

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

MİMARİ TASARIMDA YAPAY ZEKA
VE MİMARIN DEĞİŞEN ROLÜ

FATMANUR TAVLAŞOĞLU DURAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: DR. ÖĞR. ÜYESİ FUNDA TAN BAYRAM

ŞUBAT 2024

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

MİMARİ TASARIMDA YAPAY ZEKA
VE MİMARIN DEĞİŞEN ROLÜ

FATMANUR TAVLAŞOĞLU DURAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: DR. ÖĞR. ÜYESİ FUNDA TAN BAYRAM

ŞUBAT 2024

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL

**ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ARCHITECTURAL
DESIGN AND THE CHANGING ROLE OF THE
ARCHITECT**

FATMANUR TAVLAŞOĞLU DURAN

**A THESIS OF MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF ARCHITECTURE**

ADVISOR: ASST. PROF. DR. FUNDA TAN BAYRAM

FEBRUARY 2024

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun 12/02/2024 tarih ve 2024/13 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 28/02/2024 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Fatmanur TAVLAŞOĞLU DURAN'ın tez çalışması Mimarlık Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Dr. Öğr. Üyesi Funda TAN BAYRAM

ÜYE

: Prof. Dr. Kutlu SEVİNÇ KAYIHAN

ÜYE

: Prof. Dr. Nurbın PAKER KAHVECİOĞLU

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun

...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR



Aileme ve Sevgili Eşime

ÖZET

Mimarlık alanı yıllar boyunca farklı zamanlarda farklı yöntemler ile üretim sağlamıştır. Mimari tasarımda süreç bir analiz ile başlayıp mimarın bilgi birikimleri, deneyimleri, kültürel değerleri ve kullandığı yöntemler ile sürecini destekleyerek ideal sonuca yaklaşmasıyla tamamlanmaktadır. Bu süreçte kullanılan yöntemler zamanla birçok değişime ve gelişime uğrarken teknolojinin artarak devam eden gelişimiyle yapay zeka bir araç olarak ortaya çıkmaktadır. Teknoloji gelişim gösterirken mimarlık alanında tasarıma yardımcı 2 ve 3 boyutlu yazılımlar ile tasarımcının sürecine destek olmuştur. Bilgisayarlar güçlendikçe, veri erişimi kolaylaşmış, algoritmaların ihtiyacı olan veri setlerinin artmasıyla var olan algoritmalar gelişmiş ve yeni algoritmalar geliştirilmiştir. Bu gelişimin sonucunda mimarlık ve yapay zeka araçları da bir araya gelmiştir. Günümüzde mimarların bu birlikteliğe nasıl yaklaştığı, ne oranda faydalandığı, tasarım süreçlerini yapay zeka araçlarıyla nasıl yönettiği gelecekteki kullanımlarına dair fikir verme potansiyeli barındırmaktadır. Bu amaçla çalışma kapsamında mimarlık ve yapay zeka çalışmaları incelenerek, mimarların, yapay zekanın aktif rol oynadığı mimarlık süreçlerindeki rolü irdelenmiştir. Mimarların mesleki tanımlarının oluşmasından bu zamana kadar değişen rolleri gözlemlenerek yapay zeka çağında kazanabileceği rollerin bir çerçevesi oluşturulmaya çalışılmıştır. Değişen rollerin mimarlar için tasarım süreçlerinde nasıl bir etki oluşturacağı ve tasarım çıktılarını nasıl geliştireceği gözlemlenmiştir. Çalışma kapsamında yapay zekanın ne olduğu bilgisi verilerek yapay zeka araçları kullanım amaçlarına yönelik sınıflandırılmıştır. Her bir başlık incelenen örnekler ile desteklenerek mimarın bu araçların kullanımındaki rolleri analiz edilmiştir. Tasarımı oluşturma yöntemlerinin değişmesinin mimarların sorumluluk alanlarını artırdığı gözlemlenmiştir. Güncel olarak geliştirilen projeler incelenirken mimarlık dünyasında geçmişte yaşanan değişimler göz önünde bulundurularak karşılaştırmalı bir analiz elde edilmiştir. Bu analizler mimarların beklentilerine yönelik bir anket çalışmasının sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Anket oluşturulurken, mimarların yapay zeka ile kurdukları ilişkiler incelenerek gelecek dönemlerdeki beklentileri sorgulanmıştır. İncelenen örnekler ve anket çalışmasının beklentilere dair verilerinden elde edilen sonuçlar doğrultusunda, mimarların yapay zeka çağında, algoritmaları veri setleri oluşturarak eğiten, denetleyen, yöneten ve yönlendiren bir konumda olacağına dair bir sonuç çıkarılmıştır. Kazanılan bu yeni rollerin, mimarlık alanında uygulama ve eğitim süreçlerini de dönüştürmesi beklenmektedir. Çünkü sektöre kazandırılan bu yeni yöntemleri öğrenen ve uygulayan mimarlar sektörün yönlendiricisi ve geliştiricisi olacaklardır. Mimarlık alanındaki bu dönüşümler CAD/CAM tekniklerinin mimarlık dünyasında yer edinmesiyle de yaşanmıştır. O dönemlerde mimarlar klasik üretim yöntemlerini değiştirerek bilgisayar destekli ortamlarda üretim yapmaya başlamıştır. O dönem değişen teknikler mimarları yeni kazanımlar elde etmeye zorlamıştır. Teknolojik gelişmeler sonucunda mimarlar bugün ise yapay zeka yöntemleri ile karşı karşıya kalmıştır. Bu dönüşüm, mimarlar için hem yeni kazanımlar hem yeni roller anlamına gelmektedir. Çalışma boyunca bu dönüşümler incelenmiş, çalışmanın mimarın değişen rolünün anlaşılması ve yapay zeka teknolojilerinin mimarlık alanında anlamının kavranması için bir kılavuz olması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mimari Tasarım, Yapay Zeka, Makine Öğrenmesi, Derin Öğrenme, Sayısal Tasarım Araçları, Mimarın Rolü

ABSTRACT

The field of architecture has embraced various creative methods at different times throughout the years. The process in architectural design begins with an analysis and is completed as the architect approaches the optimal outcome, facilitated by their knowledge, experiences, cultural values, and the methods they use. Over time, the methods used in this process have undergone many changes and developments, with the increasing advancement of technology leading to artificial intelligence emerging as a tool. As technology has advanced, architectural design has been aided by 2D and 3D software tools. As computers have become more powerful and data access has become easier, existing algorithms have improved, and new algorithms have been developed due to the increased need for data sets. As a result of this development, architecture and artificial intelligence tools have come together. Nowadays, how architects approach this collaboration, to what extent they benefit from it, and how they manage design processes with artificial intelligence tools provide insights into their future uses. To this end, architectural and artificial intelligence studies have been examined in the scope of this work, and the role of architects in architectural processes where artificial intelligence plays an active role has been scrutinized. The changing roles of architects from the formation of their professional definitions to the present day have been observed in order to outline the roles they can assume in the age of artificial intelligence. The impact of changing roles on design processes and how they can enhance design outputs have been observed. In the scope of the study, the definition of what artificial intelligence is has been provided, and artificial intelligence tools have been classified according to their purposes of use. Each heading has been analyzed with supported examples, examining the roles of architects in the use of these tools. It has been observed that changing methods of creating designs have increased the responsibilities of architects. While examining the projects developed currently, a comparative analysis has been obtained by taking into account the changes that have occurred in the architectural world in the past. These analyses have been compared with the results of a survey conducted for architects' expectations. When creating the survey, the relationships architects establish with artificial intelligence have been examined, and their expectations for future periods have been questioned. Based on the data obtained from the examples examined and the expectations from the survey, it has been concluded that architects will be in a position to train, supervise, manage, and direct algorithms by creating data sets in the era of artificial intelligence. It is expected that these new roles acquired will also transform application and education processes in the field of architecture. Because architects who learn and implement these new methods will become leaders and developers of the industry. These transformations in the field of architecture have also occurred with the establishment of CAD/CAM techniques in the architectural world. During those periods, architects began to produce in computer-aided environments by changing traditional production methods. The changing techniques at that time forced architects to obtain new achievements. As a result of technological advancements, architects are now faced with artificial intelligence methods. This transformation signifies both new acquisitions and new roles for architects. Throughout the study, these transformations have been examined, aiming to serve as a guide for understanding the changing role of architects and grasping the significance of artificial intelligence technologies for the field of architecture.

Keywords: Architectural Design, Artificial Intelligence, Machine Learning, Deep Learning, Digital Design Tools, Role of the Architect

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca yenilikçi bakış açısı ile yardımlarını esirgemeyen, süreci geliştirip tamamlamamda her zaman destekçim olan, değerleri yorumları ve katkıları ile beni geliştiren pek kıymetli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Funda TAN BAYRAM’a,

Çalışmamı değerlendirerek kıymetli yorumları ve önerileri ile tezimi geliştirmeme olanak sağlayan değerli jüri üyesi hocalarım Prof. Dr. Kutlu SEVİNÇ KAYIHAN ve Prof. Dr. Nurbin PAKER KAHVECİOĞLU’na

Gebze Teknik Üniversitesi Mimarlık Yüksek Lisans eğitimimde bana yol gösteren, süreç içerisinde dersleri ile ufkumu genişleten sevgili hocalarıma,

Destekleri ve önerileri ile her daim yanımda olan dostum Merve Ağgön Kortan’a,

Süreç boyunca beni motive eden en büyük manevi destekçim canım anneme, hayatımda en büyük emeği olan canım babama ve çok sevdiğim kardeşlerime,

Hem meslektaşım hem yol arkadaşım olan sevgili eşime ve bana ikinci bir aile olan değerli kayınvalideme, kayınpederime ve kardeşlerime en içten duygularıyla teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı	3
1.2. Tezin Yöntemi	3
1.3. Tezin Özgün Değeri	3
2. YAPAY ZEKA	4
2.1. Yapay Zeka Nedir?	5
2.2. Yapay Zeka Türleri	6
2.3. Yapay Zekanın Alt Dalları	9
2.3.1. Makine Öğrenmesi	10
2.3.2. Derin Öğrenme	13
3. YAPAY ZEKA VE MİMARLIK İLİŞKİSİ	16
3.1. Mimarlık Alanında Yapay Zeka	17
3.2. Mimari Tasarım Alanında Kullanılan Yapay Zeka Araçları	22
3.2.1. Performans Tabanlı Yapay Zeka Araçları	23
3.2.2. Robotik Üretim İçin Kullanılan Yapay Zeka Araçları	27
3.2.3. Üretken Tasarımda Kullanılan GAN Yapay Zeka Araçları	30
3.2.4. Tasarım Araştırmalarında Derin Sinir Ağları Kullanımı	32
3.3. Mimari Tasarım Sürecinde Yapay Zeka Araçlarının Kullanımı	41
4. MİMARIN DEĞİŞEN ROLÜ	46
4.1. Modern Dönemde Mimar	47
4.2. Yapay Zeka Çalışmalarında Mimarın Pozisyonu	52
4.3. Yapay Zeka ve Mimar İlişkisi Üzerine Anket Çalışması	60
5. SONUÇLAR	67
KAYNAKLAR	73
ÖZGEÇMİŞ	78
TEZ METNİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR	79
EKLER	80

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

ABM	: Ajan Tabanlı Öğrenme
BIM	: Yapı Bilgi Modellemesi
CAD	: Bilgisayar Destekli Tasarım
CAM	: Bilgisayar Destekli Üretim
cGAN	: Koşullu Çekişmeli Üretken Ağ
CNN	: Evrişimsel Sinir Ağları
DCNN	: Derin Evrişimsel Sinir Ağları
DNN	: Derin Sinir Ağları
DÖ	: Derin Öğrenme
EC	: Evrişimsel Hesaplama
GAN	: Çekişmeli Üretken Ağ
GPU	: Grafik İşleme Ünitesi
ICD	: Hesaplamalı Tasarım ve İnşaat Enstitüsü (Stuttgart Üniversitesi)
ITECH	: Integrative Technologies and Architectural Design Research
ITKE	: Bina Yapıları ve Yapısal Tasarım Enstitüsü (Stuttgart Üniversitesi)
İTÜ	: İstanbul Teknik Üniversitesi
MÖ	: Makine Öğrenmesi
PSO	: Parçacık Sürü Optimizasyonu
SF	: Sürü Zekası
TAC	: The Architects Collaborative
TPU	: Tensör İşleme Ünitesi
YZ	: Yapay Zeka
2D	: İki Boyut
3D	: Üç Boyut

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1: Yapay zekanın alt dalları	9
Şekil 2.2: Makine Öğrenmesi Süreci	10
Şekil 2.3: 10 kategoriye ayrılmış bir görüntü seti (uçak, otomobil, kuş, kedi, geyik, köpek, kurbağa, at, gemi, kamyon).	12
Şekil 2.4: Denetimsiz öğrenme-kümeleme örneği	13
Şekil 2.5: Makine öğrenmesi ve derin öğrenme	15
Şekil 3.1: Verilen metin açıklamalarına dayanarak, I. Aşamada nesnelerin genel şekillerini ve temel renklerini taslağını çizer, düşük çözünürlükte görüntüler üretir. II. Aşamada, I. Aşama sonuçlarını ve metin açıklamalarını girdi olarak alır ve foto-realistik detaylara sahip yüksek çözünürlükte görüntüler üretir	21
Şekil 3.2: 15 dakikalık testlerde optimizasyon sürecinde keşfedilen farklı çözümler	25
Şekil 3.3: LivMatS Pavilyonu, Freiburg Botanik Bahçesi, Almanya, 2021	26
Şekil 3.4: Elytra Filament Pavilion Üretimi	29
Şekil 3.5: Alvaro Siza'nın Porto Mimarlık Okulunun görüntüsü ve en iyi 4 tahmin	34
Şekil 3.6: Sıradaki Rembrandt projesi kapsamında algoritmaların ortaya çıkardığı yüz bölümleri	36
Şekil 3.7: Sıradaki Rembrandt projesi	37
Şekil 3.8: Bir daire yerleşimi (Sol), Alanların topolojik bağlantı grafiği (Orta), Örnek bir düzen tasarımı (Sağ).	39
Şekil 3.9: Baloncuk diyagramını işlevsel bir ısı haritasına dönüştürme	40
Şekil 3.10: cGAN sonuçları	40
Şekil 3.11: Dikdörtgen ve izometrik projeksiyon üretimleri (a,b) Yapay zeka üretimleri (c) Birleştirilen görsel çıktıları (d)	43
Şekil 4.1: Makine-mimar-katılımcı etkileşimli tasarım süreci modeli	55
Şekil 4.2: Akustik panel parçalarının tasarımı	57
Şekil 4.3: Elbphilharmonie akustik paneller	57
Şekil 4.4: "Mimarlık alanındaki pozisyonunuz nedir?" sorusunun cevapları	61
Şekil 4.5: "Yapay zeka hakkında ne biliyorsunuz?" sorusunun cevapları	62
Şekil 4.6: "Yapay zeka mimarlık alanında hangi aşamalarda kullanılabilir?" sorusunun cevapları	63
Şekil 4.7: "Yapay zeka mimarlık hangi tasarım aşamalarında zorluklarla karşılaşabilir?" sorusunun cevapları	64
Şekil 4.8: "Yapay zekanın mimarlıkta alabileceği roller neler olabilir?" sorusunun cevapları	65

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1: Yapay zeka türleri ve tanımları	8
Tablo 3.1: "Sıradaki teknolojileri, önümüzdeki 10 yıl içinde Mimarlık alanında kullanışlılıkları açısından sıralayın" sorusunun sonuçları	18
Tablo 3.2: Mimar ve toplanan fotoğrafların örnek boyutu	34
Tablo 4.1: Mimari tasarımcıların çağlar boyunca kimliği	54



1. GİRİŞ

Yapay Zeka (YZ), insan zekâsına özgü algılama, öğrenme, düşünme, fikir yürütme, sorun çözme, iletişim kurma, çıkarımda bulunma ve karar verme gibi bilişsel fonksiyonları ve otonom davranışları sergileyen bir işletim sistemi olarak tanımlanabilir. YZ çalışmaları, 1950 yılında TURING Testi ile bir makinenin ne kadar akıllı olabileceğinin test edilmesiyle başlamıştır. 1997 yılında bir bilgisayarın satranç şampiyonu olan Kasparov’u yenmesi bu alanda atılmış bir diğer önemli adımdır. Bu örnekler Dar Yapay Zekâ olarak adlandırılmaktadır. “Genel Yapay Zekâ” ve “Süper Yapay Zekâ” ile geliştirilmiş makinelerin yapabilecekleri ise gelecek yüzyıllarda, “Yapay zekâ insan zekâsını geçebilir mi?” sorularına cevap olacaktır.

YZ teknolojisinin gelişimi, tasarıma yardımcı zeki ara yüzler üretilmesine de yol açmıştır. Günümüzde 2 ve 3 boyutlu yeni teknolojik yazılımlar tasarım sürecine destek olmaktadır. Bilgisayarların hesaplama performansının artmasıyla bu yazılımlar, oluşturulan yapay zekâlarla ve üretken algoritmalar sayesinde, tasarıma destek olmanın yanı sıra tasarım olasılıklarını oluşturan araçlar haline gelmektedir. 2017’de yapay zekânın ilk profesyonel mimari eseri olan ‘Elbphilharmonie’ isimli akustik opera binası inşa edilmiştir. Opera binasında kullanılan 10.000 akustik panel 1 milyon hücreden 40.000 satırlık bir kod ile tasarlanmıştır [Şanlı ve Kavraz, 2023]. Bununla birlikte alan boyutu ile entegre olan plan çözme algoritmaları, YZ’nin derin öğrenme modeli olan Çekişmeli Üretken Ağ (GAN) teknolojileri kullanılarak yapay zekânın geleceğini mimari stil öğrenimi yoluyla araştıran gelişmeler YZ teknolojisini kullanan projelere örnek olarak gösterilebilir.

Bilgisayarların hesaplama kapasiteleri arttıkça, veri saklama olanakları geliştikçe ve veri üretimi, veriye erişim internet sayesinde kolaylaştıkça, YZ algoritmaların ihtiyacı olan veri setleri ulaşılabilir olmuş; bu da var olan algoritmaların gelişmesini veya yeni algoritmaların geliştirilmesini sağlamıştır. Bir YZ modeli olan derin öğrenmede algoritma çok sayıda veri girişi sayesinde karar vermek için gerekli olan ayırt edici özellikleri kendisi öğrenir. Veriler birden çok katmandan geçer. Üst katmanlar daha çok ayrıntı çıkaran katmanlardır. Öğrenme işlemi ne kadar çok veri girişi olursa o kadar başarılı olur.

Halen gelişmekte olan YZ teknolojilerinin mimari tasarım süreçlerine nasıl entegre olacağı tartışma konusudur. Bu entegrasyonda pozitif yaklaşımlar ile birlikte negatif yaklaşımlar da bulunmaktadır. Her ne kadar yazılımlar bir tasarımı yönetse bile, bir yazılımın arkasında bir tasarımcının olması gerekliliği kaçınılmazdır. Bilgisayarlar, mimarlar tarafından oluşturulan veri setlerini analiz ederek onlardan öğrense bile YZ teknolojisinin bir alt dalı olan derin öğrenme mimarlık alanı için daha güncel olup nasıl gelişeceği soru işaretleri bulunduran bir alandır. Dolayısıyla YZ araçları geliştikçe mimarlık alanı da bu gelişmelerden etkilenecektir.

Tasarımcının kontrolünde gerçekleşen mimari tasarım sürecinin yeni teknolojilerin entegrasyonu ile nasıl değişeceği sorusuna bu tez çalışması içerisinde cevaplar bulunmaya çalışılmıştır. Tarih boyunca kullanılan aracın mimari tasarım süreçlerinin ve mimarın rolünü değiştirdiği bilinmektedir [Tan and Paker Kahvecioğlu, 2022; Tan ve Paker, 2018]. YZ teknolojilerinin kullanıldığı tasarım süreçlerinde de tasarımcının rolü değişmektedir. Bu rolün değişiminde etkisi olan araçların incelenmesi, mimarın toplumsal rolünün değişiminin geçmiş yıllarla karşılaştırılmalı incelenmesi, YZ araçlarının mimar ve tasarım süreçleri üzerindeki olası etkilerinin tartışılması ve yerel mimarların YZ araçları ve mimarlık arasındaki ilişkinin geleceğe dair beklentilerinin değerlendirilmesi bu tez çalışmasının amaçları arasındadır.

Bu amaçla tez çalışması beş ana bölümden oluşturulmuştur. Birinci bölümde çalışmanın kapsamından bahsedilerek amacı, tezin yöntemi ve tezin özgün değerinden bahsedilmiştir.

İkinci bölümde ise YZ konusu işlenmiştir. Bu bölümün teze eklenmesindeki amaç, YZ hakkında bir ön bilgilendirme sağlanarak bu yöntemle geliştirilen projelerin incelenmesiyle sürecin aktarımını kolaylaştırmaktır. Bu nedenle YZ'nın öz bilgilerle ne olduğuna, YZ'nın türlerine ve YZ'nın alt dallarına yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde ise YZ ve mimarlık arasındaki ilişki incelenmiştir. Mimarlık alanında YZ'nın kullanımlarına yer verilerek kullanılan araçlar örneklendirilerek aktarılmıştır. Mimarlık alanında kullanılan YZ araçları ise temelde dört ana başlıkta toplanmıştır. Sonrasında ise mimari tasarım sürecinde YZ araçlarının kullanımı konusuna yer verilmiştir.

Dördüncü bölümde ise mimarlık mesleğinin ortaya çıkışı ve modern dönemde mimarın tanımı ve pozisyonundaki değişim ve dönüşümlere odaklanılmıştır.

Günümüzde gerçekleşen dönüşümde YZ ve onun bir alt dalı olan derin öğrenmenin etkileri incelenerek mimarın pozisyonu sorgulanmıştır. Bu bölümde ayrıca yerel mimarların YZ ve mimarlık ilişkisinin geleceğine dair beklentileri, beş soruluk kısa bir ankete verdikleri cevaplar üzerinden değerlendirilmiştir.

Beşinci bölümde ise değerlendirme ve sonuç kısmına yer verilerek tez çalışması tamamlanmıştır.

1.1. Tezin Amacı

YZ teknolojileri son yıllarda birçok alanda sıklıkla başvurulmuş araçlar haline gelmiştir. Mimari tasarım alanı da farklı YZ araçlarının kullanıldığı bir alan haline gelmiştir. YZ mimari tasarım süreçlerini ve mimarın rolünü değiştirecek bir araç olacaktır. Bu çalışma mimari tasarımda YZ kullanım metodlarını incelemeyi, farklı yaklaşımlarda tasarımcının pozisyonunun nasıl değiştiğini göstermeyi hedeflemektedir.

1.2. Tezin Yöntemi

YZ alanında literatür taraması ile ön bilgilendirme yapılarak dünya üzerinde mimarlık alanında YZ araçları alanında yapılmış çalışmalar incelenmiştir. Aynı zamanda tez bir anket çalışması ile desteklenerek mimarların gözünden YZ ve mimarlık ilişkisinin gelecekte kazanabileceği rollerin değerlendirilmesi aktarılacaktır. Bu çalışmalarda mimarın rolünü tanımlamak ve mimarın rolünün nasıl değiştiğini gözlemlemek ve göstermek bu tezin hedefleri arasındadır.

1.3. Tezin Özgün Değeri

YZ dünyada fenden, tıp bilimlerinden sosyal bilimlere birçok farklı alanda kullanılan çok yeni bir teknolojidir. Bu teknolojinin mimari tasarım süreçlerinde nasıl kullanılacağına dair bu araştırma, yeni ufuk açıcı tasarım yöntemlerine dikkat çekme ve tasarımcının gelecekteki rolünü ortaya koyma ve bu anlamda kendinden sonraki çalışmalar için bir kılavuz olma potansiyeli taşımaktadır.

2. YAPAY ZEKA

YZ, günümüzde her alanda adına rastladığımız, gün geçtikte çevremizde daha sık duyduğumuz bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Her meslekten, her yaşam alanından bu konuya ilişkin gelişmelere, yeniliklere ve güncel tartışmalara denk gelmek mümkündür. Tezin bu bölümünde YZ'nın ne olduğuna ve türlerine yönelik bilgilendirici başlıklar oluşturulmuştur.

İnsan zekası özünde öğrenme, analitik düşünme, sorunları çözme, planlama yapma, yeni fikirler üretme, eleştirel düşünme gibi birçok farklı özelliklere sahiptir ve bu özelliklerin bir araya gelişi ile komplike bir yapı ortaya çıkmaktadır. Bu komplike yapının bilgisayar ortamları aracılığı ile taklit edilip geliştirilmesi ise temelinde YZ'yı meydana getirmektedir. İnsan zekasının bu çok yönlü hali YZ'nın türlerinin oluşmasında ve gelişiminde temel çıkış noktası olarak düşünülebilir. İnsan zekası analiz edildiğinde ortaya karmaşık bir olgu çıkmaktadır. Diğer bir açıdan bakışla sadece girdi ve çıktılardan oluşmayan içerisinde farklı düşünme süreçleri barındıran çeşitli faktörlerden etkilenecek ilerleyen bir olayı tanımlamaktadır. Bu yönüyle insan zekasının tanımlanması, işleyişinin analiz edilerek süreçlerin ortaya koyulması, sınıflandırılması YZ'nın da işleyişindeki temel süreçleri algılamada yardımcı bir yol olarak görülebilir çünkü YZ, insan zekasına ait olan özellik ve yeteneklerin bilgisayar sistemlerine aktarılması olarak düşünülmektedir.

