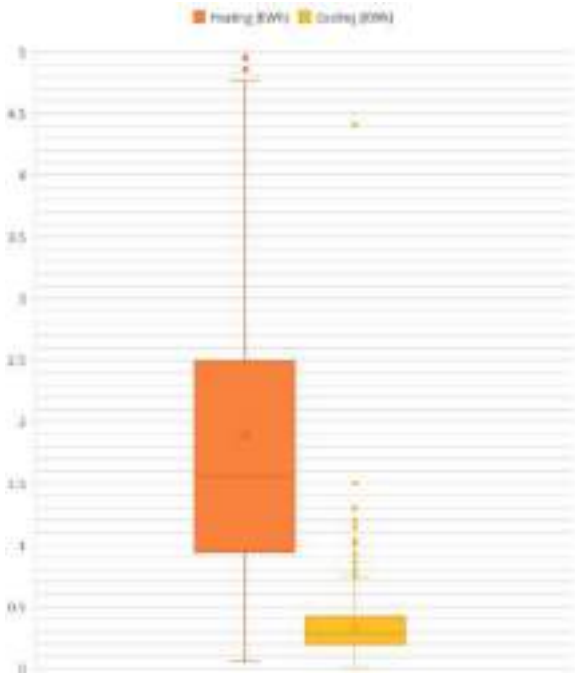
- Pencere Duvara Oranı
- Duvar Malzemesi Katmanları
- Pencere Malzeme Katmanları
- Çatı Malzeme Katmanları
- Bir Binanın Mevsimsel Programı
- Bölge Programları
- Alan Başına Düşen Kişi Sayısı



Şekil 7: Yapıların Modellenmesi (Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.)

Simülasyonlarda kullanılacak verilerin toplanmasında EKB belgelerinden faydalanılmıştır. Bu verilerin içerisinde kamusal yapıların simülasyonlarında kullanılacak olan, pencere ve duvar u değerleri ve duvar malzeme katmanları ve kalınlıkları gibi değerler birer girdi olarak alınmıştır. Eğitim yapılarının analizinde EKB verilerinin olmadığı durumlarda çevre semtlerde bulunan okul yapılarının EKB verileri referans alınarak simülasyonlar yapılmıştır. Referans okullara karar verilirken aynı zamanda yapım yılları da önemli bir ölçüt olarak ele alınmıştır. Bu parametreler simülasyonları hesaplamasındaki girdileri oluşturmakta ve tüm bölgeler için enerji taleplerini ölçmeye olanak sağlamaktadır. Bu noktada parametreler binaların planları simüle edilerek her bir oda için ayrı ayrı hesaplanıp bina içi enerji verimliliği

hakkında bilgiler sunmaktadır. Enerji simülasyonları tamamlandıktan sonra Yıllık Isıtma ve Soğutma Enerjisi talebi ölçülmüştür (**Şekil 8**). Sonuçlar Excel formatında toplanıp haritalama için ArcGIS uygulamasına aktarılmıştır. Bu enerji analizleri bina performansı hakkında önemli veriler sunmakla birlikte geliştirilebilecek senaryolar için bir başlangıç noktası niteliği görebilmektedir.



Şekil 8: Simülasyon Sonucu Kamusal Binaların Yıllık Isıtma (*İng. Heating*) Enerjisi ve Yıllık Soğutma (*İng. Cooling*) Enerjisi (Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.)

4. Elde Edilen Sonuçların ArcGIS Bazlı Görselleştirilmesi

Enerji simülasyonları tamamlandıktan sonra Yıllık Isıtma ve Soğutma Enerjisi talepleri elde edilmiştir. Sonuçlar Excel (.xls) formatında toplanmış ve görselleştirme için Esri'nin ArcGIS Pro yazılımına aktarılmıştır (**Şekil 9**). Verilerin ArcGIS Pro'ya geçirilmesi sırasında gerekli dosyaların hazırlanması için atılan birkaç adım vardır. İlk olarak Bahçelievler'deki kamu binalarının 3 boyutlu modeli çok yüzeyli modellerden (*İng. Polysurface*) mesh modelleme haline getirilmiştir. Daha sonra Grasshopper ile çalışan ShrimpGIS eklentisi ile 'Shapefile' formatına dönüştürülmüştür. Shapefile dosyası daha sonra ArcGIS Pro'ya yüklenmiştir. ArcGIS Pro yazılımının her modele ayrıca verdiği UUID (*İng. Universally Unique Identifier*) sayıları kullanılarak, ikinci adımda enerji simülasyonlarından elde edilen 'Yıllık Isı Enerjisi' (*kWh*) (*İng. Annual Heating Demand*), 'Yıllık Soğutma Enerjisi' (*kWh*) (*İng. Annual Cooling Demand*) ve 'Pencere/Duvar Oranı' (*%*) (*İng. Window to Wall Ratio*) değerleri eklenmiş ve yazılım kullanılarak görselleştirilmiştir (**Şekil 10, 11, 12**).



Şekil 9: Adım 3- Enerji Analizlerinin ArcGIS Bazlı Görselleştirilmesi Akış Diyagramı (Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.)



Şekil 10: Kamusal Yapıların Yıllık Isı Enerjisi (*kWh*) (Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.)

Bahçelievler mahallesindeki kamusal binaların Yıllık Isı Enerji taleplerinin, yapı ölçeğinde de içinde bulunan dairelere göre değişim gösterdiği gözlemlenmiştir. Değerler, 0.05 kWh ve 17 kWh değerleri arasında değişmektedir. Kamusal binaların daire bazında Yıllık Isı Enerji talebi ortalaması, yaklaşık 1.57 kWh olarak hesaplanmıştır.



Şekil 11: Kamusal Yapıların Yıllık Soğutma Enerjisi (*kWh*) (Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.)

Benzer şekilde, Bahçelievler mahallesindeki kamusal binaların Yıllık Soğutma Enerji taleplerinin, yapı içinde bulunan dairelere göre değişim gösterdiği hesaplanmıştır. Hesaplamalara göre değerler, 0.005 kWh ve 5 kWh arasında değişmektedir. Kamusal binaların daire bazında Yıllık Isı Enerji talebi ortalaması, yaklaşık 0.29 kWh olarak hesaplanmıştır.



Şekil 12: Kamusal Yapıların Duvar/Pencere Oranları (Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.)

5. Değerlendirme ve Sonuçlar

Bahçelievler mahallesi bazında yapılan kentsel ısı analizi simülasyonları bazı temel bulguları ortaya sermektedir. Öncelikli olarak, mahalle ölçeğindeki sıcaklık olgusunun bölgesel olarak değiştiği görülmektedir. Bu değişikliğin ise belirli kentsel unsurlarla çakıştığını gözlemlemek mümkündür. Örnek olarak, mahallenin göreceli olarak daha az ısınan bölgelerine odaklanıldığında, bu bölgelerdeki bağıl nem oranının daha yüksek olduğunu görmek mümkündür. Kentsel doku incelendiğinde ise bölgedeki yeşil unsurların sıklığı gözlemlenmektedir. Bu örüntünün tekrarlı olduğunu göz önünde bulundurarak, yeşil alanların yoğun olduğu bölgelerde bağıl nemin yükseldiği, dolayısıyla sıcaklık birikiminin azaldığı yargısına varmak mümkündür. Ayrıca yeşil unsurlar gölge oluşturmalarından ötürü yüzeylerin ısınmasını engelleyerek, kentsel ısı adası etkisinin temel sebeplerinden biri olan yüzey ısı emisyonlarını da azaltmaktadır. Dolayısıyla, kentsel planlama alanında yeşilin kullanımının önemi bir kez daha ortaya serilmiştir. Simülasyonlar sonucunda malzeme kalitesi, pencere/duvar oranı gibi pek çok parametrenin binaların yıllık soğutma ve ısıtma enerjisinde ciddi etkisi olduğu saptanmıştır. Pencere/duvar oranının fazla olduğu yapılarda yıllık soğutma enerjisinin daha düşük olduğu gözlenmiştir. Bu saptama yalnızca pencere duvar oranı ile değil aynı zamanda pencerelerin cephelere yerleşimleri ile de büyük değişimler göstermektedir. Duvar ve camda kullanılan yapı malzemesinin u değerleri de bu ısıtma ve soğutma enerjisini değiştiren ölçütlerdendir. Okul yapıları özelinde birim alan başına düşen insan sayısının diğer kamu yapılarından fazla olması sebebiyle soğutmada kullanılan enerji daha düşük olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak, analiz ve görselleştirme sonuçları Bahçelievler mahallesi ile ilgili bazı noktaları kanıtlamıştır. Bu noktalar, bölgedeki enerji tasarrufu ile ilgili çok sayıda kararın yetkililer tarafından değerlendirilmesi ve profesyoneller tarafından incelikle uygulanması gerektiğini göstermiştir. Başarılı bir karar alma ve uygulama prosedürü sadece bölgenin sürdürülebilirliğini artırmakla kalmayacak, bundan sonraki proje ve planlamalar için de örnek teşkil edecektir. Sonuç itibariyle, enerji analizleri ve görselleştirilmesi sürdürülebilir binaların yapılandırılmasında ve var olan binaların iyileştirme çalışmalarında kullanılabilecek önemli veriler sunmaktadır. Çeşitli ölçekler baz alınarak kurgulanan bu analiz ve simülasyonlar geniş çerçeveli ve daha özel ölçekteki kararların verilmesinde de önemli bir rol oynamaktadır.

KAYNAKLAR

Clerici, A., & Alimonti, G. (2015). World Energy Resources. *EPJ Web of Conferences, 98*, 01001. https://doi.org/10.1051/epjconf/20159801001

Costanzo, V., Evola, G., & Marletta, L. (2022). *Urban heat stress and mitigation solutions: An engineering perspective*. Routledge, Taylor & Francis Group. https://doi.org/10.1201/9781003045922

Kleerekoper, L., van Esch, M., & Salcedo, T. B. (2012). How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect. *Resources, Conservation and Recycling*, *64*, 30–38. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.06.004

Krietemeyer, B., & El Kontar, R. (2019). A method for integrating an UBEM with GIS for spatiotemporal visualization and analysis. *SIMAUD '19: Proceedings of the Symposium on Simulation for Architecture and Urban Design*, 1–8.

https://doi.org/10.5555/3390098.3390134
Jebaraj, S., & Iniyan, S. (2006). A review of Energy Models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *10*(4), 281–311. https://doi.org/10.1016/j.rser.2004.09.004
Johari, F., Peronato, G., Sadeghian, P., Zhao, X., & Widén, J. (2020). Urban Building Energy Modeling: State of the art and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *128*, 109902. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109902
Reinhart, C. F., & Cerezo Davila, C. (2016). Urban Building Energy Modeling – a review of a nascent field. *Building and Environment*, *97*, 196–202. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.12.001
Rizwan, A. M., Dennis, L. Y. C., & Liu, C. (2008). A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *Journal of Environmental Sciences*, *20*(1), 120–128. https://doi.org/10.1016/s1001-0742(08)60019-4

What Makes a Street Walkable? A Data Analytic Approach to Investigating Walkability Factors

Nur Sipahioğlu
Yaşar University
nur.sipahioglu@yasar.edu.tr

Abstract

Walkability is a hot topic for variety of disciplines, as well as everyday walker. It affects the health, the environment and the liveliness of our neighbourhoods. Walkable streets are necessary for a better lifestyle and sustainable planet. The problem with walkability is that we still don't have a general understanding of the concept. Every study differs in the way they define walkability, thus making walkability a subjective topic. However, the subjectivity causes contradiction in science. In this study, we aim to answer the question of what makes a street walkable by using a data analytic approach. The features used in other studies, as well as new attributes specific to this study, were investigated. Street images were used to extract data. The data was divided into nine categories: Street, Sidewalk, Obstacles, Urban Blocks, Amenities, Transportation, Attractiveness, People, and Vehicles. We collected data by measuring physical attributes through Remote Sensing images in QGIS, visually analyzing qualitative attributes with Google Street Maps/View and double-checking data in Open Street Map Overpass Turbo API. Attributes were translated into scores and normalized where possible. We conducted Mutual Information Matrix and Correlation processes in Rapidminer. The attributes were processed in relation to overall assessment of walkability which was defined with personal rating. As a result, Mutual Information and Correlation matrices are useful in figuring out the relationship and dependencies between different attributes. Applying data analytics to a more comprehensive dataset will help identify the global factors of walkability.

Keywords: *Walkability, Data mining, Correlation, Mutual information*

Bir Sokağı Yürünebilir Kılan nedir? Yürünebilirlik Faktörlerinin İncelenmesine Yönelik Bir Veri Analitiği Yaklaşımı

Nur Sipahioğlu
Yaşar Üniversitesi
nur.sipahioglu@yasar.edu.tr

Özet

Yürünebilirlik, çeşitli disiplinlerin yanı sıra her gün yürüyen insanlar için önemli ve güncel bir konudur. İnsan sağlığını, çevresel koşulları ve mahallelerin canlılığını etkilemektedir. Daha iyi bir yaşam tarzı ve sürdürülebilir bir gezegen için yürünebilir sokaklar gereklidir. Yürünebilirlik ile ilgili sorun ise hakkında hala genel bir anlayışa sahip olmamamızdır. Her çalışma, yürünebilirliği tanımlama biçiminde farklılık göstermektedir, dolayısıyla yürünebilirliği öznel bir konu haline getirmektedir. Ancak öznellik bilimde çelişkiye neden olmaktadır. Bu çalışma, bir caddeyi yürünebilir kılan nedir sorusuna veri analitiği yaklaşımıyla cevap vermeyi amaçlamaktadır. Diğer çalışmalarda kullanılan yürünebilirliğe ait özellikler ve bu çalışmaya özgü yeni özellikler araştırılmıştır. Verileri çıkarmak için sokak görüntüleri kullanılmıştır. Veriler dokuz kategoriye ayrılmıştır: Cadde, Kaldırım, Engeller, Yapı adaları, Tesisler, Ulaşım, Çekicilik, İnsanlar ve Araçlar. QGIS'te Uzaktan Algılama görüntüleri aracılığıyla fiziksel öznitelikleri ölçerek, Google Sokak Haritaları/Görünümü aracılığı ile öznitelikleri görsel olarak analiz ederek ve Open Street Map Overpass Turbo API'de kontrol sağlanarak veriler toplanmıştır. Öznitelikler daha kolay veri analizi için mümkün olan noktada puanlara çevrilmiş ve normalleştirilmiştir. Rapidminer'da Karşılıklı Bilgi Matrisi ve Korelasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Öznitelikler, kişisel derecelendirme ile tanımlanan yürünebilirliğin genel değerlendirmesiyle ilişkilendirilerek işlenmiştir. Sonuç olarak, Karşılıklı Bilgi ve Korelasyon matrisleri, farklı öznitelikler arasındaki ilişkiyi ve bağımlılıkları ortaya çıkararak yürünebilirliği etkileyen faktörleri anlamayı kolaylaştırmaktadır. Veri analitiğini daha kapsamlı bir veri setine uygulamak, yürünebilirliğin evrensel faktörlerini belirlemeye yardımcı olacaktır.

Anahtar Kelimeler: *Yürünebilirlik, Veri madenciliği, Korelasyon, Karşılıklı bilgi*

1. Introduction

Walkability has been a topic of interest for the past 20 years. Even though it may be considered an urban design problem at its core, walkability concerns many others from different disciplines from health experts to sociologists; most importantly, the everyday walker. Walkable streets are more than an indicator of healthier lifestyles and livelier neighbourhoods. It provides solutions to the greater environmental problems. Jeff Speck (2013) emphasizes that living in walkable cities is greener than living in a sustainable gadget filled house. That's one of the many reasons walkability is crucial to understand and apply to our streets.

The problem of walkability is the lack of general consensus on what it is really. Each study identifies and explains walkability depending on the properties they deem more relevant; physical, environmental, social, and such. However, in the absence of a general definition, studies start to contradict each other. Each study presents valuable contributions to what makes a street walkable, yet they may be in disagreement (Forsyth, 2015). Krambeck (2006) proposed a global walkability index in a doctoral thesis. There are studies that acknowledge the issue from the pedestrian viewpoint (Lo, 2009). Another study points out that usually the macro-level characteristics (urban blocks, zoning, density) are studied, neglecting the micro-level characteristics (sidewalks, trees, furniture) (Tiemann et al., 2012). In one study, the reasons people avoid walking in certain streets/to some locations are summarized as heavy traffic, crime rates, street cleanliness, lack of amenities, quality of pavements, and street lighting (Davies, 2013b). But it is not possible to deduce walkable streets to only economic factors (i.e. shops, or malls). Walkability of a street also depends on well-connected streets, buildings that are human-scale, building density and population, wide sidewalks, trees and greenery (Davies, 2013a).

Different studies have used metrics to identify the walkability of streets on a scale. Walkscore is one of these metrics which considers block length, intersection density, transit score, bike and rail stops, errands, culture, grocery, park, dining, school and shopping scores. Walkscore awards points according to the closest amenities. But it doesn't differentiate amenities. It also doesn't introduce sidewalks, cars, lanes or crime (Walkscore, n.d.). Walkonomics looks at the issue from a different perspective: Photos shared on social media. It compares the photos and the rated street segments. This comparison proves further the idea that fewer cars equal more walkability. Crime areas are photographed less at night. There is a positive correlation between photos tagged with "'sidewalk', 'clean street', 'tree' and 'architecture'" and pedestrian friendly streets (Davies, 2015). More studies try to identify and measure walkability with different methods: Measuring qualitative aspects of walkability with the help of an expert panel (Ewing and Handy, 2009; Ewing et al., 2016); evaluating walkability aspects selected by experts by the ratings of pedestrians (Moura et al., 2017); combining different methods for easier and more accessible data analysis (Knapskop et al., 2019); integrating GIS-based methods (Majic and Pafka, 2019; D'Orso and Migliore, 2020).

2. Aims, Scope and Method

The studies summarized in the introduction suggest the importance and the relevance of walkability. However, as can be seen from the limited literature mentioned above, there is still no unity in its definition. Walkability is not in dictionaries like Merriam Webster and Oxford. It is not found in dictionaries of other languages, such as Turkish. The subjectivity of walkability remains. This study asks the still unanswered question: What makes a street walkable? By utilizing data mining methods such as mutual information and correlation matrices, the study aims to answer the following questions:

-What features of walkability affect the personal assessment?
-What is the relationship between walkability attributes with regards to personal assessment?
-Which walkability attributes can be the defining factors of walkability?
-What kind of data can we extract from street images?

In order to answer the data analytic questions above, we followed a process of data collection, preparation, processing, modeling, and interpretation (**Figure 1**). Firstly, we designed the attribute data according to the literature review. General attributes used in most of the studies and more customized attributes such as "store owners" were used. We collected data by measuring physical attributes through Remote Sensing (RS) images in QGIS, which is open-source geographical information system software, visually analyzing qualitative attributes with Google Street Maps, and double checking data in Open Street Map Overpass Turbo API. After a normalization process, we conducted

Mutual Information Matrix (MIM) and Correlation Matrix (CM) processes in Rapidminer. MIM and CM reveal positive and negative relationships between each attribute, and their dependencies.



Figure 1: Data analytic process (created by author)

Deriving from the range of studies mentioned in the previous chapter, we gathered the walkability data under nine categories: Street, Sidewalk, Obstacles, Urban Blocks, Amenities, Transportation, Attractiveness, People, and Vehicles. Each category was also divided into different attributes. Personal rating of walkability was described as the overall assessment which made up the label attribute that other attributes would be associated and compared to. Since there were a lot of attributes, numeric data was normalized to [0, 1] and a scoring system was introduced where possible. This proposed method was applied to the streets of Izmir as case study. In the scope of this study, we had 70 instances and 12 attributes. The attributes of each category are shown in **Table 1**. Attributes indicated in italics indicate temporal data: Data obtained at a specific date and time. Overall assessment is the label attribute.