Özünde insan zekasının kurgusu yatan YZ'nın oluşumu düşünüldüğünde ise bu süreç insan zekasından da anlaşılacağı üzere oldukça komplike olmasıyla birlikte uzun bir geçmişe sahiptir. YZ'nın başlangıcına bakıldığında 1950 yılında Alan Turing tarafından geliştirilen Turing testi kullanılarak bilgisayar zekası ile insan zekasının kıyaslamaları yapılmıştır **[Robert et al., 2009]**. Bu test ile alakalı oluşturulan rapor ve makalelerdeki temel nokta makinelerin düşünebildiği fikrini ortaya atmakta ve YZ alanında bir başlangıç, açık kapı oluşturulduğunu öngörmektedir. Turing machine aynı zamanda ilk bilgisayar olarak da kabul edilir. Bu alandaki başlangıcı izleyen süreç ise YZ'nın babası olarak da nitelendirilen, tarihteki ilk YZ terimini kullanan John McCarthy'nin tarih sahnesine çıkışı ile gerçekleşmiştir. McCarthy'nin 1955 yılında ilk kez “yapay zeka” terimini önerdiği bilinmektedir ancak terimin duyurulması ve

kullanımına başlanması 1956 yılında Dartmouth College'da gerçekleşen bir konferansta terimin tanıtılması ile meydana gelmiştir [McCarthy, 1956].

2.1. Yapay Zeka Nedir?

YZ nedir sorusuna birçok kaynaktan birçok yazar tarafından belirli çerçeveler içerisinde farklı anlatımlarla cevap bulunabilmektedir. Bu sorunun yanıtını Maad M. Mijwel ise 2015 yılında yayımlanan “Yapay Zekanın Tarihi” adlı makalesinde şu şekilde ifade etmiştir;

Yapay zeka, hiçbir canlı organizmadan faydalanmadan, tamamen yapay yollarla oluşturulan, insan gibi davranış ve davranışlar sergileyebilen makinelerin geliştirilmesine yönelik teknolojinin genel adıdır. İdealist bir bakış açısıyla yaklaşıldığında tamamen insana benzeyen, hissetme, öngöründe bulunma, karar verme gibi işlemleri gerçekleştirebilen yapay zeka ürünlerine genel olarak robot adı verilmektedir. Mathison Turing'in "Makineler düşünebilir mi?" sorusuyla ilk adımları atılan yapay zeka, Dünya Savaşı döneminde çeşitli askeri silah teknolojilerinin ortaya çıkmasında ve bilgisayarların gelişmesinde en önemli faktörlerden biridir [Mijwel, 2015].

Mijwel'in ifadesinde yer alan tanımdan yola çıkarak YZ'nin temel noktasında insan ve insanın davranışları olduğu olgusu görülmektedir. Bu tanımda yer alan hissetme ve öngöründe bulunma terimleri YZ'nin günümüze doğru geldikçe gelişim gösterdiği alanların çerçevesini oluşturmaktadır. Çünkü YZ'nin başlangıcına bakıldığında Turing Testi'ni görmekteyiz, bunun devamında tarihte karşımıza çıkan önemli örneklerden biri ise bilgisayarın 1997 yılında satranç şampiyonu olan Kasparov'u yenmesi olayı ile karşılaşmaktayız. Bu örneklerde karşılaştığımız YZ, hissetme teriminden yoksun dar yapay zeka olarak tanımlanan alanı kapsamaktadır. YZ kendi içerisinde ise dar yapay zeka, genel yapay zeka ve süper zeka olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır [Artut, 2019]. Bilgisayarlar, teknolojileri geliştikçe artan bilgisayar kapasiteleri ile YZ'nin da öğrenme sürecini hızlandırarak onun gelişmesine olanak sağlamıştır. Bu gelişim yıllar içerisinde YZ alanında yapılan çalışmaları daha iyi bir noktaya taşıdığı için sürecin örneklerini incelerken sınıflandırmalara rastlanmaktadır. YZ'nin kendi içerisinde sınıflandırılmasının yanı sıra ilerleyen dönemlerde gelişen teknoloji YZ'nin alt dallarını meydana getirmiştir. Bu alt dallar makine öğrenmesi ve derin öğrenme olmak

üzere iki ana başlıktan oluşmaktadır. Makine öğrenmesi YZ'nın alt dalını oluştururken, derin öğrenme ise makine öğrenmesinin alt dalı olarak tanımlanmaktadır [Doğankaya, 2023].

2.2. Yapay Zeka Türleri

Geçen her yılda yeni teknolojilerin ortaya çıkması hatta teknolojiadaki gelişmelerin sıçramalar yaparak ilerlemesi, YZ'da insan zekasına yaklaşan hatta insan zekasının sınırlarını aşan bir gelişmeyi beraberinde getirmesi beklenmektedir. Bu beklenti YZ'nın tarihte adını duyurduğu ilk yıllarda başlamış günümüze kadar gelmiştir. Her geçen gün YZ'nın kullanıldığı yeni örnekleri, geliştirilen projeleri inceledikçe gelecekte hangi yeteneklere ulaşılabileceği, nasıl ilerlemelerle karşı karşıya kalınacağı merak edilmektedir.

YZ'nın ilerlemesindeki bu gelişmeler geçmişten günümüze 3 türde sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırma yapılırken çalışmalarda YZ'nın düzeyi yani geldiği aşama baz alınmaktadır. Bu sınıflandırmaya göre “Dar Yapay Zeka, Genel Yapay Zeka ve Süper Yapay Zeka” olmak üzere üç başlık bulunmaktadır.

Dar Yapay Zeka, literatür taraması yapıldığında “Zayıf Yapay Zeka” olarak da karşımıza çıkmaktadır. Bu türde geliştirilen YZ'lar tek bir göreve odaklanan, sadece geliştirildiği alanda çalışabilen sistemlerdir. Gündelik hayatımızda da sıklıkla kullandığımız Google Asistan, Siri, Google Translate gibi arayüzler tek bir görev amaçlı geliştirilen dar yapay zeka kapsamındaki programlardır. Ses komutlarını anlayabilir ve yanıtlayabilirler, ancak size doğru tıbbi teşhisler veremezler. Görüntü tanıma, doğal dil işlemcileri ve görüntü üreticileri de bu tür YZ alanına girerler. İçerik üreten yapay zekalar dar yapay zekanın bir alt kümesidir, ancak içerik üreticileri için geniş bir olasılık yelpazesi sunar. Muazzam veri setleri üzerinde eğitilen üretken yapay zekalar, bu veride desenleri tanır ve öğrendiği konular hakkında sonuçlara varabilirler. Ardından bir metin açıklamasını alabilir ve bu metinden makine öğrenmesini kullanarak yeni desenler oluşturabilir ve yeni bir şey üretebilirler. Basit bir metin girişini bir alana yazarak neredeyse anında sonuçlar verebilirler [Web 1]. Üretken yapay zekanın büyük ve küçük görevlerle çok etkili şekilde yardımcı olarak kullanılabilecekleri birçok alan mevcuttur. Örneğin Web geliştiricileri, bilgisayar kodundaki hataları düzeltmek için Chat gpt gibi bir dil modeli olan üretken yapay zeka

aracını kullanabilirler. Şirketler, müşteri hizmeti sohbet botlarını kullanırlar. Bilim insanları, tanı ve araştırma için bu araçlardan faydalanabilirler. Öğretmenler, yazarlar, sanatçılar ve müzisyenler, düşünce üretmek ve hızlı bir şekilde yeni fikirleri denemek için kullanırlar. Nitekim günümüzde mimarlar da düşünce üretmek ve hızlı fikir denemeleri yapmak amacıyla bu araçlara sıklıkla başvurumaktadırlar. Bunun dışında örneğin dünya satranç şampiyonunu yenebilen bir YZ geliştirilmiştir ancak yapabildiği tek görev bulunmaktadır. Bu tip makineler uyarılara tepki verirler ancak bir hafıza oluşturmazlar. Bu makineler de dar yapay zeka grubu içinde sayılabilmekle birlikte reaktif makineler diye de adlandırılmaktadırlar **[Web 2]**.

Genel Yapay Zeka ise insan zeka düzeyine en yakın neredeyse onun kadar yetenekli, planlama yapabilen, problem çözebilen, soyut düşünebilen, akıl yürütebilen, deneyim kazanabilen, öğrenme yeteneği artan bir zeka türü ile karşılaşmaktayız. Ancak bu tür hala gelişmektedir ve insan beyninin işleyişindeki bilginin kapsamı arttıkça ilerleme kaydetmektedir.

Süper Yapay Zeka ise insan zekasını aşan, onu geride bırakan, sanat alanında çalışmalar yapabilen, karar verme ve duygusal ilişkiler yürütme gibi konularda üstün performans gösterebilen aslında bir anlamda insan ve makineyi birbirinden ayıran özellikleri ortadan kaldıran bir türü ifade etmektedir. Süper yapay zeka geleceğe yönelik bir terim olarak görülmektedir. Gelecekte bir makinenin bu seviyeye ulaşması insanlığın devamı için riskleri beraberinde getireceği anlamı taşımaktadır **[Fourtane, 2019]**. Genel Yapay Zeka ve Süper Yapay Zeka'nın özüne bakıldığında insan zekasına yaklaşmayı ve onu aşmayı hedefleyen daha kapsamlı ve yetenekli olma yolunda ilerleyen üstün bir seviyeyi hedeflemektedir.

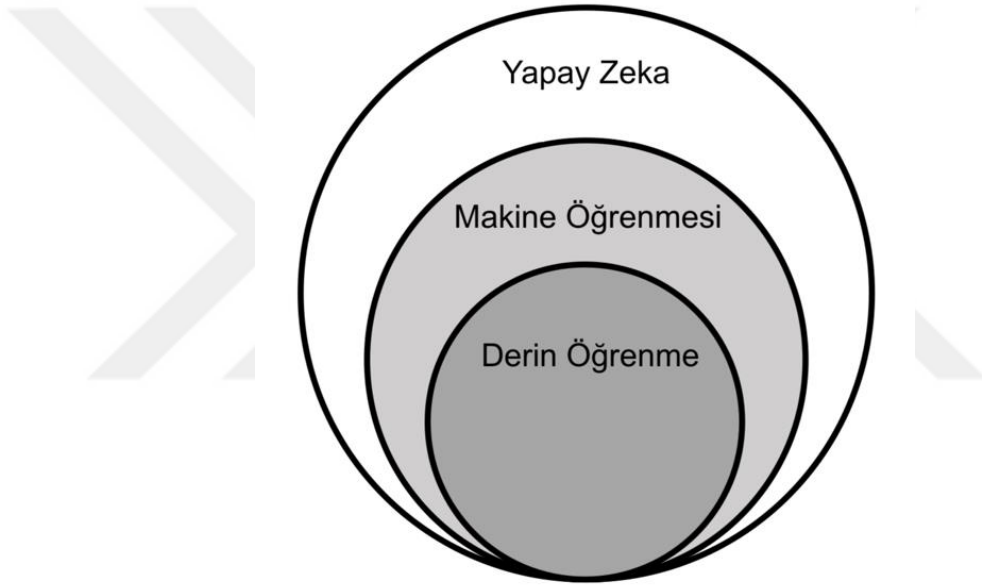
Tablo 2.1: Yapay zeka türleri ve tanımları [Artut, 2019].

<i>Yapay Zekâ Türleri</i>	<i>Tanımı</i>	<i>Örnekler</i>
Sınırlı Yapay Zekâ	Tanımlanmış tek bir görevi gerçekleştirmek ve yürütmesini iyileştirmeye devam etmek üzere geliştirilen zekâ	Otonom araçlar, Satranç ve Go gibi oyunları oynayabilen sistemler
Genel Yapay Zekâ	Önceki öğrendiklerinin yanı sıra öğrenmeye dayalı kararlar alabilen, insan zekâsı ile aynı özellikleri ve kabiliyetleri içeren zekâ	Henüz gerçekleşmemiştir. Bilim Kurgu sinemasında örnekleri bulunmaktadır. Bkz: Bıçak Sırtı (Yön: RidleyScott, 1982)
Üstün Yapay Zekâ	En üstün ve en yetenekli insan zekasının ötesinde gelişmiş zekâ	Henüz gerçekleşmemiştir. Bilim Kurgu sinemasında örnekleri bulunmaktadır. Bkz: Aşk (Yön: Spike Jonze, 2013)

YZ'nın türleri ve tanımlamaları Selçuk Artut tarafından bir tablo oluşturularak aktarılmıştır. (**Tablo 2.1**) YZ'nın türlerinden genel yapay zeka ve üstün yapay zekanın gelecek dönemlerde geliştirilmesi hedeflenirken, günümüzde sınırlı yapay zekanın da insan zekası üzerinde bir performans sergilediği örneklerle karşılaşılmaktadır. IBM tarafından geliştirilen, doğal dil algılama yeteneğine sahip Watson isimli YZ sistemi, 2011 yılında katıldığı bir bilgi yarışması programında (Jeopardy) rakiplerini eleyerek 1 milyon dolarlık ödülün sahibi olmuştur. Watson'ın sahip olduğu özelliklerden biri ise sürekli öğrenen ve verilerden beslenen yapısı ile bilgiyi birleştirerek analiz yöntemi ile varsayımlar çıkarmasıdır [High, 2012]. Watson 2013 yılından sonra ise, tıp alanında kullanılmaya başlanmıştır. Tıp alanında teşhis koyma, kanser hastalığına yönelik araştırmalara katkıda bulunma, hatta deneysel çalışmalar kapsamında elindeki büyük verileri analiz ederek benzeri bulunmayan, farklı özellikteki ilaçlar geliştirilmesine destek verme gibi faydalar sağlamıştır [Chen et al., 2016]. Bu çalışmalara bakılarak YZ'nın üretken bir yanı olduğunu söylemek mümkündür. Bu üretkenlik durumunun gelişen teknoloji ile yaratıcılığa dönüşmesi olası tartışmalar arasında yer almaktadır. Mimarlık ve sanat gibi bitmeyen sürekli daha iyi potansiyelleri içerisinde bulunduran alanlar için yaratıcılık kavramının da sınırları yok olmaktadır. YZ ile birlikte değişen bakış açısı belki de yaratıcılık olgusuna olan yaklaşımımızı da dönüştürecektir [Artut, 2019].

2.3. Yapay Zekanın Alt Dalları

YZ insanın kopyasını ürettiği bir alan olarak düşünülebilir ve bu kopya zamanla bilgisayar ve algoritmalar aracılığı ile insanın en büyük yardımcısı haline gelmiştir. Bu yardım insan için sadece fiziksel olmanın ötesinde düşünme, üretme, analiz etme gibi düşünsel faaliyetler içinde yardımcı bir araç olarak gelişim göstermiştir. YZ'nın beklenen görevi yerine getirebilmesi için belirli yeterlilikler kazanması gerekmektedir. Kazandığı bu yeterlilikler ve gösterdiği gelişimler onun daha öznel alanlarda gelişmiş alt dallarını ortaya çıkarmaktadır [Doğankaya, 2023].

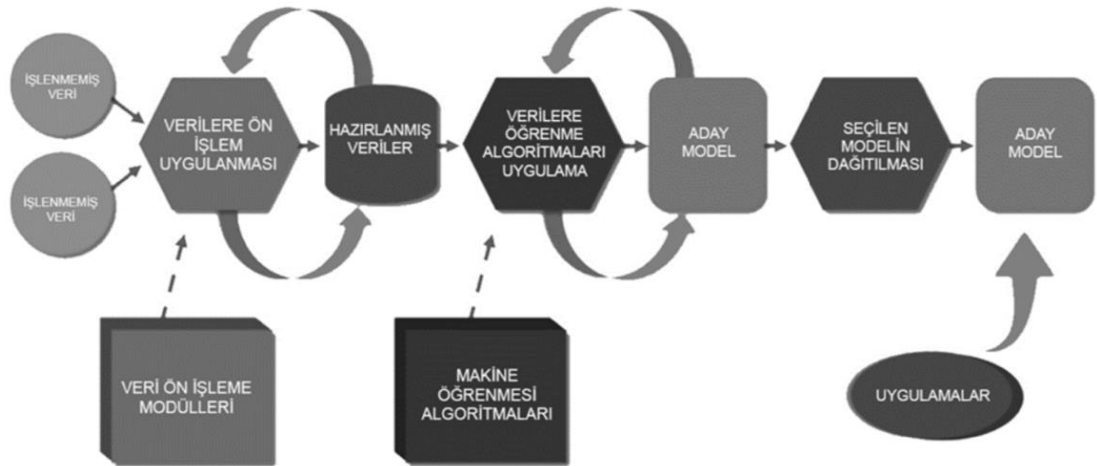


Şekil 2.1: Yapay zekanın alt dalları.

YZ, makine öğrenmesi ve derin öğrenmeyi kapsayan bir alandır. Makine öğrenmesi YZ'nın alt dalını oluştururken, derin öğrenme ise makine öğrenmesinin alt dalını oluşturmaktadır. Bu kapsayıcı durum **Şekil 2.1**'de aktarılmıştır. Bu bölümde YZ'nın alt dalları hakkında literatür taraması yapılarak ön bilgi verilmesi amaçlanmaktadır. YZ alanında süreçleri algılayabilmek adına nasıl çalıştığını anlamak, makinelerin öğrenme süreçlerini analiz etmek, YZ ve mimarlık ilişkisini kurmak adına önem taşımaktadır.

2.3.1. Makine Öğrenmesi

YZ'nın bir alt dalı olan, makine öğrenmesinin ortaya çıkışı 80'li yıllara uzanmaktadır. Makine öğrenmesi (MÖ) temelde bir dizi verinin işlenerek analiz edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Makine öğrenmesi bir yazılımcı tarafından oluşturan daha kapsamlı bir algoritmik yapının kendi kendine öğrenerek gelişen algoritma türünü oluşturmaktadır. Algoritmanın beslendiği veri setinin artması, algoritmanın gelişmesine ve kendi deneyimlerini oluşturmaya olanak sağlamaktadır. Makine öğrenmesinin işleyiş mantığına baktığımız zaman, bir veya birden fazla kaynaktan verileri alıp bir ön işlemden geçirdikten sonra sisteme yükleyerek makine öğrenmesi algoritmaları ile bir aday model ortaya çıkarmaktır. Bu aday modellerden biri seçilerek, dağıtılıp yeni verilerin bu dağıtılan model ile karşılaştırılması ile süreç tamamlanmaktadır. Ancak süreç boyunca verileri işleme ve aday modelleri oluşturma adımları kendi içerisinde tekrar etmektedir. Bu sürecin doğru bir şekilde tamamlanması isteniyorsa sürece doğru soru ile başlamak, sorunun cevabını elde edebilecek verilere sahip olmak ve süreç sonunda başarı oranını belirlemekten oluşan üç adıma dikkat etmek gerekmektedir [Ballheker, 2018]. Makine öğrenme sürecinin işleyişi Şekil 2.2'de şematik olarak aktarılmıştır.

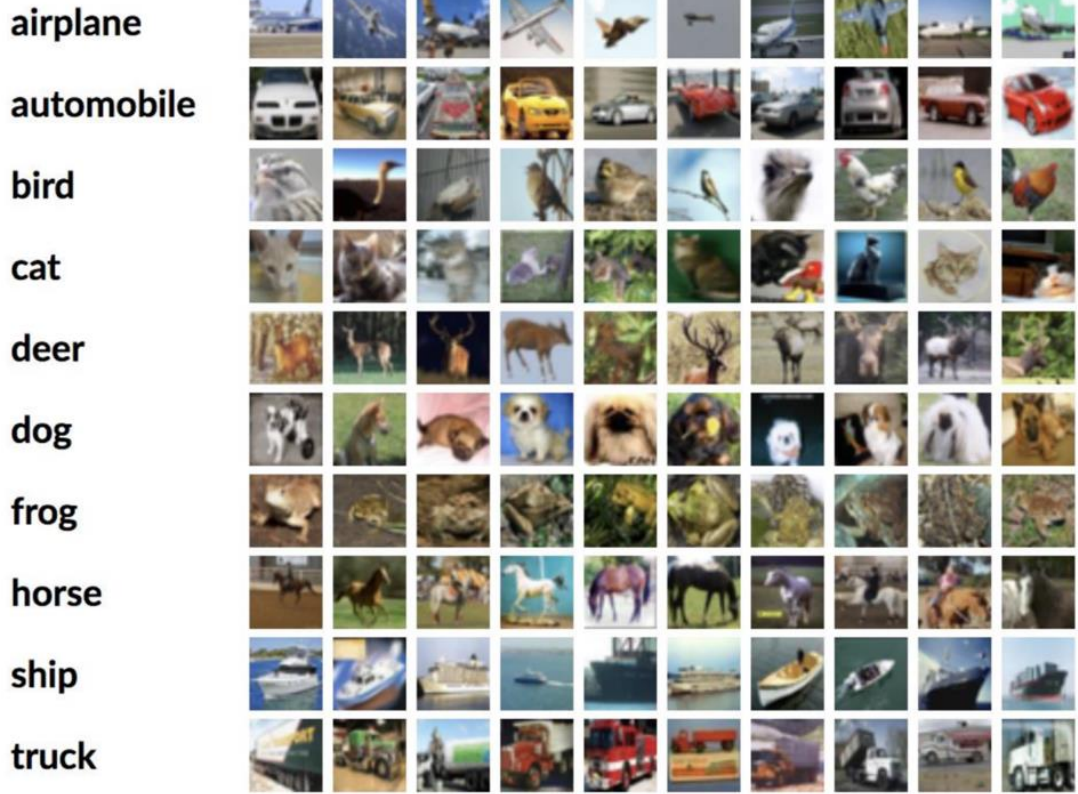


Şekil 2.2: Makine Öğrenmesi Süreci [Şapçı ve Taşlı Pektaş, 2021].

MÖ düzenli ve değişken veri setlerini analiz ederek bu verilerden öğrenme yeteneği olan bir YZ sistemi şeklinde tarif edilmektedir. Verileri analiz etme yöntemi ile öğrenen algoritmalar bu bilgiler doğrultusunda tahminde bulunma, tanımlama, ayrıştırma görevlerinde kullanılabilmektedir. Algoritmaların elde ettiği her veri, sistem için bir eğitim aracına dönüşürken karmaşık bir hale gelen veri setlerini analiz etme de insan analizine kıyasla daha doğru sonuçlar çıkarılabilmektedir. Bu algoritmaların sağladığı avantajlardan biri ise sürekli gelişen ve değişen veri setlerine uyum sağlayarak sonuçları güncelleme özelliğine sahip olmalarıdır. Bu özellik MÖ kullanılan her süreci daha hızlı ve pratik hale getirmektedir **[Acerer, 2021]**. Makine öğrenmesi kendi içerisinde birçok türe ayrılmasına karşın öğrenme türüne göre üç temel yaklaşımı bulunmaktadır. Bunları şöyle sıralayabiliriz;

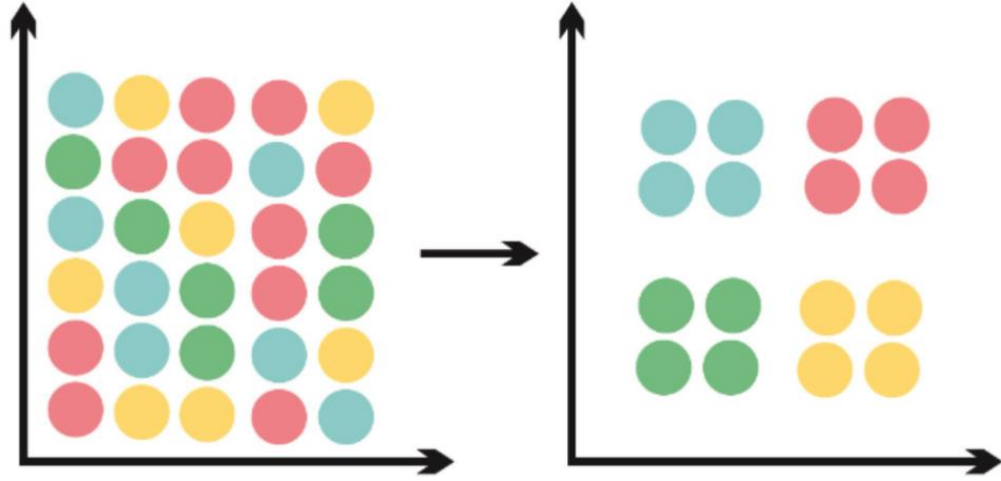
Takviyeli Öğrenme: Ödöl ve ceza yöntemi ile geliştirilen algoritmalarlardır. Bu algoritma eylemlerinin sonucuna göre kendini geliştirir. Örnek olarak algoritmaya oynatılan bir bilgisayar oyununda oyuncu kazanırsa ödöl, kaybederse ceza alır ve bu ceza alma durumu algoritmanın gelecek eylemlerini koordine etmesine destek olur. Oyun ve robotik araç alanlarında kullanılan bu tür algoritmaların zor ve komplike görevlerde kullanımı yaygındır **[Dobychin, 2023]**.

Denetimli Öğrenme: Algoritmaya etiketli veri girişleri yapılarak, bu verilerin analizi sonucunda çıktı olarak bir etiket ile eşleştirme yöntemi ile çalışır. Algoritma, bilgi edinmesi ve ilişkilendirmesi gereken olguları verileri işleyerek analiz eder. Bu algoritmaların kullanıldığı yaygın örnekler arasında sınıflandırma ve tahmin alanları yer almaktadır. Denetimli makine öğrenmesi alanında yöntem olarak sinir ağlarının kullanımı sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Programcılar sinir ağlarını eğitmek için büyük veri setleri kullanarak görüntüleri sınıflandırmasını sağlayabilmektedir **[Dobychin, 2023]**. Örnek bir çalışma olarak 10 kategoriden oluşan bir görüntü seti kullanılarak sinir ağlarının eğitilmesi amaçlanmaktadır. **(Şekil 2.3)** Her bir görüntü sinir ağının nöron katmanlarını besleyecek şekilde seçilmektedir.



Şekil 2.3: 10 kategoriye ayrılmış bir görüntü seti (uçak, otomobil, kuş, kedi, geyik, köpek, kurbağa, at, gemi, kamyon) [Dobychin, 2023].

Denetimsiz Öğrenme: Denetimli öğrenmeden farklı olarak algoritmaya etiketli veriler girilmez ve algoritmadan etiketsiz olarak girilen verileri kendi kendine benzerlikler ve ilişkiler üzerinden gruplandırması beklenir. Bu algoritmanın yaygın olarak kullanıldığı alanlar arasında kümeleme, öneri sistemleri, hedefli reklam çalışmaları ve doğal dil işleme uygulamaları yer almaktadır [Dobychin, 2023]. Denetimsiz öğrenmede denetimli öğrenmeye göre daha fazla veriye ihtiyaç vardır çünkü makine girilen verinin ne olduğunu kendi bulmak zorundadır. Örneğin denetimli öğrenmede kedi olarak etiketlenmiş bir kedi resmi veri olarak girilerek sınıflandırma yapması beklenirken denetimsiz öğrenme de makine etiketsiz olarak girilmiş bir kedi resmini analiz ederek ne olduğuna karar vermeye çalışmaktadır. Bu nedenle veri noktalarını benzerliklerine göre sınıflandırma ve desenleri algılama noktalarında denetimsiz öğrenmeden yararlanılmaktadır [Naeem et al., 2023]. Denetimsiz öğrenmenin kullanıldığı alanlardan biri olan kümeleme ise Şekil 2.4'te gösterilmektedir.



Şekil 2.4: Denetimsiz öğrenme-kümeleme örneği [Naeem et al., 2023].

Makine öğrenmesi kavramı günlük hayatta da birçok alanda karşımıza çıkmaktadır. En basit hali ile günlük hayatta en çok kullandığımız iletişim aracı olan telefonlarımızda birçok makine öğrenmesi algoritmaları ile kullanıcıların günlük rutinlerini veri olarak depolayarak, sonrasında daha iyi bir deneyim için kolaylaştırıcı çözümler üretmektedirler. Örneğin kullanıcının uyku aralıklarını, telefonu şarj etme sıklığı ve aralıklarını, telefonda en çok hangi uygulamada vakit geçirdiğini analiz ederek kullanıcı memnuniyetini artırmaya yönelik çalışmaktadır. Kullanıcıların geri bildirimleri sayesinde kullanıcı ile etkileşiminden öğrendiklerini pekiştiren algoritmalar bu süreç içerisinde kendi kendine öğrenir duruma gelmektedir. Sonuç olarak makine öğrenmesi algoritmaları kullanıcılar tarafından verilen bilgileri analiz ederek kararlar alırken, kullanıcı geri dönütleri sayesinde deneyim yolu ile öğrenme pratiği geliştirebilmektedir [Şapçı ve Taşlı Pektaş, 2021]. Bu uygulamalar üzerinden kullanıcı deneyimi ve geri dönütlerin önemli olduğu, mimarlık ve tasarım alanı için de kullanılabilir algoritmaların geliştirilmesi öngörülmektedir.

2.3.2. Derin Öğrenme

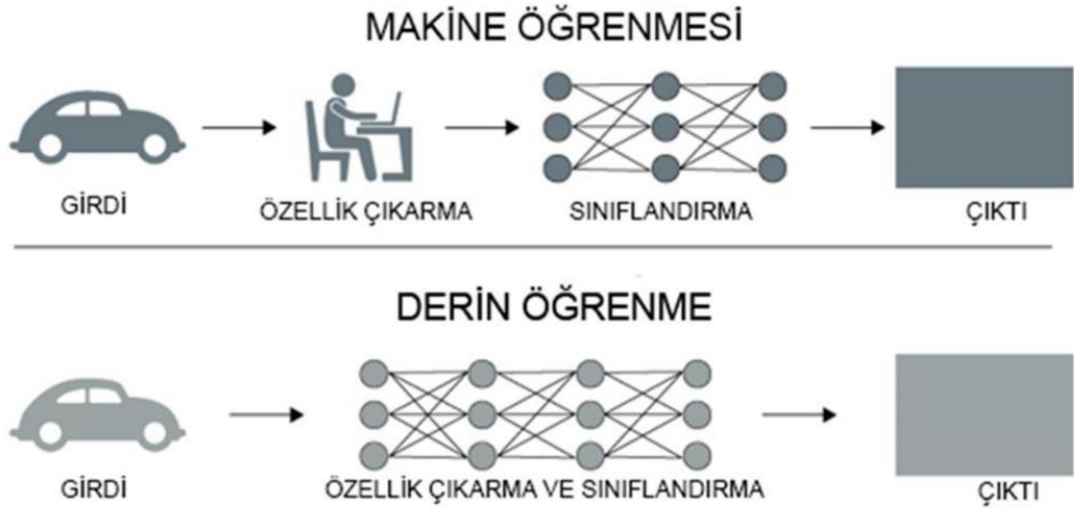
Derin öğrenme ise makine öğrenmesinin bir alt dalıdır. Bu terimin ilk kullanımı 2000'li yıllara uzanmaktadır. Derin öğrenme en basit anlatımı ile makine öğrenmesinin gelişmiş hali olarak tanımlanabilir. Bu gelişme, makinelerin sadece sunulan veri

setlerini algoritmalar aracılığı ile analiz etmesi ve üretmesi değil, katmanlaşmış algoritmalar aracılığı ile makinenin kendi kendine öğrenir duruma gelmesidir. Derin öğrenme, çalışma prensibi olarak insan beynindeki sinir ağlarına benzer şekilde donatılarak oluşturulmuştur. Temelde insan beynindeki nöronların çalışmasını taklit eden derin öğrenmenin gelişmesindeki en büyük etken internet ve veritabanı sistemlerinin kullanılmasının artması ile birlikte büyük verinin ortaya çıkmasıdır. Büyük veri ile derin öğrenme araçlarını geliştirmek ise hem zaman alan hem de maliyet gerektiren süreçlerdir. Bu eğitimde ise TPUs (Tensor İşleme Üniteleri) ve GPU's (Grafik İşleme Üniteleri) adı verilen pahalı bilgisayar sistemlerine gereksinim duyulmaktadır [Nisha and Thangarasu, 2023]. Derin öğrenmeyi anlamak adına sinir ağları konusuna değinmek gerekmektedir. Çünkü yapay sinir ağlarının nasıl çalıştığını ve nasıl bir iletişim ağına sahip olduğunu anlamak, beyindeki nöronların çalışma sürecinin analizi sonucu anlaşılabilir. Beyindeki nöronlar gibi çalışan yapay sinir ağları girdiyi aldıktan sonra diğer sinir ağlarına ileterek bağlantı kurup bir çıktı oluşturmaktadır. Bu iletişim sırasındaki en son ağı gelen sinyal algoritmayı meydana getirmektedir. Bu etkileşimi oluşturma ve sonuca ulaştırma süreci tamamen yapay sinir ağları tarafından yürütülmektedir [Doğankaya, 2023].

Derin öğrenme, makine öğrenmesinin daha az veriyle daha kısa sürede sonuçlar çıkarabilen bir alt dalı olmasından dolayı, makine öğrenmesinde değindiğimiz denetimli öğrenme ve denetimsiz öğrenme türleri derin öğrenmede de bulunmaktadır. Derin öğrenme sürecinde bu türlerden bağımsız olarak “Yarı Denetimli Öğrenme” türü bulunmaktadır. Bu öğrenme şeklinde verilerin bir bölümü etiketli şekilde algoritmaya aktarılırken kalan bölümü etiketsiz şekilde aktarılmaktadır. Derin öğrenmede katmanlı bir yapı olduğu için her bir katmanda oluşturulan çıktı diğer bir katmanın girdisi olarak çalışmaktadır. Bu özellikleri ile derin öğrenme yapay sinir ağları üzerinden en iyi sonuçların elde edildiği bir makine öğrenmesi yöntemidir [Acerer, 2021].

"Derin Öğrenmede, Yapay Sinir Ağı (Artificial Neural Network) adı verilen katmanlı bir algoritma yapısı kullanılmaktadır. Bu katmanlardaki algoritmaların derinlemesine yapılandırılması işlemi sonucu kendi kendine akıllı kararlar alabilen ve uygulayabilen yapay sinir ağları oluşturulur." [Gavriloya and Stryungis, 2020].

Bu tanımlamadan yola çıkılarak makine öğrenmesi ve derin öğrenmenin çalışma yapısını kıyaslamak mümkündür. Bu kıyaslamanın şematik hali Şekil 2.5'te gösterilmektedir.



Şekil 2.5: Makine öğrenmesi ve derin öğrenme [Şapçı ve Taşlı Pektaş, 2021].

Derin öğrenme başka bir tanımlama ile derin sinir ağları olarak da görülmektedir. Çünkü derin öğrenme çalışma prensibi olarak oluşturulan sinir ağları mimarisi üzerinden çalışmaktadır. Bu çalışma prensibi üzerinden derin öğrenme giriş ve çıkış arasında bulunan katmanlı ve parametrik bir sinir ağı olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde derin öğrenme çalışmaları birçok alanda devam etmektedir. Birçok alanda kullanılabilir olma durumu derin öğrenmeye evrensel bir öğrenme yöntemi olma özelliği kazandırmaktadır. DÖ uygulamalarında elde edilen bir başka avantaj ise genelleştirebilir olmasıdır. Yani aynı DÖ modelleri farklı veri setleri ve farklı uygulamalarda yeniden kullanılabilir. Bu yöntem verinin yetersiz olduğu durumlarda daha fazla tercih edilmektedir. Çünkü derin öğrenme makine öğrenmesinin aksine veri setini maksimumda kullanmaktadır. Makine öğrenmesi uygulamalarında minimum veri ile daha iyi sonuçlar elde edilirken, veri eşiği aşıldığı anda çıktılar sabit kalmaktadır. Ama bu durumun aksine derin öğrenmede verinin büyüklüğü artmaya başladıkça sistemin performansı da buna paralel olarak artmaktadır [Sharma et al., 2021].

3. YAPAY ZEKA VE MİMARLIK İLİŞKİSİ

İnsanlık tarihi boyunca mimarlık, farklı çağlarda farklı yöntemler, farklı bilgi kaynakları ve araçlarıyla yapılmıştır. 2020'li yıllara gelindiğinde bu üretimin destekçilerinden biri YZ araçları olmuştur. YZ teknolojisinin gelişmesi mimarlık alanında da tasarıma yardımcı yeni ara yüzlerin geliştirilmesini sağlamıştır. Daha önceki teknolojiler sayesinde geliştirilen 2 ve 3 boyutlu yazılımlar tasarımcının sürecine destek olmaktadır. Mimarlık eğitiminde ve iş hayatında tasarım fikrinin temsilinde kullanılan el çizimleri, el ile yapılan maketler zamanla yerini bilgisayar ortamında hazırlanan dijital çizimler ve 3 boyutlu modellemelere bırakmıştır. Kullanılan bu arayüzler hem projelerdeki hazırlık sürecini hızlandırırken, aynı zamanda proje revizeleri, aktarımları, proje verilerinin saklanması gibi daha birçok açıdan kullanım avantajlarını beraberinde getirmiştir **[Belardi, 2018]**. Zamanla teknolojinin gelişmesi bilgisayarların performansının artmasını sağlamıştır. Bu yazılımlar teknoloji geliştikçe oluşturulan yapay zekâlar ile destek olmanın yanı sıra algoritmalar ile tasarımın olasılıklarını oluşturur ve tasarımcıya yönelim sağlar konuma gelmiştir. Algoritmalarla tasarımın olasılıklarının oluşturulması durumu mimarların tasarım verilerinden beslendiği bir ilişki ile gelişmektedir. Veri girişi ne kadar fazla ise, algoritma ne kadar farklı kaynaktan besleniyorsa bu gelişim beslenme ile doğru orantılı olarak artmaktadır **[Vukorep and Kotov, 2021]**.

Mimarlık alanında tasarım oluşma sürecinde YZ'nın kullanılması şu an makine öğrenmesi kapsamında gerçekleşmektedir. Ancak bu kullanımın içerisinde bilgi eksiklikleri, boşluklar ve tanımsızlıklar bulunmaktadır. Henüz mimarlık alanında YZ'nın kullanımında belirli bir yol bulunmamaktadır. Bu yolu mimarlar kendi tasarım süreçlerine YZ'yı dahil etme aşamalarını şekillendirerek kendileri oluşturmaktadır. Bu birliktelik süreci gelişmekte ve olgunlaşmakta olan bir süreç olarak tanımlanabilir. Zamanla mimarlar tasarım süreçlerindeki YZ'yı daha belirgin bir konuma getirip YZ ile mimarlık ilişkisini güçlendireceklerdir. Bu güçlenmenin hızlanması, mimarların teknoloji ve teknolojinin getirdiği yenilikler ile bağlarını güçlü tutması, bu yenilikleri proje tasarım, analiz ve üretim aşamalarına dahil etmesi ile paralel olmakla birlikte, mimarlar ve teknoloji arasındaki iletişimin artmasına bağlıdır. Bu bağın artması hem mimarlık alanına yönelik teknolojik arayüzlerin geliştirilmesine hem de mimarların bu

arayüzleri mimarlık alanındaki pratiklerine dahil etmesine bağlıdır. Bu dahil etme durumu mimarların arayüzleri tanınması ve kullanımını deneyimlemesi üzerinde parabolik bir artış göstererek mimarlık ve YZ arasındaki köprüyü güçlendirmeye olanak sağlayacaktır. Bu noktada büyük önem arz eden arayüzlerin tanınması tezin yazılma amaçlarından biridir. Bu amaca yönelik bu bölümün alt başlıklarında mimarlık alanında kullanılan YZ araçlarına yer verilmiştir. Mimarlık ve YZ arasındaki ilişkinin inceleneceği bu bölümde, tasarıma yardımcı araçlarla birlikte tasarım sürecindeki ilerleyişi destekleyecek, sürecin verimliliğini artıracak çok yönlü bir oluşumun performansını artıracak, zaman tasarrufu sayesinde özgün projelerin gelişimini daha esnek, yaşanabilirliği, sürdürülebilirliği ön planda yapılar oluşmasında destekleyici noktaları da incelenerek aktarılacaktır.

3.1. Mimarlık Alanında Yapay Zeka

Mimarlık alanı ve mimari tasarım süreci birçok çeşitli ve değişken parametrenin varlığı nedeniyle geniş bir bilgi birikimi gerektirmektedir. Bu bilgi üzerine kurulu sistem tasarım problemlerine çözüm üretmek için birçok alternatifi içinde bulunduran, başlangıçtan sonuna birçok değişiklik gösteren tasarım sürecinde mimarın en doğruyu bulma/seçme eğiliminden etkilenen mimari fikrin gelişimine bağlıdır. Tasarıma olan yaklaşımların kontrol edilmesinin önem arz ettiği bu süreçte bilgisayar destekli mimari tasarım, sürece kazandırdığı hız ile birlikte kontrollü sonuçların doğmasına olanak sağladığı için birçok avantajı beraberinde getirmiştir ve getirmektedir. Yıllar içinde bilgisayar destekli mimari tasarım araçları tasarıma olan yaklaşıma farklı bir pencere açarak değişime uğratmıştır. Bu değişim gelecek yıllarda meydana gelebilecek, çeşitlenerek çoğalacak YZ kabuğunun dönüşümünü de haber vermektedir **[Soddu and Colabella, 1995]**.

Son yıllarda YZ'nin etki ağının büyümesine bağlı olarak birçok alanda yansımalarını göstermesi, günlük kullandığımız teknolojilerin içine sızması bireyleri, farkındalıkla veya farkında olmadan, arka planda YZ'yı kullanan, aynı zamanda besleyen, veri setlerini genişleten, bir veri işçisi pozisyonuna getirmiştir. Mimarlık alanı da bu etki alanının içerisine dahil olmuştur. Bu etki mimarlık dünyasında keşif ve korkuyu beraberinde getirmiştir. YZ'nin mimarlık alanında nasıl kullanılacağı, nasıl bir boyutta tasarım dünyasını dönüştüreceği ve mimarın pozisyonunun nasıl değişeceğine dair

sorular ortaya çıkaran bir bilinmezlik ile karşı karşıya kalınmıştır; ancak, bu bilinmezliğin tanımlanabilmesi YZ'nın kullanımı ile mümkün olabilecektir.

Mimarlık çevrelerinde mimarların geçmişte YZ'yı nasıl anladığı, tasarım süreçlerine nasıl entegre ettiği 2020 yılında yapılan bir konferanstaki yayınlanan makale üzerinden incelenebilir [Gallo et al., 2020]. Makalenin temel konusu YZ'nın mimarlık dünyasına entegre olmasının kullanıcılar üzerinden incelenmesidir. Çalışma, mimarlık pratiğinde yer alan geçmiş kullanımları aktarmasından ve bu pratikte yer alan veya alacak olan aktörler için aydınlatıcı olabilecek bilgiler içerdiğinden, YZ'nın potansiyelinin farkına varılması açısından önem taşımaktadır. Makalede kullanıcı profilleri seçilirken mimarlık pratiğinde büyük deneyime sahip mimari tasarımcı ve araştırmacılar tercih edilmiştir. Ve bu kullanıcılardan çeşitli teknolojileri ve dijital teknikleri yararlılık oranlarına göre sıralamaları istenmiştir. Bu inceleme **Tablo 3.1**'de aktarılmıştır.

Tablo 3.1: "Sıradaki teknolojileri, önümüzdeki 10 yıl içinde mimarlık alanında kullanılabilirlikleri açısından sıralayın" sorusunun sonuçları [Gallo et al., 2020].

Interviewee	BIM	Other Comp.Meth.	IOT	AR	VR	Machine Learning	Digital Manufact.
Arthur Mamou Mani	5	6	2	3	1	4	7
Al Fisher	6	7	2	4	1	3	5
Andreas Klok Pedersen	7	1	2	4	3	6	5
Aur�lie de Boissieu	1	2	5	4	3	7	6
Daniel Davis	7	7	5	4	3	2	1
Edoardo Tibuzzi	2	7	5	3	3	4	6
Harry Ibbs	1	3	2	5	4	7	6
Irene Gallou	2	3	5	4	4	7	6
Pablo Zamorano	3	7	4	5	6	6	5
Xavier de Kestelier	3	4	6	1	2	7	4
Total	37	47	38	37	30	53	51

Bu tablonun analizi göstermektedir ki; katılımcıların gelecek on yıldan beklentilerinin başında toplamda 53 puanla makine öğrenmesi yer alırken, makine öğrenmesi kullanıcıların %40'ı tarafından birinci sırada yer alırken %20'si tarafından ikinci sırada yer almaktadır. Deneyimlerini göz önünde bulundurarak yaptıkları bu değerlendirmeden mimarlık dünyasının da gelecek yıllarda makine öğrenmesinden beklentisinin büyük olacağı sonucu çıkarılabilir. Görüşülen tasarımcılar beklentilerine vurgu yapmanın yanı sıra, mimar-YZ ilişkisinin henüz gelişme aşamasında olduğunu, bu gelişmenin hızlanması ve mimarların makine öğrenmesinden faydalanabilmesi adına bu alanda eğitime ve bilgiye ihtiyaç olduğunu da vurgulamışlardır. Geliştirilen programların veya arayüzlerin tanınması, kullanımın öğrenilmesi bu gelişimi sağlayabilmek için bir ön koşul olarak görülmektedir. Katılımcılar arasından Harry Ibbs ise bu programların önceki dijital tekniklerden farklı olduğunu ve bu programların nasıl çalıştıklarını anlamak adına en az bir programlama dilini bilmenin gerekliliğini vurgulamıştır. Bu noktada makine için girdileri oluşturacak mimarın sorumluluğunun da arttığı düşünülmektedir, çünkü süreçte makine sonuçlarını sorgulayacak kişi yine mimar olacaktır. Bu süreç içerisinde gelecek dönemlerde YZ'nın mimarlık alanında pozitif etkilerinin görüleceği düşünülmektedir, YZ mimarlar için son derece uzmanlaşmış, belirli problemlere çözümler sunabilen bir yardımcı rolüne girecektir [Gallo et al., 2020].

YZ, tasarımcılara yapılarını gelenekselin dışında algoritmalar desteği ile oluşturma becerisi sağlamaktadır. Bu sadece yapının formunu oluşturma noktasında değil tasarım süreci boyunca uygulanabilir bir yöntemdir. Bu süreci yönetme konusunda önemli olan tasarımcının girdileri ve çıktıları kontrol altında tutabilmesidir. Tasarımcılar girdileri oluştururken, kullanacakları tasarım yazılımlarının birçok olanaklarını kullanırlar, bu yazılım araçları tasarımcıları tasarım sürecinde destekleyen, tasarım sürecinin farklı alanlarında kullanılan ajanlardır. Bu ajanlardan en sık optimizasyon sürecinde faydalanılır. Optimizasyon süreçlerinde birçok farklı optimizasyon teknolojisi kullanılmaktadır [Vukorep and Kotov, 2021]. Bunun yansısı üretken YZ araçları görsel betimleme yoluyla ilham oluşturmak için kullanılabilir. Böylece üretken YZ araçları tasarıma yardımcı olmakta ve tasarımcılara kolaylık sağlamaktadırlar. Mimarlıkta, tasarımcının hayalindeki bir tasarımı çizimlerle, maketlerle, tasarımlarla karşı tarafa bir temsil biçiminde ortaya koyması, onu görsel olarak hayal ettirebilmesi, tasarımın anlaşılabilir olması için gereklidir. Tasarımın

doğası gereği görsel detayları oluşturan bir mimar bunu görsel betimleme yolu ile anlatmakta zorlanmaz; ancak bu tasarımcı için bir iş yüküdür. Bu açıdan, mimarlık alanında YZ'nın kullanımında yöntem olarak görsel betimleme, tasarımcılar için ileri bir düzeyde olanak ve kontrol sağlayacaktır [**Cudzik and Radziszewski, 2018**].

Mimarlık alanında YZ'yı sadece teknolojik bir gelişim şeklinde düşünmek çok yalın ve sığ bir bakış açısı olmaktadır. YZ mimarlık için bir gelişimden ziyade bir dönüşüm şeklidir. Bu dönüşüm tasarım alanındaki işleyişin ve pratiğin dönüşümü olarak okunabilir. Mimarlık doğası gereği çok yönlü bir alandır ve YZ bu çok yönlü durumun her aşamasında destek sağlayabileceği için mimarlık alanının doğası ile uyum sağlamaktadır. Mimarlık alanında YZ'nın kullanımları ele alınmak istendiğinde birçok aşamada birçok örnek ile karşılaşmaktadır. Son dönemlerde meydana gelen gelişmeler ile bu kullanımların somut örneklerine rastlamak mümkün olmaktadır. Süreç ile alakalı kullanım kolaylığı sunmasından dolayı en sıklıkla başvurulanan araçlardan bir tanesi görsel sentezleme diğer bir adı ile metinden görsel üretme araçlarıdır.

Bu görsel sentezleme tasarımcınının metinlerinden yani betimlemelerinden üretilen 2B resimler olarak düşünülebilir. Bu araçlar sayesinde mimari tasarımın analiz süreci daha alternatifli ve üretken olabilmektedir. Görsel sentez ile 3B modeller oluşturulması ise henüz gelişme aşamasında olup, kullanılır duruma gelmesi ile mimarların, tasarımlarının hızlı bir şekilde görsel temsillerine ulaşmasına olanak sağlayacaktır. Bu örnekler incelendiğinde YZ'nın mimarlık için bir araç olmanın ötesine geçerek tasarımcının özgünlük şeklini dönüştürerek düşünme şeklini değiştiren bir yaratıcılık anlayışı olarak karşımıza çıktığı görülmektedir [**Yıldırım, 2023**]. Görsel sentezleme uygulamaları için en önemli noktalardan biri metin oluşturma noktasında açıklayıcı ve istenilen görselin net ve detaylı bir şekilde tasvir edilmesidir. Bu yöntem için kullanılan arayüz ise makine öğrenme yöntemlerinden biri olan GAN (Çekişmeli Üretken Ağ) teknolojisidir. Bu yöntem ile iki aşamalı bir üretim sağlanabilir. Birinci aşamada oluşturulan metinlerden çözünürlüğü düşük görüntüler çıktı olarak elde edilirken, ikinci aşamada birinci aşamada üretilen çıktılar ve oluşturulan metin tekrar girdi olarak kullanılarak yüksek çözünürlüğe sahip foto-realistik olarak tanımlayabileceğimiz çıktılar üretilir [**Zhang et al., 2017**]. Bu iki aşamalı üretime örnek olarak birinci aşamada metinlerden görsellerin üretildiği ve ikinci aşamada

üretilen görsellerin yüksek çözünürlüklere ulaştırıldığı çalışma **Şekil 3.1**'de yer almaktadır.



Şekil 3.1: Verilen metin açıklamalarına dayanarak, I. Aşamada nesnelerin genel şekillerini ve temel renklerini taslağını çizer, düşük çözünürlükte görüntüler üretir. II. Aşamada, I. Aşama sonuçlarını ve metin açıklamalarını girdi olarak alır ve foto-realistik detaylara sahip yüksek çözünürlükte görüntüler üretir [Zhang et al., 2017].