Table 1. Walkability data categories and attributes (created by author)

Street	Name	id
	Length	How long is the street? *meters*
	Walk duration	How long does it take to walk the whole street? *minutes*
Sidewalk	Width	What is the width of the sidewalk?
	Crossings (per 100m)	How often is the sidewalk cut by other streets?
Obstacles (Score)	*Trash*	Are there any trash or trash cans?
	Barriers	Are there any constructions, road cones, parking signs?
	Store Stuff	Are there any tables, chairs, umbrellas?
	Street Vendors	Are there any (mobile) street vendors?
	Signage	Are there any store signage, advertisements, and traffic signs?
	Parking on Sidewalk	Are there any cars occupying the sidewalk?
Urban Blocks	Height	What is the average floor count of building blocks?
	Façade Transparency	transparent, semi-transparent, non-transparent
Amenities (per 100m)	Education	Schools, university, learning centers
	Retail	Convenience stores, markets, shops
	Medical	Pharmacy, hospital, clinics
	Financial	Banks, post office
	Social	Barbers, gym, library, cinema, restaurants, cafes
	Leisure	Parks, Squares
Transportation	Bus stops	How many bus stops?
	Metro/Tram Station	How many metro/tram stations?
Attractiveness (Score)	Trees	Are there any trees?
	Shade	Are there any shading elements (tents, big trees)?
	Lighting	Are there any street lights?
	Cleanliness	No trash on the ground. Clean or not?
People (Score)	*Age*	Young, Adults, Seniors
	Action	walking, stalling, shopping, eating, sitting, playing
	Store Owners	Are there anyone we can identify as store owners?
Vehicles	Lane Width	What is the width of the lane used by vehicles?
	Cars	Are there any cars?
	Bikes	Are there any bikes?
Overall Assessment	Personal Rating	walkable (5) to non-walkable (1)

Transportation attributes were not used as there was no specific difference between the instances. Street length and walk duration were left out due to not being defining factors. Obstacles, amenities, attractiveness and people attributes scored according to their subcategories. We rescaled crossings and amenities to "per 100m" and calculated Obstacle Score and Attractiveness Score as one point for each true (i.e. if there is trash, then true. Add 1 point.). People Score was calculated as the number of age groups multiplied by the number of actions. For example, if there were two age groups on that street (young, adults) and there were six different activities, two was multiplied by six. Building heights were labeled in three categories: Lowrise (1m to 3m), Multistorey (3m to 7m), and Midrise (7m to 9m). After all the categorization and normalization were finalized, the data was processed and modeled in Rapidminer (**Figure 2**). All the attributes with relation to overall assessment (of walkability) were processed with CM and MIM; the attributes of Amenities, Obstacles and Attractiveness individually with relation to overall assessment (of walkability) were processed further with MIM.

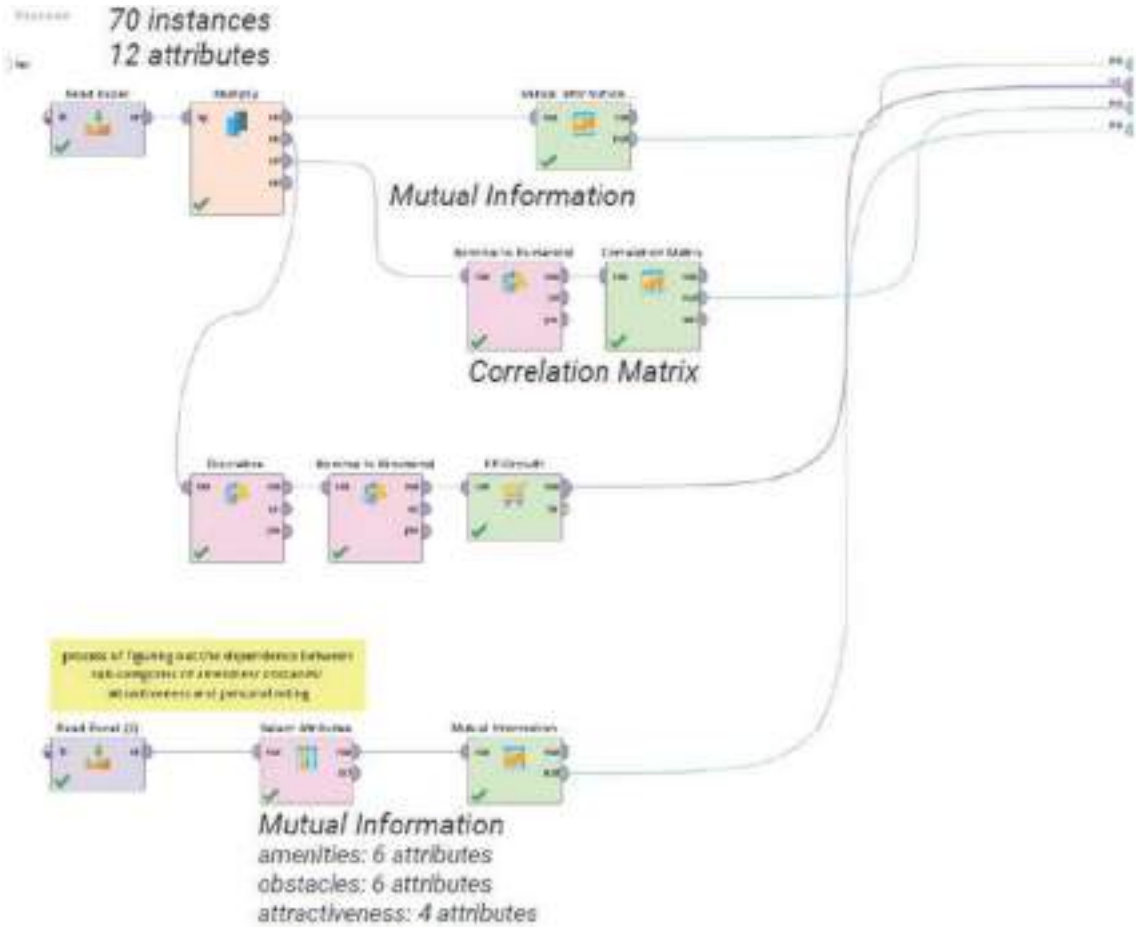


Figure 2: Rapidminer process (created by author)

3. Findings

Results of MIM suggests that lane width, obstacle score, sidewalk width, amenity per 100m and people score tell us the most about personal rating of walkability (**Table 2**). Other relations uncovered with MIM show that sidewalk width is linked to obstacles and amenities, obstacles more linked to amenities which we can deduce as more amenities mean more store stuff on the sidewalk. Amenities are also linked to lane width, and this tells us the larger streets may attract more amenities. Façade transparency is linked to amenities the most, and we can explain this by amenities having a glass façade where private buildings such as housing don't allow us to peek inside. "Store owners" is an attribute that is interesting to analyze, especially in Turkey where shopkeepers like to spend time socializing outside their shops. Unsurprisingly, this attribute is related to amenities and façade transparency.

Table 2. Mutual Information Matrix based on personal rating of walkability (created by author)

Attributes	Personal Rating
Lane Width Normalized	0.653
Obstacle Score Normalized	0.626
Sidewalk Width Normalized	0.611
Amenity per 100m	0.564
People Score Normalized	0.506
Crossing per 100m	0.435
Cars	0.296
Attractiveness Score	0.258
Bikes	0.209
Façade Transparency	0.206
Store Owners	0.131
Height category	0.117

Results of CM confirm the results of MIM. When MIM and CM are compared side by side in terms of personal rating of walkability, the conclusion is that sidewalk width, amenity and people have positive correlation and more dependence; car-free streets, bikes and transparent façade have positive correlation with less dependence; lane width and obstacle score have negative correlation with more dependence (**Figure 3**).

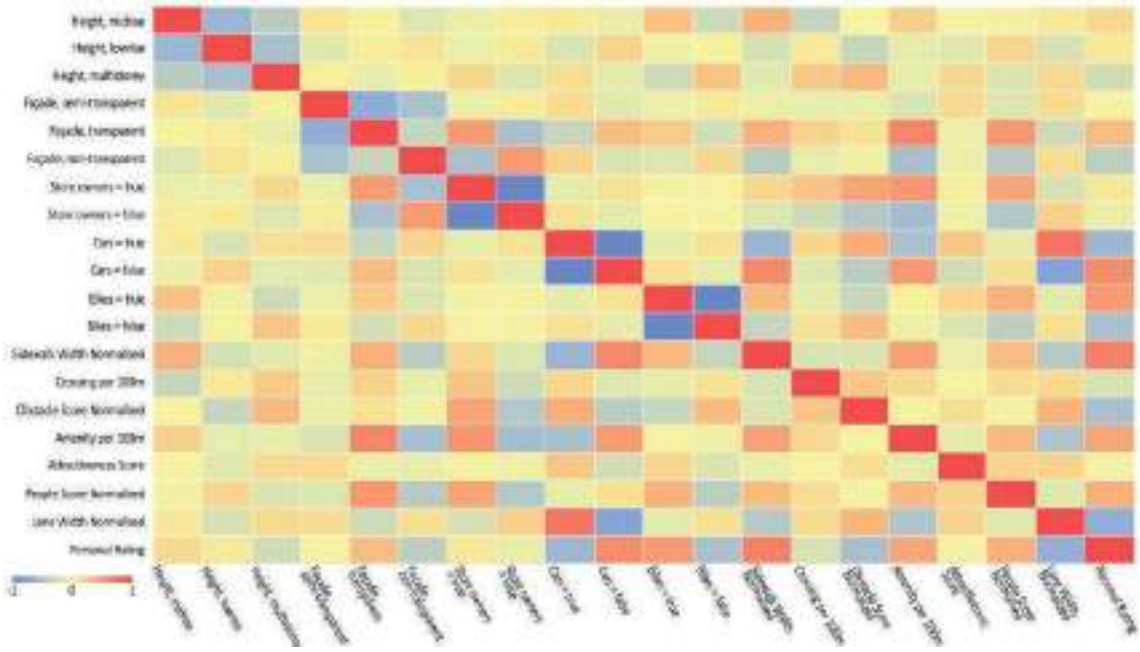


Figure 3. Correlation Matrix where blue indicates negative and red indicates positive (created by author)

The dependence between the sub-attributes of amenities shows that there is no significance in the kind of amenity there is on the street with regards to walkability. Only retail and financial attributes show stronger dependence which we may explain as more shopping equals more need for cash or banks tend to cluster around economically active areas (**Table 3**).

Table 3. Mutual Information Matrix of amenities (created by author)

Attributes	Personal Rating	Educational	Retail	Medical	Financial	Social	Leisure
Personal Rating	2.228	0.327	0.380	0.270	0.332	0.341	0.227
Retail	0.380	0.243	2.272	0.511	0.774	0.433	0.236
Social	0.341	0.317	0.433	0.327	0.595	1.923	0.181
Financial	0.332	0.366	0.774	0.594	2.014	0.595	0.231
Educational	0.327	1.376	0.243	0.257	0.366	0.317	0.085
Medical	0.270	0.257	0.511	2.201	0.594	0.327	0.068
Leisure	0.227	0.085	0.236	0.068	0.231	0.181	1.242

In terms of obstacles; parking on sidewalks, trash, and signage have a more significant effect on walkability rating (**Table 4**). Attractiveness, on the other hand, relies more on cleanliness (**Table 5**).

Table 4. Mutual Information Matrix of obstacles (created by author)

Attributes	Personal Rating	Trash	Barriers	Store Stuff	Street Vendors	Signage	Parking on Sidewalk
Personal Rating	2.228	0.363	0.175	0.033	0.171	0.323	0.458
Parking on Sidewalk	0.458	0.149	0.194	0.009	0.058	0.223	0.913
Trash	0.363	0.844	0.054	0.021	0.025	0.075	0.149
Signage	0.323	0.075	0.099	0.004	0.008	0.722	0.223
Barriers	0.175	0.054	0.692	0.054	0.013	0.099	0.194
Street Vendors	0.171	0.025	0.013	0.041	0.913	0.008	0.058
Store Stuff	0.033	0.021	0.054	0.627	0.041	0.004	0.009

Table 5. Mutual Information Matrix of attractiveness (created by author)

Attributes	Personal Rating	Trees	Shade	Lighting	Cleanliness
Personal Rating	2.228	0.097	0.088	0.072	0.158
Cleanliness	0.158	0.053	0.003	0.084	0.881
Trees	0.097	0.863	0.024	0.089	0.053
Shade	0.088	0.024	0.371	0.010	0.003
Lighting	0.072	0.089	0.010	0.422	0.084

4. Conclusion

This is a pilot study which gives us clues on how to combine data mining methods with the subjectivity of walkability problem. We aim to develop this study further with more attributes that we haven't included due to limitations in data collection and construction. The attributes we aim to include are listed, but not limited to, as follows:

- Quality of pavement: Height, material, no hazardous pits.
- Slope of the street: Is it too steep to walk?
- Children: Is there a correlation between walkability and the number of children spending time / playing on the street? (We believe there is a high probability of a positive correlation.)
- Stray dogs: Despite being humble members of our communities, sometimes a large number of dogs is scary for many people.
-Tram lines: Just because a street is closed to car traffic doesn't mean there is no danger from other means of transport.

Walkability is subjective. Attributes change and/or transform in every other study. By using data mining methods, as seen in this study, we are able to figure out the relation between our understanding of what walkability is and its characteristics. In order to work with as many attributes as in this study, we need a huge amount of data. More data will help uncover more relations under a complex phenomenon such as the city. It will be easier to expose different dimensions of walkability. Of course, simply more data is not the best way to go. More data may also cause noise which is a problem that requires more time spent on preparation and preprocessing. As the amount of data increases, the need for automation rises. In terms of extracting data from images like in this study, automation where possible (such as image processing and recognition) will make the data collection and analysis easier than manually filling the data table.

Acknowledgment
I'd like to offer my sincere gratitude to Ahu Sökmenoğlu Sohtorik (PhD) and Ceyhun Burak Akgül (PhD) for their guidance and encouragement, and to my fellow CaaDM Collective colleagues who have been showing great enthusiasm and effort for the continuation and expanding the limits of walkability studies.

REFERENCES

Davies, A. (2013a, February 2). Why Walkability Isn't Just About Proximity To Shops. *Walkonomics.* https://walkonomics.com/2013/02/02/why-walkability-isnt-just-about-proximity-to-shops/#more-481

Davies, A. (2013b, August 28). Benchmarking the Walkability of Global Cities. *Walkonomics*. https://walkonomics.com/2013/08/28/benchmarking-walkability-of-global-cities/#more-750

Davies, A. (2015, October 12). The Digital Life of Walkable Streets. *Walkonomics.* https://walkonomics.com/2015/10/12/the-digital-life-of-walkable-streets/#more-1019

D'Orso, G., & Migliore, M. (2020). A GIS-based method for evaluating the walkability of a pedestrian environment and prioritised investments. *Journal of Transport Geography*, 82, 102555. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.102555

Ewing, R., & Handy, S. (2009). Measuring the unmeasurable: Urban design qualities related to walkability. *Journal of Urban Design*, 14(1), 65–84. https://doi.org/10.1080/13574800802451155

Ewing, R., Handy, S., Brownson, R. C., Clemente, O., & Winston, E. (2016). Identifying and Measuring Urban Design Qualities Related to Walkability. *Journal of Physical Activity and Health*, 3(1), 223–240. https://doi.org/10.1123/jpah.3.s1.s223

Forsyth, A. (2015). What is a walkable place? The walkability debate in urban design. Urban Design International, 20(4), 274–292. https://doi.org/10.1057/udi.2015.22

Knapskog, M., Hagen, O. H., Tennøy, A., & Rynning, M. K. (2019). Exploring ways of measuring walkability. *Transportation Research Procedia*, 41(2016), 264–282. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.09.047

Krambeck, H. V. (2006). *The Global Walkability Index*. (70254613)[Master's Thesis, Massachusetts Institute of Technology] DSpace@MIT. https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/34409

Lo, R. H. (2009). Walkability: What is it? *Journal of Urbanism*, 2(2), 145–166. https://doi.org/10.1080/17549170903092867

Majic, I., & Pafka, E. (2019). AwaP-IC—An Open-Source GIS Tool for Measuring Walkable Access. *Urban Science*, 3(2), 48. https://doi.org/10.3390/urbansci3020048

Moura, F., Cambra, P., & Gonçalves, A. B. (2017). Measuring walkability for distinct pedestrian groups with a participatory assessment method: A case study in Lisbon. *Landscape and Urban Planning*, 157, 282–296. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.07.002

Speck, J. (2013, September). The walkable city [Video]. TED Conferences. https://www.ted.com/talks/jeff_speck_the_walkable_city?language=en

Tiemann, T. K., Scott, A. C., & Atkins, K. N. (2012). Sidewalks, Streets and Walkability. *Spaces & Flows: An International Journal of Urban & Extra Urban Studies*, 2(3).

Walkscore. (n.d.). *Walkability, Real Estate, and Public Health Data*. Walk Score. Retrieved March 18, 2022, from https://www.walkscore.com/professional/research.php

Fotobiyoreaktör Cephelerin Isıl ve Görsel Performansa Etkileri

Yonca Yaman[1]; Nilay Altunacar[2]; Ayça Tokuç[3]; Gülden Köktürk[4]; İrem Deniz[5]; Mehmet Akif Ezan[6]
[1-3]Dokuz Eylül Üniversitesi; [2-6]Dokuz Eylül Üniversitesi; [4]Dokuz Eylül Üniversitesi; [5]Manisa Celal Bayar Üniversitesi
[1]yonca.yaman@ogr.deu.edu.tr; [2]nilay.altunacar@ogr.deu.edu.tr; [3]ayca.tokuc@deu.edu.tr; [4]gulden.kokturk@deu.edu.tr; [5]iremdenz@gmail.com; [6]mehmet.ezan@deu.edu.tr

Özet

Artan çevre bilincine ek olarak sürdürülebilir binalar yaratma eğilimi, yenilenebilir enerjiye veya enerji verimli teknolojilere olan ilgiyi son yıllarda oldukça arttırmıştır. Son zamanlarda yenilenebilir enerji sistemlerine bir alternatif olarak bina cephelerine yenilikçi bir yapı elemanı olan fotobiyoreaktör (FBR) sisteminin entegre edilmesi, binanın ısıl ve görsel konforundan ödün vermeden enerji tüketimini ve binanın karbon ayak izini azaltmaya yardımcı olma potansiyeli ile öne çıkmaktadır. Bu doğrultuda bu çalışmada Akdeniz ikliminde yer alan mevcut bir binanın güney cephesine FBR entegre edilme önerisi sunulmuştur. Önerilen bu eleman iki camdan ve arasında fotosentez yapan mikroalglerin büyüme ortamından oluşmaktadır. Bina cephelerine FBR'ler uygulandığında a) iç mekandaki sıcaklık dağılımının düzenlenebilmesi ve böylece ısıl konfor koşullarının iyileştirilebilmesi, b) alg büyüdükçe artan konsantrasyona bağlı olarak fazla gün ışığının filtreleme sağlanabilmesi c) binanın enerji tüketimini azaltılabilmesi d) üretilen biyokütleden enerji elde edilmesi gibi avantajları bulunmaktadır. Bu çalışmada FBR sisteminden yararlanılarak binanın performansının iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Bina performansını ölçmede kullanılan ölçütlerden olan elverişli gün ışığı aydınlatmasını (EGA) en fazlaya çıkarma, ısıl konfor ihlalini (IKİ) ve enerji kullanım yoğunluğunu (EKY) ise en aza indirmeye çalışma gibi üç amacın da dengelenmesi için simülasyon tabanlı optimizasyon metodolojisi kullanılmıştır. Optimizasyon Rhinos Grasshopper yazılımı üzerinde Octopus eklentisi kullanılarak yapılmıştır. Optimize edilen İki farklı konfigürasyona sahip FBR sistemi ile mevcut binanın performansları karşılaştırılmıştır. Optimizasyonda FBR'nin pencere duvar oranı, büyümeye bağlı olarak değişen alg konsantrasyonları, duvar tipi ve kalınlığı, yalıtım malzemesi kalınlığı ve ısıtma-soğutma ayar noktası gibi çok sayıda parametrenin değerlendirilmesi yapılmıştır. Optimizasyon çalışmasının sonuçları tamamı alg büyüme ortamı olan FBR için, ısıtma- soğutma ve aydınlatma için enerji talebinin %37,48-67,48, ısıl konfor ihlalinin %2,07- 10,79 oranında azaltılabileceğini gösterirken, eş zamanlı olarak elverişli gün ışığı aydınlatmasının ise %2,57-4,55 oranında arttığını göstermektedir. %80'i alg büyüme ortamı %20'si hava olan FBR için ise EKY %37,53-67,48, IKİ %0,44-11,21 oranında azalırken, EGA'da %0,47-4,28 oranında artış görülmüştür. Araştırılan FBR dizilimlerinin %100 FBR cephesi, %80 FBR cephesi arasında gün ışığı aydınlatmasında kısmi iyileşme dışında kayda değer bir fark görülmemiştir. Cephede FBR kullanımı ile yıl içinde konforsuz geçirilen saatlerin azaltılması mümkün olmuştur. Genel olarak FBR'nin mevcut bina sistemine göre daha iyi performans gösterdiği bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Çok amaçlı optimizasyon, Mikroalg Fotobiyoreaktör, Bina performansı, Isıl-görsel konfor*