Mimarlık alanında YZ konusundaki diğer gelişmeler 2022 yılında yazılan bir makalede gösterilmiştir [Özerol and Selçuk, 2022]. Çalışma 2014 ve 2020 yılları arasında yapılan çalışmalar üzerinden mimarlık ve YZ'nin kesişim noktalarını, araştırma yönelimini tespit etmeye çalışmıştır. Bu amaca yönelik toplamda 350 makale incelenmiştir. İncelemeler için YZ ana konulu temelde 15 tane alt küme oluşturularak bu alt kümelerin 6 yıldaki kullanım sıklıkları analiz edilmiştir. Analiz yöntemi olarak bibliyometri kullanılmıştır. Bibliyometrik analiz, bilimsel çalışmaların nitel kavramlar üzerinden ve nicel değişkenlikler göz önünde bulundurularak somutlaştırılmasına dayalı bir değerlendirme yöntemidir. Bu analize göre 6 yılda “Machine learning/energy performance-based, Machine learning/robotic, ve Machine learning/CNN (convolutional neutral networks)” alanlarının en çok kullanılanlar olduğu anlaşılmaktadır, bu alanları ise “Machine learning/GAN(generative adversarial network) ve Machine learning/generative design” alt kümeleri takip etmektedir. Bu

araştırmadan anlaşılmaktadır ki, özetle son yıllarda sıklıkla kullanılan alt başlıkların, gelecekte makine öğrenmesi kapsamında yapılacak olan çalışmalarda araştırılması ve geliştirilmesi ihtimali daha yüksek bir orana sahiptir. Çalışma kapsamında akademik çalışmalardaki durumun araştırma eğilimleri etkilediği ve gelecek araştırma konularına ipucu oluşturduğu gözlemlenmektedir [Özerol and Selçuk, 2022].

Bu makale mimarlık alanında kullanılan YZ araçlarının üst başlıklarını göstermektedir. Bu üst başlıklar mimarlık alanında kullanılan YZ araçları bölümünde sınıflandırılarak dört ana başlık olarak aktarılmaktadır.

3.2. Mimarlık Alanında Kullanılan Yapay Zeka Araçları

Tezin bu bölümünde mimarlık alanında kullanılan YZ araçlarına yer verilecektir. Böyle bir başlığa değinilmesindeki amaç mimarlık alanında geliştirilen güncel YZ araçlarını tanıtmak, onlar hakkında kısa bir bilgi edinimi sağlamaktır. Bu araçları belli başlıklar altında toplamak mümkünken, keskin sınırlarla birbirinden ayrılmış bir sınıflandırma yapmak nerdeyse imkansızdır; çünkü, alan sürekli bir gelişim gösterdiği için güncel teknolojiler ile yeni araçlar veya uygulamalar karşımıza çıkmaya devam etmektedir. Ancak bu tez çalışması kapsamında mimarlık alanında kullanılan YZ araçları dört ana başlık altında incelenmiştir. Bu tez kapsamında mimarlık alanında YZ araçlarından faydalanan üst başlıklar sadeleştirilmiştir. Bu sadeleştirmede bu tezde mimarlık pratiğine odaklanıldığından, pratikte kullanılan araçları kapsayacak başlıklar belirlenmiştir. Buna ek olarak araştırma ve inceleme alanında başvuru Machine learning/CNN (convolutional neural networks) son başlıkta incelenmiştir. Belirlenen başlıklar şu şekildedir:

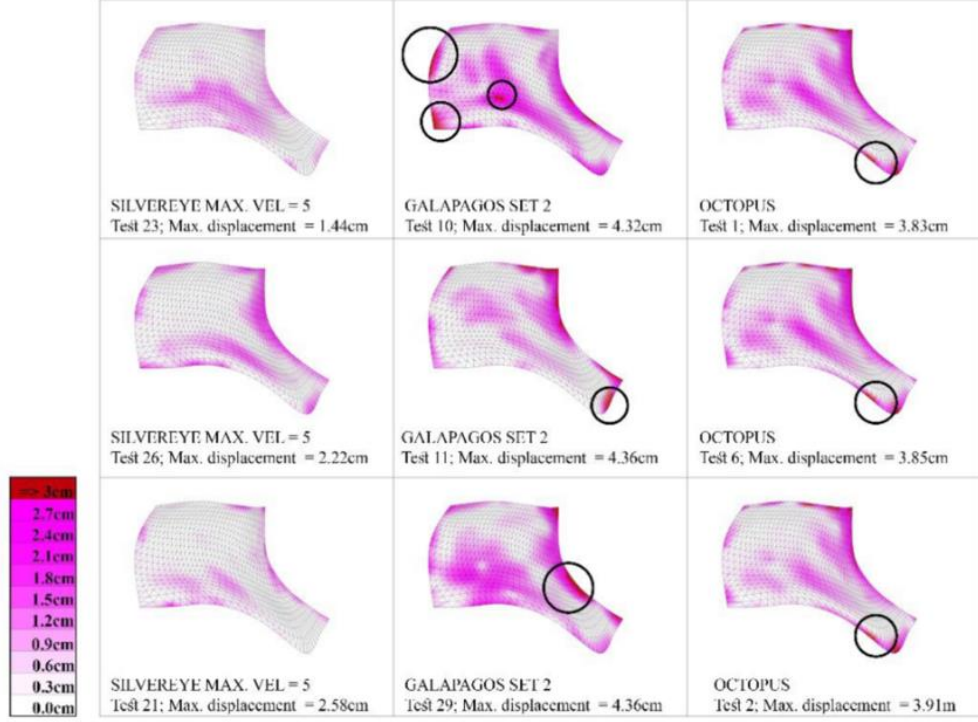
- 1- Performans Tabanlı YZ araçları
- 2- Robotik Üretim için kullanılan YZ araçları
- 3- Üretken Tasarımda kullanılan GAN YZ araçları
- 4- Tasarım araştırmalarında derin sinir ağları kullanımı

3.2.1. Performans Tabanlı Yapay Zeka Araçları

Mimarlık alanında makine öğrenmesi henüz tam bir verimlilikle kullanılamamaktadır. Bazı mimarlık ve tasarım ofislerinde bununla alakalı çalışmalar yapan birimlere rastlansa bile bu durum dünya genelinde azınlık bir grup olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun nedenlerinden biri mimarlık ve tasarım alanında kullanılabilecek evrensel bir aracı geliştirmenin tam olarak mümkün olamamasından kaynaklanmaktadır. Buna çözüm olarak var olan yazılım programlarına yönelik eklentiler geliştirilerek kullanıcılar için ortak kullanım alanları oluşturmaktadır. Eklentilerin açık olarak erişilebilir olması ve mevcuttaki CAD/CAM yazılımları ile uyumlu olması sayesinde, öğrenilip kullanılması diğer araçlara göre daha kolaydır. Belirli bir amaç doğrultusunda geliştirildiği için geniş bir kullanım alanı sunamaması, bu eklentilerin dezavantajı olarak görülebilir. Bu araçların başında performansı yüksek bir sayısal modelleme programı olan Rhino için geliştirilen Grasshopper eklentisi ve Autodesk Revit için geliştirilen Dynamo eklentisi karşımıza çıkmaktadır [Vukorep and Kotov, 2021]. Vukorep & Kotov, makale içerisinde makine öğrenmesi araçlarını var olan yazılım parçalarına eklenti olarak geliştirilenler, araştırma kapsamında geliştirilenler, çeşitli mimari yazılım odaklı geliştirilenler ve CAD/BIM yazılımında geliştirilenler olarak dört farklı gruba ayırarak, avantaj ve dezavantajlarına değinerek tasarım alanında kullanımlarını örneklemektedir. Geliştirilen bu yazılım ve eklentiler bölüm içerisinde aktarılacaktır.

Performans tabanlı yazılımlar ve eklentilerin başında gelen Rhino eklentisi Grasshopper'in çerçevesinde geliştirilen SilverEye, parçacık sürü optimizasyonunu (PSO) kullanan mimari tasarımlarda kullanılmak üzere geliştirilen bir algoritmadır. PSO kuş sürülerinin hareketlerinden ilham alınarak Russell Eberhart ve James Kennedy tarafından 1995 yılında geliştirilen popülasyon tabanlı bir arama yöntemidir. Çalışma prensibi ise bilgi paylaşımı ile en iyi stratejiyi geliştirmek ve sürünün en iyi uygunluk değerini problemin çözümü olarak belirlemektir [Haltaş vd., 2020]. SilverEye algoritmasının hızlı ve verimli olmasının yanı sıra en büyük özelliği sezgisel ve esnek olarak çalışmasıdır. Mimar ve tasarımcıların yeni tasarımlar oluşturmaya, mevcut tasarımlarını geliştirmesine ve tasarımın erken aşamasında tasarım sorunlarına çözüm oluşturulmasına yarayan bu algoritma, Grasshopper'in güçlü paralel hesaplama ve kullanıcı odaklı arayüzlerinden faydalanmaktadır. Bu algoritmaya yönelik geliştirilen örnek bir çalışma 2017 yılında bir makalede yayınlamıştır.

Cichoka ve diğerkleri'nin (2017) çalışması programın temel çalışma mantığını anlamak açısından önem taşımaktadır. Makalede, mimarlar ve tasarımcıların dijital dönüşüm ile hesaplamalı tasarım araçlarını kullanmaya yöneldiklerine değinilmiş ve tasarım sorunlarını çözmek ve analiz etmek için yaygın olarak kullanılan yöntemin Evrimsel Hesaplama (EC) teknikleri olduğu belirtilmiştir **[Cichoka et al., 2017]**. Evrimsel hesaplama teknikleri ise doğadaki evrimsel süreçten esinlenerek geliştirilen bilgisayar tabanlı problem çözme tekniklerini kapsamaktadır **[Paksoy ve Uzun, 2008]**. Ancak bu teknikler hem yavaş hem de anlaşılması zor tekniklerdir. Sürü Zekâsı (SI) teknikleri ise daha sezgisel ve kullanışlı olması açısından daha hızlı olmaları beklenmektedir. SI teknikleri, temelinde tekil bir bireyin olası tehlikeye karşı sezgisel tutumunun tüm sürüyü etkileyerek sürüyü tehlikeden koruması sayesinde canlıların sürü içerisindeki davranışları baz alınarak geliştirilmiş teknikler olarak karşımıza çıkmaktadır **[Akyol ve Alataş, 2012]**. Sürü zekası tabanlı olarak oluşturulan Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) uygulayan Grasshoper çerçevesinde geliştirilen SilverEye evrimsel algoritmalarından farklı olarak evrim kavramı yerine sosyal davranışa odaklandığı için bu yönüyle sezgisellik özelliği kazanmaktadır. Örnek çalışma olarak makalede amorf bir çatı çözümlemesi yapılarak programın tasarım problemlerini çözme yeteneği test edilmiştir. **(Şekil 3.2)** Sonuç olarak düşük hesaplama maliyetlerinde yüksek performanslı bir çözüm elde edilmiştir. Elde edilen çözümlerin 15 dakikalık bir sürede yapısal özellikleri karşılayan yüksek kaliteli çözümler olması sadece etkili bir optimizasyon çözümü olmanın ötesinde kısa sürede yüksek kaliteli çözümler üretebilmesi yönüyle çözüm üretme aracı olma potansiyeli de taşımaktadır **[Cichoka et al., 2017]**. Dolayısıyla makine öğrenmesi araçları ile yapısal problemler için hızlı çözümler üretilmektedir.



Şekil 3.2: 15 dakikalık testlerde optimizasyon sürecinde keşfedilen farklı çözümler [Cichoka et al., 2023].

Stuttgart Üniversitesi'nin Hesaplamalı Tasarım ve İnşaat Enstitüsü'nde (ICD) yapılar ve inşa süreçleriyle ilgili performans konusu üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Bu araştırmanın ilerlemesinde temel noktanın teknolojik gelişmeler olmasıyla birlikte yeni üretim malzemelerini keşfetmek de araştırmanın odaklandığı noktalardandır. Performans odaklı tasarımların geliştirilebilmesi için insanın yaratıcı gücü ile hesaplamalı tasarım araçlarını entegre edecek bir algorithmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun için tasarımcı etkileşimine dayalı geri bildirimli ve değişken performans özelliklerini incelemek üzere, kural tabanlı performansa dayalı modelleme tekniklerini birleştiren bir temsilci tabanlı tasarım çerçevesi geliştirilmiştir. Temsilci tabanlı tasarım, komplike süreçleri analiz etme ve anlama potansiyeline sahip olmakla birlikte öznel etkileşimlere de açıktır. Bu YZ modeliyle geliştirilen dağıtılmış robot sistemleri ise bir görev için programlanmış robotların aksine, kendi kendine öğrenerek inşaat sürecini organize etme ve adaptif çalışma potansiyellerine sahiptir. Dağıtılmış robot sistemleri, hareket planlamasını optimize etmesi, eylemlerini ortam şartlarına ve diğer robotlara göre uyarlayarak çalışması ile kendiliğinden organize olan bir sürecin oluşmasını olası kılmaktadır. 2021 yılında sürdürülebilir mimarinin entegre edildiği dağıtılmış robot sistemleri ile inşaatlarda doğal malzeme kullanımını genişletmek için

Integrative Technologies and Architectural Design Research (ITECH) tarafından bir tasarım modeli oluşturulmuştur. Yapım malzemesi olarak strüktürel verimliliği ve hızlı yenilebilir özelliği olan bambu seçilmiştir. Dağıtılmış robot filosu, tasarlanan şekli oluşturmak için malzeme esnekliğinden faydalanarak vücut ağırlıkları ve moment tutumlarını bambu kavak demetlerine göre organize ederek iş birliği içinde inşa sürecini tamamlamıştır. **(Şekil 3.3)** Sonuç olarak çalışma, performans ve YZ'nin entegrasyonu ile tasarımcılar ve robotik araçlar arasında güncel bir iletişim ve etkileşim tarzını ortaya çıkarmaktadır [Menges and Wortmann, 2022].



Şekil 3.3: LivMatS Pavilyonu, Freiburg Botanik Bahçesi, Almanya, 2021 [Menges and Wortmann, 2023].

Makine öğrenmesi araçları alanında “optimizasyon çözücüleri” adı verilen bir araç sınıfı 2010 yılında geliştirilmeye başlanmıştır. Bu cümlede geçen optimizasyon kavramı, problem tanımlanarak başlanılan süreçte hedefe yönelik uygunluk fonksiyonları üzerinden modelin parametrelerinin potansiyel kombinasyonlarından mevcut parametreleri değiştirerek sonuca ulaşma yolu olarak tanımlanabilir. Optimizasyon çözücüleri ise makine öğrenme yöntemleri içerisinde en güçlü ve en sezgisel çalışan araçlardan biri olarak görülmektedir. Araçlardaki temel özellik elde edilmek istenen sonuç için mükemmel çözümü bulmayı hedefleyen farklı tiplerdeki

entegre makine öğrenmesi algoritmalarından oluşmaktadır. Optimizasyon çözümleri tekli veya çoklu hedeflere yönelik çalıştırılabilmektedir. Kullanımları ise oldukça benzer olmakla beraber bir veya birden fazla hedef belirleyerek bunları uygunluk fonksiyonları şeklinde kullanmaktır. Galapagos (Dahili Grasshopper v. 1.0.0007), Octopus (v. 0.4), SilverEye (v. 1.1.0), Wallacei (v. 2.6), Opossum (v. 2.0) ve Optimus (v. 1.0.2) isimli araçlar optimizasyon çözümleri sınıfında yer almaktadır. Galapagos ise ilk tek hedefli optimizasyon çözümleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Octopus ise Galapagos'tan farklı olarak çoklu hedeflere yönelik çalışabilmektedir. Wallacei ise evrimsel optimizasyon çözümleri arasında yer almakla birlikte hem tekli hem çoklu hedeflere yönelik çalışabilmektedir. Çalışma kapsamında çözümleri mimari tasarım ve yapısal optimizasyon alanındaki görevler ile test edilmiştir. Test sonucunda araçlar yapısal problemi tamamen çözerken bazı araçların mimari tasarım görevinde başarıya ulaşamadığı gözlemlenmektedir. En iyi sonuçların ise Wallacei ve Octopus araçlarında tek hedefe yönelik çalıştırıldığında elde edildiği görülmüştür [Vukorep and Kotov, 2021].

Sonuç olarak yüksek performans amaçlı mimari optimizasyon için geliştirilmiş birçok YZ aracı ya da yöntemi bulunduğu söylenebilir. Günümüzde bu araçlar halen gelişme aşamasındadır.

3.2.2. Robotik Üretim İçin Kullanılan Yapay Zeka Araçları

Robotik çalışma alanı, toplum için merak uyandıran, dikkat çeken bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Düzgün ve hassas üretim gerçekleştirebilmek üretim sektöründe çalışanlardan beklenen noktalar olduğu gibi, robotlardan da aynı şekilde bu üretimi gerçekleştirebilmesi beklenmektedir. Robotlar ile entegre çalışmayı birkaç sektör özelinde gözlemlemek mümkünken, artık mimarlık ve tasarım sektöründe de özellikle hassas üretim gerektiren noktalarda robotik teknolojiden faydalanılmaktadır. İnşa sürecinde karmaşık tasarımlar, amorf formlar ve etkileyici yapılar oluşturulmak istenildiğinde robotik araçlar insan gücünden daha verimli olmaktadır. Yapılarda robotik araçlar dijital yazılım programları ile üretim aşamalarında kullanılabilmektedir. İnşa sürecinde robotik araçların kullanımı sektöre, daha hassas ve yüksek kalitede sonuçlar elde etmesi, dinlenme ihtiyaçları olmadığı için uzun mesailer yapabilmesi, insan gücüne kıyasla işleri daha kısa sürede daha hassas

üretebilmesi, süreçte kaza ve hata riskini minimuma indirmesi, farklı görevlerde çalışabilmesi gibi birçok avantaj kazandırmaktadır [Arpitha, 2023].

Bu bağlamda robotik üretimin örneklenmesi için Stuttgart Üniversitesi Hesaplamalı ve Yapısal Tasarım Enstitüsü'ndeki bir takım tarafından tasarlanıp üretilen Elytra Filament Pavilion yapısı incelenmiştir. Biomimikri prensipleri esas alan tasarım Elytra olarak bilinen uçan böceklerin ön kanatlarının lifli yapılarını örnek almıştır. Ekip mimar Achim Menges, mühendisler Moritz Dörstelmann, Jan Knippers ve Thomas Auer, Stuttgart Üniversitesi Hesaplamalı Tasarım Enstitüsü (ICD) ve Bina Yapıları ve Yapısal Tasarım Enstitüsü'nden (ITKE) oluşmaktadır. Bu ekip tarafından uzun araştırmalar sonucu geliştirilen benzersiz bir robot üretim tekniği kompozit malzemelerin sarımı için kullanılmıştır. Bu yeni sarım tekniği bilgisayar tasarım destekli bir Kuka robot tarafından karbon ve cam lifler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yapımı dört ay süren yaklaşık 200 m² lik bir alan üzerine inşa edilen pavilyon 40 adet altıgenin birleşiminden meydana gelmektedir. Kuka robot tarafından gerçekleştirilen altıgenin sarım işlemi Şekil 3.4'te gösterilmektedir. Altıgenlerin 3 saatlik süren sarma işlemi sonucu her bir modül 9 kg/m² den daha az gelen hafif bir yapıyı ortaya çıkarmaktadır. Pavilyonun deneysel mimarı olan Achim Menges ise projeyi şu ifadelerle tanımlamaktadır:

Elytra Filament Pavilion ile tasarım, mühendislik ve üretim alanlarında gerçekten çağdaş ve bütünlüklü bir yaklaşımı kutlamayı amaçlıyoruz; bu da benzersiz bir mekansal ve estetik deneyime yol açmaktadır. Kubbeler, gerçek zamanlı algılama verilerine tepki olarak büyür ve tasarım, mühendislik ve doğa bilimleri alanları arasındaki yeni teknolojilerin ve ilgili yeni ittifakların derin etkilerini sergiler. Bu proje aracılığıyla, ziyaretçilere gelecekte çevremizi dönüştürebilecek yeni mimari ve mühendislik olanaklarının bir örneğini sunmayı amaçlıyoruz [Web 3].



Şekil 3.4: Elytra Filament Pavilion Üretimi [Web 3].

Elytra Filament pavilyonu gibi bazı özel yapılar tasarlanmış ve uygulanmış olsa da mimarlık alanındaki, iş akışları, uygulama ve tasarım süreçleri Endüstri 4.0 ile gelen gelişmeler ile entegre çalışabilecek durumda olmadığı için mimarlık sektöründe bu dönüşümü takip edebilecek yeni gelişmeler gerekmektedir.

Endüstri 4.0 üretim alanında 21. Yüzyılda yaşanan en büyük dördüncü devrim olarak tanımlanmaktadır. Bu devrim her türlü teknolojik gelişmeyi kullanarak tüm dünyanın talebini karşılamak için işleri ve işleyişleri değiştirip, dönüştürmektedir. Bu gelişmelerden biri de YZ'yı mimarlık alanının inşa sürecinin yürütülmesinde aktif bir şekilde kullanmanın yollarını ve olasılıklarını düşündürmektedir. YZ aracılığı ile robotik üretimleri saha süreçlerine dahil etmek, daha verimli ve akıllı araçlar tarafından inşaat aşamalarını yürütmek amaçlanmaktadır. YZ alanında meydana gelen gelişmeler, kullanılmakta olan robotik inşa araçlarına entegre edilerek robotların inşa aşamalarında insan gücü gerektiren işleri uygulayabilmesi için güçlendirme öğrenme algoritmaları ile eğitilerek kullanılması inşaat sektörü için büyük avantajlar barındırmaktadır. Gelişmiş algoritmalar ile çalışan robotik kollar yapının inşa

sürecinde, tuğla döşeme gibi insan gücü gerektiren benzeri işler için eğitilebilir ve bu eğitim sonucunda farklı yapılarda ve çevrelerde, eğitilmiş olduğu aynı görev için çalışabilme potansiyeline sahip olabilir. Mimari sürecin inşa aşamasında robotik araçları kullanmak, YZ alanındaki gelişmeler ile birlikte daha güçlü, verimli, adaptif ve esnek üretim süreçlerini beraberinde getirecektir [Maali Esfangareh, 2022].

3.2.3. Üretken Tasarımda Kullanılan GAN Yapay Zeka Araçları

Yeni tasarımlara başlama, o tasarımları hayal etme, üzerinde fikir yürütme tavrımız teknoloji ile birlikte değişim göstermektedir. Tasarım üzerine düşünme, bu süreçte meydana gelen, kavramsallaştırma, temsil ve gerçekleştirilmeden oluşan iş akışları göz önünde bulundurulduğunda, bu aşamalarda YZ araçları kullanılabilir ancak aşama ne kadar teknik ve formalize edilebilir özellikte olursa uygunluğu o oranda artmaktadır. Bu aşamalardan biri olan kavramsallaştırma yani mimari tasarımın en erken aşaması olan mimarlığın kavramsal olarak tasarlanması noktasında teknolojinin değerlendirilmesi makinelerin yaratıcı olup olmama durumuna odaklanmaktadır. Makine öğrenmesi algoritmaları başlangıçta sadece mevcuttaki veri setlerinin analizleri üzerine çalışmaktayken son dönemlerde bu algoritmalar yaratıcı görevler gerçekleştirme odaklı geliştirilmeye çalışılmaktadır [Pouliou et al., 2023]. Algoritmaların yaratıcı olabilme durumu birçok araştırmacı tarafından bir süredir tartışılmakta olan bir konudur.

Imdat As, Siddharth Pal, ve Prithwish Basu tarafından aktarıldığına göre İspanya Kralı II. Philip 16. Yüzyılda Madrid için bir manastır tasarımı talep etmiştir. Bunun için İtalyan mimar Giacomo Barozzi da Vignola'nın koordine ettiği bir tasarım yarışması düzenlenmiştir. 22 mimarın katıldığı yarışma sonucunda ortaya çıkan tasarımlardan bir adet proje seçmek yerine Vignola her bir projenin güçlü, özgün, güzel olan parçalarını alıp birleştirerek bir tasarım ortaya koymuştur. Diğer tasarımlardan birleştirerek oluşturduğu bu tasarımı ise krala sunarak beğenisini almış ve yarışmanın kazananı olmuştur. Tabi ki o dönemde uygulanan bu tasarım yolu bütün etik normlara aykırıdır; ancak, bu hikayeden çıkarılan öze göre aslında ideal tasarıma ulaşmanın yolu kolektif bir çalışma ortaya koymak, her bir tasarım girdisinin yüksek performanslı parçalarından yeni bir bütün elde etmekten geçmektedir. Bu dinamik tasarıma ulaşmak için günümüzde derin sinir ağları (DNN) ve derin öğrenme uygulamaları incelenmektedir. Tasarımın başlangıç aşamasında yer alan kavramsal tasarım yani ön

tasarım kendi içerisinde birden fazla olasılığı barındırır. Mimarlıkta tek bir doğrunun olmaması aynı tasarıma yönelik farklı çözümlerin bulunması için tümevarımsal ve tündengelimli akıl yürütme prensibi ile çalışan bilgisayar destekli tasarım araçları (CAD) yeterli olmamaktadır çünkü tasarım çıkarımsal akıl yürütme prensibi ile çalışmaktadır. Tasarım aşamasında YZ araçlarının kullanıldığı iki farklı yol sayesinde hem görüntü ve doğal dil işleme uygulamalarından faydalanılırken, hem de tasarım varyasyonlarının ve yeni kompozisyonların oluşumu elde edilebilmektedir [As et al., 2018]. Birinci aşamada DNN'ler kullanılarak evrişim ve temsil öğrenimi için grafik evrişimli sinir ağları kullanılarak temel yapı taşları oluşturulmuştur. DNN mimarisi üzerinde bulunan her bir katman grafik üzerindeki düğüm noktalarına karşılık gelen gerçek değerlerin karşılığını gösteren nöronlardan oluşur. İkinci aşamada ise oluşturulan yapı taşları ile yeni bileşenlerin oluşmasının ötesine geçmek için çekişmeli üretken ağ (GAN) teknolojisi kullanılmıştır. Çünkü DNN'ler sınıflandırma ve keşfetme aşamalarında oldukça üretken olurken yeni bir tasarım oluşturma aşamasında zayıf kalmaktadır. GAN (çekişmeli üretken ağ) teknolojisi ise yeni kompozisyonlar oluşturmak için matematiksel odaklı bir birleştirme yolu izleyerek ilginç tasarımlar ve onların varyasyonlarını meydana getirmektedir [As et al., 2018].

Mimarlıkta erken tasarım aşaması olan kavramsal tasarım spekülasyon için daha fazla ortam oluşturan yaratıcılık aşaması olarak adlandırılan kısımdır. Yaratıcılık ise Margaret Boden'a (2005) göre üç türe ayrılır. Bunlardan birincisi olan kombinasyonel yaratıcılık yeni fikrin, mevcut fikirlerin sıra dışı birleşimlerinden ortaya çıktığı durumlardan oluşmaktadır. Latent uzayda bulunan iki nokta arasındaki etkileşimden birçok hibrit oluşturduğu için makine öğrenmesinde kombinasyonel-işlevsel bir yaratıcılık türü olarak görülmektedir. İkincisi ise keşifsel yaratıcılık olarak adlandırılan, yapılandırılmış düşünce tarzına sahip, modernizm ve barok gibi sanatsal akımları ile örneklenebilen türde, her bir yeni fikrin belli bir küme içinden keşfine dayalı yaratıcılıktır. Makine öğrenmesini kullanarak yeni algoritmalar oluşturan veya yeni veri setleri geliştirmeyi amaçlayan tasarımcılar keşifsel yaratıcılığa örnek olarak gösterilebilmektedir. Üçüncü tür olan dönüşümsel yaratıcılık ise makine öğrenmesi destekli tasarımda kavramsal düşünce üzerinde çalışırken düşüncenin sınırlarını ortaya koyarak bu sınırların ötesinde görüşler geliştirmek olarak tanımlanmaktadır. İlk iki türde mevcut algoritmaları dönüştürmek, yenilerini geliştirmek esas alınırken üçüncü türde algoritmaların ötesine geçmek gerekmektedir. Bu türde çalışmak araçları bir

geliştirici, başlangıç olarak kullanmak sınırların ötesinde spekülâtif ve farklı düşünme tarzlarını ortaya koymaktadır [Pouliou et al., 2023].

Mimari tasarımın erken aşamasında, yaratıcı tasarım elde etmek sürecin ilk karşılaşılan problemi olarak düşünülebilir ve bu aşamada çözümü algoritmalar ile elde etmek algoritmaların parametrik tabanlı olmasından dolayı mümkün değildir. Çünkü tasarım süreci deneyimlerle ve öznel olarak yürütülebilecek bir süreçtir. Geliştirilen bir makine öğrenme tekniği olan Çekişmeli Üretken Ağ'lar (GANs) ise üretici modellerin oluşturulmasında yapay sinir ağları kullanılarak mimari tasarım sürecinde yaratıcılığı algoritmalar ile elde edebilmek için büyük avantajlar sağlamaktadır. 2D modellerin üretimi, bina planları, cepheleri ve mimari çizimlerin oluşturulması 3D modellerin üretimine kıyasla daha hızlı bir şekilde gelişerek daha üretken çalışmaların gelişmesi gözlemlenmiştir. 3D modeller daha karmaşık ve zor bir üretim sürecine sahip olduğu için algoritmalar aracılığı ile oluşturulmasındaki gelişim daha yavaş gelişmiştir. Yakın dönemde ortaya koyulan bir çalışma kapsamında mimari tasarımın sınırlarını iki boyuttan üç boyuta taşıyan YZ destekli tasarım araç geliştirmesi yapılmıştır. Bu araç tasarımcılar için hacimleri birleştirerek keşif yapabilecekleri boşlukları ve dolulukları ortaya koymaktadır. Burada çıkan sonuç ise 3D verilerle beslenen yapay sinir ağlarının, giriş veri çıktıların hacimler şeklinde üretebilecek yetenekte geliştirilebileceğinin gösterilmiş olmasıdır. Bu kümelenme tasarımda geniş bir keşif alanı potansiyeli bulundurmaktadır [Zhuang et al., 2023]. Üretici modellerin mimari tasarımda kullanılması tasarımcılar için süreci daha hızlı yönetmelerine, geleneksel tasarım yöntemlerinin ötesinde farklı potansiyellere sahip yaratıcı sonuçlar elde edebilmelerine, zaman ve yaratıcılık parametrelerini performansa bağlı değerlendirdiğinde veriminin artmasına olanak sağlamaktadır. Bu araçların geliştirilmesi gelecek dönemler için güçlü, verimli, sürdürülebilir, yaratıcı, performanslı yapıların oluşturulma sürecini kolaylaştırabilme potansiyeline sahiptir. Bu teknolojilerin mimarın sosyal rolünü nasıl etkileyebileceği son bölümde tartışılacaktır.

3.2.4. Tasarım Araştırmalarında Derin Sinir Ağları Kullanımı

Bu bölümde mimarlık alanında derin öğrenme ile gerçekleştirilen birkaç örnek çalışma üzerinden mimarın rolü tartışılacaktır. Çalışmalar incelenirken mimarlığın da beslendiği sanat alanında gerçekleşen, derin öğrenme metotları ile geliştirilen

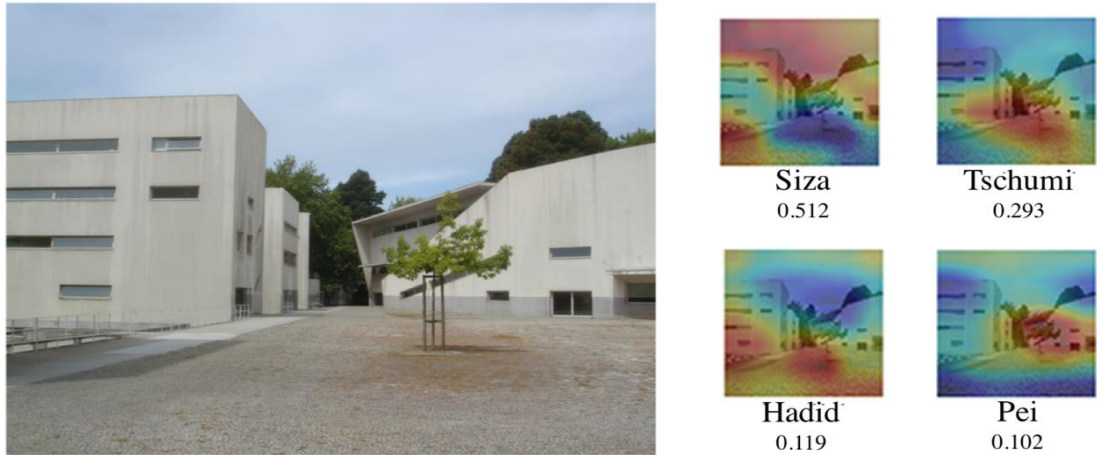
“Sıradaki Rembrandt Projesi” çalışmasına da yer verilerek mimarlık alanı için farklı bir bakış açısı sunulmaya çalışılacaktır. Disiplinler arası bir alan olan mimarlık, gelişiminin her döneminde farklı sektörlerden etkilenererek kapsam alanını artırmıştır. Dijital çağa gelindiğinde bu etkileşimin kaynağı olan derin öğrenme için mimarların pasif konuma itilmesine yönelik olumsuz yaklaşımlar ile karşılaşmıştır. Ama bu olumsuz yaklaşıma sahip kitlenin unuttuğu şey insan ile iç içe olan, çevreye duyarlılığı vurgulayan, insanın yaşam mekanlarını oluşturan bir mesleğin yerini bir makinenin alabilme ihtimali mümkün değildir. Makineler sadece mimarların ufkunu genişleten, onlara yeni bir dünya yaratmada aracı olan, insan gözüyle göremedikleri detayları, ayrımları görmelerini sağlayan yardımcı bir arayüz olmanın ötesine geçebilme potansiyeline henüz sahip değildir. Gelecek on, yirmi yıllar mimarlık ve teknolojinin ilişkisini nasıl geliştirir bunu öngörmek şimdilik imkansız çünkü teknoloji, YZ çağında adım adım değil sıçramalarla ilerleme kaydetmektedir.

Mimari projelerin derin öğrenme ile eğitilmiş bir makine gözü ile sınıflandırılması üzerine 2019 yılında gerçekleştirilen bir projede DCNN (Derin Evrişimli Sinir Ağları) yöntemi kullanılarak mimarın gözü ile makinenin gözü arasında bir kıyaslama yapılmaktadır. Proje kapsamında dünyaca ünlü 34 mimarın eserlerinin fotoğraflarından oluşan toplamda 19.568 fotoğraf karesi veri seti olarak oluşturulmuştur. Mimarlar ve onların eserlerinin fotoğraflarından oluşan veri girişlerinin boyutu **Tablo 3.2**'de gösterilmektedir. Bu çalışmada önemli olan nokta sınıflandırma yapılacak olan eserlerin modern ve çağdaş mimariye ait olmalarıdır. Bir makine gözünü geçmiş dönemdeki mimari eserleri sınıflandırmak için eğitmek modern döneme göre çok daha kolaydır çünkü modern dönem mimarisinde işlev ve mekan ön planda olduğu için sınıflandırmayı oluşturmak mekan algısını makine gözüne öğretmekten geçmektedir. Mimarlık alanındaki mekan terimi tek bir öge ile temsil edilemeyen aksine ışık, boşluk, doluluk gibi mekansal öğelerin bir araya gelişi ile tanımlanan daha soyut bir kavramdır. Bu yaklaşım ile eğitilen derin öğrenme modelinde görseller üzerinden mekansal özellikleri ayırtması beklenmektedir [Yoshimura et al., 2019].

Tablo 3.2: Mimar ve toplanan fotoğrafların örnek boyutu [Yoshimura et al., 2019].

Architect	Sample Size	Architect	Sample Size
Alvar Aalto	460	Oscar Niemeyer	437
Alvaro Siza	1,289	Peter Eisenman	331
Bernard Tschumi	288	Rafael Moneo	278
Coop Himmelblau	390	Rem Koolhaas	373
Le Corbusier	527	Renzo Piano	542
Daniel Libeskind	406	Richard Meier	464
Dominique Perrault	234	Richard Rogers	406
E. Souto de Moura	559	SANNA	393
Enric Miralles	518	Shigeru Ban	216
Frank Gehry	669	Steven Holl	498
Frank Lloyd Wright	1,177	Tadao Ando	730
Fumihiko Maki	457	Kenzo Tange	454
I.M. Pei	419	Thom Mayne	723
Jean Nouvel	358	Toyo Ito	672
Louis Kahn	1,442	Yoshio Taniguchi	528
Mies van der Rohe	881	Zaha Hadid	635
MVRDV	253	Normal house	1,305
Norman Foster	256	Total	19,568

Modern ve çağdaş mimarinin sınıflandırmasında mekan algısı analizi ile eğitilen DCNN modeline örnek görseller verilerek mimarını tahmin etmesi beklenmiştir. **Şekil 3.5**'teki örnekte yer aldığı gibi Alvaro Siza'nın Porto Mimarlık Okulunun görüntüsü yüklenerek tahminler elde edilmiştir.



Şekil 3.5: Alvaro Siza'nın Porto Mimarlık Okulunun görüntüsü ve en iyi 4 tahmin [Yoshimura et al., 2019].

Yapılan çalışmanın sonuçları sürecin erken örneklerini barındırmaktadır. Ancak bu çalışmada kullanılan yöntem, mimari tasarımcıların özelliklerini görsel benzerliklerini kullanarak ortaya çıkarmak için verimli bir sistem ortaya koymaktadır. Bu sistem klasik sınıflandırma sonuçları kadar etkili sonuçlar elde etmeye olanak sağlamazken bunlar için tamamlayıcı bir rol üstlenmektedir. Ayrıca sınıflandırma yaparken bulunduğu benzerlik faktörleri modern ve çağdaş dönem için yepyeni bakış açıları sunmaktadır. Bir insani göz tarafından yapılabilecek analizlerin çıktısından bağımsız olarak makine tarafından ortaya koyulan benzerlikler, mimarlar için ön bilgi ve varsayımlar barındırmaktadır [Yoshimura et al., 2019]. Bu projede incelendiği gibi analiz yapabilmek, geçmiş dönem mimarilerinin özelliklerini çıkarmak, mimari tasarımcılarını daha iyi tanımak, mimari projeler arası benzerliklerin ve mimari dillerin farklı perspektiflerini ortaya çıkarmak makine gözünün mimarlara kazandırabileceği edinimlerden sadece birkaçını oluşturmaktadır. Örnekte incelediğimiz süreçte mimar iki farklı rolde karşımıza çıkmaktadır. Birinci rolde tasarımın ana veri setini oluşturan, tasarımları ve uygulamaları ile mimarlık dünyasında yer edinen mimarlar karşımıza çıkmaktadır. İkinci rolde ise mimarlar tarafından oluşturulan tasarımları veri setine dönüştürerek, binlerce fotoğrafı derleyip sistem girdisi haline getiren ve derin öğrenme algoritmaları yardımı ile öğrenme modelini oluşturan mimarlar karşımıza çıkmaktadır. Derin öğrenme süreçlerinde mimarın rolü YZ süreçlerinde incelediğimiz süreçlerdeki benzer rolleri barındırmaktadır. Veri setlerini analiz eden, sistemi oluşturan ve yönlendiren bir yönetici pozisyonu çizmektedir. Mimarlar önceki bölümlerde de bahsettiğimiz gibi sürekli gelişen ve dönüşen bir mesleki kapsama sahiptirler. Onların derin öğrenme süreçlerinde elde ettikleri yönetici pozisyon bununla sınırlı kalmamaktadır. Oluşturdukları ve yönettikleri süreçler sonucunda elde ettikleri yeni bilgiler ve yeni deneyimler mimarlar için yeni bir gelişim kaynağını meydana getirmektedir. Manuel sistemlerle elde edemeyecekleri sonuçlara, YZ ve derin öğrenme teknikleri ile ulaşmak mimarlık dünyası için yeni bir dönemin kapılarını aralamaktadır.

Mimarlık alanı yıllar boyunca farklı sektörler ile iç içe bir alanda gelişim göstermiştir. Mimarlığın bu kapsayıcı yapısına dahil olan hatta mimarlık tanımlamasında yer edinen sanat ise bu alanların en etkileşimli parçalarındandır. Bu nedenle derin öğrenmenin mimarın rolü üzerindeki etkisi incelenirken sanat alanı kapsamında gerçekleştirilen bir proje de bu bölüme dahil edilmiştir. Çünkü dijital dönüşümün özellikle mimarlıkla bu

kadar ilişkili olan sanat üzerindeki dönüştürücü etkisi, mimarlık alanına bir perspektif katmaktadır.

Sanat ve teknolojinin yenilikçi örneklerinden biri olan “Sıradaki Rembrandt Projesi” bankacılık grubu olan ING’nin bu alandaki arayışları ile ortaya çıkmaktadır. XVII. yüzyılın en önde gelen ressamlarından biri olan Rembrandt van Rijn, sanat tarihinde özgün bir yere sahiptir. Sayısız eseri bulunan ressamın hala yaşıyor olsaydı nasıl bir resim ortaya koyardı düşüncesi bu projenin başlangıcını oluşturmaktadır. Ressamın eserleri incelendiğinde en fazla portre alanında çalışmalar yaptığı fark edilerek toplamda 346 eser veri setine dönüştürülmüştür. Bu aşamada derin öğrenme teknikleri ile eserler yüksek çözünürlüklü hale getirilmiştir. Toplanan veriler duruş, kıyafet, demografik yapı ve ışık üzerinden incelenerek sıradaki eserin, koyu renk kıyafeti ile sakallı ve şapkalı olan ayrıca sağa dönük duran bir Kafkas erkeği portresi olmasına karar verilmiştir. Bundan sonraki aşama algoritmaların ressamın portrelerinde oluşturduğu tarz, ışık, gölge kullanımları, malzeme ve oluşturulan kompozisyon göz önünde bulundurularak uygun bir şekilde eğitilmesini ve bu kapsamda portrenin yüzünün bölümlerini üretmesini kapsamaktadır [Paksın, 2020]. Algoritmaların ürettiği portreye ait olacak olan yüz bölümleri Şekil 3.6’da gösterilmektedir.



Şekil 3.6: Sıradaki Rembrandt projesi kapsamında algoritmaların ortaya çıkardığı yüz bölümleri [Paksın, 2020].

Projenin son aşamasına gelindiğinde oluşturulan portrenin tuvale basılması gerekmektedir. Ancak bu aşamada da tuval ve fırça darbeleri dokusunun aktarılabilmesi için iki farklı algoritma kullanılarak yükseklik haritası elde edilmiştir. Bu algoritmalar aracılığı ile portre üç boyutlu yazıcı tarafından 13 katman mürekkep kullanılarak tuvale basılmıştır [Paksın, 2020]. Üç boyutlu yazıcılar tarafından basılan tuval **Şekil 3.7**'de gösterilmiştir. Proje yürütücüsü tarafından ortaya çıkan eser şu şekilde yorumlanmıştır:

“Son eser, Rembrandt'ın eserinin bir kopyası değildir ve eğer daha uzun yaşamış olsaydı muhtemelen yapmış olacağı eserlerden biri de değildir-bu, verilerin güzel bir yaratıcı formda görselleştirilebileceğinin güçlü bir gösterimidir. Aynı zamanda hayatı daha güzel hale getirmek için kullanılabilecek olmasının gücüdür.” [Web 4].



Şekil 3.7: Sıradaki Rembrandt projesi [Paksın, 2020].

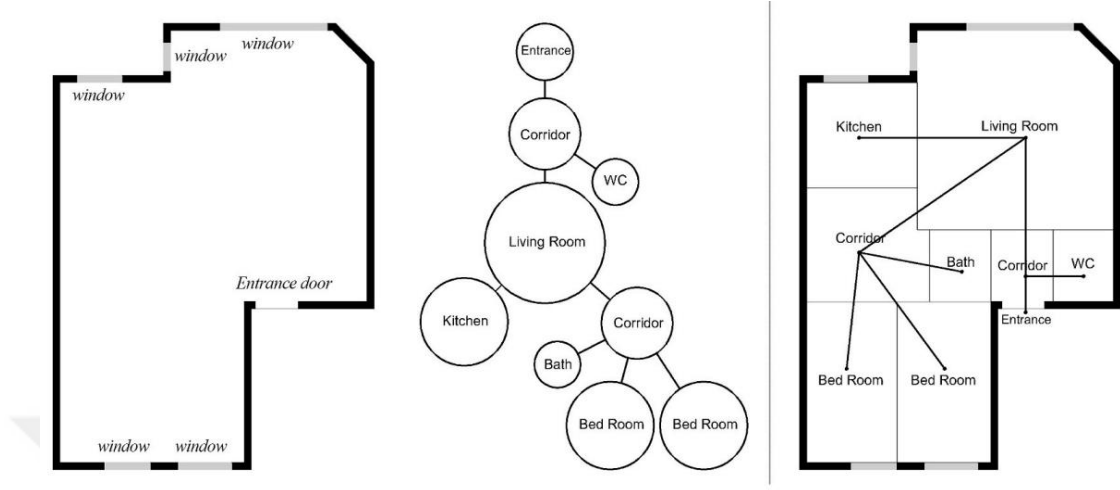
Sanat alanında gerçekleştirilen bu proje sayesinde algoritmalar, sanatçının eserleri ile eğitilerek dijital eller ile yeni bir tablo üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu projeden

çıkartılan sonuç dijital çağda kullanılan veri setlerinin etkisi açısından bir farkındalık oluşturmaktadır. Bu çalışmanın bu bölümde incelenme amaçlarından biri sanat ile ilişkili olan mimarlık alanında benzer projeler üretilebileceğini sorgulamaktır. Mimarlık alanında bir derin öğrenme modeli geliştirilerek, dünyaca ünlü mimarların eserlerinden oluşan bir veri seti ile algoritmalar eğitilerek yeni bir dijital proje oluşturulabilir mi sorusunu akla getirmektedir. Bu proje için tek bir mimarın geçmişte ortaya koyduğu eserler derin öğrenme modelini eğitmek için yetersiz olacağından dolayı, bir yapı modeli seçilerek, örneğin eğitim yapıları konulu bir veri seti, bu yapı modelinde projeler üretmiş mimarların eserleri ile veri seti oluşturabilmek, daha potansiyelli bir varsayımı ortaya çıkarmaktadır. Böyle bir çalışmanın hayata geçtiğini düşünerek oluşturulan dijital proje üzerine düşünüldüğüne mimarlık dünyasına kazandıracağı potansiyeller bir varsayım olarak aşağıda sıralanmıştır:

- Mimari tasarım olarak ortak bir beyin ile üretilmiş bir proje elde edilerek, bu projenin analizi sonucunda yeni farkındalıklar kazanılabilir
- Geçmiş dönemde mimarlık dünyasına yeni bakış açıları kazandıran mimarların, artık bir araya gelmesi mümkün değilken bu birliktelik dijital ortamda sağlanarak bir üretime dönüştürülebilir.
- Bu veri setinin oluşturulması da mimarlık alanı için bir deneyim ortamı oluşturarak, insan gözü ile fark edilemeyen projeler arası benzerlikler ve farklılıklar ortaya koyularak analiz becerisi kazandırabilir.
- Mimarların eserlerinde ortaya çıkan güçlü yanlar analiz edilerek kolektif bir çalışma sayesinde ideale yaklaşan bir sonucu elde etmenin olanakları sorgulanabilir.

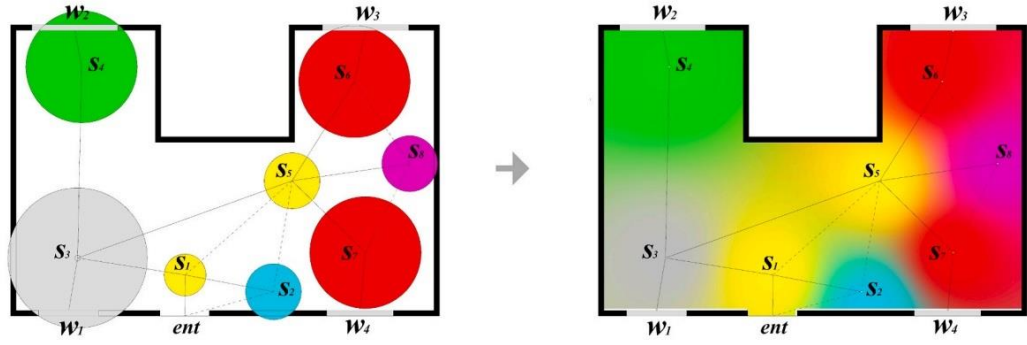
Mimarlık insanların yaşam mekanları oluşturan ve organize eden planlama süreçlerini barındırmaktadır. Bu planlamaları yapmak, ideal bir sirkülasyon oluşturmak bazen karmaşık olabilmektedir. Bu karmaşık durumlarla karşı karşıya kalındığında üretken mimari düzenleme tekniklerini sürece dahil etmek yeni bir bakış açısı kazanmak için yardımcı olmaktadır. Bu teknikler tasarımcı için erken tasarım aşamalarında kararlar almak, mimarın kontrolü altında alternatifleri çoğaltmak için yardımcı arayüzler oluşturmaktadır. 2D düzenlemelere odaklanan bu tekniklerde giriş kapısı, pencere ve sabit ayak izi gibi kısıtlamalar mimar tarafından belirlenmektedir. Bu kısıtlamalar ve alanın topolojik bağlantı kriterleri algoritmalar ile işlenerek odaların boyut ve

oranlarını belirten geometrik kısıtlamalar da dahil edilmektedir. Bu sürecin bir örneği **Şekil 3.8**'de gösterilmektedir. [Rahbar et al., 2022].



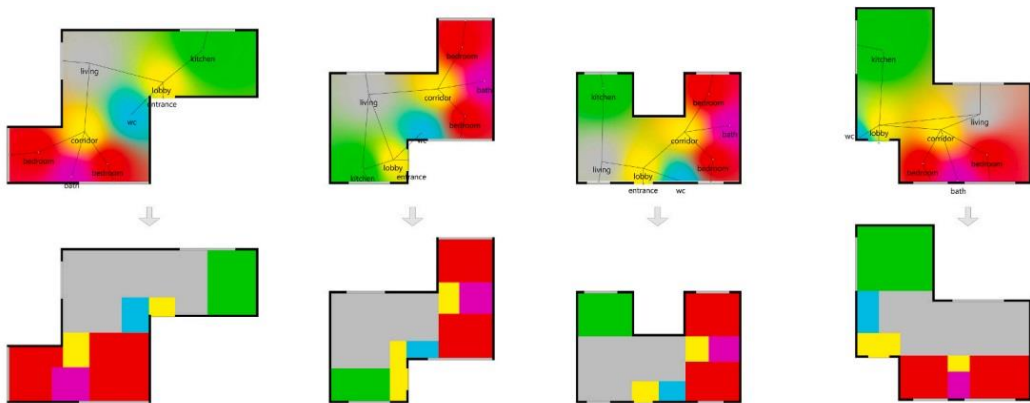
Şekil 3.8: Bir daire yerleşimi (Sol), Alanların topolojik bağlantı grafiği (Orta), Örnek bir düzen tasarımı (Sağ). [Rahbar et al., 2022].

Mimari tasarımda, genellikle sınırlı bir alan ve kısıtlamalar ile mekan organizasyonu oluşturmada zorluklarla karşılaşmaktadır. Bunun için otomatik mekan düzeltmeleri oluşturabilen ajan tabanlı öğrenme (ABM) ve derin öğrenmenin birlikte kullanıldığı entegre bir sistem geliştirilmiştir. **Şekil 3.8**'de geliştirilen sisteme sonradan ABM ile geliştirilen bir baloncuk diyagramı oluşturulmuştur. Bu baloncuk diyagramı bir ısı haritasına dönüştürülerek (**Şekil 3.9**) geometrik kısıtlamaları karşılayan bir düzen oluşturmada için verilerden beslenen derin öğrenme teknikleri kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan GAN (çekişmeli üretken ağ) tekniğinin geliştirilmiş bir versiyonu olan cGAN (koşullu çekişmeli üretken ağ) tekniği olmuştur. GAN algoritmalarının temel çalışma prensibi eğitici veri setini oluşturma ve sistemi bu veri setleri ile eğitme şeklinde iki adımdan oluşur. Çalışmada plan öğeleri renkler ile temsil edilmiştir. Kırmızı yatak odasını, yeşil mutfakları, sarı girişi ve koridoru, gri oturma odasını, camgöbeği tuvaleti ve mor banyoyu temsil edecek şekilde düşük seviyeli özelliklerle geliştirilmiştir. Bu şekilde geometrik kısıtlamaları ve kuralları deneyim yolu ile öğrenen cGAN algoritması oluşturulmuştur. Algoritma bu eğitim sürecinde ısı haritası üzerinden etiketli verilerle bir düzen oluşturmaya öğrenmiştir [Rahbar et al., 2022].