Effects of Photobioreactor Facades on Thermal and Visual Performance

Yonca Yaman[1]; Nilay Altunacar[2]; Ayça Tokuç[3]; Gülden Köktürk[4]; Irem Deniz[5]; Mehmet Akif Ezan[6]
[1-3]Dokuz Eylül University; [2-6]Dokuz Eylül University; [4]Dokuz Eylül University; [5] Manisa Celal Bayar University
[1]yonca.yaman@ogr.deu.edu.tr; [2]nilay.altunacar@ogr.deu.edu.tr; [3]ayca.tokuc@deu.edu.tr; [4]gulden.kokturk@deu.edu.tr; [5]iremdenz@gmail.com; [6]mehmet.ezan@deu.edu.tr

Abstract

In addition to increasing environmental awareness, the tendency to develop sustainable buildings has also increased interest in renewable energy or energy-efficient technologies in recent years. The integration of the photobioreactor (PBR), an innovative building element on the façade, has received attention as an alternative approach to renewable energy systems for its potential to reduce the building's carbon footprint and reduce energy consumption without compromising the thermal and visual comfort of the building. Accordingly, this study proposes integrating a PBR on the south façade of an existing building in the Mediterranean climate. The proposed element consists of two glasses and the growth medium of photosynthesizing microalgae between the glasses. The implementation of PBRs on the building facades raises the following benefits a) regulating the indoor temperature distribution and improving the thermal comfort, b) blocking the excess daylight thanks to the increasing concentration during the algae growth, c) reducing the energy consumption of the building and d) obtaining energy from the produced biomass. This study aims to improve the performance of the building by using a façade integrated PBR system. Simulation-based optimization was used as a method to balance building performance objectives. These objectives are maximizing useful daylight illuminance (UDI) and minimizing thermal comfort violation (TCV) and energy use intensity (EUI). Optimization was carried out on Rhino Grasshopper software using the Octopus plugin. The performances of the existing building were compared with the optimized PBR system with two different configurations. Several parameters such as the window-to-wall ratio of PBR, algae concentrations varying with growth, wall type and thickness, insulation material thickness, and heating-cooling set point were evaluated in the optimization. According to the results of the optimization study, when the PBR is completely filled with algae, the minimum and maximum reductions in the energy demand for heating-cooling and lighting are obtained as 37.48-67.48%, thermal comfort violation by 2.07-10.79%, respectively. Besides, the increment of useful daylight illuminance varies in the range of 2.57-4.55%. For the PBR with 80% algae and 20% air gap, the EUI decreased by 37.53-67.48% and TCV by 0.44-11.21%, while UDI increased by 0.47-4.28%. In the investigated PBR arrays, there was no significant difference between 100% PBR facade and 80% PBR facade, except for partial improvement in daylight illumination. It was also found that PBR integrated facade has the potential to reduce the number of uncomfortable hours during the year. In general, the PBR integrated façade system showed a better performance than the existing design.

Keywords: *Multi-objective optimization, Microalgae photobioreactor, Building performance, Thermal-visual comfort*

1. Giriş

Binaların erken tasarım aşamasında verilen tasarım kararları, gün ışığı, konfor ve enerji performansını büyük ölçüde etkilemekte ve ileride çıkabilecek sorunlara karşı çeşitli önlemler alabilmeyi mümkün kılmaktadır. Bina kabuğu, dış ortam ile doğrudan temas halinde olup, ısı kayıp/kazancının ortalama %75'i bina kabuğunda meydana gelmektedir (Zhao & Du, 2020). Bina bileşenlerinden özellikle pencere elemanı, normalde bina kabuğunun diğer bileşenlerinden beş kat daha büyük olan toplam ısı transfer katsayısı ve bir binanın toplam enerji tüketiminin %60'ından sorumlu olan bina kabuğu bileşenidir (Zhao & Du, 2020). Bu yüzden pencerelerin doğru tasarımı binanın enerji tüketimi açısından önemlidir. Aynı zamanda bina performansını iyileştirmek, çok sayıda parametre kombinasyonunun değerlendirilmesini gerektirir.

Bina performansı açısından bina kabuğu bileşenlerinin üzerinde yapılan değişimler ve en verimli değerlerin bulunması aşaması önemlidir. Alglerle çalışan binalarda mimarların eğilimleri ve düşünceleri, bu tür binaların mimari tasarımında ihtiyaç duyulan gereksinimler ve olanaklar hakkında bir fikir oluşturmada yardımcı olabilir. İçerisinde yetişen alg ile biyokütle üretimi, güneş enerjisi kazançlarıyla termal enerji dengesine katkı ve zamana bağlı ışık geçiriminde değişiklik ile aydınlatma konularında farklı açılımlar getirebilmektedir. Bu doğrultuda, kabuk bileşenlerinde yenilikçi bir alternatif olan mikroalg kullanımının binaların daha sürdürülebilir olmasını ve enerji dengesine olumlu yönde katkı yapabilmesini sağlayacağı yönünde çeşitli araştırmalar bulunmaktadır. Kim (2013), iki farklı bölgeden (alg ve görüş bölgesi) oluşan bir mikroalg cephe paneli önererek panelin gün ışığı, termal ve yapısal performansını incelemiştir. Alg cephe sistemlerinin, binaların termal ve gün ışığı performansını gözle görülür şekilde iyileştirebileceği sonucuna varmışlardır. Decker ve diğ. (2016), mikroalgin büyümesi ve gün ışığının iç mekana girişinin birbirine bağlı olduğunu ve çeşitli kültür yoğunluğunun iç mekan gün ışığı alımını etkileyebileceğini göstermiştir. Lo Verso ve diğ. (2019) çalışmasında, gölgeleme elemanı olarak FBR'yi kullanmış ve FBR gölgesi altında dış mekan çalışma alanında gün ışığı performansını DIVA-for-Rhino yazılımı ile analiz etmiştir. Farklı ışık geçirgenliği değerleri için aydınlatma değerleri hesaplanan çalışmada panellerin içinde dolaşan kültür ortamındaki biyokütle yoğunluğunun ayarlanmasıyla ışık geçirgenliğinin değiştirilebildiğini göstermişlerdir. Cervera Sardá ve Vicente (2016) binalara FBR'lerin eklenmesiyle, mikroalglerin fotosentez ile güneşi emmesi, gölgeleme etkisi sayesinde sıcaklığı düşürmesi ve mikroalgli su ortamının cephenin akustik ve ısı yalıtım performansının artırması sayesinde enerji tasarrufunun arttığını, özellikle sıcaklık azaltımına katkıda bulunduğunu belirtmişlerdir. Negev ve diğ. (2019), Akdeniz ikliminde FBR'lerin binaların enerji tüketimi üzerindeki etkilerini incelemiş ve pencerelerinin bina cephesine, çoğunlukla batı ve güney yönelimlerinde dahil edilmesinin, tek ve çift camlı pencerelere kıyasla enerji tasarrufu sağladığını göstermiştir.

Literatürde FBR cephelerini yüksek gün ışığı performansı ve düşük enerji kullanımı için optimize eden çalışmalar oldukça sınırlıdır. Köktürk ve diğ. (2021) hipotetik bir ofis mekanında, Ankara ikliminde parametrik bir çalışma ile EKY ve EGA değerlerini kuzey ve güney yönleri için pencere duvar oranı ve alg konsantrasyonu değişkenlerine bağlı olarak araştırmıştır. Türkiye'de bu konuda yapılan başka simülasyon tabanlı çalışma bulunmamaktadır. Ayrıca, bu yenilikçi sistemlerin geleneksel pencere sistemlerine göre enerji dostu bir alternatif olarak sunulabileceği bazı çalışmalar bulunmakla birlikte FBR cephelerinin gün ışığı ve enerji performansının yanında ısıl konfor performansını optimize eden çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada, bir ofis odası, Akdeniz iklimi koşulları altında FBR termofiziksel ve optik özelliklerinin enerji tüketimine, gün ışığı aydınlatmasına ve ısıl konfora etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmada çok sayıda parametre (pencere-duvar oranı (PDO), alg konsantrasyonu, duvar tipi ve kalınlığı, yalıtım malzemesi kalınlığı, ısıtma-soğutma ayar noktası) ile enerji kullanım yoğunluğunu (EKY) ve ısıl konfor ihlalini (IKİ) azaltmak, elverişli gün ışığı aydınlatmasını (EGA) artırmak için simülasyon tabanlı optimizasyon çalışması yapılmıştır.

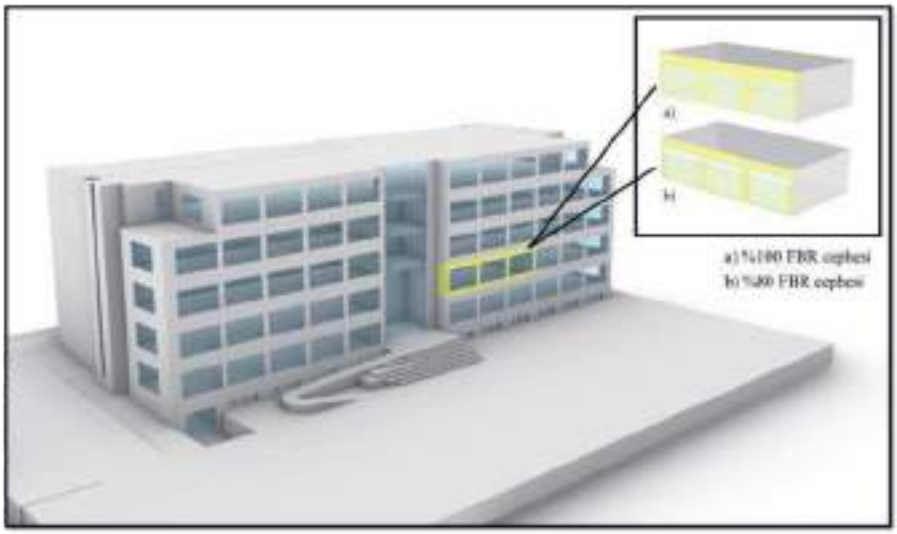
2. Yöntem

Araştırma farklı araçları bütüncül bir biçimde kullanarak oluşturulmuştur. Bina simülasyon sonuçlarının doğrulaması yapılmıştır. Çoklu alanlardan oluşan bina geometrisi için Rhinoceros yazılımında bölgeler oluşturulup Grasshopper'da termal bölgelere dönüştürülmüştür. Enerji simülasyonunun çalışması için gerekli hazırlıklar kurularak bir enerji modeli oluşturulmuş ve simülasyon çalıştırılmıştır Simülasyon sonucunda elde edilen iç mekan sıcaklık sonuçları ile ölçüm yapılan bölgedeki sıcaklıklar karşılaştırılarak ASHRAE 14 Yönergesi doğrulama kriterlerine göre enerji simülasyonunu doğrulamıştır.

Simülasyon çalışmalarının doğrulamasından sonra optimizasyon tek bölge için gerçekleştirilmiştir. FBR elemanı iki farklı şekilde oluşturulmuştur. Birinde literatürde Negev ve diğ. (2019)'nin çalışmasındaki gibi FBR içi tam olarak büyüme

ortamı ile dolu olarak modellenmiştir. Alternatif cephede ise FBR elemanı gerçek çalışma prensibine uygun olarak üst kısmı %20 hava boşluğu ve kalan kısmı büyüme ortamı olarak kurgulanmıştır **(Şekil 1)**.

Gün ışığı simülasyon modelinden elde edilen aydınlatma zaman çizelgesi enerji simülasyonu içine dahil edilmiştir. Enerji performansını değerlendirmek için EnergyPlus, Openstudio simülasyon motorundan yararlanılırken, gün ışığı performansını değerlendirmek için Radiance/Daysim simülasyon motorundan yararlanılmıştır. Optimizasyon, Octopus eklentisi kullanarak gerçekleştirilmektedir. Simülasyonlarda EGA, EKY ve IKİ hesaplanmıştır. Optimizasyon amaçları gün ışığı, enerji ve ısıl konfor ile ilgili olup bina tasarım değişkenleri ve performans ölçütleri arasındaki ilişkinin analiz edilmesini sağlayacaktır. Bu aşamada EKY'nin ve IKİ'nin minimize edilmesi, EGA'nın ise maksimize edilmesi amaçlarını karşılayacak çözümler elde edilmektedir.



Şekil 1: Cephe önerileri (Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.)

3. Bulgular

Yapı modeli için iki farklı FBR cephe elemanı modelleme önerisi yapılmıştır. Mevcut bina ve bu cepheyi iyileştirmek adına yapılacak alternatiflerin optimizasyonuyla elde edilen çözümler enerji, ısıl ve görsel konfor performansı açılarından karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

3.1. Tamamı büyüme ortamı ile dolu fotobiyoreaktör cephe

EGA açısından değerlendirildiğinde **Tablo 1**'deki sonuçlar EGA'nın %51,81-66,26 arasında değiştiğini ve EGA'nın sadece pencere tipi ve PDO tarafından etkilendiğini göstermektedir. PDO'nun 1. gündeki alg konsantrasyonuna bağlı olarak en iyi çözümler %15-25 arasında değişirken, 2. gündeki alg konsantrasyonunda ise %20-30 arasında değişmektedir. FBR'de alg konsantrasyonu arttıkça gölgeleme etkisi arttığı için içeriye giren ışık miktarı azalır. Buna bağlı olarak EGA'da azalmaktadır. Bu yüzden ışık geçirgenliği yüksek olan FBR'ler optimizasyonda daha yoğun olarak bulunmuştur.

EGA değeri ile aydınlatma için kullanılan enerji arasındaki ilişkiye bakıldığında EGA azaldıkça mekan içindeki gün ışığı kullanımında azalma olduğu ve buna bağlı olarak da yapay aydınlatma enerjisinin arttığı görülmektedir. Bu sonuca PDO ve alg konsantrasyonu parametrelerinin yanında aydınlatma kontrol sistemlerinin entegrasyonu ile varılmıştır.

Enerji performansı açısından bakıldığında, 544,05-1094,86 kWh/m^{2}y arasındaki EKY değerlerinde enerji performansının bütün parametrelerden etkilendiği görülmektedir. Duvar tipi bütün çözümlerde malzeme tipi gazbeton çıkarken, gazbeton kalınlığı çeşitlilik göstermektedir. Yalıtım malzemesi kalınlıkları da çeşitlilik göstermiştir. Diğer parametrelerin EKY üzerinde etkilerinin çok az olduğu görülmektedir. Soğutma ayar noktası tek tip, ısıtma ayar noktası ise çoğunlukla 23,5°C çıkmıştır. Isıtma ayar noktasının aynı konfigürasyonda 23°C'den 23,5°C'ye çıkarılması ısıtmada kullanılan enerjiyi arttırsa da IKİ'yi iyileştirmiştir.

Pencere tasarımlarında pencerelerden gelen güneş ışınımının odaya getirdiği ısı, yazın iç mekanın aşırı ısınmasına, iç mekan termal konfor ortamının zayıf olmasına ve artan soğutma enerjisi tüketimine neden olabildiği için dikkat

edilmelidir. İç ortam sıcaklıklarını konforlu derecelere getirmek için iklimlendirme sistemlerinin daha fazla kullanılması gerekmektedir. Pencere boyutları arttıkça soğutma yükleri de artacağı için soğutmanın hakim olduğu Akdeniz ikliminde genellikle küçük boyutlarda pencere yoğunlukları bulunmuştur. Literatürde Akdeniz ikliminde yapılan çalışmalarda bu durum doğrulanmaktadır. Acar ve diğ. (2021)'lerinin, Akdeniz iklimi ve soğuk iklim için ayrı ayrı yaptıkları optimizasyonda Akdeniz iklimindeki binada PDO'yu %18,6 bulurken, soğuk iklimdeki binada %30,2 olarak elde etmişlerdir. Goia (2016), Avrupa'nın farklı şehirlerinde bina kabuğunda PDO'yu optimize ettiği çalışmada Roma ve Atina'da güney yönüne bakan pencerelerin %20 oranında çıktığını belirtmiştir. Ancak pencere boyutlarında şuna dikkat edilmelidir ki küçük boyut ısıl performansı iyileştirse de yeterli aydınlatmanın sağlanması için soğutmanın hakim olduğu iklimlerde pencere genişliklerinde bir alt sınır ayarlanmalıdır.

Pencere tipinin enerji performansı üzerindeki etkisine bakıldığında pencerenin güneş ısısı kazanım katsayısı (GIKK) değerinin etkili olduğu görülmektedir. Aynı konfigürasyonda alg konsantrasyonu arttığında ısıtma için kullanılan enerji miktarının arttığı, soğutma için ise azaldığı görülmüştür. Soğutma yükü hesaplamalarında ısı kazançları önemli bir parametredir. Akdeniz ikliminde, optimizasyonda GIKK değerinin 0,5 ve 0,67 olduğu FBR tipleri bulunmuştur. Bu durum Badeche ve Bouchahm (2020)'nin Akdeniz iklimine sahip Cezayir'in bir şehrinde yaptığı optimizasyonda pencerenin GIKK değerinin optimum 0,5-0,7 değerinde çıktığı sonuç ile benzerlik göstermektedir.

Elde edilen bulgularda, IKİ değerleri ASHRAE tarafından önerilen %10'un altındadır. Tabloya göre ısıl konforun iyileştirilmesi için PDO ve ısıtma ayar noktasının doğru ayarlanması gerekmektedir. Doğru ayarlanmadığı taktirde iç mekandaki konfor koşullarının sağlanması için daha fazla enerji kullanılmaktadır. Aynı konfigürasyonlarda alg konsantrasyonunun artması da ısıl konforu artırmaktadır.

Tablo 1: Alternatif 1 Pareto optimal çözümler (Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.)

PDO (%)	Pencere tipi	Duvar tipi-kalınlığı (cm)	Yalıtım kalınlığı (cm)	Soğutma ayar noktası (°C)	Isıtma ayar noktası (°C)	EGA (%)	EKY (KWh/m2y)	IKİ (%)	Soğutma (kWh/m2y)	Isıtma (kWh/m2y)	Aydınlatma (kWh/m2y)	Uygunluk Fonksiyon (%)
20	1. gün	Gazbeton 25	12	23,5	23,5	60,57	740,46	5,74	667,99	65,57	6,90	64,27
20	1. gün	Gazbeton 25	7	23,5	23,5	60,57	740,99	6,06	668,40	65,69	6,90	63,92
25	1.gün	Gazbeton 25	12	23,5	23,5	65,12	912,99	8,81	828,08	78,60	6,17	61,50
25	1. gün	Gazbeton 25	12	23,5	23	65,12	868,94	10,67	784,12	78,71	6,17	61,11
25	1. gün	Gazbeton 25	7	23,5	23,5	65,12	913,43	9,39	828,50	78,77	6,17	60,89
20	1. gün	Gazbeton 12	8	23,5	23,5	60,57	671,44	12,63	598,82	65,72	6,90	59,70
15	1. gün	Gazbeton 10	12	23,5	23,5	51,81	569,41	3,91	507,95	52,88	8,58	59,39
25	2. gün	Gazbeton 25	7	23,5	23,5	60,51	919,87	5,27	836,00	77,09	6,77	58,04
25	2. gün	Gazbeton 25	8	23,5	23,5	60,51	920,44	5,74	836,44	77,23	6,77	57,52
20	2. gün	Gazbeton 25	12	23,5	23,5	54,62	745,55	4,04	673,57	64,27	7,72	56,94
30	2. gün	Gazbeton 25	10	23,5	23,5	64,08	1094,54	6,89	998,39	89,96	6,19	55,22
30	1. gün	Gazbeton 25	12	23,5	23,5	66,26	1086,82	12,15	989,40	91,95	5,47	53,34

3.2. Büyüme ortamının üstünde hava tanımlanmış FBR cephe

Tablo 2'deki optimum çözümlere bakıldığında 1. Alternatifteki FBR tipi ile pencere duvar oranları benzer çıkmıştır. 1. ve 2. gündeki FBR için PDO %15 ile %30 arasında değişmektedir. Optimal çözümler içindeki en yüksek EGA değerine (%70,16) sahip çözüme bakıldığında bu çözüm en yüksek PDO'ya ve en yoğun konsantrasyondaki FBR'ye sahiptir. Ancak enerji tüketimi çok fazla olduğu için uygunluk fonksiyonu hesaplamasında istenilen değerin çok altında kalmıştır. Aynı şekilde EGA değeri %69,66 olan çözümün IKİ değeri %10'un altında olmasına rağmen enerji tüketimi oldukça fazladır. Bu durumlar için PDO arttıkça iç mekandaki ısıl konforun sağlanması için enerji tüketiminin de arttığı söylenebilir. Optimal çözümler içindeki EKY (399,17 kWh/m^2y) ve IKİ (%2,69) değeri en düşük olan çözüme bakıldığında düşük PDO'ya sahip olmasından dolayı EGA'da istenilen değeri sağlayamadığı görülmüştür. Sonuçta, enerji tüketimini en aza indirirken daha küçük pencere boyutları, görsel konforu en üst düzeye çıkarırken daha büyük pencere boyutları gibi belirgin boyutlandırma çelişkileri ortaya çıkmaktadır. Bu durumda uygunluk fonksiyonuna göre tasarımı belirlemek daha doğru seçimler yapmayı mümkün kılmaktadır.