Şekil 3.9: Baloncuk diyagramını işlevsel bir ısı haritasına dönüştürme [Rahbar et al., 2022].

Baloncuk diyagramları ısı haritalarına dönüştürüldükten sonra bu aşamada derin öğrenme teknikleri uygulanmıştır. Bu çalışmada ABM ve derin öğrenme sistemlerinin entegre kullanılmasıdaki amaç, derin öğrenme sistemlerinde böyle bir çalışma üretebilmek için çok fazla veri girdisi ile sonuca ulaşılabilir olmasıdır. Derin öğrenme ile geliştirilen aşamada geometrik kısıtlamalar ile ısı haritaları üzerinde mekân oluşumları sağlanmıştır. (Şekil 3.10) Bu noktada ısı haritası üzerindeki alan verileri korunarak herhangi bir değişikliğe gidilmemiştir. Derin öğrenme tekniği, mekanları oluştururken geometrik kısıtlamalara bağlı kaldığı için, bu çalışmada geometrik formun tanımlanması önemli rol oynamıştır. Çalışmanın çoklu yapısı tasarımcı tarafından başka süreçlerde kullanılmaya elverişli olmasını sağlamıştır. Örneğin bu çalışmada geometrik desenler düzenlenerek amorf yapılar üzerinden de plan çözümlemeleri elde edilebilir [Rahbar et al., 2022].



Şekil 3.10: cGAN sonuçları [Rahbar et al., 2022].

Çalışma kapsamında geliştirilen bu yöntem sayesinde mimarlar için önemli ve bazen karmaşık olan plan çözme aşaması için kolaylaştırıcı bir arayüz geliştirilmiştir. Bu çalışmada hem YZ hem de onun bir alt dalı olan derin öğrenme yöntemleri birlikte kullanılarak süreç hızlandırılmıştır. Bu çalışmada mimar algoritmalar için veri seti hazırlayarak süreci yönlendirici ve denetleyici bir pozisyon elde etmiştir. Mimar tarafından algoritmalara işlenen kısıtlamalar mimarın kontrolü elinde tutmasını sağlamıştır. Kontrollü bir şekilde çalıştırılan bu sistemde hem YZ'nin yardımcı rolü kullanılmış hem de mimarlar için farklı aşamalarda farklı algoritmalarından yararlanılarak daha verimli sonuçlar elde edilebileceğinin bir örneği olmuştur. Aşamalı olma durumu bu tekniklerin benzer çalışmalarda farklı eğitim setleri ile kullanılmasına olanak sağlamıştır. Örneğin topoloji haritası değiştirilerek konut yerine eğitim ve sağlık yapılarında kullanılabilir veya son kullanıcının isteklerine göre ısı haritası düzenlenip alternatif sonuçlar elde edilebilir. Dolayısıyla bu süreç veriyi etkili ve üretken kullanmanın gücünü ortaya koymuştur.

3.3. Mimari Tasarım Sürecinde Yapay Zeka Araçlarının Kullanımı

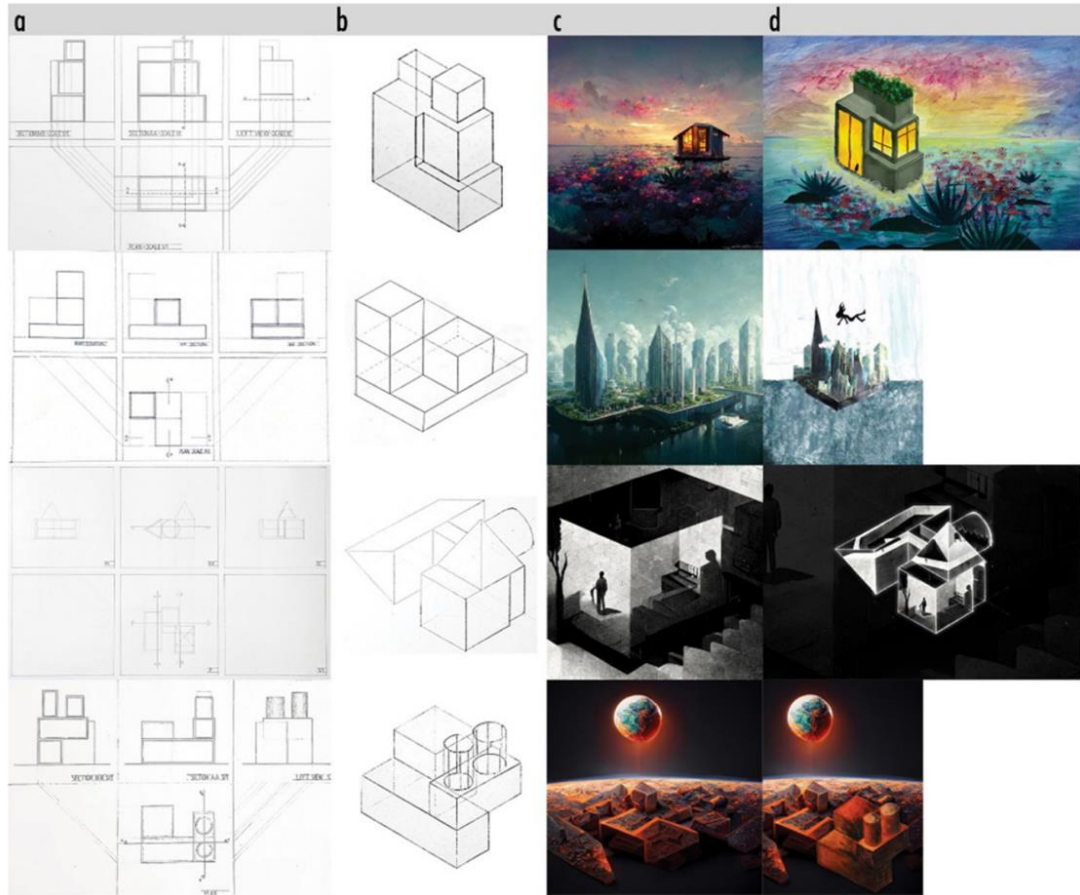
Tezin bu bölümünde ise mimari tasarım sürecinde YZ araçlarının kullanımına yönelik yapılan çalışmalar araştırılarak yakın geçmişten günümüze örnekler üzerinden incelemeler yapılacaktır. Bu araçların tasarım sürecindeki etkisi ile mimarların ve tasarımcıların çalışma yöntemlerinde bir devrim meydana gelmiştir. YZ araçlarının kullanımına yönelik artışın meydana gelmesi için bu araçların mimarlık eğitimlerine entegre edilmesi gerekmektedir. Eğitimden başlayarak gelişerek devam edecek süreçte YZ araçlarının yeni nesil mimarların çalışma hayatlarını da doğrudan etkisi altına alması beklenmektedir.

Mimarlık mesleki teriminin öncesinde inşa ustaları bu işleri deneyim üzerine icra ederken yapının inşa sürecini herhangi bir ön hazırlık yapmadan, hayal edilmede tamamen pratiklere dayanarak, tarifle ve inşa sırasında yaptıkları minimal çizimlerle, çizimi sadece bir yardımcı gibi görerek yapıları tamamlamışlardır [Carpo, 2001]. Sonraki dönemlerde çizimin yapının başlangıcı olarak görülmesi, mimarlık bilgilerinin hem aktarımının hem kaydının çizim aracılığıyla yapılması hem de çizimin mimarlığın disiplin içi bilgisinin gelecek nesillere aktarılması açısından öğretici nitelikler

bulundurması ve içerisinde bulundurduğu mesleki nitelikler sayesinde çizim modern dönemde mimarın temel aracı haline gelmiştir; bu durum tasarımcı olarak tanımlanan mimarın ortaya çıkmasında önemli rol oynamıştır. Mimarlık mesleği için temel sayılabilecek bu tanımlamalar ile birlikte zaman içerisinde yapının inşa ve tasarım/çizim aşamaları birbirinden daha kesin çizgilerle ayrılarak mimarın, yapının inşa sürecini belirleyen, çizim aracılığı ile bilgiyi aktarıma hazırlayan tasarımcı rolündeki kişi tanımı belirginleşmiştir. Burada vurgulanması gereken kelime olarak çizim ise mimarlığın bir mesleki forma dönüşmesindeki başlangıç olarak düşünülebilmektedir. Çizim mimari bir araç olarak Rönesans sonrası dönemde karşımıza çıkmaktadır. Öncesinde yürütülen sözlü mimarlık yerini gelişen teknikler ile lineer perspektif ve ortografik çizimlere (plan-kesit-görünüş) bırakmıştır. Çizimin verdiği güç ile yapılar inşa öncesinde hayal edilebilir, tasarlanabilir konuma gelirken mimarlık da mesleki olarak inşa geleneğinden ayrılan uzaktan yürütülebilen çizimi bir üretim nesnesi olarak kullanan, bilgi aktarımını sağlayan bir konuma yükselmiştir. Mimarlık teriminin ve modern mimarlığın temel yapı taşlarını oluşturan çizim, çağlar değişip teknoloji geliştikçe yerini farklı bilgi aktarım yollarına bırakacaktır ve modern mimarlıkta kendine yeni tanımlamalar kazanacaktır **[Tan ve Parker, 2018]**.

YZ teknolojilerinin de tasarım uygulamaları ve dijital kültürün kesişiminde dönüştürücü olarak davranma kabiliyeti bulunmaktadır. Bu dönüştürücü aracın tasarım eğitimine de entegre olması kaçınılmaz olsa da bu etkileşimde yer yer kısıtlı durumlar bulunmaktadır. Tasarım öğrencilerinin makine öğreniminde algoritmaları kullanımına yönelik yöntemlerini belirleyebilmeleri için, eğitimlerinde farklı metotlar ve materyaller kullanılmaktadır. Bu alanda yapılmış olan çalışmalardan birinde, makine öğrenimi için öğrencilere “hesaplama zekası-yapay sinir ağları; veri kümesi ön işleme ve analizi; eğitim ve değerlendirme; ve uzaysal temsil” olmak üzere dört ana temelden oluşan bir eğitim dizisi önerilmiştir. Araştırmacılar bu eğitim dizisinin temelinde verimi artırma potansiyeli olduğunu belirtmişlerdir. Ancak verim artırılırken, öğrencilerin yaratıcılıklarını kısıtlayıcı durumların oluşmaması için dikkat isteyen bir işleyiş ve planlama olması gerektiği de vurgulanmaktadır. Çalışma özelinde eğitimin ilk yılında tasarımda kullanılan görsel temsil ve görsel iletişim yöntemlerinin YZ teknolojileri ile birlikteliği incelenmektedir. Dijital çağa gelindiğinde, üretken modelleme, performans modelleme, topolojik modelleme ve hesaplamalı modelleme gibi yöntemler günceli oluştururken geleneksel temsil yöntemlerinin eskiz, maket,

model çizim vb. yeniden değerlendirilmesini de kaçınılmaz kılmaktadır. Diğer yandan yeni araç ve yöntemlerin gelişmesi güncel soru işaretlerini ve zorlukları beraberinde getirmektedir. Özellikle üretken YZ araçlarının tasarım süreçlerine nasıl dahil olabileceği konusunda çalışmalar yapılmıştır. Bu alanda İTÜ’de gerçekleştirilmiş olan deneysel bir çalışma için mimarlık öğrencileri kullanılmıştır. Bu çalışmada ders kapsamında 8 hafta boyunca sürececek olan 3 adımdan oluşan bir ödev düzenlenmiştir. Öğrenciler ödevin birinci adımında dikdörtgen ve izometrik projeksiyon yöntemleri ile görsel temsiller meydana getirdikten sonra, ikinci adımda YZ programı (Midjourney) aracılığı ile metin girdilerinden görsel temsiller oluşturmayı denemişler ve ödevin son adımı olarak her iki adımda ürettikleri görsel temsilleri farklı teknikler ile birleştirerek nihai sonucu elde etmişlerdir [Tong et al., 2023]. Ödev sürecindeki üretimleri, yapay zeka aracılığı ile oluşturdukları görsel temsilleri ve iki sürecin birleşiminden oluşan çıktılar Şekil 3.11’de aktarılmıştır.



Şekil 3.11: Dikdörtgen ve izometrik projeksiyon üretimleri (a,b) Yapay zeka üretimleri (c) Birleştirilen görsel çıktıları (d) [Tong et al., 2023].

Öğrenciler ödevlerini nihai aşamaya getirip teslim ettikten sonra süreci değerlendirmeleri açısından anketler yapılmıştır. Anket sonuçlarına göre öğrenciler YZ aracılığı ile süreci yönetirken ilişki kurma, farklı teknikleri kullanmada kullanışlı bir yol izlerken, algoritmalar ile fiziksel kompozisyon planlama aşamasında zorluklar yaşadıklarına dikkat çekmişlerdir. YZ algoritmalarında yaşadıkları bazı sınırlamalardan ötürü doğru anahtar kelimenin kullanılmaması durumunda istediklerinden farklı sonuçlar elde ettiklerini belirtmişlerdir. Çalışma raporunda, bu beklenmedik sonuç olumsuz olarak değerlendirilmemiş, öğrencilerin elde ettikleri ara çıktılar çözümlenmesi gereken, içerisinde olasılıklar barındıran eskizler olarak yorumlanmıştır. Çalışmada öğrencilerin YZ yöntemlerine yönelik tepkilerinin ölçülmesi sonucunda, bir teknik olarak YZ ile eskiz yapabilmenin potansiyelleri olduğu tasarımcının uygun ortamlarda yaratıcılığını kısıtlamadan geliştirici bir etki ile YZ'nin kullanılabileceği değerlendirilmesi yapılmıştır **[Tong et al., 2023]**.

Mimarlık alanına özgü, daha gelişmiş tasarım ajanları olabilecek, yüksek performanslı ve komplike yapıların tasarım süreçlerinde kullanılabilecek üretken tasarım araçları da geliştirilmiştir. Tasarımları oluşturmak için algoritmaları kullanan üretken tasarım araçları aynı zamanda kompleks geometrileri oluşturabilme ve birçok sayıda tasarımı çok kısa zamanlarda ortaya koyabilme özelliklerinden dolayı kullanıcılar tarafından performansı yüksek olarak değerlendirilirken, endüstri ve araştırma sektöründe kullanımı gün geçtikçe artarak devam etmektedir **[Saadi and Yang, 2023]**. Tasarımcılar erken tasarım aşamasında üretken tasarım araçlarını kullanırken her zamanki yöntemlerin aksine, farklı şartlarda çalışmakta ve üretim girdilerine ihtiyaç duymaktadır. Bu açıdan tasarımcılar bu araçları kullanırken süreç boyunca, gelişen değişken gereksinimlere uyum sağlayarak düşünme, analiz etme tarzlarını da sürece uyumlu hale getirmektedirler. Bu bağlamda, YZ araçlarının kullanımı tasarımcıyı etkilerken, tasarımcıların araçları nasıl kullandığı da tasarımın sürecine ve sonucuna etki etmektedir **[Saadi and Yang, 2023]**.

Başka bir araştırma kapsamında farklı deneyim düzeylerine sahip altı tasarımcı ile üretken tasarım araçlarının kullanımına yönelik görüşmeler sağlanmış ve kullanıcı profilleri üzerinden araçların değerlendirilmesi yapılmıştır. Tasarımcılar süreci deneyimlerine bağlı olarak kontrol ederken süreç içerisinde araca özgün bir tasarım yöntemi yönetmek durumunda olduklarını belirtmişlerdir. Süreci yönetirken tasarımın erken aşamasında girdilerin sınırlarını değiştirerek kullanılan parametrelerdeki

değişimler ile sonucu kolayca etkileyebildiklerini gözlemlemişlerdir. Elde edilen sonuçlar kesinlik barındırmasa bile sahip olduğu potansiyellerle tasarımcılara üzerinde değişiklikler yapabilecekleri, dönüştürebilecekleri kısıtlamalardan uzak bir başlangıç noktası oluşturabilmektedir. Ancak tasarımcılar bu araçları kullanırken estetik gibi nitel parametreleri girme noktasında zorlanmışlardır. Tanımlanamayan nitel ölçütler, girdiler oluşturulurken tanımlamalardaki kısıtlamalar değiştirilerek, süreç sonucunda da klasik tekniklerle elde edilmeye çalışılmıştır. Tasarımcıların deneyimlerinden yola çıkılarak çalışma özelinde çıkarılan sonuç ise üretken tasarım araçlarının yaratıcı bir şekilde kullanılabilmesi durumunda tasarımın erken aşamasında kreatif ve yüksek performansa sahip esnek sonuçlar ortaya koyulabileceğidir. Bu araçlar ile yapılan basit girişler bile potansiyelli sonuçlar doğururken aracı kullanan tasarımcının önceki deneyimlerinden yola çıkarak acemi veya uzman olma durumunun süreci etkilemediği gözlemlenmiştir **[Saadi and Yang, 2023]**.

4. MİMARIN DEĞİŞEN ROLÜ

Mimarlık insanların yaşamlarını geçirdiği yapıların, inşa sürecinde baştan sona kadar yer alarak onun meydana getirilmesini sağlayan bir meslek olarak okunabilir. Yapının ihtiyacına yönelik tespit yapılmasından başlayarak, arazinin analiz edilmesi, arazinin bulunduğu bölgenin ihtiyaçlarının belirlenmesi, bölgenin kültürel olarak değerlendirilmesi, eğer bireysel bir proje ise kullanıcının isteklerinin öğrenilmesi, sonrasında yapının bu bilgiler ışığında planlanması, taslak bir tasarım oluşturulması, bu tasarımı en kullanışlı, estetik, güncel, sürdürülebilir, alana/bölgeye uygun haline getirene kadar üzerinde çalışılması, sonrasında inşasının gerçekleştirilerek sorunsuz bir şekilde kullanımına başlanmasına kadar devam eden çok geniş bir süreci kapsamaktadır.

Mimarların bu süreci yürütmek üzere seçtikleri araç ve yöntemler sürecin sonucunda ortaya çıkacak olan yapıyı etkiler. Bir noktada kullandıkları yöntemlerin sınırları mimarlar için de bir sınır çizgisi oluşturabilir. Sürece entegre edilen yardımcı arayüzler veya teknolojiler sürecin potansiyelini ileri bir seviyeye taşıyabilir, yaratıcılığı artırmakla birlikte sonuçta karşılaşılabilecek olumsuzluklar süreç içerisinde tespit edilerek önlemleri alınabilir. Öz olarak konuya bakmak istersek mimarın yardımcılarının değişmesi demek aynı zamanda mimarın sürecinin, yaratıcılığının, potansiyelinin, hızının, işlevselliğinin de bu yardımcılardan interaktif olarak etkilenmesi ile çağın gerekleri ile uyumlu yönde değişmesi demektir ya da diğer bir bakış açısı ile potansiyelini bir üst seviyeye çıkarması demektir. Mimarların kullandığı bu yardımcılar her geçen gün bir değişim ve gelişim gösteriyor, günümüze gelindiğinde mimarlar komplike formları oluşturmak, onları diledikleri gibi revize etmek için hesaplamalı tasarım arayüzlerini kullanıyor. Bu arayüzler önceden tasarlanmış belirli kodlamalarla oluşturuldukları için mimarı özgür kılmasına rağmen bir noktada sınırlıyor. Tasarımlarını oluşturma noktasında bu kısıtlı alanın sınırlarının dışına çıkmak isteyen mimarlar çareyi komplike tasarımlarını oluşturmak için asıl özgürlüklerine kavuşturacak olan algoritmalar aracılığıyla tasarımlarını meydana getirebilecek kodları oluşturmaya yönelerek bulmaktadır.

Dolayısıyla mimarın toplumsal rolü ya da başka bir deyişle görev tanımları tarihsel süreçte birçok dönüşüm geçirmiştir. Bu görev günümüzde yapı çevrenin üretiminde

üstlenilen tasarımın, müellif olarak anlaşılan bir roldür. Ancak geçmişte mimarın görev tanımı günümüzdekinden farklı olmuştur. Gelecekte de değişen araçların etkisiyle bu görev tanımının farklı olacağına inanılmaktadır. Bu bağlamda bu bölümde mimarın modern dönemdeki toplumsal rolüne değinilecek ve YZ araçlarının bu rol üzerinde nasıl bir etkisi olabileceği tartışılacaktır.

4.1. Modern Dönemde Mimar

Modern dönemde mimarın yerini anlamlandırmak için yakın geçmişte mimarın pozisyonunu tanımlamak, sorgulamak gerçekçi bir yaklaşım olacaktır. Mimarın konumu, tanımlaması, mimarlığın meslek edinimi kazanması ile birlikte kazandığı ve dönüştürdüğü kimlik yıllar içerisinde değişikliklere uğramıştır. Mimarlık pratiğinin ülkeler arası etkileşim ile dönüşümünü dünya geneli üzerinden gözlemlemek mümkündür. Bu açıdan hem etkileşimi hem de dönüştürücü etkisini incelemek adına Amerika özelinde mimarlık uygulamalarını bir çalışma üzerinden aktarmanın bölüm için bilgilendirici olacağı düşünülmüştür. Bir sonraki paragrafta aktarılacak olan çalışma 1865-1965 yılları arasında Amerika’da mimarlık uygulamalarını konu edinmektedir.

Paris’te Beaux-Arts okulunda eğitim alan Amerikalıların Avrupa’dan dönüş yapması Amerika’da eğitim tarzını değiştirerek mimarlar için mesleki eğitim sürecini oluşturmaya başlamıştır. Amerika’da ilk Paris eğitilmiş mimar olarak Richard Morris Hunt karşımıza çıkmaktadır. Sonrasında ise Henry Hobson Richardson, Hunt’u takip etmektedir. Bu iki mimar 1870’ler ve 1880’ler Amerika’sının mimarlık eğitim ve uygulamasında büyük etkiler yaratmıştır. Hunt tarafından New York’ta kurulan ilk mimarlık atölyesi 1857 yılında, o dönemdeki şartlar altında mimari eğitim için geliştirici bir ofis olarak görülmektedir. Richardson tarafından 1866 yılında Fransız metodlarını birleştirerek kurulan ofisin ise çalışmaları ile birlikte öğrenmeye istekli gençler için bir eğitim merkezi oluşturmayı amaçladığı görülmektedir. Richardson’ın eğitim ofisinde yetişerek sonrasında kendi başarı öykülerini yazan C. F. McKim ve Stanford White, Amerikan mimarisinde meydana getirdikleri büyük değişimler ile ün kazanmıştır. 19. Yüzyıl sonları ve 20. Yüzyıl başlarına gelindiğinde ise Burnham ve Root ofisi dönemin en büyüklerinden biri olarak bilinmektedir. Chicago merkezli bu ofiste toplamda 180 kişiden oluşan çalışma ekibi her biri kendi alanlarında sorumlu oldukları uzman gruplar oluşturarak bu gruplara ait yöneticiler tarafından organize

edilmiştir **[Kostof, 2000]**. Ofis iş akışı hiyerarşisiyle modern dönem mimarlık ofislerinin ilk örneklerinden biridir.

Bu dönemde iş yürütme potansiyeline sahip mimarlar aynı zamanda ülkenin mimari çizgisini yapılaştıran kişiler olmuşlardır. Bu nedenle bu dönemde bir mimarın öncelikli olarak iş adamı olma özelliğini taşıması gerektiği düşünülmüştür. 1902 yılı Amerika'sında bir mimarın başarısının öncelikli olarak üstün işletme yeteneğine sonrasında sanata bağlı olduğu düşüncesi yaygındır. Aynı zamanda mimarın işinin devamlılığı söz konusu olduğundan, bu devamlılık şirket içerisindeki bir halef veya asistan tarafından sağlanarak onun organizasyonu ile yürütülmüştür. Sürecin ilk örneklerini oluşturan büyük ofislerdeki organizasyon biçimi sonraki dönemlerde kurulan büyük ofisler tarafından da kullanılmaya devam edilmiştir. 20. yüzyıla gelindiğinde ise mimari projelerdeki karmaşıklığın ve kapsamın artması ile birlikte organizasyon biçimi de artan isteklere karşılık vermek durumunda kalmıştır. Yapı inşa sürecinde yer alan her bölüm detaylı bir şekilde organize edilmiştir. Ancak, projenin yürütüldüğü sırada da çok fazla karar verilmesi gerektiğinden bu süreç oldukça karmaşık ve zor olmuştur. Karşılaşılan bu zorluk proje yürütme sürecinde koordinasyondan sorumlu kişilerin gereksinimleri ve talepleri doğrultusunda daha detaylı bir iş bölümü yapılmasına ve çalışanların sorumlu olduğu alanların ayrılmasına neden olmuştur. Dolayısıyla büyük ofislerin gelişim süreçlerine bakıldığında, gelişimlerinde iki önemli adım ortaya çıkar. Bunlardan birincisi artan sorumluluklar ile işin bölümlendirilerek aşamalara ayrılması iken ikincisi ise karar verme sürecinin işten bağımsız bir sorumluluk alanında tutulması olarak tanımlanabilir **[Kostof, 2000]**. Bu durumu tasarım ve realizasyon süreçlerinin birbirinden ayrılmasının ilk aşaması olarak yorumlamak mümkündür.

1900 yılı sonrasına gelindiğinde Alman mimar Walter Gropius, ortaya çıkan yeni tasarım teorisi ve uygulamasına yönelik öncü isimlerden biri olmuştur. Mimari eğitim sürecinde önemli bir figür olarak yer alan Gropius, savunduğu pratiği Bauhaus'ta keşfetmiştir ve Bauhaus'un yönetiminde yer almıştır. Gropius'un yönetimindeki Bauhaus, modern tasarım süreçlerine makine teknolojilerinin entegre edilmeye çalışıldığı bir kurum olmuştur. Gropius, tüm mimar ve tasarımcıların benzer eğitime sahip olduğu birleşik tasarım teorisini savunmuştur. Bu teorinin uygulaması farklı becerilerin birleşimini ve farklı bireylerin iş birliği içinde çalışmasını beraberinde getirir. Çalışma dünyasının yanı sıra eğitime de yansıyan bu teori öğrencilerin

birbirleriyle iş birliği içinde çalışmasının yollarının bulunmasını amaçlamıştır. Birleşik bir eğitim alan mimarın çalışma hayatındaki amacı birçok alanı -tasarım, teknik, ekonomik- birleştirerek bu alanlar arasında koordinatörlük yapabilmektir. Gropius'un 1937 yılında Harvard Üniversitesine gelmesi Amerikalılar tarafından neredeyse hiç bilinmeyen bu yeni teorinin, Amerikan mimarlık eğitimiyle tanışması anlamına gelmiştir ve bu yeni teori eski eğitim yöntemlerini çürütmeye başlamıştır **[Kostof, 2000]**. Önceki dönemlerde mimarlık eğitimi, -mimarlık edimi çelik-karkas- gibi dönemin yeni inşa teknolojileriyle üretilen yapılara "sanat giydirme" işi olarak algılandığından mezunlarının sadece belli üslupları, oranları öğrenmesi ve teknik çizim kabiliyetini geliştirmesine odaklı olarak yüksek okullarda verilmiştir. Modern dönemde ise mimarlık okulları üniversite bünyelerinde açılmış; Bauhaus'un da etkisiyle yeni bir modern stilli odağına alacak olan, tarih, ekonomi, sanat gibi birçok farklı bilgi alanıyla donatılmış, yapıların tasarımından sorumlu yapı müellifi olarak mimar mezun eden okullar konumuna da gelmişlerdir **[Tan, 2019]**.

Eş zamanlı olarak Amerika'da birçok büyük ofisin organizasyon tarzı değişerek, özelleştirmeye ve iş birliğinden bölümlere ayrılmaya doğru dönüşmüştür. 1945 yılında Gropius bir grup mimarın birlikte çalışma önerisiyle 1995 yılına kadar faaliyet gösteren The Architects Collaborative (TAC) Ofisi kurulmuştur. Gropius'un fikirleri doğrultusunda organize olan ofis, mimarlığın tasarım ve planlama süreçlerinin komplike olmasını öne sürerek mimarın da geniş bir kapsama sahip olmasını savunmuştur. 1965 yılında çok büyük bir ofis haline gelen TAC, elde ettiği başarıların getirdiği çalışan sayısındaki artış, eğitim temelli oluşan kurucularının çevrik bilgiyi uygulama aşamasına taşınmasında birtakım sorunlar yaşamasına neden olmuş ve başarısızlığı doğurmuştur. Ortaya çıkan temel sorun mimarın tüm süreci tek başına birleştirmesi mi, yoksa onu oluşturan bileşenleri yönetecek bir grubun içinde olmasının mı gerekli olduğu sorunsalıdır. Uygulama aşamasında mimari süreci profesyonel alanlara bölmeye karar vermek mimarın tasarım ve inşaya dair holistik bir bakış getirmesini savunan modern teori ile modern pratiğin çelişmesini doğurmuştur. Dolayısıyla modern dönemde mimarların uygulama sürecini kontrol altında tutabilmeleri için yapının inşa süreçlerine hâkim olmaktan başka çaresi olmadığından mimarların süreci yönetmek için profesyonel beceriler kazanmaları gerekmiş mimara yeni tanımlamalar yükleyen bu gelişim ve değişim mimarı bir koordinatör haline getirmiştir **[Kostof, 2000]**. Dolayısıyla modern öncesi dönemde inşa sahasından kopan

mimar modern dönemde ürettiği tasarımların nasıl inşa olacağı bilgisine de sahip olması beklenen ve inşa sürecini de yönetme becerisine sahip olan bir koordinatör haline gelmiştir.

Amerika özelinde süreç bu şekilde ilerlerken dünya genelinde de mimarın pozisyonuna bakış çok da farklı değildir. 17. yüzyıla kadar mimarlığın yanı sıra diğer mesleklerin ayrımı ve tanımı da çok net değildir. Özellikle matematik ve mimarlık alanları ilişkili kabul edilmiştir. Amerika’da gözlemlendiği gibi mimarlık ustalar tarafından üretilmiş ve ustaların farklı yöntem ve teknikler geliştirerek bilgiyi deneysel bir yolla öğrenmesi ve aktarması beklenmiştir. Ancak 18. yüzyıla gelindiğinde meslek tanımları ve alanların ayrışması başlarken, mimarlığın uzmanlık gerektiren alanlarının ve kapsamının artması sonucu matematik ile olan ilişkisi kopmaya başlamıştır. Mesleki alanların ayrışmaya başlaması Amerika örneğinde görüldüğü üzere yeni öğrencileri yetiştiren eğitim kurumları tarafından aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. 21. yüzyıla kadar matematik ve teknik konular mühendislik alanının kapsamına dahil olmuş mimarlık daha çok tasarımsal yönlerin ele alındığı özgün konular üzerine yoğunlaşan bir meslek kapsamına sahip olmuştur. Matematik ve mimarlık arasında yaşanan bu yol ayrımı dijital çağa geldiği zaman tekrar kesişerek mimarlık alanında yeni bir üretim yöntemini ortaya çıkarmıştır **[Başarır, 2020]**.

Mimarlık ve tasarıma olan yaklaşım yıllar içerisinde farklı dış etkenlerden etkilenmiştir. Bunlardan biri II. Dünya Savaşı’nın ortaya çıkardığı sosyo-ekonomik sorunların mimarlık sektörünü tasarım sorunları çözen ve bireylerin ihtiyaçlarını karşılayan bir yaklaşıma sürüklemesidir. Bu süreç içerisinde mimarlık dünyasında tasarlamak kavramı bir problemi çözme, karar verme ve çözüm yolu üretme tanımlarına dönüşmüştür. II. Dünya Savaşı sonrasında değişen bu tasarım kavramı ve yöntemleri, tasarımcılar tarafından bir araştırma konusu olarak görülmüştür. Mimarlık alanının sadece tasarım merkezli bir bakışının olmaması gerektiği, kullanıcıların istek ve ihtiyaçlarının da düşünülmesinin gerekliliği ön plana çıkarılarak mimarların tasarım yöntemlerine farklı bakış açıları kazandırılmıştır. Araştırmalar sonucunda kullanıcıyı önemseyen, sürecin işlevselliğini vurgulayan noktalara değinilirken mimari yöntemlerin etkili sonuçlar elde edebilmesi için teknolojik gelişmelere uyumunun gerekliliği de önemsenmiştir. Teknoloji ile uyum içerisinde olmak öncelikli olarak mühendislik alanlarında önem gören bir konu olsa bile mimarlığın disiplinler arası bir

yapıya sahip olmasından dolayı bu gelişimlerden dolayı olarak etkilenmiştir [Acerer, 2021].

Mimari tasarım süreçleri incelendiğinde, kullanılan araçların tasarım sonuçlarını etkileyip, şekillendirdiği görülmektedir. Bu araçlardan biri olan BIM ise tasarım sürecini yönetmek adına tasarımcılara yeni bir yol çizmiştir. BIM yapısı bilgi yüklemesi ile çalışan bir formda olduğundan dolayı makinelere yüklenecek bu bilginin yönetimi ve organizasyonun oluşturulması, süreçte bilginin aktarılması için tasarımın gerçekleştirilmesinde değişimlere yol açacaktır. BIM tasarımda ve sürecin yönetiminde profesyoneller için bir simülasyon ortamı oluşturabildiğinden mimarlık ve inşaat sektöründe kökten bir değişiklik gücünü bulundurmaktadır. Çalışmada BIM'in gücü üç ana başlık altında irdelenmektedir. İlk ana başlık olarak rotasyon, değişimin temsilden simülasyona dönüşünü ifade etmektedir. Temsil ve simülasyon tasarımın ifadesi olarak düşünülebilir. Rönesans döneminde ortaya çıkan temsili ifade biçimi, teknoloji çağına gelindiğinde simülasyon olarak dönüşebilmektedir. Simülasyon tasarımdaki gerçeği aktarma, yansıtırma, inşa öncesi yapıyı göz önüne koyma ve kullanımına yönelik deneyimsel alanlar oluşturma yönleri ile algoritma ve veri setleri ile yaratıcılığı farklı noktalardan keşfedilme yetilerine sahiptir. İkinci ana başlık BIM süreçlerinde mimarın rolüne odaklanmaktadır. Bilginin farklı gruplar arasında işlendiği, üretildiği bir ortamda mimar süreçte bir müellif olmaktan ziyade bir takımın lideri olma rolüne bürünmektedir. Rönesans döneminde çizimin mimarlara getirdiği mesleki özlük zamanla çizimin mimar olmanın vazgeçilmez özelliği olmasına evrilmiştir. Modern dönemle mimar tasarım ve inşa sürecini tanımlayan bilgiyi çizim ortamında oluşturabilen, çizimler ile aktarabilen bir profesyonel tanımlamaktadır. BIM ile müelliflik ve çizim arasındaki ilişki dönüşüm göstermiş, mimarın müellif olarak koordinasyon sorumluluğu da değişmiştir. Günümüzde komplike yapı sistemlerini oluşturmak için mimari gruplar yeterli gelemeyeceği için süreçler farklı alanlardaki danışman gruplar ile birlikte iş birliği içerisinde BIM üzerinden bulut tabanlı bir sistemde yürütülebilmektedir. Bu süreçte mimarın bilgiyi yönetmesi, hangi verinin nasıl işleneceğine karar vermesi, hangi faktörlere odaklanacağını belirlemesi, bilgi modelleme sürecini şekillendirmesi gerekir; dolayısıyla mimar koordinatörlükten liderlik rolüne geçmektedir. Son olarak çalışmada BIM kullanımında tasarım önceliklerinin değiştiğini vurgulamaktadır. 19. yüzyılın sonunda ve 20. yüzyılın başlarında farklı tipolojilere sahip yapıların oluşturulmasında istekleri

karşılamaya yönelik hızlı üretim ihtiyaçları, işlevsel odaklı tasarım yaklaşımlarını ortaya çıkarmıştır. Bu dönemde en güncel yöntem olarak görülen işleve dayalı tasarım dijitalleşme ile performansa dayalı tasarıma evrilmiştir. BIM'in verileri etkin kullanımı dönem mimarisinde simülasyon özelinde performans odaklı bir anlam kazandırmaktadır. BIM mimarlık alanında yeni bir bilgi formu oluştururken, bunun iletimi ve uygulaması ile tasarımın sürecini veriye dönüştürebilen, simülatif ortamda yapıya bir anlam kazandırabilen yeni nesil mimarları meydana getirmektedir [Tan and Paker Kahvecioğlu, 2022].

Dolayısıyla farklı araçlar dönemler boyunca mimarın rolü üzerinde etkili olmuşlardır. YZ araçlarının da mimarın görev tanımı ve rolü üzerinde derin etkileri olacağı düşünülmektedir. Bir sonraki kısımda YZ'nın mimar ve mimari tasarım süreçleri üzerinde olası etkilerinden bahsedilecektir.

4.2. Yapay Zeka Çalışmalarında Mimarın Pozisyonu

Mimarların mesleki tanımlarının ortaya çıkmasından günümüze kadar geçen süreçte, mimarın pozisyonunda birçok değişim ve dönüşümler yaşanmıştır. Bu değişim ve dönüşümlerde projenin kapsamı, büyüklüğü, kullanılan araçlar, yöntemler gibi birçok parametre ile karşılaşmak mümkündür. Ancak teknoloji çağına geldiğimizde mimarın pozisyonunda en büyük dönüşümü yaratan YZ araçları olmuştur. Bu bölümde mimarın güncel konular üzerinden pozisyonu sorgulanmıştır.

YZ ve mimarlık arasındaki ilişkiye olan bir başka bakış açısına göre YZ mimarların tasarım becerilerini artırmaktadır. İnsan zekasının artırılmasına yönelik ilk fikir 1962 yılında Douglas Engelbart tarafından ortaya atılmıştır. Engelbart insan zekasını bir üst seviyeye taşımak için araçlar geliştirmeyi amaçlarken buradaki asıl düşünce karmaşık sorunlarla karşılaştığında bunları çözümleyebilmek, çözüm süreçlerinde farklı alternatifler üretebilmek, sürecin barındırdığı olasılıkları görebilmek ve insanların problem çözmedeki hızlarını artırmak gibi kazanımlar elde etmesini sağlamaktır. Dijital çağın öncesindeki süreçte mimarların kullandığı yardımcı araçlar bu konularda yetersiz kalırken YZ ile geliştirilen sistemler mimarların yaratıcılık özelliğine odaklanarak onun bu yeteneğini taklit yoluyla, algoritmalar getirerek tasarım sürecine bilişsel bir bakış açısı kazandırmaktadır. Bu algoritmaların mimarların tasarım yeteneklerini artırmak için kullanımı kuramsal bir yaklaşımdır. Asıl düşünce

mimarların yeteneklerini algoritmalara entegre ederek optimal tasarımı bulmasını kolaylaştırmaktır. Bir tasarımcı tarafından programlanan algoritmaların tasarımı oluşturma sürecinde verdiği kararlar tasarımcının sezgisel süreçlerini temsil etmektedir. Bu nedenle tasarımcının sezgisel sürecini çözümlemek sezgisel olarak çalışan YZ algoritmalarını oluşturabilmek için önem taşımaktadır [Acerer, 2021].

Mimarlık alanında süreç bilgisayar destekli tasarımdan YZ destekli tasarıma doğru bir dönüşüm geçirmektedir. Bu dönüşümün akla getirdiği sorulardan biri mimarlık alanının ilerleyen dönemlerde insanların üretebildiği alanların dışına çıkıp çıkmaması durumudur. Mimarlık tanımı yıllar içerisinde değişip dönüşürken, tasarımcıların kullandığı aracı sistemler de dönüşmektedir. Bu zaman çizelgesi **Tablo 4.1** üzerinden aktarılmıştır. 1960 yılı öncesinde mimari bilginin kaynağı biyolojik zeka olarak görülmektedir. Bu dönem mimarlık meslek tanımının ortaya çıkmasını, barınma/mezan oluşturma gibi yaşam alanlarının sınırlarını belirleyen bütünüyle biyolojik zeka tarafından yürütülen bir süreci kapsamaktadır. 1960 sonrasında biyolojik ve biyolojik olmayan dönemler arasında hibrit zekâ dönemi karşımıza çıkmaktadır. Bu hibrit dönemde mimarların iş yüküne destek olan bilgisayarların ötesinde öğrenme yeteneği kazanan YZ dönemi odaklandığımız noktadır. Bu süreçte mimarlar, yıllarca eğitimini almak için çabaladıkları bilgilerin algoritmalar tarafından üretildiklerini gözlemlemektedir. Bu bilginin devredilmesinde mimarlar mesleki kimliklerini dönüştürerek yeni roller kazanmak zorundadır [Başarır, 2020].

Tablo 4.1: Mimari tasarımcıların çağlar boyunca kimliği [Başarır, 2020].

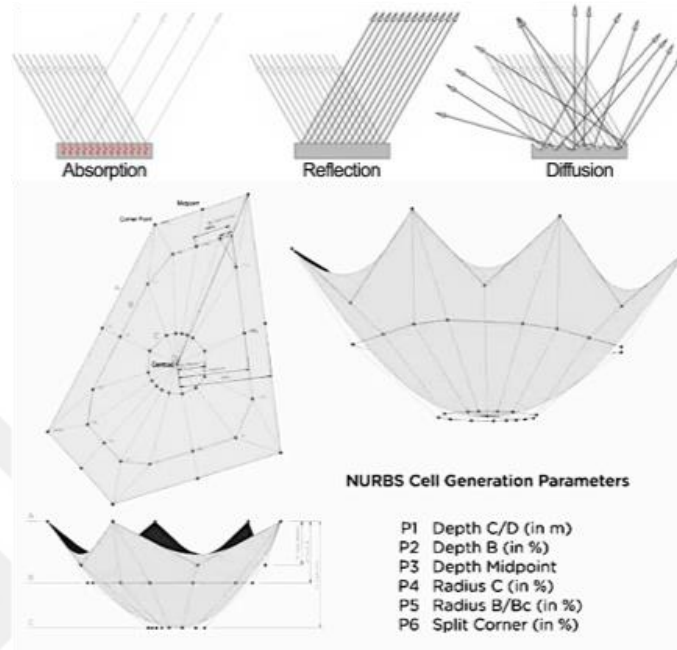
Architectural Designers' Identity Through Ages		Nomadic Age	Neolithic Age	Industrial Age	Information Age	Knowledge Age	Wisdom Age
WHAT	HOW	Huge Areas, Caves	Settlements Social Buildings & Houses for Extended Families &	Cities Industrial, Social buildings Transportation hubs, Homes(Houses, Apartments etc.)	Cities Physical Space, Virtual Space	Homes, Blended Cities Mixed-Reality Space	Galactic Settlements, Interplanetary Portation Space
		Carving	Masonry Stone, Mud Brick	Steam Engines Electrical Machines Iron, Steel & Glass Regulations	File-to-Factory, Construction Robots,Computer Regulations	File-to-Site, Digital twins, 3D Printers, Construction Robots Compliance Automation	Nanotechnology Programmable Matter, Microscopic / Nanoscopic drones
WHO	OCCUPANT	Hunter Gatherer	Agriculturer	Ruler & Worker	Ruler & Worker & Avatar	Ruler & Worker & Avatar	Avatar
	DESIGNER	Nature	The Occupant	The Architect	Computer Aided Architect	AI Aided Architect	The Avatar Occupant
WHEN		200,000BC	10,000BC- 18th Century	1760 1870	1960s	2000 	
		Biological			Hybrid		Non-Biological
Intelligence							

YZ teknolojilerinin mimarlık alanında kullanımına başlanmasındaki önemli beklentilerden birisi kısa sürede optimal tasarıma ulaşabilmektir. Mimarlık alanında YZ teknolojilerinin kullanımı elbette mimarın rolü üzerinde dönüştürücü etkiler yaratacaktır ancak Nicholas Negroponte'nin bu konuya bakışı mimarlık ve makinenin iki ayrı güç olduğunu tasarım alanını mimarlar temsil ederken makinelerin hesaplama alanını temsil ettiğini vurgulamaktadır [Negroponte, 2011]. Mimarın bu entegreli süreçte rollerinden biri YZ sistemleri için gerekli olan veri setlerini oluşturmaktır. Gelecek dönemde dijital çağın gerektirdiği yenilikleri karşılayamayan mimarların farklı mesleki alanlara yönelmesi kaçınılmazdır. Benzer süreç iş yükünün artışı ve bilgisayar destekli tasarıma geçilmesiyle birlikte CAD yazılımlarının kullanılmaya başlandığı dönemlerde de yaşanmıştır. YZ sistemleri ile tasarım süreçlerini yürütmek mimarların performanslarını artırırken yeni mesleki rolleri üretmesi beklenmektedir. Mimarlara zaman kazandıran verimliliklerini artıran bu sistemler mimarların kendi alanlarının dışında gelişim sağlamasına “Mimari Yapay Zeka Sistem Tasarımcıları”

YZ süreçlerinin entegre edilerek tasarlandığı inşa olmuş bir yapı örneği olarak yapımı 2017 yılında tamamlanan Elbphilharmonie yapısı örnek gösterilebilir. Yapının tasarım sürecinde konser salonunun değişkenleri ve akustik parametreleri göz önünde bulundurularak optimal bir sonuca ulaşmak amaçlanmıştır. Yapının tasarım anlamında özenle oluşturulduğu göze çarparken, mekan Antik Roma mimarisinde karşımıza çıkan sanatçıların merkeze alındığı izleyicilerin onun çevresinde bir sarmal oluşturduğu kolezyum tarzında tasarlanmıştır. Bu tasarım mekan ve akustik uyumu ile izleyici ve sanatçı arasında mükemmel etkileşimi yakalamıştır. Bunun için paneldeki her bir parça akustik parametreler göz önünde bulundurularak oluşturulmuştur. **(Şekil 4.2)** Yapının içerisine girip mekan ile bütünleşildiğinde göze çarpan en önemli detay ise tüm salonun dekoratif akustik paneller ile kaplanmış olduğu fark edilmektedir. **(Şekil 4.3)** Bu paneller teknik olarak incelendiğinde ise salonu kaplayan on bin adet panelin her biri eşsiz ve birbiri ile uyum içerisinde durmaktadır. Bu tasarımın klasik tasarım süreçleri ile elde edilmesi uzun bir zaman ve birçok ekip gerektirirken bunun yerine YZ desteği ile salonun en iyi akustik performansına sahip olacağı şekilde 1 milyon hücreden 40.000 satırlık bir kod ile tasarlanmıştır. YZ yapının estetik görünümünü ile birlikte sesin geliş yönü ve açısını da optimize ederek mekan kurgusu için en doğru tasarımı yakalamıştır. YZ bu tasarımı yakalarken firma için zaman kazandırırken aynı zamanda maddi harcamaları minimuma indirmiştir **[Ardatürk, 2020]**. Ancak yine de bu yapının tasarımında bir mimari problemi her yönüyle ele alan gelişkin bir YZ'nın kullanımı söz konusu değildir. Bu çalışmada 3. Bölümünde aktarılan performans odaklı YZ araçlarından faydalanılmıştır. Ancak yine de bu yapı örneğinde YZ'nın belli bir veriyi (akustik paneller sayısı özellikleri, yerleşim alanı alan büyüklüğü vs.) istenilen sonuç (optimal yerleşim) doğrultusunda en optimal çözümü üretmek için araçsallaştırıldığı görülmektedir. Sonuca gelindiğinde YZ desteği ile yürütülen bir süreç yapının kodunun mimarı olan Benjamin Koren şu ifadeleri kullanmıştır:

Parametrik tasarımın güzelliği bu. Hepsini yerli yerine oturduğunda bir milyon hücre yaratılıyor; hepsi birbirinden farklı ve bu parametrelere dayanıyor. Algoritmayı kurarken kontrol %100 bende; ama sonrasında kontrol benden gidiyor. Bunun tasarımını elle yapmak çılgınlık olurdu. Sonuçta da ortaya çok daha az özgünlüğe sahip bir iş çıkardı.

Koren bu ifadeleri ile mimarların günümüz tasarım süreçlerindeki rolüne bir vurgu yapmaktadır. Mimarlık, mimar olma olgusu tanımı değişip gelişirken süreçteki rolünü de beraberinde değiştirdiğini söylemek mümkündür.



Şekil 4.2: Akustik panel parçalarının tasarımı [Web 5].



Şekil 4.3: Elbphilharmonie akustik paneller [Web 6].

YZ mimarlık dünyası için bir simülasyon ortamı yaratmaktadır. Bu sayede mimarlar tasarım sonuçlarını iyileştirebilir, risk haritalarını çıkarabilir ve inşa öncesi sorunları iyileştirebilir, yapıları ışık, rüzgâr, gürültü gibi dış etkenlere yönelik tasarlayabilir ve enerji verimliliğini artırabilir ve geleceğe yönelik tasarım öngörülerini oluşturabilir. YZ sistemleri mimarlara sunduğu bu avantajlar ile tasarım süreç ve sonuçlarına değer kazandırmaktadır **[M Atwa and M Saleh, 2023]**.

YZ teknolojileri mimarların tasarım sürecine değer katarken bazı mimarlar tarafından büyük değişiklikler oluşturacak bir tehdit olarak da düşünülmektedir. Bu tehdit günümüzde, YZ destekli tasarımlarda mimarın değerini ve önemini değiştirme gücüne sahip değilken mimarın rolünü değiştirebilmektedir. YZ destekli bir sistemde mimarlar ulaşmak istedikleri nihai sonuca yönelik sürecin sınırlarını oluşturup tasarım sistemini düzenleyerek algoritmaların hızlı üretimlerini denetim altında tutabilirler. Bu hızlı üretimde algoritmalar birçok tasarım alternatifi elde ederken bunları iyi ve kötü olarak sınıflandırma aşamasında zorluklarla karşılaşmaktadır. Çünkü mimarlık alanında sonuçları iyi veya kötü olarak değerlendirmek, diğer mesleki alanların aksine nesnel deneyim yerine öznel deneyime dayanmaktadır. Bu öznel deneyim ise bu üretim sürecinde sadece mimar veya tasarımcı kimliğine sahip mesleki profesyonellerde bulunmaktadır. Gelişen algoritma süreçlerinde bu öznel deneyime bağlı süreç mimarlar tarafından oluşturulan veri setleri ile öğretilabilir duruma getirilebilir ancak süreç sonucunda oluşan birçok tasarım alternatifini değerlendirerek nihai kararı vermek yine mimarların sorumluluk alanında kalmaktadır. Bu döngüde YZ sisteminin mimarlık alanına dahil edilmesi verimliliği büyük oranda artırırken, sürecin kontrolü, değerlendirilmesi ve karar verilmesi aşamalarında başlıca rolü mimarlar ellerinde tutmaktadır. Ancak bu süreçte önemli olan nokta mimarların gelecek dönemlerde mesleki değerlerini koruması için YZ sistemlerine açık olması ve teknolojinin getirdiği yenilikleri benimseyerek öğrenme eğiliminde olmaları gerekmektedir **[M. Atwa and M. Saleh, 2023]**.