Isıtma-soğutma ayar noktası değerlerine bakıldığında ısıtma-soğutma ayar noktası belirgin bir şekilde 23,5°C bulunmuştur. Duvar tipi olarak 1. Alternatifte tek tip gazbeton seçeneği bulunurken, 2. Alternatifte ısıl kapasitesi daha yüksek olan tuğla seçeneği ortaya çıkmıştır. Duvar kalınlığı ise yine 1. Alternatife göre daha ince kalınlıklı malzemelerden oluşmaktadır. Yalıtım kalınlıkları ise 3-10 cm arasında değişirken çoğunlukla 3 cm'lik taş yünü seçeneği bulunmuştur.

Tablo 2: Alternatif 2 Pareto optimal çözümler (Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.)

PDO (%)	Pencere tipi	Duvar tipi-kalınlığı (cm)	Yalıtım kalınlığı (cm)	Soğutma ayar noktası (°C)	Isıtma ayar noktası (°C)	EGA (%)	EKY (KWh/ m^2y)	IKİ (%)	Soğutma (kWh/ m^2y)	Isıtma (kWh/ m^2y)	Aydınlatma (kWh/ m^2y)	Uygunluk Fonksiyon (%)
20	1. gün	Gazbeton 10	4	23,5	23,5	62,18	739,85	6,38	666,98	65,65	7,23	67,07
20	1. gün	Tuğla 17,5	3	23,5	23,5	62,18	741,43	7,44	668,07	66,13	7,23	65,93
25	1.gün	Gazbeton 17,5	3	23,5	23,5	65,72	911,87	10	827,23	78,71	5,94	64,76
25	2. gün	Tuğla 25	8	23,5	23,5	62,96	916,90	6,25	832,32	77,55	7,03	63,98
20	2. gün	Tuğla 17,5	3	23,5	23,5	58,72	744,63	4,78	672,13	64,76	7,74	62,92
25	2. gün	Tuğla 25	3	23,5	23,5	62,96	920,14	7,79	934,94	78,16	7,04	62,31
15	1. gün	Tuğla 17,5	8	23,5	23,5	54,96	569,18	4,33	507,77	52,90	8,56	61,69
30	2. gün	Tuğla 25	5	23,5	23,5	65,37	1092,26	9,17	995,72	90,65	5,89	60,45
30	1. gün	Tuğla 17,5	5	23	23,5	65,99	1032,55	15,26	934,92	92,18	5,45	56,70
15	2. gün	Tuğla 15	8	23,5	23,5	50,97	571,82	3,62	510,78	52,01	9,04	55,79
10	1. gün	Tuğla 15	7	23,5	23,5	44,43	399,17	2,69	347,93	40,52	10,72	50,41
95	9. gün	Gazbeton 10	5	23,5	23,5	70,16	4038,38	11,15	3763,50	269,3	5,53	-8,78

3.3. FBR cephesi ile Mevcut Binanın karşılaştırılması

Tablo 3 ve **Tablo 4**'te alternatif iki cephe önerisinin mevcut durumla karşılaştırmaları verilmiştir. Öncelikle iki cephe önerisi için de optimal sonuçlar PDO ve FBR tipi açısından benzer çıkmıştır. 1. gün alg konsantrasyonuna sahip FBR için PDO iki cephe önerisi için de %15-30 arasında değişmektedir. 2.gün alg konsantrasyonuna sahip FBR tipi için ise farklı optimal değerler görülmektedir. Cephe önerilerine göre sırasıyla PDO, %20-30, %15-30 arasında değişmiştir. Uygunluk fonksiyonu ile dengelenmiş seçenekler arasında Alternatif 1'in en iyi seçeneğinde mevcut duruma göre EGA azalırken, Alternatif 2'de EGA iyileştirilmiştir. Bir başka deyişle, PDO'nun %20 olduğu durum mevcut duruma göre Alternatif 1'de EGA açısından iyi bir seçenek değilken, Alternatif 2 cephe önerisiyle %20'nin kullanma ihtimalini sağlamıştır. Ayrıca 2. gün alg konsantrasyonuna sahip FBR tipi seçildiğinde Alternatif 2'nin ikiye bölünmüş olması iç mekana daha fazla ışık geçmesini sağlamıştır ve EGA açısından alternatif 1'e göre daha iyi sonuçlar alınmıştır.

EKY açısından değerlendirildiğinde, Alternatif 1 ve Alternatif 2'nin aynı konfigürasyona sahip durumlarında neredeyse benzer sonuçlar elde edilmiştir. Mevcut binanın enerji kullanım yoğunluğu incelendiğinde m^2 başına düşen toplam EKY değeri 1751,22 kWh/m^2y olarak bulunmuştur. Her iki cephe önerisi de mevcut duruma göre sırasıyla %37,48- 67,48 ve %37,63- 67,50 arasında değişen iyileştirmeler sağlamıştır.

IKİ açısından değerlendirildiğinde, bütün önerilerde %10'un altında değerler bulunmaktadır. Mevcut durumda yıl boyunca konforsuz geçirilen zaman %14,70 iken, tamamı alg dolu olan cephe önerisinde konforsuz geçirilen zaman %2,07-10,79 oranında azalmaktadır. %80'i dolu olan cephe önerisinde de iyileşme %0,44-11,21 arasında değişmektedir.

Tablo 3: Tamamı alg büyüme ortamı olan (%100) cephe önerisine ait optimal çözümlerin performans değerlerinin mevcut durumla karşılaştırmasının özeti (Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.)

PDO (%)	Pencere tipi	EGA (%)	İyileştirme (%)	EKY (KWh/m^2y)	İyileştirme (%)	IKİ (%)	İyileştirme (%)
20	1. gün	60,57	1,14	740,46	57,72	5,74	8,96
20	1. gün	60,57	1,14	740,99	57,69	6,06	8,64
25	1.gün	65,12	3,41	912,99	47,87	8,81	5,89
25	1. gün	65,12	3,41	868,94	50,38	10,67	4,03
25	1. gün	65,12	3,48	913,43	47,84	9,39	5,31
20	1. gün	60,57	1,14	671,44	61,66	12,63	2,07
15	1. gün	51,81	9,90	569,41	67,48	3,91	10,79
25	2. gün	60,51	1,20	919,87	47,47	5,27	9,43
25	2. gün	60,51	1,20	920,44	47,44	5,74	8,96
20	2. gün	54,62	7,09	745,55	57,43	4,04	10,66
30	2. gün	64,08	2,37	1094,54	37,50	6,89	7,81
30	1. gün	66,26	4,55	1086,82	37,94	12,15	2,55

Tablo 4: %80'i alg büyüme ortamı olan cephe önerisine ait optimal çözümlerin performans değerlerinin mevcut durumla karşılaştırmasının özeti (Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.)

PDO (%)	Pencere tipi	EGA (%)	İyileştirme (%)	EKY (KWh/m^{2}y)	İyileştirme (%)	IKİ (%)	İyileştirme (%)
20	1. gün	62,18	0,47	739,85	57,75	6,38	8,32
20	1. gün	62,18	0,47	741,43	57,66	7,44	7,27
25	1.gün	65,72	4,01	911,87	47,93	10	4,74
25	2. gün	62,96	1,25	916,90	47,64	6,25	8,5
20	2. gün	58,72	2,99	744,63	57,48	4,78	9,98
25	2. gün	62,96	1,25	873,21	50,14	8,88	5,89
25	2. gün	62,96	1,25	920,14	47,46	7,79	6,99
15	1. gün	54,96	6,75	569,18	67,50	4,33	10,46
30	2. gün	65,37	3,66	1092,26	37,63	9,17	5,63
30	1. gün	65,99	4,28	1032,55	41,04	15,26	0,44
15	2. gün	50,97	10,74	571,82	67,35	3,62	11,21

4. Sonuçlar

Binaların genel faydalarını iyileştirmek ve birbiriyle çelişebilen bina performans hedefleri arasında bir denge aramak gibi hedeflere ulaşmak için mimarlara hızlı ve doğru tasarım rehberliği sunan simülasyon tabanlı optimizasyon çalışmaları günümüzde en sık başvurulan yöntemdir. Bu doğrultuda bu çalışmada doğa tabanlı bir FBR elemanının yapıyla bütünleşmesi durumunda uygulandıkları yapının enerji tüketimine ve ısıl-görsel konforuna etkisi araştırılmıştır. Çalışmada, İzmir'de yer alan mevcut bir ofis binasının güney cephesinde iki farklı FBR modellemesi önerilmiştir. Optimizasyon sonucunda genel olarak FBR'nin mevcut pencere sistemlerine göre daha iyi performans gösterdiği bulunmuştur. FBR içindeki alg ortamının gölgeleme etkisi sebebiyle iç mekandaki sıcaklık dağılımını düzenlemekte, böylece konfor koşullarının iyileşmesini sağlamaktadır. Ayrıca, fazla gün ışığını filtrelemesi ile gölgeleme sistemlerinin yerini de alabilir. Gün ışığına bağlı oluşabilecek görsel konfor problemlerinin en aza indirilmesini sağlamaktadır. Böylece FBR kullanımı sayesinde görsel konfor koşullarını sağlayabilmek için ilave yapay aydınlatma sistemi kullanımına gerek duyulmamakta ve aydınlatma için gereken enerji miktarı azalmaktadır. Özetle, bina performansına en fazla etki eden bina kabuğuna, FBR gibi biyoişbirlikçi ve yenilikçi bir sistemin entegre edilmesi ile, daha sürdürülebilir bir yapılı çevre için hedeflere ulaşma yolunda önemli bir adım oluşturacağı sonucuna varılabilir. Gelecekte FBR sisteminin daha iyi tanımlanmasını sağlamak ve sürdürülebilirliğe katkıda bulunabilmesi için bu incelenen performanslar dışında maliyet hesabı, yaşam döngüsü analizi ve çevresel performansı da incelenerek daha kapsamlı sonuçlar elde edilebilir.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK 218M580 numaralı araştırma projesi kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Acar, U., Kaska, O., Tokgoz N. (2021). Multi-objective optimization of building envelope components at the preliminary design stage for residential buildings in Turkey. *Journal of Building Engineering, 42,* 102499. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102499

Aksin, F. N., Arslan Selçuk S. (2021). Use of simulation techniques and optimization tools for daylight, energy and thermal performance: a case on office module(s) in different climates. In Stojakovic, V. & Tepavcevic, B (eds.), *Towards a new, configurable architecture - Proceedings of the 39th eCAADe Conference* - Volume 2, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia (pp. 409-418). http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/ecaade2021_177

Badeche, M., Bouchahm, Y. (2020). Design optimization criteria for windows providing low energy demand in office buildings in Algeria. *Environmental and Sustainability Indicators*, *6*, 100024. https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100024

Cervera Sardá, R., Vicente, C. A. (2016). Case Studies on the Architectural Integration of Photobioreactors in Building Façades. In F. Pacheco Torgal., C. Buratti, S. Kalaiselvam, C.G. Granqvist & V. Ivanov (Eds.), *Nano and Biotech Based Materials for Energy Building Efficiency* (1st ed., pp. 457-484). Cham: Springer.

Decker, M., Hahn, G., Harris, L.M. (2016). Bio-Enabled Façade Systems Managing Complexity of Life through Emergent Technologies. *Materıal Studıes | Applications*, 1, 603-612.

Goia, F. (2016). Search for the optimal window-to-wall ratio in office buildings in different European climates and the implications on total energy saving potential. *Solar Energy, 132*, 467–492. https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.03.031

Kim K-H. (2013). A feasibility study of an algae façade system [Conference presentation], *Proceedings of international conference on sustainable building Asia (SB13),* Seoul, South Korea (pp. 333-341).

Lo Verso, V. R.M., Javadi, M. H.S., Pagliolico, S., Carbonaro, C. & Sassi G. (2019). Photobioreactors as a Dynamic Shading System Conceived for an Outdoor Workspace of the State Library of Queensland in Brisbane: Study of Daylighting Performances. *Journal of Daylighting*, *6,* 148-168.

Köktürk, G., Yaman, Y., Tokuç, A. (2021). Ankara ikliminde biyokütle üreten bir cephe elemanının enerji, aydinlatma ve isil konfor üzerine etkisinin parametrik analizi. *EKSEN Dokuz Eylül Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Dergisi*, *3* (1), 20-33.

Nasrollahzadeh, N. (2021). Comprehensive building envelope optimization: Improving energy, daylight, and thermal comfort performance of the dwelling unit. *Journal of Building Engineering, 44*, 103418. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103418

Negev, E., Yezioro, A., Polikovsky, M., Kribus, A., Cory, J., Shashua-Bar, L., & Golberg, A. (2019). Algae window for reducing energy consumption of building structures in the Mediterranean city of Tel-Aviv, Israel, *Energy and Buildings, 204*, 109460. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109460

Wong, I. L. (2017). A review of daylighting design and implementation in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 74,* 959–968. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.061

Yang, L., Yan, H., Lam, J., C. (2014). Thermal comfort and building energy consumption implications – A review. *Applied Energy, 115,* 164–173. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.10.062

Zhao, J., Du, Y1. (2020). Multi-objective optimization design for windows and shading configuration considering energy consumption and thermal comfort: A case study for office building in different climatic regions of China. *Solar Energy, 206,* 997-1017. https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.05.090

Eğitim Yapılarında Mekânsal Yönelim Bağlamında Performans Tabanlı Tasarım Aracı Önerisi

Abdullah Bilgehan İyican [1]; Ahmet Emre Dinçer[2]
[1,2]Karabük Üniversitesi, Mimarlık Bölümü
[1]https://mimarlik.karabuk.edu.tr, [1]bilgehaniyican@karabuk.edu.tr; [2]https://mimarlik.karabuk.edu.tr, [2]aedincer@karabuk.edu.tr

Özet

Eğitim yapılarındaki fiziksel ortam koşullarının kişinin öğrenme performansı üzerine etkisi birçok akademik çalışmaya konu olmuştur. Yapılan çalışmalarda mevcut okullardaki mekânsal yönelim kararlarının gün ışığı ve doğal aydınlatma çerçevesinde tatmin edici sonuçlar vermediği tespit edilmiştir. Bu problemin erken tasarım sürecinde alınan hatalı kararların bir sonucu olduğu ya da uygulanan mevcut tip projelerin ülkemizdeki tüm iklimsel gereksinimleri karşılayamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu nedenle eğitim yapılarının tasarımlarında, başlangıç evrelerindeki bu sorunu önlemek için sayısal bir karar destek aracı geliştirilmesi amaçlanmıştır. Literatürde farklı bina türleri için farklı mekânsal kurgular öneren çeşitli çalışmalar bulunmakla birlikte eğitim yapıları özelinde daha önce yapılan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Geliştirilen bu araçta, Türkiye'de yapılması planlanan ilk ve ortaöğretim kurumları için bulunacakları ilin iklim koşulları uygunluk ölçütü olarak kullanılmakta ve buna göre plan şeması önermeleri sunulmaktadır. İklim koşullarına bağlı yönelim ile ilgili veriler eğitim yapıları asgari tasarım standartları kılavuzunda soğuk, ılıman, sıcak-nemli, sıcak-kuru olmak üzere 4 farklı grupta tablo olarak verilmiştir. Bu tablolarda derslikler, laboratuvarlar, kütüphane, idari mekân vb. birimler yönelime bağlı olarak iyi-orta-kötü şeklinde 3'lü bir değerlendirme ölçütüne sahiptir. Sirkülasyon akslarının etrafına ihtiyaç programındaki mekanların eklemlenmesi ile oluşturulan kurgu, form belirleme yöntemi olarak kabul edilmektedir. Formun belirlenmesinden sonra tasarım aracı kılavuzdaki ölçütleri baz alarak mekanları yerleştirmeye başlar ve bu süreçte en yüksek puanı elde etmeye çalışır. Mekân yerleştirme süreci rastlantısal algoritma ile yürütülmektedir. Aracın çalışma anlayışı performans tabanlı tasarım yaklaşımıyla benzerlik gösterir. Sayısal tasarım aracı olarak geliştirilen birçok çalışma başka bir program altında eklenti olarak geliştirilmektedir. Bu da son kullanıcı olan mimarların, tasarlanan araca erişimini lisans sahibi olmama ve programı bilmeme gibi sorunlardan ötürü güçleştirmektedir. Kullanım kolaylığı ve erişilebilirlik amacıyla tasarım aracı web tabanlı olarak hazırlanmıştır. Arayüz görselleri aşamalar halinde çalışmada yer almaktadır. Bir tip lise projesi verileri üzerinden önermeler sunulmuş olup elde edilen veriler üzerinden mevcuttaki örnek ile kıyaslamalara ve karşılaşılan problemlere yer verilmiştir. Sonraki çalışmalarda yapılması planlanan konulara değinilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Mekânsal yönelim, Eğitim yapıları, Performatif tasarım, Hesaplamalı tasarım, Web tabanlı araç*

Suggestion of Performance Based Design Tool in the Context of Spatial Orientation in Educational Buildings

Abdullah Bilgehan İyican [1]; Ahmet Emre Dinçer[2]
[1,2]Karabuk University, Department of Architecture
[1]https://mimarlik.karabuk.edu.tr, [1]bilgehaniyican@karabuk.edu.tr; [2]https://mimarlik.karabuk.edu.tr, [2]aedincer@karabuk.edu.tr

Abstract

The effect of physical environment conditions in educational buildings on a person's learning performance has been the subject of many academic studies. In the studies, it has been determined that the spatial orientation decisions in the existing schools do not give satisfactory results in the framework of daylight and natural lighting. It is thought that this problem is a result of erroneous decisions taken in the early design process or that the current typical projects implemented cannot meet all the climatic requirements in our country. For this reason, it is aimed to develop a computational decision-making tool to prevent this problem in the early stages of the design of educational buildings. Although there are various studies in the literature suggesting different spatial setups for different building types, no previous study has been found specifically for educational buildings. In this developed tool, the climatic conditions of the province where it will be located are used as a criterion for the primary and secondary education institutions planned to be built in Turkey, and plan scheme proposals are presented accordingly. The data related to the orientation due to climatic conditions are given in tables in the minimum design standards guideline for educational buildings in 4 different groups as cold, temperate, hot-humid, hot-dry. In these tables units like, classrooms, laboratories, library, administrative spaces, etc. have a 3-point evaluation criterion as good-moderate-bad depending on the orientation. The configuration created by the articulation of the spaces in the requirements list around the circulation axis is accepted as a form finding method. After the form is determined, the design tool starts to place the units based on the criteria in the guideline and tries to achieve the highest score possible in this process. The unit placement process is carried out with a randomization algorithm. The concept of the tool is similar to the performance-based design approach. Many studies developed as digital design tools are developed as add-ons under another program. This makes it difficult for end-users-architects to access the designed tool due to problems such as not having a license and not knowing the program. The design tool is web-based for ease of use and accessibility. Interface visuals are included in the study in stages. Propositions were presented on the data of a high school project, and comparisons with the existing example and the problems encountered were included on the data obtained. The subjects that are planned to be done in the future studies are mentioned.

Keywords: *Spatial orientation, Education buildings, Performative design, Computational design, Web based tool*

1. Giriş

Eğitim yapıları; bireylerin okul öncesi eğitimleri ya da ilköğretim, ortaöğretim, yükseköğretim düzeyinde örgün eğitimlerini gerçekleştirdiği mekanlardır. Öğrenme olgusunun tam anlamıyla gerçekleşebilmesi için bu yapıların fiziksel ortam şartlarının iyi olması gerekmektedir. Bu şartların sağlanamadığı mekanlarda, algılama yanlışlıkları, dikkat dağınıklığı, hastalanma, yorgunluk hissetme, anlamakta güçlük çekme gibi hem fizyolojik hem de psikolojik problemlerin ortaya çıktığı gözlemlenmektedir (Atmaca ve diğ.,2015).

Mekânsal yönelim, okul içerisinde yer alan birimlerin fiziksel ortamını, ısı ve aydınlatma açısından etkilemektedir. Eğitim yapılarında mekânsal yönelim kavramı; Millî Eğitim Bakanlığının (O dönemdeki adı ile Maarif Mektebi) yayınlamış olduğu yönergelerde 1933 yılından beri yer almaktadır. (Anonim, 1933) Ancak bu kavram 2013 yılında yayınlanan asgari tasarım standartları kılavuzu içerisinde, iklim tipleri verilerine bağlı olarak nitelik kazanmıştır (Anonim, 2013). Bununla birlikte kılavuzun yayınlanmasından itibaren geçen süreçte ve öncesinde yapılan eğitim yapıları incelendiğinde, okullardaki mekanların bu gereksinimlere cevap veremediği, yapılmış olan önceki çalışmalarda tespit edilmiştir (İyican, 2016). Bu problemin başlıca nedeni, doğal olarak, ilgili yapıların tasarım süreci yaklaşımlarında yatmaktadır.

Eğitim yapılarının mimari tasarım süreçleri incelendiğinde farklı uygulamaların varlığı tespit edilmiştir. Yaygın olarak MEB'in hazırlamış olduğu tip projelerin, belirlenen eğitim yapısı arazisine uyarlandığı görülmektedir. Bunun haricinde mimarlara ihale ve doğrudan temin yöntemleri ile proje tasarımı yaptırılmaktadır. Gerek tip projelerin her iklim tipi ve arazi şekline uyum sağlayamaması, gerek tasarımcıya projelendirme için verilen sürelerin kısıtlı olmasından dolayı uygulanacak projelerin mekânsal yönelim başarısı ideal olmayan neticeler vermektedir.

Bu çalışmada, kısa sürede gelişmekte olan tasarım süreçlerinde mekânsal yönelim verimliliğini arttırmayı hedefleyen bir araç önerilmektedir. Önerilen araç Millî Eğitim Bakanlığının yayınladığı kılavuzdaki veriler doğrultusunda çalışmaktadır. Erken tasarım süreçlerinde mimara yönelim bağlamında, çoklu leke düzeyinde çıktılar sunarak, düşünülen kurgunun başarımının tespit edilmesinde rol oynamaktadır. Bu sayede tasarlanan araç, kısıtlı sürede yapılması gereken tasarımlarda, gün ışığını temel alarak fiziksel çevre etmenleri ile etkin bir şekilde çözümler üretimini mümkün kılmaktadır.

2. Literatüre Bakış

Tasarım sürecine destek olarak sayısal araçların mimarlık disiplinine dahil olmasıyla birlikte, çeşitli tasarım problemlerine uyarlanabilen form-bulma ve plan şemaları alternatifleri sunan modellerin geliştirilmesi çabaları da yoğun ilgi görmüştür. Tasarım süreçlerinin, işletimsel problemlere indirgeme zorluğu ve süreç sırasında sıklıkla yeni problemlerin ortaya çıkması, bu deneyimlerin farklı yaklaşımlarla ve çeşitli bağlamlarda sınanma olanağı sağlamıştır. Bu deneyimlerin bir bölümü tasarım uzayının kısıtlı tanıma sahip olması sebebiyle belirli yönde kısıtlayıcı olduğu da görülmektedir (Schneider ve diğ., 2011). Bununla birlikte tercihen farklı aşamalara ve ölçeklere uyarlanabilen; tasarım öğelerinin büyük ölçüde tanımsız, bir başka deyişle açık uçlu bırakıldığı ve kullanıcıların anlamlandırdığı; doğrusal ve dolaylı müdahalelere olanak sağlayan, homojen ve heterojen yapılarla birlikte hiyerarşik düzenlerin kurulabildiği; esnetilebilir ölçütlerle uygunluk fonksiyonlarının uygulandığı tasarım sistemlerinin arayışı devam etmektedir. Bu plan şemaları üretim teşebbüslerini biçim gramerleriyle geleneksel Malagueira evlerinin web destekli olarak yenilikçi çeşitlemelerinin üretiminden (Duarte, 2001); genetik algoritmalarla ofis çözümlemelerine (Jo ve Gero,1998), topolojik ilişkileri temel alan ve küre ve kapsül gibi elemanlarla temsil edilen mekân etmen tabanlı sistemlerle çözümlemelerine (Guo ve Li, 2017); karınca kolonisi kullanılarak bir havalimanının güzergahlarında aktivitelerin belirlenmesine (Veloso ve diğ, 2019); üretken çekişmeli ağlarla konut planı şemaları geliştirilmesine (Neuata ve diğ, 2020); hücresel özdevinim kurallarıyla esnek plan şemalarının üretimine (Herr, 2008); yine benzer şekilde gün ışığı ölçütüne göre hücrelerin yerleşimiyle açık ve kapalı alanların oluşumlarına (Watanabe, 2002) kadar oldukça geniş bir portföyde sıralamak mümkündür. Ancak mekânsal yerleşimlerin kararlarıyla ilgili iklimsel verilere bağlı olarak tasarım önermesi yapan uygulamaların az olduğu görülmektedir. Özellikle de eğitim yapıları özelinde örneklere pek rastlanmamıştır. Bununla ilgili en ilişkilendirilebilir örnek olarak Joel Simon'ın (2018) bir okul planı çalışması gösterilebilir. Burada sirkülasyon alanlarında geçen süreyi karınca kolonisi algoritması ile minimuma indirmeyi hedeflemekte ve her sınıf için doğal aydınlatma imkânı verebilen organik plan önermeleri sunmaktadır. Ancak bu önermelerde hiçbir mimari ve tasarımsal kaygı güdülmemiş olup, yalnızca yazılım boyutunda uygulanabilirlikler denenmiştir. Dolayısıyla bu alanda bir çalışma yapılmasına ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Öneri çalışmayla, gelecek nesillerin şekillendiği eğitim yapılarının tasarım sürecine katkı sağlayabilecek, kullanışlı bir araç potansiyeli sorgulanmaktadır.

3. Model Önerisi

Bu çalışmada Türkiye'deki ilköğretim ve ortaöğretim düzeyinde eğitim yapıları ele alınmaktadır. Ülkemiz için belirlenmiş olan soğuk, ılıman, sıcak-nemli ve sıcak-kuru olmak üzere 4 farklı iklim tipine ait tablolarda mekanlar iyi-orta-kötü şeklinde değerlendirme ile yönlere bağlı olarak puanlanmıştır (**Şekil 1**). Çalışmanın kapsamında karmaşık fonksiyonlu yapılar olarak değerlendirilen ilkokul, ortaokullar, liseler ve bu okulların türlerinden (Fen lisesi, Anadolu lisesi vb.) oluşan küme için mekânsal yönelim bağlamında çözümler üretilmesi hedeflenmiştir.



Şeki 1: Soğuk iklim için mekân-yön tablosu (Anonim, 2015)

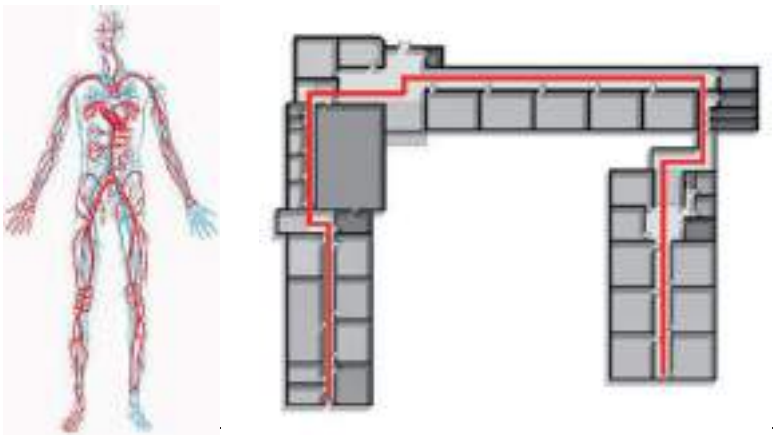
3.1. Performans Tabanlı Tasarım

Bina performansını rehber niteliğinde değerlendiren performansa dayalı tasarım sistemleri; form üretiminin performatif simülasyon süreçlerinin neticesinde meydana geldiği, temelde biçimsel olarak dengenin gözetildiği ve dolayısıyla morfogenetik bir yapının tanımlandığı, yönlendirici bir tasarım ilkesidir (Oxman ve diğ, 2008). Fiziksel koşullara bağlı çevresel performansın analitik değerlendirmesini temel alan, bir geometrik formun dönüşümü ve türetimini içerir (Oxman, 2008). Ayrıca Kolarevic (2003) performatif mimariyi, her projenin belirli performansla ilgili yönlerine bağlı, evrensel hedeflere sahip bir "meta-anlatı" olarak tanımlamıştır. Genellikle performans tabanlı tasarım tekil bina bileşenlerinden bütüncül olarak sistem gereksinimlerine, binaların enerji performansına dayalı düzenlemelere kadar, sürdürülebilirliği temel alan bir kavram olarak ele alınmaktadır (Lee ve diğ., 2013).

Bu çalışmada performans tabanlı tasarım anlayışının kullanımı, literatürdeki genel kullanım yaklaşımlarından farklıdır. Bununla birlikte çalışmada izlenen, tasarımın ilk aşamalarında mekanların fiziksel çevre koşullarına bağlı en uygun yerleşim çözümleri ve bu birimlerin maksimum pasif iklimlendirme koşullarını sağlama çabaları açısından temelde diğer yaklaşımlarla benzer özellikler göstermektedir. Performans ölçütü olarak, okullardaki çeşitlilik gösteren birimlerin yönelim başarımları ile ilgili değerlendirmelerin olduğu, eğitim yapıları asgari tasarım standartları kılavuzunda yer alan, mekân yön tabloları kullanılmıştır. 3'lü puanlama sisteminde iyi-100, orta-50, kötü-0 puan olarak hesaplamaya katılmıştır. Okullardaki Tablo 1'de yer alan birimler listelenip cephelerinin yönelimine göre puanlanmış ve okulun yönelim başarısına tüm birimlerin ortalaması alınarak ulaşılmıştır.

3.2. Form Belirleme Aracı Olarak Sirkülasyon

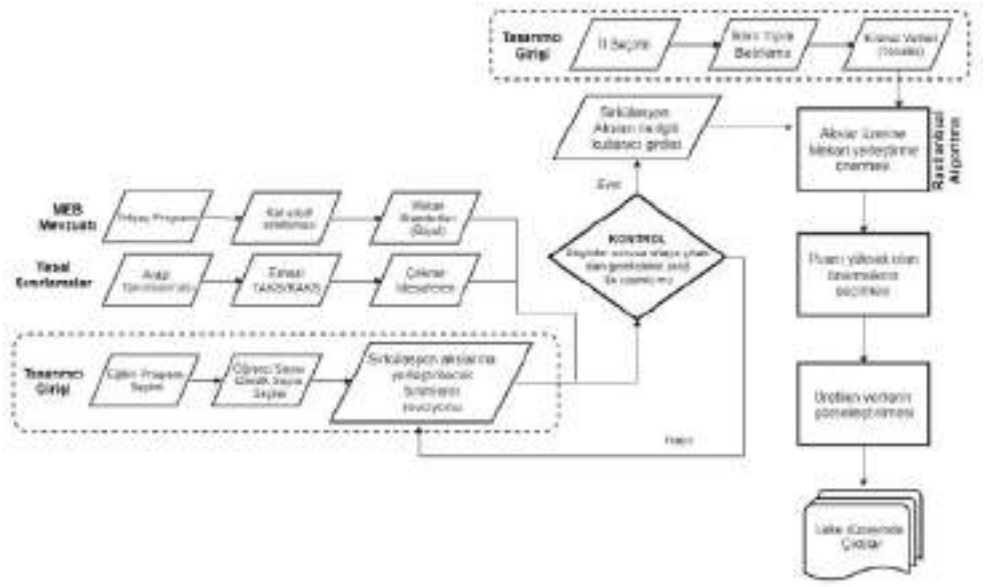
Mimari tasarımda sirkülasyon, bina içerisindeki birimlerin formunu belirlemede rol oynamaktadır. Ayrıca bu birimler de sirkülasyon alanlarının şekillenmesinde etkilidir. Ching'e (2007) göre özellikle karmaşık fonksiyonlu binaların formunun ve mekân organizasyonunun oluşumunda sirkülasyon sistemleri belirleyici olmaktadır. İnsandaki dolaşım sistemini oluşturan damarların vücut hatlarını tanımlaması gibi yapılardaki sirkülasyonların da form hatlarını belirlediğini söylemek mümkündür (**Şekil 2**). Bu anlayışla çalışmadaki eğitim yapılarında mekân kurgusuna bağlı form belirleme yöntemi; ilk aşamada sirkülasyon akslarının belirlenmesi, ikinci aşamada da mekanların bu akslar etrafına yönelim bağlamında yerleştirilmesi ile tanımlanmıştır. Bir nevi tümevarım yaklaşımı izlenmiştir.



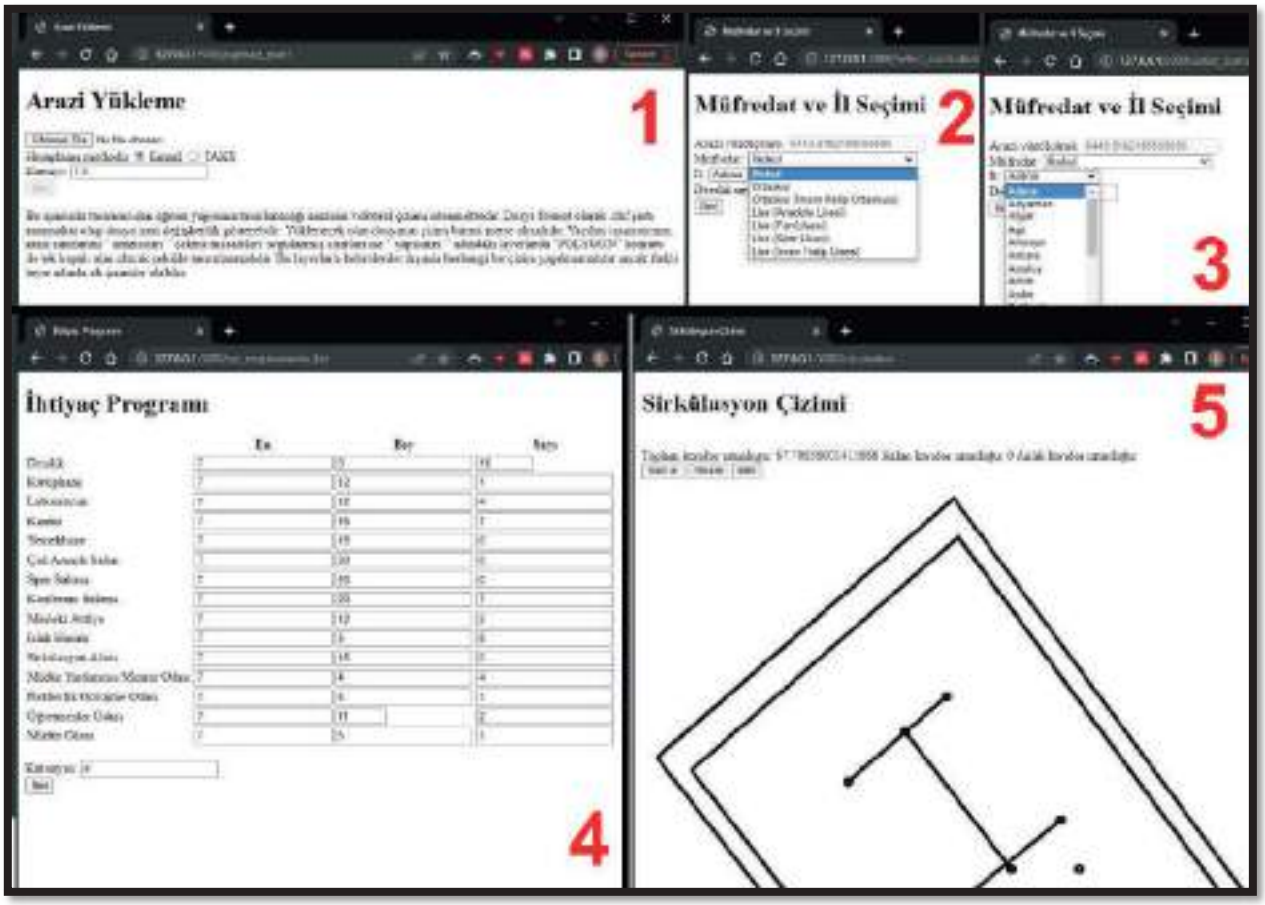
Şekil 2: İnsan ve bina üzerinden sirkülasyon ve form ilişkisi (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır)

3.3. Mekânsal Yönelim Aracı

Kurgulanan tasarım aracında mekân önermelerinin gerçekleşebilmesi için tasarımcıdan sirkülasyon akslarının doğrusal olarak belirlenmesi istenmektedir. Sirkülasyonların uzunluğu, tanımlanmış olan okul ve ihtiyaç programlarına bağlı olarak hesaplanabilmektedir. Öncelikle eğitim yapısının kat adedi ve derslik sayısı tanımlanır. Bununla beraber seçilen program için bir ön tanımlı ihtiyaç programı listesi çıkar. Tasarımcı çevresel etkiler ve gereksinimler doğrultusunda bu programı düzenler. Son olarak çıkan mekân adedi ve boyutları ile bağlanacağı sirkülasyon uzunlukları hesaplanır. Çıkan sonucun emsal hesapları ve araziye uygun olup olmadığı sorgusu yapılır. Uygun olması durumunda, tasarımcı elde edilen sirkülasyon miktarını arazi üzerinde çizer ve önermeler için yazılımı başlatır. Aksi halde ihtiyaç programı ekranına revizyon için geri dönülür. Belirlenmiş sayıdaki önermeyi tamamladıktan sonra mekânsal yönelim başarım puanı yüksek olan önermeler arasından seçim yapılıp, leke düzeyinde tasarımcıya sunulur. Tasarımcı uygun gördüğü önermeyi kaydedip sonraki tasarım evreleri için altlık olarak kullanabilir (**Şekil 3**). Yazılım geniş kapsamlı bir kullanıcı kitlesine hitap edebilmesi için web tabanlı uygulama olarak geliştirilmiştir. Yazılım dili olarak arka plan işlemlerinde Python3, web arayüzündeki kısımlarda da Javascript kullanılmıştır. Kullanılan arayüz görselleri **Şekil 4'**te aşamalı olarak verilmiştir.

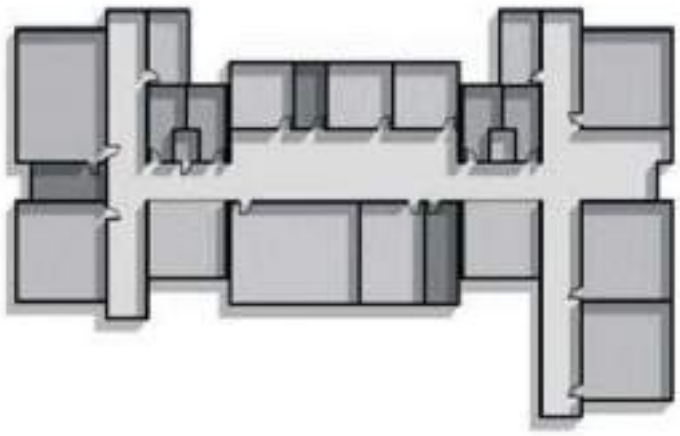


Şekil 3: Performans tabanlı tasarım aracı akış şeması (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır)

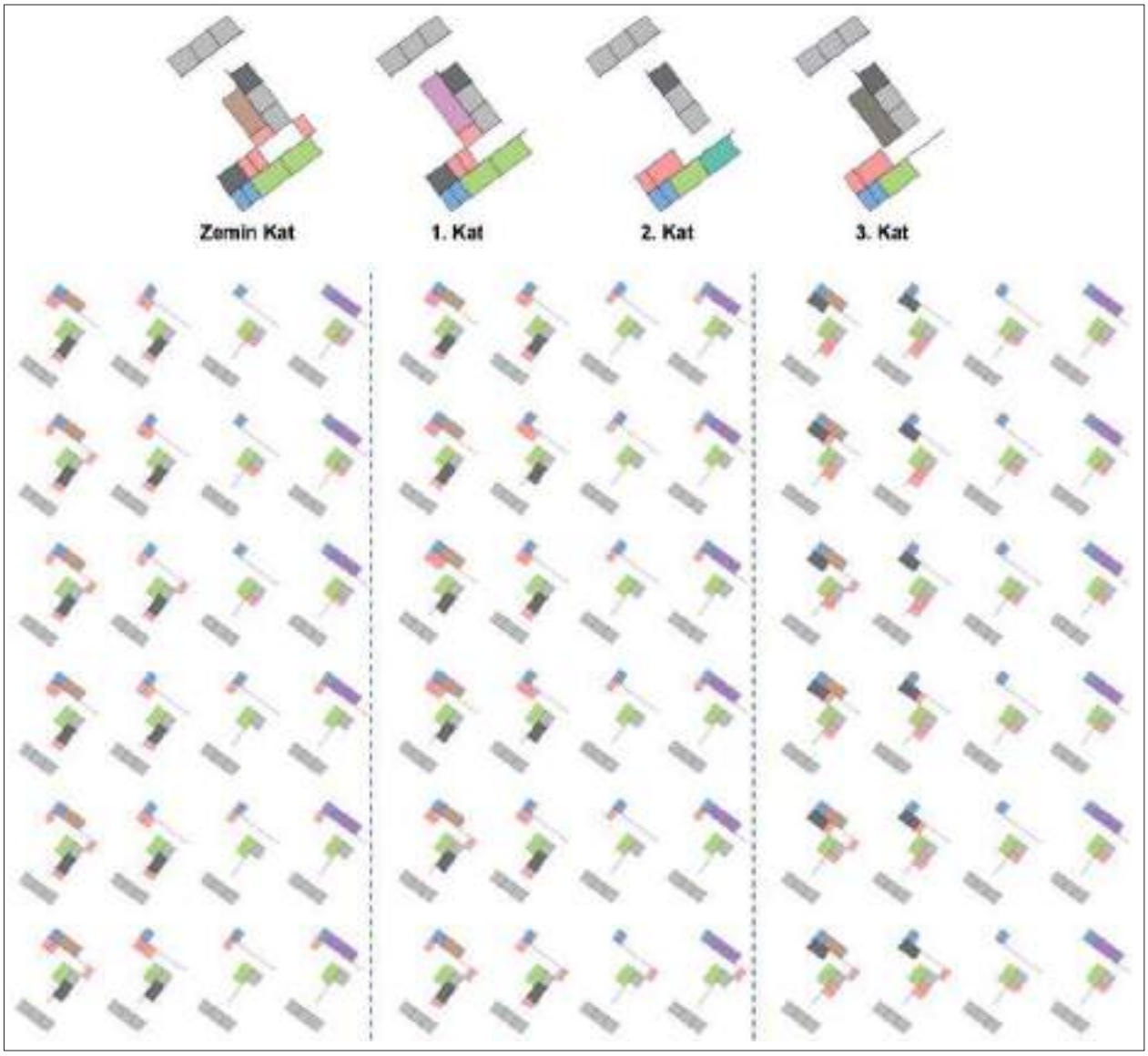


Şekil 4: Performans tabanlı tasarım aracı web arayüzü (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır)

MEB.2000.07 kodlu 16 derslikli tip lise projesi Türkiye'de yaygın olarak uygulanmıştır. Karabük İli Merkez ilçesinde bulunan Mehmet Vergili Fen Lisesi de bu plan tipine sahiptir (**Şekil 5**).Okulun mekânsal yönelim başarısı aynı hesaplama metodu ile %79 olarak hesaplanmıştır (İyican, 2016). Hazırlanan yazılımın test edilebilmesi amacıyla bu örnek okul ile aynı arazi, ihtiyaç programı ve sirkülasyon aksları kullanılarak tasarım aracından önermeler yapması istenmiştir. Bu deneyin sonucunda çıkan önermelerdeki başarı %97,5 seviyelerine ulaşmıştır. Elde edilen önermelerden örnekler **Şekil 6**'da verilmiştir.



Şekil 5: MEB.2000.07 – 16 derslikli tip lise projesi kat planı (İyican, 2016)



Şekil 6: Tasarım aracının geliştirdiği leke düzeyinde mekânsal yerleşim önermeleri (Yazarlar tarafından hazırlanmıştır)

4. Sonuçlar

Ülkemizde hızlı gerçekleşen tasarım süreçlerinde, mekânsal yönelime dair alınan plan kararlarının iyi çözümlere ulaşması, pasif iklimlendirme bağlamında kullanıcıların fiziksel ortamına olumlu etki etmektedir. Hatalı plan kararlarından dolayı meydana gelen iklimlendirme ve aydınlatma problemlerinin, ek yapı elemanları ya da mekanik sistemler ile çözümlenmeye çalışılması, yapım ve işletme maliyetlerini de artırmaktadır. Eğitim yapılarında iklimlendirme ve aydınlatma imkanları kısıtlı olduğundan pasif yöntemlerin önemi öne çıkmaktadır. Okullardaki fiziksel ortamın doğal aydınlatma ile kullanılabiliyor olması öğrencilerin başarısının artmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda termal konfor da öğrenme süreçlerini etkilemektedir. Bu bağlamda eğitim yapılarında tasarıma yardımcı uygulamaların ihtiyacı, mevcuttaki örnekler incelendiğinde de açıkça görülebilmektedir. Bu bulgular ışığında önerilen yazılımın başarımlarını ve karşılaşılan sorunlara dair çıkarımları şu şekilde sıralamak mümkündür;

Hazırlanan yazılımda tüm proje kararlarını tasarımcı verebilmektedir. Proje sürecine müdahale olmaksızın, geliştirilebilir şemalar içeren, çoklu önermeler sayesinde mimarın tasarım kurgusuna uygun bir modele ulaşma imkânı sunulmaktadır.

Kısıtlı süre içerisinde taslak aşamasındaki plan şemalarının tamamının program tarafından değerlendirilip puanlanması, karar verme sürecinin verimliliğini artırmaktadır. Programın çalışma ortamı web tabanlı olduğundan, tasarımcının sahip

olması gereken bir yazılım ya da eklenti şartı aramayışı, çok geniş bir kitleye ulaşma imkânı sağlamaktadır. Aynı zamanda tasarım aracı; eğitim sistemindeki program değişiklikleri, yeni eğitim mekanlarının eklenmesi ya da puanlamada kullanılan verilerin ileride değişmesi durumunda yeniden kurgulanmaya uygun olarak tasarlanmıştır.

Önerme yapan algoritmada rastlantısallığın kullanılmış olmasında belirli problemlerle karşılaşılmıştır. Mekân önermelerinde, herhangi bir ilişki olmaksızın, sadece yönelim odaklı çıkarımlarda bulunduğundan katlar arasında ıslak hacimler gibi sürekliliği olması gereken mekanları farklı yerlere konumlandırdığı görülmüştür. Aynı zamanda dersliklerin düşey hizada aynı aks üzerinde konumlanmayışı farklı fiziksel koşullar gerektiren mekanlar ile bir araya gelmesine sebep olmuş, ideal öğrenme ortamından uzak tasarımlar önerildiği görülmüştür. Bu yüzden süreç içinde tasarımcı müdahaleleri ve değerlendirmeleri önem arz etmektedir.

Bu belirtilen sorunlar neticesinde ileride yapılması planlanan çalışmalarda eğitim yapılarının diğer ihtiyaçlarına da cevap verebilmek maksadıyla kural tabanlı tasarım modelinin denenmesine karar verilmiştir. Bu sayede kabul edilebilirliği daha yüksek olan önermeler türetilmesi beklenmektedir.

KAYNAKLAR

Anonim, (1933) İlkmektep planları albümü, Milli Eğitim Bakanlığı

Anonim, (2013) Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu. In N. Avcı, Y. Tekin, M. M. Murat (Eds.), Türkiye Cumhuriyeti Milli Eğitim Bakanlığı

Atmaca, A. B., Zoroğlu Çağlar, F., Ünver, R. & Zorer Gedik, G. (2022). Güçlendirme yapılan binalarda görsel konfor değişiminin saptanması ve iyileştirilmesi için bir yöntem: eğitim binası-derslik örneği. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 37 (4), 1915-1930. DOI: 10.17341/gazimmfd.834601

Ching, F. D. K. (2007). Architecture: Form, space, & order. Hoboken, N.J: John Wiley & Sons.

Duarte, J.P.: *Customizing Mass Housing: A Discursive Grammar for Siza's MalagueiraHouses*. Ph.D. Thesis. Department of Architecture, Massachusetts Institute of Technology,Cambridge, MA (2001).

Guo, Z., Li, B. (2017) *Evolutionary approach for spatial architecture layout design enhanced by an agent-based topology finding system. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095263516300565?via%3Dihub*

Herr, C., (2008). From Form Generators to Automated Diagrams: Using Cellular Automata to Support Architectural Design [Doctoral dissertation, The University of Hong Kong]

İyican, A. B. (2016). An evaluation of primary, secondary and high school buildings in terms of orientation principles from the point of education buildings minimum design standarts guideline: Karabük example (436245) [Master's thesis, Karabuk University]. Council of Higher Education Thesis Center

Jo, J.H. & Gero, J.S. (1998). Space Layout Planning Using an Evolutionary Approach. *Artificial Intelligence in Engineering,*12: 149-162.

Kolarevic, B. (2003). Computing the Performative in Architecture. In W. Dokonal, U. Hirschberg (Eds.), *Digital design : proceedings of the 21st Conference on Education in Computer Aided Architectural Design in Europe, 17-20 September, Graz University of Technology* (pp. 457–464). Graz University of Technology.

Lee, S. H, Zhao, F., Augenbroe, G. (2013). The use of normative energy calculation beyond building performance rating. *International Journal of Building Performance Simulation,* 6(4),282-292.

Nauata, N., Chang, KH., Cheng, CY., Mori, G., Furukawa, Y. (2020). *House-GAN: Relational Generative Adversarial Networks for Graph-Constrained House Layout Generation.* In: Vedaldi, A., Bischof, H., Brox, T., Frahm, JM. (eds) Computer Vision – ECCV 2020. ECCV 2020. Lecture Notes in Computer Science(), vol 12346. Springer, Cham.

Oxman, R., Hammer, Roey, Ari, Shoham Ben (2007). Performative Design in Architecture. In J. B. Kieferle (Eds.), *Predicting the Future: 25th eCAADe Conference Proceedings, Frankfurt am Main (Germany) 26-29 September* (pp. 227-234). Ginsheim-Gustavsburg : Kanne Graph. Betrieb.

Oxman, R. (2008). Performance-based Design: Current Practices and Research Issues. *International Journal of Architectural Computing, 6*(1), 1–17. https://doi.org/10.1260/147807708784640090

Simon J. (2022, March 1). Evolving Floorplans. https://www.joelsimon.net/evo_floorplans.html

Schneider, S., Fischer, JR., König, R. (2011). Rethinking Automated Layout Design: Developing a Creative Evolutionary Design Method for the Layout Problems in Architecture and Urban Design. In: Gero, J.S. (eds) Design Computing and Cognition '10. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0510-4_20

Veloso, P., Rhee, J., Krishnamurti, R. (2019). *Multi-agent Space Planning A literature review (2008-2017)*

Watanabe, M.S. (2002), Induction Design: A Method for Evolutionary Design. Birkhäuser Basel

ÇALIŞTAYLAR

HBIM (Historical Building of Information)

Dr. Nuray Benli Yıldız
Düzce Üniversitesi
nuraybenli@gmail.com

Yapı bilgi modellemesi (BIM), bilgi teknolojilerinin inşaat sektörüne uyarlanarak 3B parametrik ve nesne tabanlı model oluşturulması, modellere zaman ve maliyet verisi eklenmesiyle oluşturulan bir metodolojidir. Son yıllarda kültürel mirasın korunması, gelecek kuşaklara aktarılması açısından dijital kültürel mirasın oluşturulması, güncel bir çalışma alanı haline gelmiştir. Teknolojik imkânların artması sayesinde erişim zorlukları, pandemi ve ekonomi gibi sebeplerle fiziki ulaşım sağlanamayan tarihi alanlar, sahip oldukları kültürel zenginlikleri dijital ortamlara aktarmaktadır. Bu amaç doğrultusunda BIM'in tarihi yapılar üzerinde uygulanan versiyonu olan Tarihi Yapı Bilgi Modellemesi (HBIM) önemli bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. Kültürel miras yapılarının modellenerek dijitalleştirilmeleri; tek tip detaylarının olmaması, farklı zaman ve periyotlarda, farklı yapım teknikleriyle yapılmış olmaları sebepleri ile emek yoğun bir süreçtir. Bu sebeple HBIM ile parametrik nesne kütüphanelerinin oluşturulması, yaygınlaştırılması, sınıflandırılması ve erişilebilir hale getirilmesi ile bu süreç iyileştirilmiş olacaktır.

HBIM çalışmalarında BIM'in modelleme özellik ve teknikleri de tarihi yapıya uygun olarak bazı değişimlere uğramaktadır. Bu kapsamda bildiğimiz BIM araçlarını, modern yapı için değil de, geleneksel bir konut örneğinde nasıl kullanabileceğimiz araştırılmıştır. Örnek olarak, giydirme cephe elemanından ahşap karkas, pencere elemanından giyotin pencere, döşeme elamanından merdiven elde edilmesi gibi örneklemlenebilir.

Bu çalıştay kapsamında orta sofalı bir yapı yaklaşık ebatlarına uygun olarak, 3-3,5 saat gibi kısa bir sürede genel hatlarıyla modellenmeye çalışılmıştır. ArchiCAD yazılımı genel olarak tanıtılmış, kullanılacak araç setleri, bilgi kutusu ve yakalama ayarları gösterilmiştir. Bu amaçla önce program genel çalışma ve kat ayarları yapılmıştır. Sonrasında duvar aracıyla genel hatları çizilmiş, orijinal oranlarına yakın kat planı elde edilebilmesi amacıyla, gerekli düzenleme araçları tanıtılmıştır. Kat yüksekliklerine uygun, BIM tarafından tanımlanmış duvarlarla yapı iç ve dış hatları oluşturulmuştur. Dış hatları takip eden uygun aralıklarla giydirme cephe elemanları ile dört köşesi tanımlanmıştır. Sonrasında 3. Boyutta düzenleme özelliği ile giydirme cephe elemanları, çaprazları çizilmiştir. Giydirme cephe cam elemanları seçilerek, silinmiştir. Pencere boşluklarına denk gelecek olan yerler boş bırakılmıştır. Pencere tanımları içinden giyotin pencereler parametrik obje kütüphanesinden bulunmuş, ahşap düşey ve yatay hatılların arasına uygun ölçülerde yerleştirilmiştir. Kat içindeki iç ve dış kapılarda yerleştirilmiştir. Sonrasında su basman kotu ve üst kat tanım ve ölçüleri oluşturulmuştur. Zemin kat planı üst kata kopyalanırken, su basman 3 basamakla elde edilmiştir. En üst katın üstüne kırma çatı tanımlanıp, uygun eğime getirilmiştir. Kat planları, cepheler, kesitler ve perspektifler elde edilmiş, paftaya yerleştirilmiştir. Workshop'a toplamda Liva Nur Ünal, Alper Karatoyun, Özge Kardaş isimli üç öğrenci katılırken, iki öğrenci yazılımı daha önce kullanmadığını belirtmiş, programın Demo versiyonunda ise kat çıkma gibi bazı özelliklerin aktif olmadığı görülmüştür. Bu kısıtlılıklar sonuç ürünü etkilese de, öğrencilerin benzer BIM programı bilmeleri sebebiyle çok büyük zorluk çekilmemiştir. Böylece BIM programlarına ön yargılı davranmamak gerektiği, benzer mantıklı programlar arasında geçişin zor olmadığı da bir kez daha gözlenmiştir. Çalışmaya ait üç öğrencimizin paftalarından kesitlere yer verilmiştir.

Modelleme çalışmasının BIM aracılığla yapılması, malzeme metraj, plan düzleminde çizilen yapının plan, kesit, cephe, 3 boyut çizimlerinin otomatik elde edilebileceği, sonrasında foto gerçekçi görüntüler, enerji analizleri, güneş/gölge analizleri, karbon ayak izi gibi verilerin de aynı model üzerinden elde edilebileceğine vurgu yapılmıştır. Ayrıca Kültürel miras yapılarımızın daha rahat dijital kültürel mirasa geçirilmesi için BIM yazılımlarına hâkimiyetin arttırılması gerektiği tespit edilmiştir.

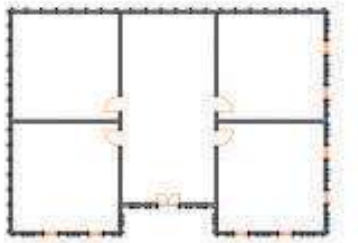


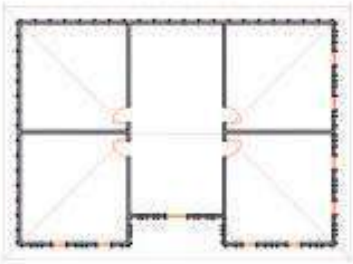


Liva Nur Ünal

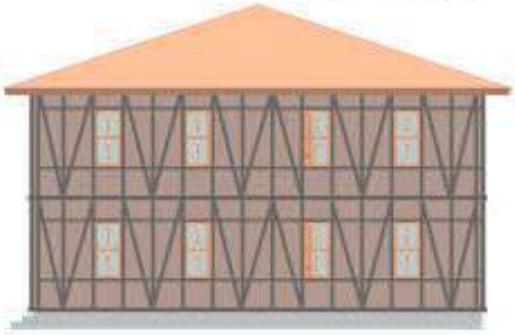
HBIM ATÖLYESİ

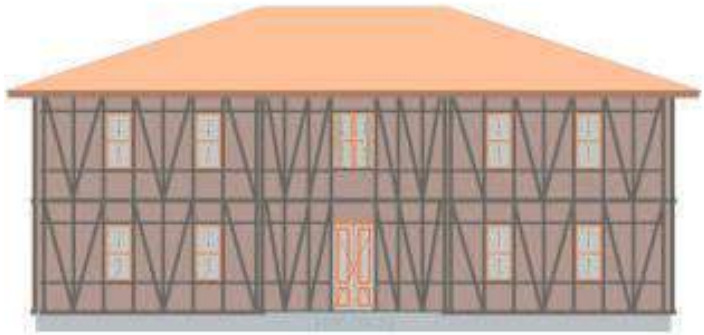
Yürütücü: Dr. Nuray Benli Yıldız

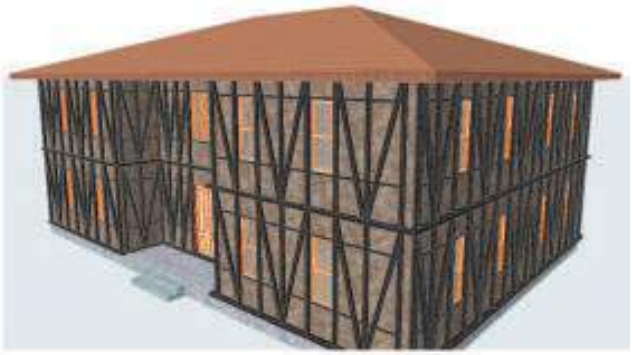




Alper Karatoyun







Alper Karatoyun

MSTAS 2022



Özge Kardaş

Kuralsızlıklardan Oluşan Biçimlenmeler

Serkan Can Hatıpoğlu [1]; Merve Ertuğrul[2]; Selim Hikmet Şahin[3]
[1-2-3]Eskişehir Teknik Üniversitesi
[1]serkanch.com, [1]serkanch@eskisehir.edu.tr; [2]merveertugrul@eskisehir.edu.tr; [3]selimhikmetsahin@eskisehir.edu.tr

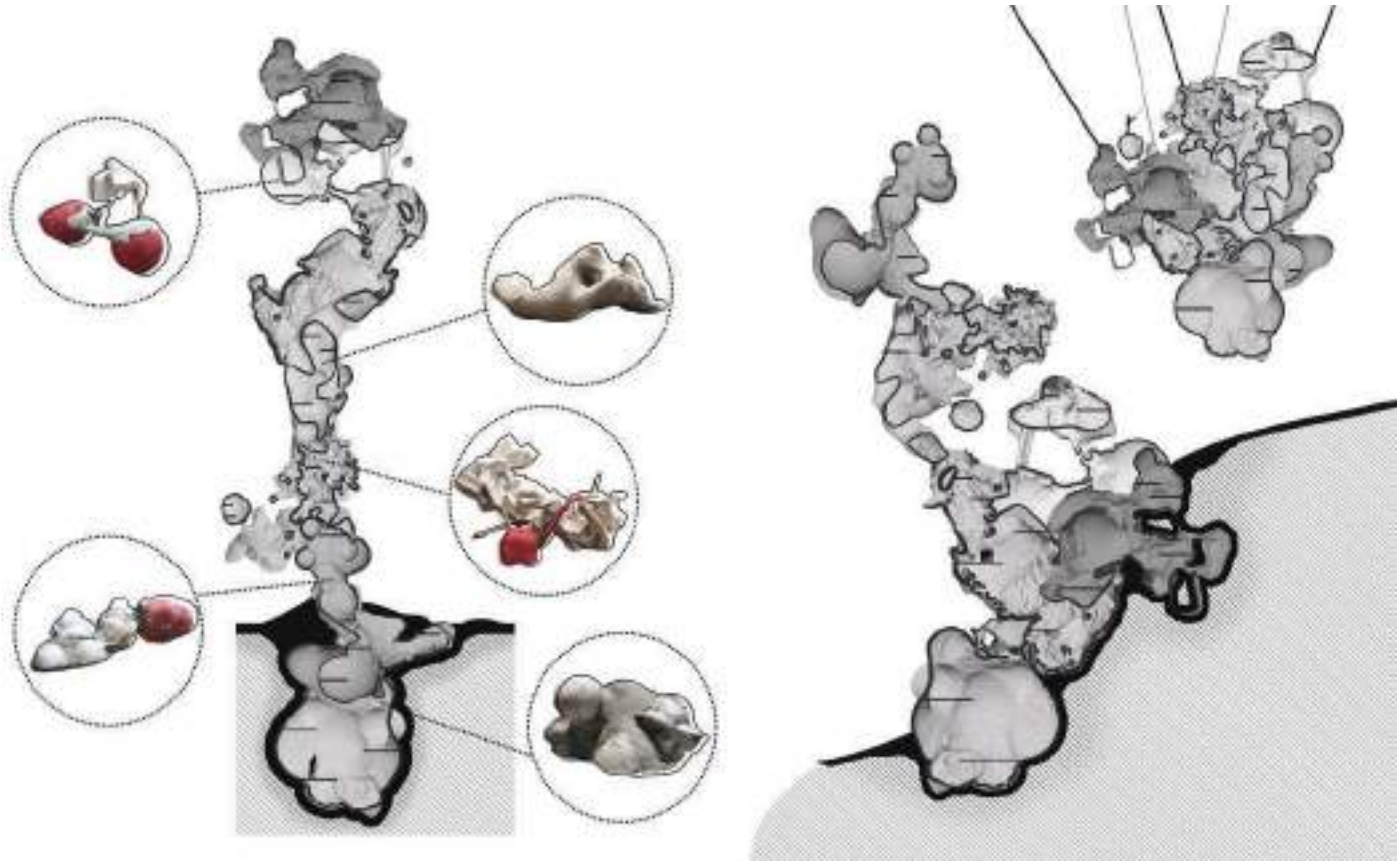
Konvansiyonel tasarım süreçleri, her ne kadar birbirine geçişli olsa da zaman içerisinde çizgiselleşme eğilimi göstermektedir. Çoğunlukla tasarımcı, zihninde oluşan bazı tasarım fikirleri ile başlayıp temsil araçları ile onu sorgulamakta ve halihazırda zihninde canlananlardan referanslar ile üç boyutlu maketlerini ve modellerini oluşturmaktadır. Çalıştayın amacı başka türlü tasarım süreçlerinin nasıl inşa edilebileceğini sorgulamak ve buna yönelik denemeler yapmaktır. Bu noktada konvansiyonel tasarım süreçlerinin ters-yüz edilmesi ile tasarım fikri üç boyutlu nesneler aracılığıyla – sürecin başından itibaren - yoğrulabilir. Başlangıç aşamasında yalıtılmış bir zihinsel mesaiden ziyade böyle bir yol seçildiğinde, rastlantısallık ve sezgisellik aktive edilebilir ve başlangıçta zihinde oluşan imgelerin ötesinde, beklenmedik sonuçlar üretilebilir. Çalıştayın konusu duyurularda şu şekilde aktarılmıştır:

> Yeni bir gramer üretme biçimine dair bir sorgulamaya işaret eden bu atölyede, biçim üretmenin temeli olarak ele alınabilecek tüm kurallar bertaraf edilecektir. Kurallar dizisini yıkmak üzere gerilla bir girişim ile bir alfabe oluşturulacak ve yine kurallardan sıyrılmış bir biçimde bu alfabeye başvurarak sonsuz olasılıkta cümleler kurulacaktır. Böylelikle ileri-teknoloji araçlar ile sezgisel biçim üretimleri ve bu üretimlerin olanakları ortaya konacaktır. Bu olanaklar aracılığı ile, ilk aşamada bazı ön koşullar ile indirgenmiş formlar üretmenin aksine, her adımda yeni bir açılım kazanan bir tasarım süreci okuması yapılacaktır.

Eskişehir Teknik Üniversitesi İnovasyon Fabrikası, sanayi işbirlikleri adına ileri seviye prototipleme imkanları sunmaktadır. Bu bağlamda İnovasyon Fabrikası'nda ölçümlerin ve 3 boyutlu tarama imkanı veren 3D tarayıcı da yer almaktadır. Çalıştay katılımcılarına 3 boyutlu tarama cihazı kullanım alanları Hexagon Absolute Arm 8525+RS6 model tarayıcının uygulamalı anlatımı ve çalıştay programı anlatılarak başladı. Sonrasında katılımcılardan oluklu mukavva, balon, saman kağıdı, oyun hamuru, seramik çamuru, metal ince-kalın tel, zımba, hızlı yapıştırıcı malzemeleri verilerek model oluşturmaları istendi. Bu esnada tarama işlemlerinde teknolojinin kısıtlarından bahsedildi. Bu aşamanın sonucunda her bir katılımcı bir adet model oluşturdu. Sonrasında çalıştayın ikinci bölümü olan tarama adımına geçildi. Her bir katılımcının modeli çalıştay yürütücüleri ve Öğr. Gör. Barış Kök tarafından 3 boyutlu yazıcı ile taranarak OBJ dosya formatında 3 boyutlu model haline getirildi ve her bir katılımcıya kendi taranmış modeli teslim edildi. Bu esnada katılımcılar tarama işlemini detaylı bir şekilde gözlemlediler. Çalıştaydaki üç boyutlu tarama, modelleme ve üretim süreçlerine işaret eden görsellerden bazıları aşağıdaki gibidir.



Bu deneysel süreçte sezgisel olarak yapılan maketlerin taranmış modellerinden kesitler alınmıştır. Artık bir kurallar dizisine tabii olmayan formların başka bir ölçekteki tahayyülleri ile potansiyel mekansallıklar araştırılmıştır. Bu bağlamda kesitler de sezgisel olarak bir araya getirilmiş ve aynı kesit parçaları ile üç farklı alternatif mekan tasarlanmıştır. Çalıştayın çıktıları olan ve mekansal düşünme pratiklerini yeniden sorgulamaya açan kesitler aşağıda yer almaktadır.



Bu çalıştay için bize kapılarını açan ESTÜ İnovasyon Fabrikasına (IF) ve çalıştayın uygulama aşamalarında emeğini esirgemeyen başta Öğr. Gör. Barış Kök ve tüm IF ekibine teşekkürlerimizi sunarız. Bu süreci bizimle deneyimleyen Sinem Çelik, Can Rafi Yavaş, Merve Bıçak ve Aysu Ceren Yılmaz'a katılımları için ayrıca teşekkür ederiz.

Üretken Sistem Olarak Bedensel Hareket: Salsa

Özlem Çavuş[1]; Özge Ceylin Yıldırımı[2]
[1]İstanbul Teknik Üniversitesi; [2]Yıldız Teknik Üniversitesi
[1]ozlemm.cavuss@gmail.com; [2]oceylin@yildiz.edu.tr

Mekân, beden ile ilişkisi sonucunda var olan, bedenin deneyimlemesi ile tanımlanan bir kavramdır. Beden, yaşayan psikolojik ve fizyolojik bir sistem olarak, deneyimi ile mekan ile ilişkisel bir bağ kurar. Merleau- Ponty (2003) , bedenin canlılığı, hissedilir ve hisseden niteliklerini, hareket etmesiyle kendine ait mekan tanımladığını belirtir. Bedenin kararsız, biçimsiz, yersiz/yere ait bir dizi potansiyelleri; bedenin algısı, tutumları, davranışları ile deneyim ortamı olan mekanı somutlaştırır (Grozs, 2005). Heidegger (2018/1975), beden ve mekan üzerindeki tartışmalarda bedenin ve mekanın ayrıştırıldığını, ancak mekanın ne dışsal bir nesne ne de içsel bir yaşantı olduğunu, bedenden bağımsız bir mekanın düşünülemeyeceğine değinir. Mekanla ilgili tanımlamalar, çok boyutlu davranış katmanlarının sonucu olarak dinamik, dönüşen yapıda, bedenle yani insanla bütünleştiği ayrılmaz bir ilişki olduğu yönündedir. Beden mekânla, mekân da bedenle tanımlanmaktadır. Bedenin mekânla kurduğu ilişkiler, farklı var olma ve bulunma durumlarını oluşturmaktadır. Mekânda gerçekleşen tüm ilişkiler, zaman-mekan-beden arasındaki kavrayışla gerçekleşir.

Mekanın tanımlanması, bütüncül ve ritmik beden hareketi kavramları dansta da bulunmaktadır. Dans sırasında beden mekanı kullanıp dönüştürerek kendini ve mekanı yeniden tanımlar. Dans eden bireyin hareketleri ve onun oluşturduğu formlar ile mekan tanımlanır, mekan ve beden arasında ilişkiler ve kompozisyonlarla kurgulanır. Dans, farklı biçimleri, örüntüleri ve formları ile mekan-beden-hareket üçlüsünün en belirgin matematiğidir (Wasilewska, 2012). Siegel (2013) bedenlenmiş bir dil olarak dansı, çeşitli hareket kalıpları, enerjileri, mekanla ve birbirleriyle olan ilişkileri kullanarak mekan ve beden arasındaki köprüyü kurduğunu belirtir. Beden hareketleri ve müzik ile birlikte tasarlanan dans, mekan-beden-hareket-zaman olmak üzere dört boyutta kabul edilebilir. Dans hareketlerini nasıl somut halinden soyutlaştırıp desenlere dönüşütürülebileceği, sistem olarak ele alınabileceği, hesaplamalı tasarım yaklaşımları ile tasarımcılara çeşitli potansiyeller sunar (Sorguç, 2015).

Hesaplamalı tasarım yaklaşımları, tasarım ürününün sayısal temsilini geometrik semboller yerine ilişkiler olarak değiştirerek, tasarlanan formun sadece geometrik özelliklerini temsil etmenin ötesinde, davranışını ve performansını da temsilini işaret eder (Çağdaş ve diğ., 2015). Bu temsildeki performans, malzemeden strüktüre kadar mikro ölçekten makro ölçeğe geniş bir perspektifte ele alınabilir. Bu tasarım olanakları, insan uzmanlara tasarım sürecinde destekleyerek alternatif çözümler sunan üretken yaklaşımlar, tasarım alanına yeni bir bakış açısı getirir.

Üretken tasarım yaklaşımlarının ilk örneklerini oluşturan biçim gramerleri kuramı, görsel hesaplama yoluyla form ve örüntülerin üretimi için kurallar dizisine dayalı sistematik bir tasarım yaklaşımıdır (Stiny, 1980). Bu sistematik yaklaşımlardan biri olan yapım gramerleri, biçim gramerlerinin doğaçlama, algılama ve eylem yaklaşımına ve onları destekleyen biçim matematiğine dayanan hesaplamalı bir yapım teorisi olarak tanımlanır (Knight ve Stiny, 2015). Bu bağlamda dans, farklı karmaşıklıkların nasıl haritalanabileceğine, kuralların nasıl oluşturulabileceğine ve bir dizi kuralın karmaşık bir alana nasıl dönüştürülebileceğine dair bir araştırma aracı görevi görür (Sorguç, 2015).

Yukarıdaki bilgiler ışığında, mimarlığının öznesi olan beden, mekanın deneyimlenmesinde temel unsurdur. Dans, beden ve mekan arasındaki anlambilimi ve sözdimizi olarak yeniden kodunu çözümlemek ve bunun mekansal ilişkilerin incelemek, beden-mekan-hareket dinamiğinin çok boyutlu durumunu ortaya koymak için bir araçtır. Bu çalıştay, beden ve mekan arasındaki ilişkiyi dans-müzik disiplini ara kesitinde inceler. Bu bağlamda, bedenin hareket ve mekân ile kavramsal ilişkisi üretken bir sistem olarak ele alır. Düşünce sistematiği oluşturularak soyutlanmış 3B modeller üretilmesi amaçlanmış ve mimari örüntü yinelemeleri için salsa dansının örneklendiği bir süreç kurgulanmıştır. Bu süreçte yapım gramerleri, hesaplamalı modeller için kaynak olarak kullanılır. Katılımcılarla gerçekleştirilen teori ve pratiğin kesişim alanı olarak çalıştay süreci düzenlenmiştir. Çalıştayın ilk çeyreği kuramsal bilgilerin aktarılması, diğer çeyreği ise bilgi ve becerilerin bir araya getirilerek uyguladıkları bir deneyim sahası olmuştur.

Katılımcımların bedenlerini keşfetmeleri için eşli dans olan Salsa, edindikleri kuramsal bilgileri pratik ederek temsiline dönüştürmeleri için bir araç olmuştur. Bu süreçte Rhino-Grasshopper'da; seçilen müzik ve dans koreografisi soyutlanıp, müziğin ritmi ile tekrar eden hareketlerin oluşturduğu örüntü temel alınarak yapım gramerine dayalı bir simülasyon üretilmiştir. Kolektif bir üretim olarak gerçekleşen çalıştay sürecinde, katılımcıların oluşturduğu kural setleriyle üretilen modeller 3B yazıcı ile basılmak üzere hazırlanmıştır. Bu süreçte katılımcılara "dosyadan fabrikaya (Kolarevic, 2003)" ve "tasarımdan üretime (Scheurer ve diğ., 2005)" kavramları ışığında dijital fabrikasyon ve tasarım ilişkisi bütüncül bir yaklaşımın gerekliliği aktarılmıştır.

Referanslar

Ponty, M. M. (2003). Göz ve Tin. Ahmet Soysal (çev.).İstanbul: Metis Yayınları

Grosz, E. (2005). Bodies-cities. In *Places through the body* . Routledge.

Heidegger, M. (2018). Varlık ve Zaman. Kaan Ökten (çev). İstanbul: Alfa Yayınları.

Wasilewska, K. (2012). Mathematics in the World of Dance In: *Proceedings of Bridges 2012: Mathematics, Music, Art, Architecture, Culture*, eds Robert Bosch, Douglas McKenna and Reza Sarhangi, 453–456. Phoenix: Tessellations Publishing

Siegel, K. D., (2013). Order and Chaos: Approaching Modern Dance Choreography in America Through a Mathematical Lens. Thesis, Wesleyan University Connecticut.

Sorguç, A. G. (2015). Dancing with Isometries in Architecture. *Nexus Network Journal*, *17*(2), 641-654.

Çağdaş, G. Bacınoğlu, S. Z., Çavuşoğlu, Ö. H. (2015). Mimarlıkta hesaplamalı yaklaşımlar. Mimarlıkta 'Sayısal' Fırsatlar: Bilgisayarlar Mimarlığın Neresinde? Dosya 35.

Knight, T., & Stiny, G. (2015). Making grammars: from computing with shapes to computing with things. *Design Studies*, *41*, 8-28.

Stiny, G. (1980). Introduction to shape and shape grammars. *Environment and planning B: planning and design*, *7*(3), 343-351.

Scheurer, F., Schindler, C., & Braach, M. (2005). From design to production: Three complex structures materialised in wood. In *6th international conference generative art* (pp. 237-250).

Kolarevic, B. (2003). Architecture in the digital age: Design and manufacturing, SponPress, New York.

comp.....mambu
competional design — salsa basic steps

ÜRETKEN SİSTEM OLARAK BEDENSEL HAREKET: SALSA

Özge Ceylin YILDIRIM , Özlem ÇAVUŞ

Mekan kavramı beden ile ilişkisinde var olan deneyim ile biçimlenendir. Bedenin deneyimi ile oluşur ve ilişkilenir. Beden ve bedenin dışında bir mekan yoktur, mekan çok boyutlu deneyim katmanları sonucunda oluşan dinamik, dönüşen bir yapıda ve ilişkisellikte dir. Beden ve mekan birbirinden ayrı düşünülemez.

Atölyenin araştırma konusu ise ritmi ve devinimi içeren mekan ile beden arasındaki ilişkinin kavranarak bu kavrayışların algoritmik verilerini sayısal tasarım unsuru olarak kullanmaktır. Bedenin ve mekanın birlikteliğini sağlamak adına Salsa'daki temel adımlar kullanılmış ve üç farklı adımın biçim gramerleri üretilmiştir.

tasarım kararları

1 Hareketi sağlayan noktasal yaklaşım



hareket kurgusunu oluşturan noktalar — denge noktaları

Mekanda hareketi sağlayan, bedeni ve mekanı kuran unsur olarak ellerin ve ayakların güç noktası olarak alınıp hareket alanındaki bıraktığı izlerin verileri adına ilk eskizler

2 Harekete yön veren **güç** dengelerinin **hacimsel büyüklüğü**, hacmin en genişlediği anın yakalanması

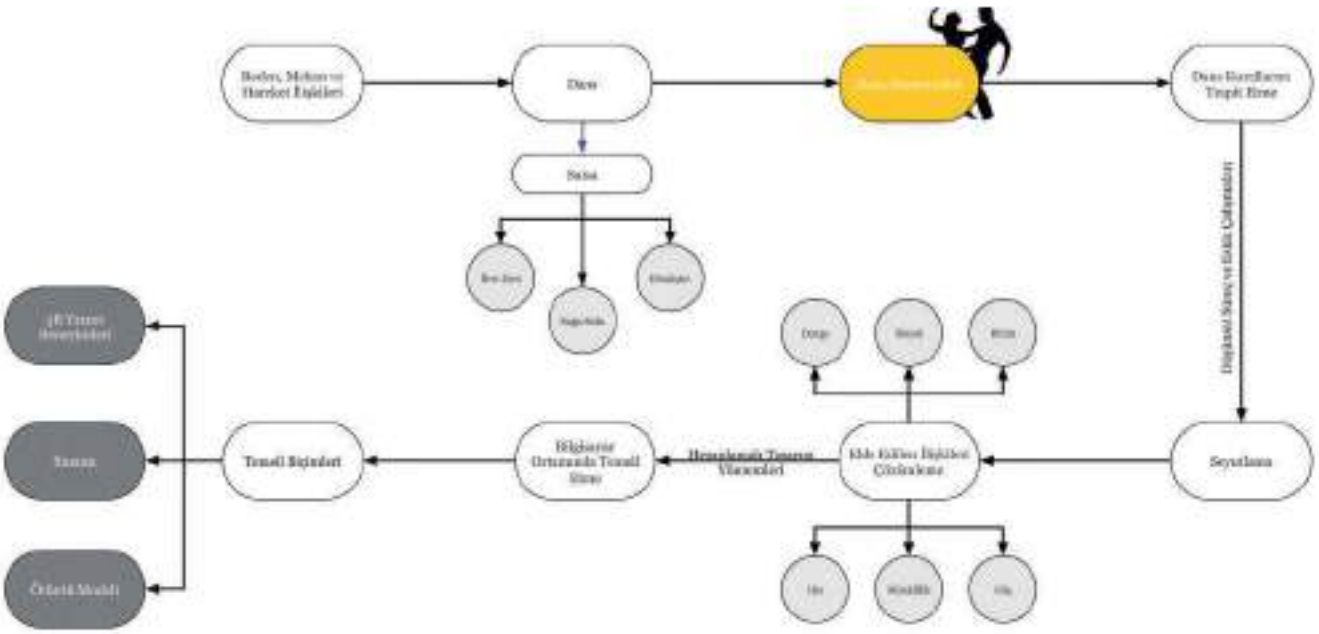


kurgu — biçime yansıması — adım denemeleri

Partnerle birlikte oluşturulan korelasyonda hareketin ilk durumuna göre ağırlık dengesinin devamlı değişimi ve hacimsel olarak aralığının genişleyip daralmasına dair ilk eskizler

duyusal:		temsil biçimleri
efor	güç	uzaklık
heyecan	hacim	sınır (bounding box)
yorgunluk	mesafe	
davranışsal:	ileri geri adım	mirror
güç	yana adım	rotate
hız	dönüş	
adım/adım yönü		
etki		
ritim		

akış diagramı



katılımcılar SERAY YILDIZ ŞİMAL BİLGİN ZEYNEP GÜL BAĞAN RAŞİT EREN DANGUR MERT YAMAÇ

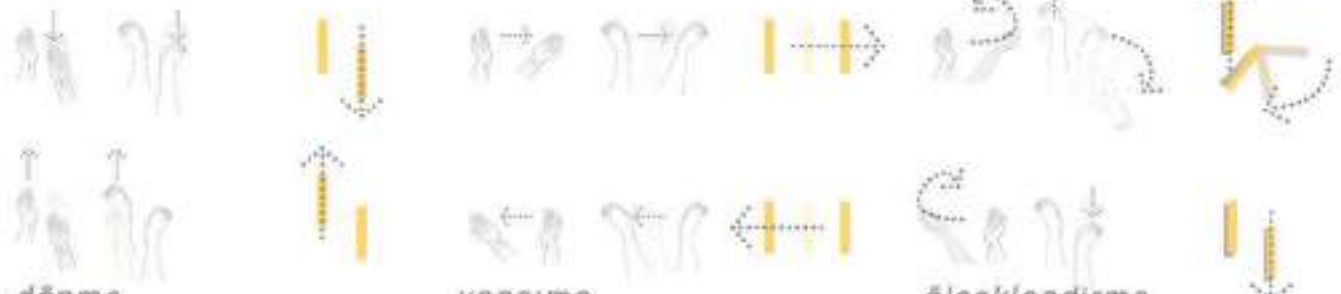
comp.....mambo
competional design
salsa basic steps

ÜRETKEN SISTEM OLARAK
BEDENSEL HAREKET: SALSA

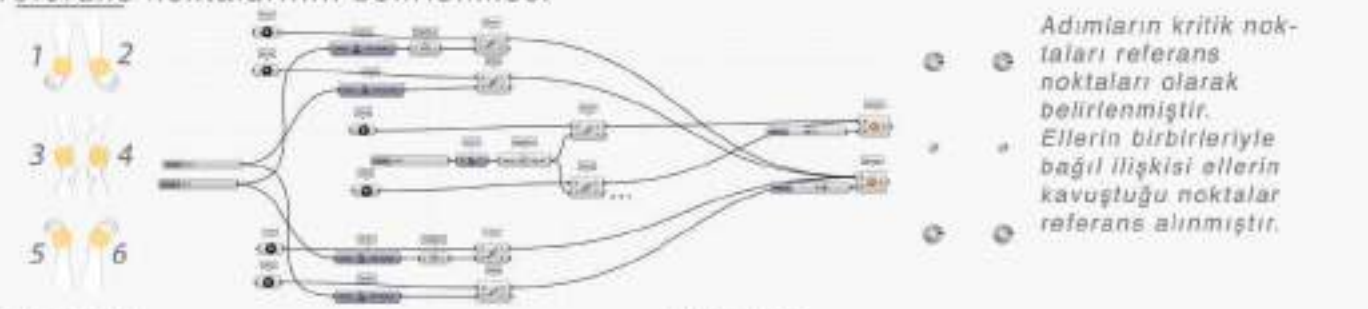
Özge Ceylin YILDIRIM Özlem ÇAVUŞ

temel kurallar

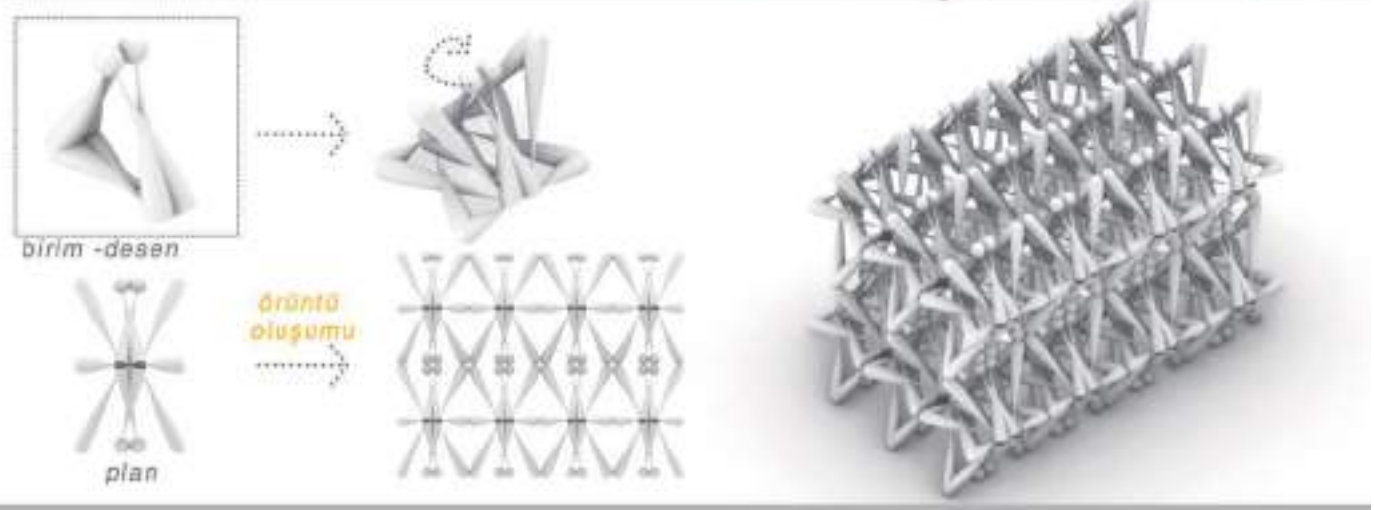




referans noktalarının belirlenmesi







katılımcılar: SERAY YILDIZ ŞİMAL BİLGİN ZEYNEP GÜL BAĞAN RAŞİT EREN CANGÜR MERT YAMAÇ

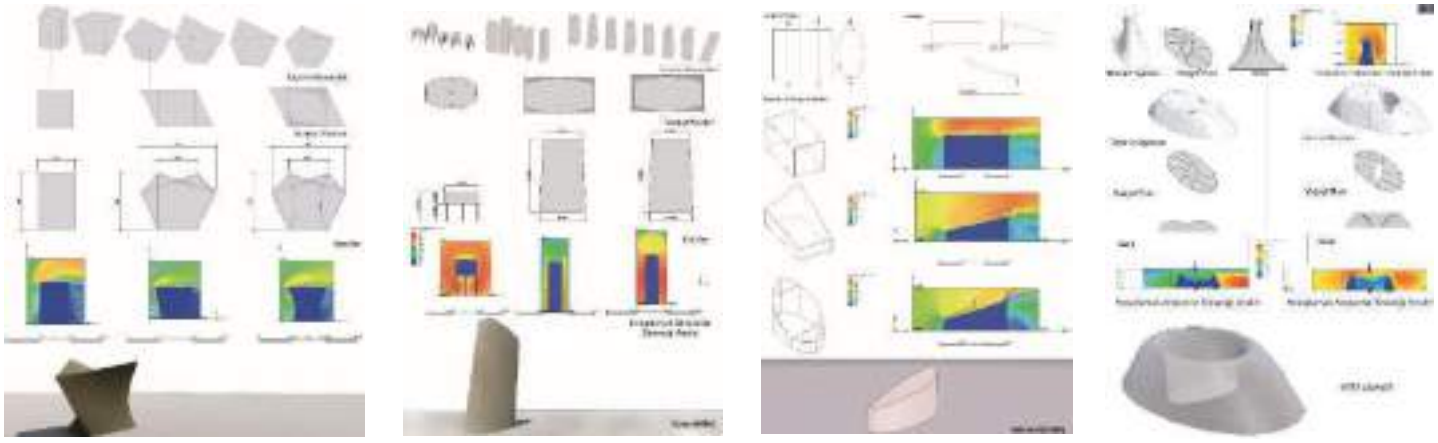
Erken Tasarım Aşamasında Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği

Burcu Kısmet [1]
[1]Beykoz Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü
[1]www.beykoz.edu.tr, [1]burcu.ksmet@gmail.com

Bu çalıştay kapsamında katılımcıların rüzgarı etkin bir tasarım parametresi olarak erken tasarım aşamasından itibaren sürece dahil edecekleri bir form bulma süreci deneyimlemeleri tasarlanmıştır. Çalıştay, hesaplamalı akışkanlar dinamiğinin (HAD) erken tasarım aşamasına dahil edilmesi ile mimarlık öğrencilerine performans ve hesaplama kavramlarını tasarım süreci ile bütünleşik ele alınmasını kapsamaktadır. Çalıştay, verilen proje kapsamında katılımcıların HAD'nin temel prensiplerini kullanarak rüzgâr performansı dikkate alınan tasarım alternatifleri oluşturması ve bu alternatiflerin değerlendirilmesini kapsamaktadır. Bu bağlamda çalıştay kapsamında öğrencilerden Antarktika için araştırma ve barınma işlevlerini karşılayacak bir tasarım yapmaları istenmiştir. Antarktika'nın proje yeri olarak seçilmesinin sebebi çalıştayda tasarımın formuna rüzgâr davranışı üzerinden karar verilecek olması, Antarktika'nın dünyanın en rüzgârlı bölgesi olması ve mevcut rüzgârı kesecek bir yapılı çevrede bulunmamasıdır. Çalıştay sürecinde 3 boyutlu modelleme ve yapı bilgi modelleme (YBM) araçlarından faydalanılmıştır. Revit, Autodesk CFD ve Lumion programları kullanılmıştır. Çalıştaya katılan öğrencilerin temel Revit ve Lumion bilgilerine sahip olmaları beklenmiştir. Revit programında mass modelleme ve Autodesk CFD programında rüzgâr performansını ölçmek için gereken komut ve yöntemler ise yürütücü tarafından öğrencilere gösterilmiştir.

Çalıştayda öğrencilere verilen proje Antarktika'da barınma ihtiyacını da karşılayacak bir araştırma merkezi tasarımıdır. Bu proje, çalıştayın amacı ve süreci dikkate alınarak sadece erken tasarım aşamasını kapsamaktadır. Aynı zamanda da öğrencilerin plan şeması ve işlev dağılımı gibi konuları çözümlemeleri çalıştayın içeriğine dahil edilmemiştir. Bu sebeple öğrencilerden beklenen sadece 3 boyutlu kütle üzerinden form denemeleri gerçekleştirmeleridir. Çalıştaya katılan 4 son sınıf mimarlık öğrencisi de çalıştay sürecini başarı ile tamamlamış ve amaçlanan çıktılara ulaşılmıştır (Şekil 1). Çalıştay sonucunda yapılan değerlendirmede mimarlar için performans odaklı tasarım ve üretim yöntemlerinin kullanımı geleceğe yönelik yenilikçi tasarım yaklaşımlarını oluşturmanın gereklerinden bir olarak görülmektedir.

Bu çalışmada amaçlanan, erken tasarım aşamasında etkin olarak rüzgâr ve akışkanlar dinamiği prensiplerini kullanarak rüzgâr açısından "sürdürülebilir" tasarım alternatifleri üretmek olduğu kadar; performans kavramının tasarım eylemi ve süreciyle bütünlük içinde ele alınması konusunda farkındalık oluşturulmasıdır. Bu bağlamda, gelecek çalışmalarda performans odaklı tasarımın bileşenleri, farklı tasarım nosyonları dahil ederek geliştirilebilir.

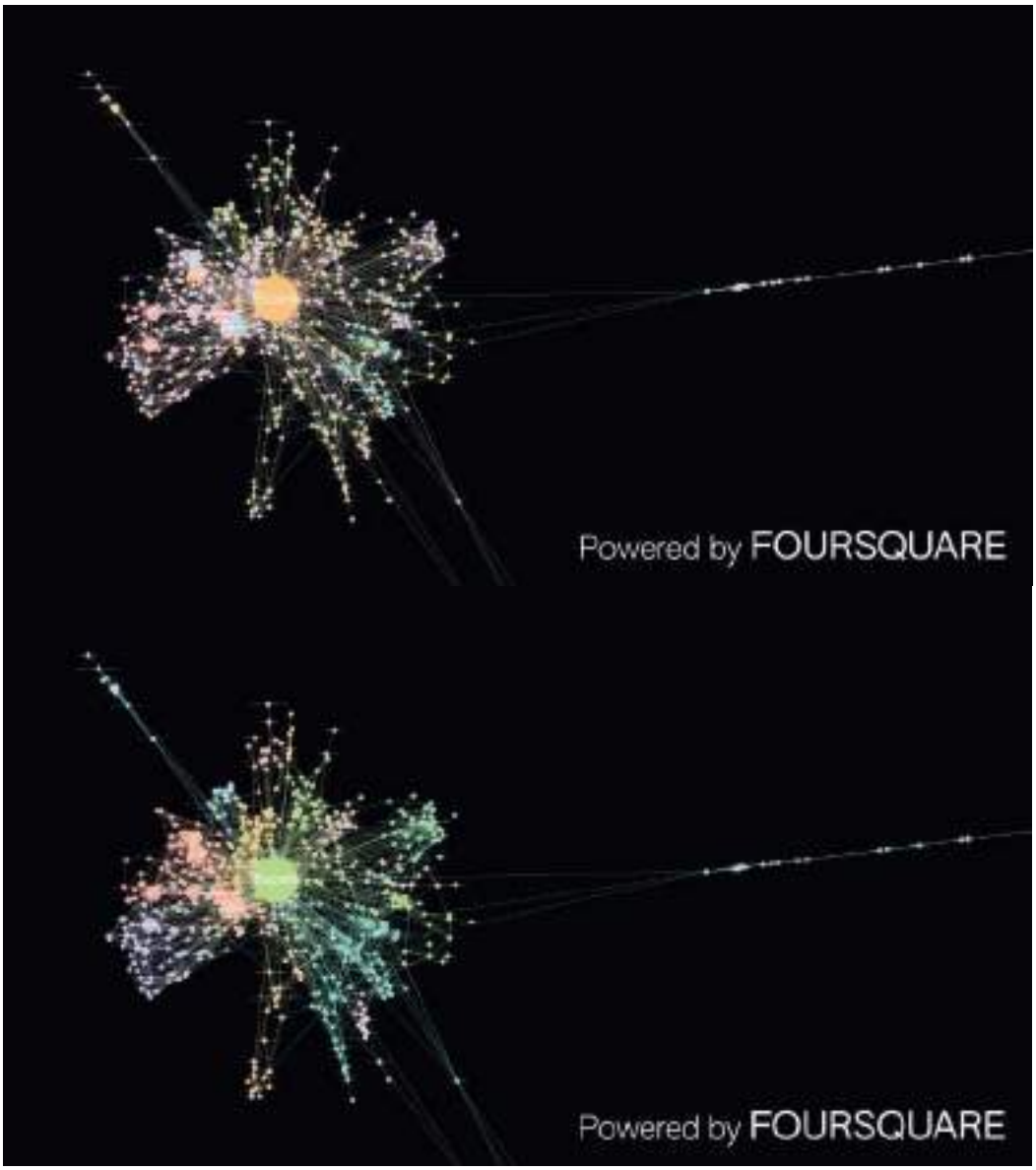


Şekil 1. Öğrenci çalışmaları (*soldan sağa*: Tuğçe Ataş, Furkan Meral, Furkan Özyetkin, Miraç Sefa Bozdağ).

urbanGraph: (city= “eskisehir”)

Yasin Kutay Yüncüler
[1]Keio University
[1]www.keio.ac.jp, [1]kutayyunculer@gmail.com

Urbangraph() Foursquare verilerini toplamak ve derlemek için mimar ve şehir plancılara yönelik geliştirilmiş, herhangi bir programlama bilgisi gerektirmeyen sayısal bir araçtır. Bu araç, büyük ölçüde foursquare’in Places adlı uygulama programlama arayüzünün (API) nextvenues adlı uç noktasından (endpoint) faydalanır. Çalıştayın temel konusu ve amacı, UrbanGraph() adlı aracın farklı tasarım ölçek ve senaryolardaki kullanım potansiyellerini test etmek, tartışmak kayıt altına almak ve sergilemektir.



2022 I MİMARLIKTA SAYISAL TASARIM I XVI. ULUSAL I SEMPOZYUMU. MSTAS2022







TMMOB MİMARLAR ODASI
ESKİŞEHİR ŞUBESİ

MSTAS2022 I MİMARLIKTA SAYISAL TASARIM I XVI. ULUSAL I SEMPOZYUMU.

MEGARON
çatı teknolojileri

Ana Sponsor

ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
ESKIŞEHIR TECHNICAL UNIVERSITY

On altıncısını Eskişehir'de düzenlediğimiz MSTAS 2022'nin konuları arasında yer alan yapay zeka, makine öğrenmesi, simülasyon, sanal ve artırılmış gerçeklik, insan-bilgisayar etkileşimi, robotik gibi güncel teknolojiler pek çok başka disiplinin de parçası olduğu geniş bir ekosistemi işaret etmektedir. Bu alanların ortak paydası olan bu geniş çerçeveyi Sayısal Ekosistemler olarak adlandırıyoruz. Sayısal Ekosistemler disiplinlerarası çalışmalar için barındırdığı potansiyel ile mimarlık ve tasarım için yepyeni gelişme ve genişleme alanları sunuyor. Ekosistemler kendi içinde dengeli farklı ölçekteki alt sistemlerin bir bütün oluşturarak geçişkenlikle dengede kalabildiği üst sistemlerdir. Alanlar arası geçişkenliklerin arttığı yepyeni mesleklerin ortaya çıktığı bir dönem içinde dünyadaki en kadim mesleklerden birisi olan mimarlığın da ele alınış biçimindeki değişimler bu geçişkenliği işaret etmektedir. Bu noktadan hareketle 16. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Sempozyumunun ana teması "Sayısal Ekosistemler ve Mimarlık" olarak belirlenmiştir.

www.mstas2022.net

ISBN : 978-605-73552-3-2