YZ ve mimarlık uygulamaları arasındaki ilişki geliştirilmek istenen, bilgisayar uygulamaları üzerinden denemeler yapılan, özellikle bilgisayar destekli tasarımın yoğun kullanıldığı ofislerde üzerine yoğun araştırmalar yürütülen bir alandır. Bu çalışmalar ve denemeler sayesinde mimar-YZ arasındaki entegre durum mesleki pratiklerle geliştirilmektedir. Gelişimin devamlılığı için en büyük etkenlerden biri veri analizinin doğru bir şekilde yapılmasıdır. Veri setleri algoritmaların eğitim süreçlerini

desteklerken, bu veri setlerindeki veri sayısının çokluğu ve düzgün yapılandırılmış olmaları elde edilmek istenen sonucun niteliğini belirlemektedir. Yeni verilerin oluşturulması, düzenlenmesi algoritmaların eğitilmesi için gerekirken, verilerin sisteme dahil edilmesi etik açıdan en duyarlı olunması gereken olgulardan biridir. Dijital çağ ile birlikte her sektörde verinin önemi artarken birçok kuruluş tarafından bu veriler biriktirilmektedir. Bu noktada önemli olan algoritmalar için kullanılacak verinin doğru analiz edilerek ayrıştırılmasıdır. Tasarım sürecinde bu görev mimarların sorumluluk alanına dahil edilmektedir. Mimarların bu süreçte algoritmalar için girdi olarak tanımlayacakları verilerin analizini yapabilecek şekilde kendilerini geliştirmeleri de gerekmektedir [Gallo et al., 2020].

YZ ve mimarlık ilişkisi sadece ofis ve uygulama süreçlerini kapsamamaktadır. Akademik olarak sektörde yer edinen mimarların rolünün de YZ ile birlikte nasıl dönüşüm yaşayacağı merak edilmektedir. Mimarlık eğitiminde yer alan tasarım stüdyolarında öğrenciler tarafından geliştirilen projelerin jüri tarafından değerlendirilmesinde belirli olan nesnel kriterlerin yanı sıra asıl önemli olan yaratıcılığın değerlendirildiği süreçlerdir. Yaratıcılığı değerlendirme süreci estetik kaygısı ve tasarımcı tarafından beslenen kültürel temeller ile birlikte öznel kriterler çerçevesinde gelişmektedir. Bu kriterlere sahip subjektif bir değerlendirmede jüri üyelerinin deneyimleri, değerlendirme parametreleri, doğru veya yanlış olarak sonuçlandırılmayan mekanik kriterlerden uzaktır. YZ sistemlerinin bu süreçlere dahil olabilmesi gelişimine bağlı olması ile birlikte şu anlık mümkün değildir. Ancak jüri tarafından değerlendirilen nesnel kriterler, örneğin altın oran, matematiksel bir süreci barındırdığı için YZ tarafından değerlendirilebilmektedir. YZ sistemleri eğitim süreçlerinde değerlendirme aşamasında alabilecekleri rollerin yanı sıra öğrenciler için altın oran gibi ampirik bilgileri öğretmede yardımcı bir asistan olabilmektedir [Wenjun and Malaeb, 2019].

Mimarlık sektöründe mimar ve tasarımcıların değişim ve gelişimlere açık olması, çok yönlü çağdaş bir tavrının bulunması ile birlikte yaşanan toplumsal ve teknolojik dönüşümlerle mimarlık pratiğini güçlendirmesi beklenmektedir. Mimarlar, geçmişten günümüze karşılaştığı değişimler sonucunda yeni yöntemler elde edip yeni roller kazanmak mecburiyetinde olmuşlardır. Bu mecburiyetler onları birçok alana hâkim, disiplinler arası çalışabilen yetkin kişilere dönüştürmektedir. Dünyadaki tüm sektörler dijital çağ ile teknoloji tarafından bir dönüşüme uğratılırken, geçmişten beri mesleki

olarak toplumsal, kültürel, çevresel ve insani duyarlılığa sahip olan mimarlar için bu dönüşüm yeteneklerini daha da uzmanlaştırdıkları bir geleceği simgelemektedir. Bu dönüşüm süreci, mimarlığın yok olması olarak değil, mimarlar tarafından rollerinin zenginleşmesi ve sorumluluk alanlarının genişlemesi şeklinde düşünülmelidir [van Berkel, 2020]. Mimarlık uygulamaları süreçlerini incelediğimizde mimarlık pratiğinin farklı dönemlerde farklı disiplinlerden etkilendiğini gözlemlemek mümkündür. Hatta bu etkilenmeler mimarlıkta yeni yöntemleri doğurmuştur. Örneğin doğadan ilham alınan bir mimari bakış biyomimikriyi ortaya çıkarırken dünyada artan tüketim kültürüne karşıt bir bakış sürdürebilir mimarlığı ortaya çıkarmıştır. Hayata olan bakışında bütüncül bir yaklaşımı olan mimarlık dünyası için yaşanan dijital dönüşümler de başka bir mimari bakış açısı kazandırmaktadır.

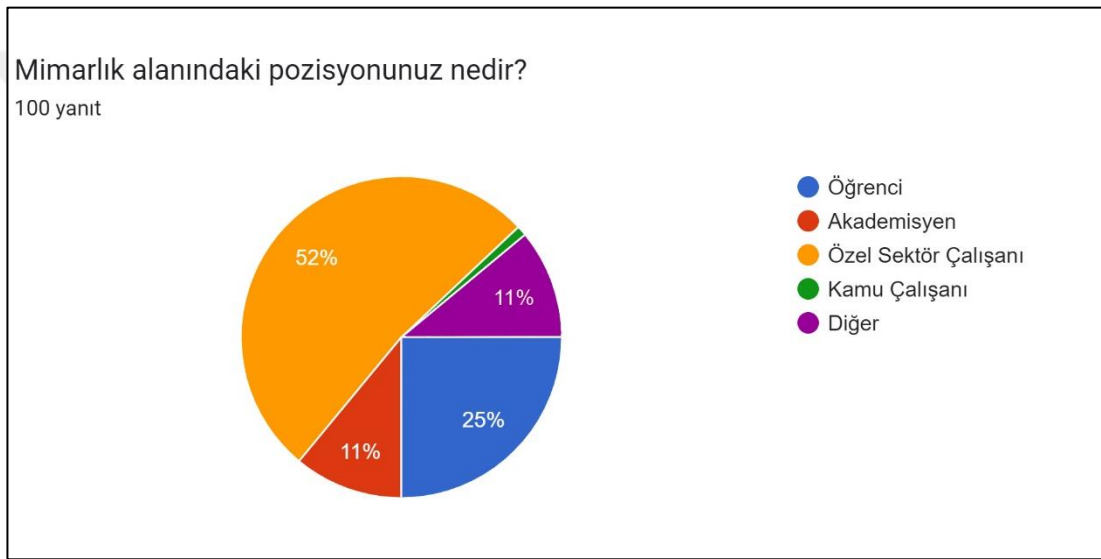
Teknoloji ile birlikte mimarlık alanındaki yazılım ve donanımın kapsam alanının artması, yaşam mekanları oluşturan mimarlar için olumlu yönlendirmeleri beraberinde getirmektedir. Mimarlar tasarım süreçlerini algoritmalar aracılığı ile bir veri setinden faydalanarak tamamlayabilirler ancak bu sistemin düzgün bir sonuca ulaşabilmesi için yönlendirilmesi gerekmektedir. Bu yönlendirilmeler formun yakalanması, doğru renk seçimlerinin yapılması şeklinde örneklenebilirken hatta son kullanıcının isteklerini veriye dönüştürülerek sistemin yönlendirilmesinde kullanılması tasarımın daha kapsamlı hale gelmesine olanak sağlamaktadır [van Berkel, 2020]. Bu yönüyle mimar YZ sürecinde bir yönlendirici olarak yer almaktadır. Teknoloji ile iç içe olduğu bu gelişimde mimarların yönlendirici olabilmesi için ise mesleğe daha bütüncül yaklaşması gerekmektedir. 10 yıl sonrası için mesleğin nasıl bir dönüşüm yaşayacağı ön görülemezken mimarların daimi olarak geleceğe bakarak ilerlemeleri gerekmektedir. Günümüz mesleki topluluğunda teknoloji ile entegre çalışabilen mimarların sayısı çok olmamakla birlikte gelecek bununla şekillenirken mimarların bu dönüşümde kendilerini eğitmeleri gerekmektedir [van Berkel, 2020].

4.3. Yapay Zeka ve Mimar İlişkisi Üzerine Anket Çalışması

Mimarların YZ-mimarlık ilişkisi ve bu ilişkinin geleceğine dair beklentilerini ölçmek adına tez çalışması kapsamında bir anket çalışması yapılmıştır. Anketin amacı, mimarların bakış açısından YZ çalışmalarının konumlandırılması ve gelecek yıllarda YZ'nın mimari çalışmalarda alabileceği rollerin sorgulanması üzerinden günümüz mimarlarının YZ ile olan ilişkilerini ve beklentilerini ortaya koymaktır. Bu doğrultuda

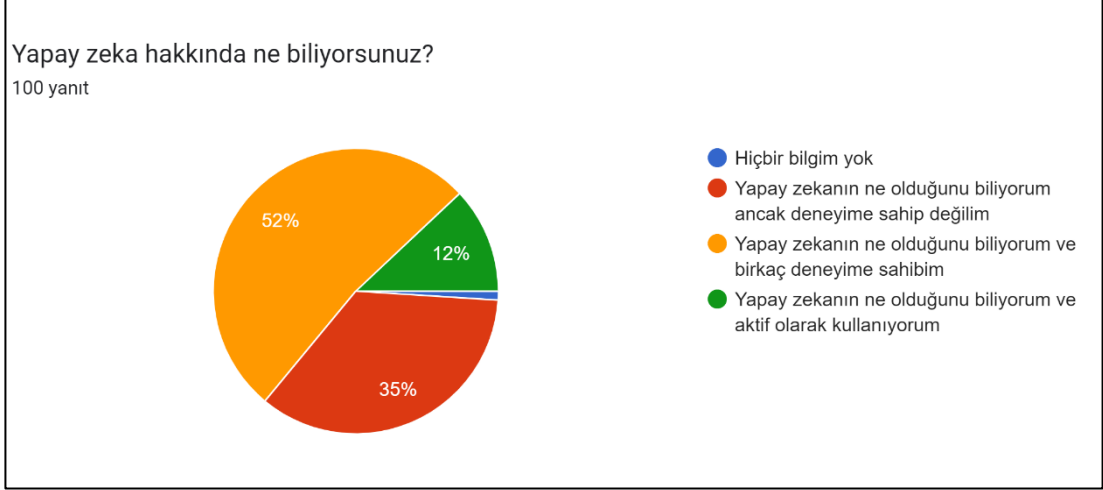
çalışmanın mimarın rolü üzerine literatürün analizine dayalı üretilmiş olan söyleminin mimarların beklentileriyle ne kadar örtüştüğünün gösterilmesi hedeflenmiştir. Anketin oluşumunda M. Atwa ve M. Saleh, (2023)'in yöntemi yerele uygulanarak kullanılmıştır.

Anket farklı pozisyonlarda çalışan mimarlardan oluşan 100 kişilik bir grupta tamamlanmıştır. Anket çalışmasına katılan kişilerin büyük bir bölümünü %53'lük bir grup olan özel sektör çalışanları oluştururken %25'lik bir grubu öğrenciler ve %11'lik bir grubu da akademisyenler oluşturmaktadır. Katılımcıların pozisyonlarını gösteren grafik **Şekil 4.4**'te gösterilmiştir.



Şekil 4.4: “Mimarlık alanındaki pozisyonunuz nedir?” sorusunun cevapları

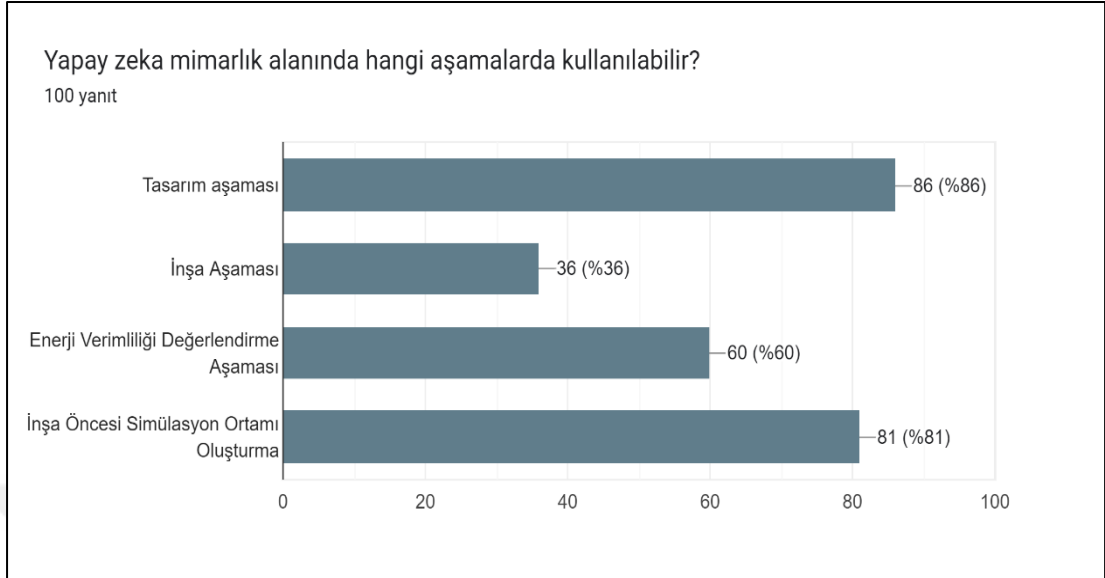
Beş sorudan oluşan anket çalışması ile mimarların hangi pozisyonlarda çalıştıkları ve YZ hakkındaki bilgi düzeylerini işaretlemeleri istenmiştir. Anket sonucuna göre katılımcıların %52'lik bölümü yapay zeka hakkında bilgi sahibi ve deneyime sahipken, %35'lik bölümü yapay zeka hakkında bilgi sahibi olmasına rağmen herhangi bir deneyime sahip olmadığını, %12'lik bölümü yapay zeka hakkında bilgi sahibi olmakla birlikte aktif olarak kullandığını ifade etmiş, sadece %1'lik bölümün yapay zeka hakkında hiçbir bilgisi olmadığı gözlemlenmiştir. (**Şekil 4.5**) Anket sonucu, bu grup özelinde büyük bir çoğunluğun YZ ile ilgili bilgiye ve deneyime sahip olduğunu göstermiştir. Bu sonuç YZ ve mimarlık ilişkisinin gün geçtikçe geliştiğini ve mimarların yardımcı arayüz olarak artık YZ'yı da bir araç olarak kullandıklarını ve bu kullanımların artacağı yönünde bir öngörü geliştirmiştir.



Şekil 4.5: “Yapay zeka hakkında ne biliyorsunuz?” sorusunun cevapları

Anketin üçüncü sorusunda mimarlara yapay zekanın mimarlık alanında hangi aşamalarda kullanılabileceği sorusu yöneltilmiştir. Bu sorunun amacı, YZ’nin gelecekte kazanacağı rollerin tanımlanmasında mimarlık alanındaki kullanım aşamalarının belirlenmesinin önemli bir çerçeve oluşturacağı düşüncesidir. Çünkü günümüz mimarlığını ne kadar iyi analiz edip tanımlayabilirsek gelecekte mimarlığın dönüşümünü o kadar tahmin edilebilir hale getirebiliriz. Sorunun cevapları arasında tasarım aşaması, inşa aşaması, enerji verimliliği değerlendirme aşaması ve inşa öncesi simülasyon ortamı oluşturma aşaması yer almıştır. Katılımcılardan 86 kişi tasarım aşamasını, 81 kişi inşa öncesi simülasyon ortamı oluşturma aşamasını işaretlemiştir. Mimarlık alanında YZ’nin en çok kullanılabileceği alan olarak katılımcılar tarafından tasarım aşaması tercih edilmiştir. Bu sonuçlarla birlikte katılımcılardan 60 kişi enerji verimliliği değerlendirme aşamasını, 36 kişi inşa aşamasını işaretlemiştir. Katılımcılar tarafından YZ’nin inşa aşamasında kullanılabilmek durumuna çok ihtimal verilmese de tez çalışması kapsamında yer verilen robotik üretim için kullanılan YZ araçları bölümünde, gelecek dönemlerde bu araçlardaki gelişimin inşa sektörüne büyük avantajlar sağlayacağı aktarılmıştır. Katılımcılar tasarım ve inşa öncesi simülasyon oluşturma aşamalarında YZ araçlarının kullanılabileceğini belirtmiştir. Bu tercihlerin hem kullanıcıların deneyimlerinden hem de bilgi birikimlerinden kaynaklandığı öngörülmüştür. Katılımcıların bu soru özelinde verdiği cevaplar **Şekil 4.6** üzerinden aktarılmıştır.

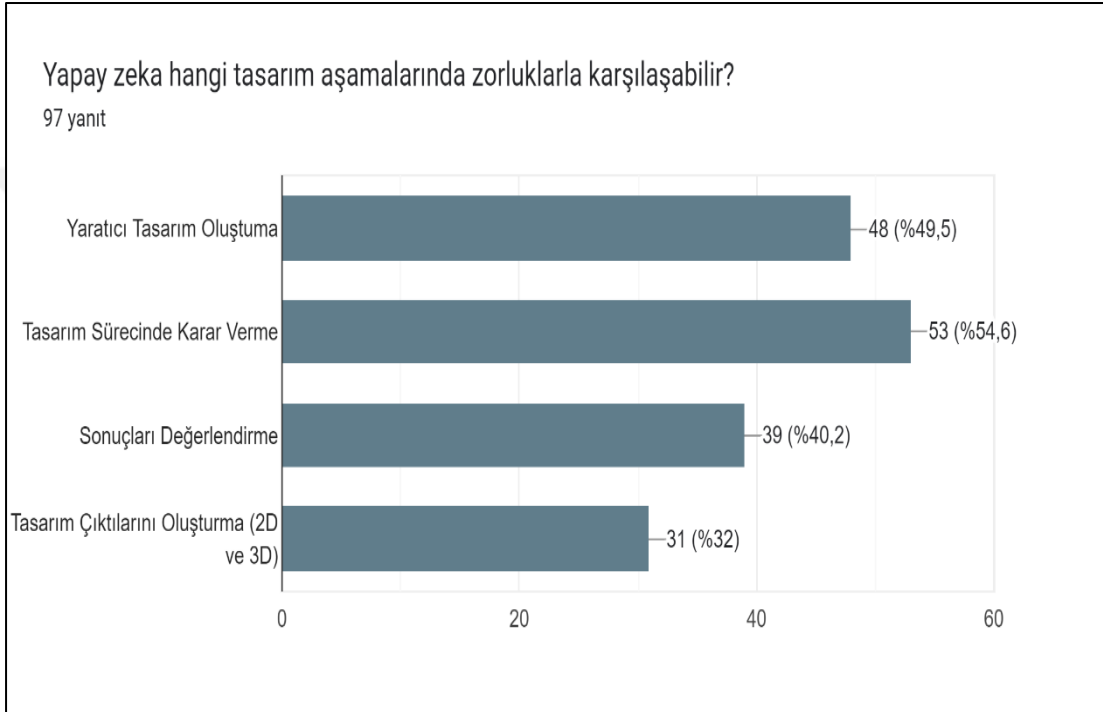
Şekil 4.6: “Yapay zeka mimarlık alanında hangi aşamalarda kullanılabilir?” sorusunun cevapları



Ankette yer alan dördüncü soruda ise yapay zekanın hangi tasarım aşamalarında zorluklarla karşılaşabileceği yer almaktadır. Bu sorunun cevapları oluşturulurken mimarların manuel tasarım süreçlerinde aldığı önemli roller üzerinden seçimler yapılmıştır. Soru üzerine yaratıcı tasarım oluşturma, tasarım sürecinde karar verme, sonuçları değerlendirme ve tasarım çıktılarını oluşturma (2D ve 3D) şeklinde cevaplar alınmıştır. Bu cevaplar mimarların tasarım süreçlerinde etkin olarak rol aldığı ve süreci öznel birikim ve deneyimlerine dayalı olarak yönettiği aşamalardan seçilmiştir. Katılımcılardan 53 kişi tasarım sürecinde karar vermeyi işaretlerken, 48 kişi yaratıcı tasarım oluşturmaya işaretlemiştir. Katılımcılar YZ'nın karar verme aracı olarak kullanılmasında en büyük zorluğu yaşayacağını düşünmüştür. Çünkü tasarım sürecinde karar verme, mimarların öznel deneyimlerinden faydalandığı ve yaptığı seçimler ile sürecin gidişatını belirlediği ve sonuçta ideal tasarıma ulaşana dek birçok aşamada yer alan bir tanımı kapsamaktadır. İkinci en büyük zorluk olarak seçilen yaratıcı tasarım oluşturma ise mimarlar için erken tasarım aşamasından itibaren başlayan ve nihai sonuca kadar devam eden, mimarın tasarımsal bakış açısı ile öznel parametreler barındıran bir süreçten oluşmaktadır. Bu sonuçlarla birlikte katılımcılardan 39 kişi sonuçları değerlendirmeyi işaretlerken, 31 kişi tasarım çıktılarını oluşturma (2D ve 3D) seçeneğini işaretlemiştir. Sonuçları değerlendirme aşaması mimarlar için iyi veya kötü olarak net cevaplar ile yanıtlanamayan ama aynı zamanda süreçte nesnel olarak değerlendirilebilecek aşamaların tasarımcı

parametrelerinin bir veri setine dönüştürülebilmesi açısından daha olası bir aşama olarak düşünülmüştür. Tasarım çıktılarını oluşturma ise zaten bilgisayar destekli araçlar ile oluşturulabilirken, YZ araçları ile de geliştirilebilmesi daha kolay bir süreç olarak görülmüştür. Katılımcıların bu soru özelinde verdiği cevaplar **Şekil 4.7** üzerinden aktarılmıştır.

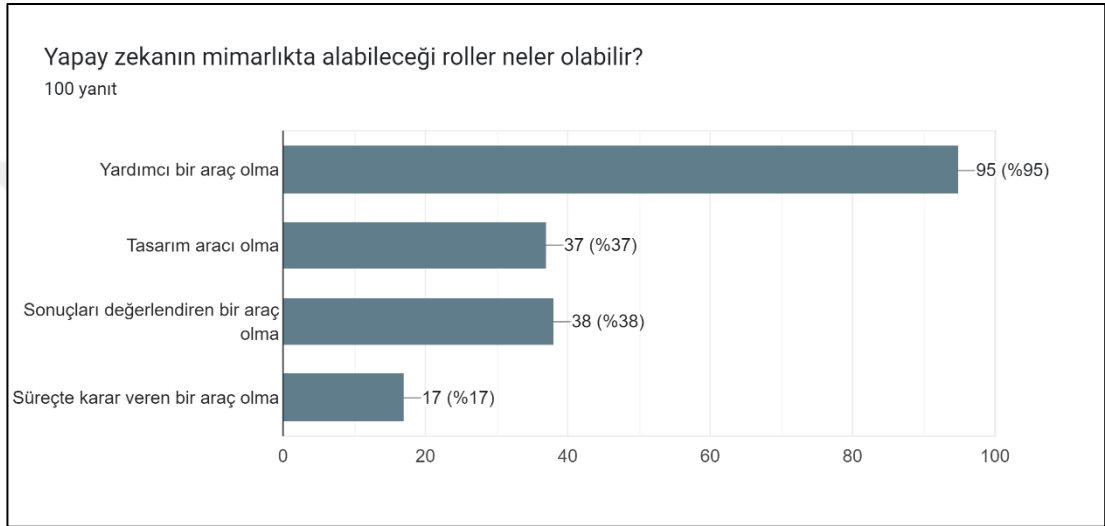
Şekil 4.7: “Yapay zeka mimarlık hangi tasarım aşamalarında zorluklarla karşılaşabilir?” sorusunun cevapları



Ankette yer alan beşinci soru ise yapay zekanın mimarlıkta alabileceği roller neler olabilir şeklindedir. Bu sorunun cevapları yardımcı bir araç olma, tasarım aracı olma, sonuçları değerlendiren bir araç olma ve süreçte karar veren bir araç olma seçeneklerinden oluşturulmuştur. Katılımcılardan 95 kişi yardımcı bir araç olmayı işaretlemiştir. Bu soru özelinde katılımcılar YZ’nın yardımcı bir araç olması konusunda neredeyse hemfikir olmuştur. Katılımcılarda 38 kişi sonuçları değerlendiren bir araç olmayı işaretlerken, 37 kişi de tasarım aracı olma seçeneğini işaretlemiştir. Bu cevaplar arasında neredeyse aynı oran gözlemlenmiştir. Mimarların gözünden YZ’nın gelecek dönemlerde tasarım aracı olma ile sonuçları değerlendiren bir araç olma rolü birbirine yakın olasılıklar olarak görülmüştür. Katılımcılardan sadece 17 kişi süreçte karar veren bir araç olma seçeneğini işaretlemiştir. Bir önceki

soruda da katılımcılar YZ aracının en fazla karar verme aşamalarında zorluk yaşayacağını düşünürken bu soruda da benzer bir durum olarak YZ'nın gelecek dönem mimarlığında bir karar verme aracı olarak kullanılabilme durumuna olası bakmamışlardır. Katılımcıların bu soru özelinde verdiği cevaplar **Şekil 4.8** üzerinden aktarılmıştır.

Şekil 4.8: “Yapay zekanın mimarlıkta alabileceği roller neler olabilir?” sorusunun cevapları



Anket çalışması kapsamında mimarların YZ hakkında bilgi ve deneyime sahip olma oranları yüksek olmakla birlikte YZ'yı aktif olarak kullanan mimarların şimdilik azınlık bir grup oluşturduğu gözlemlenmiştir. YZ hakkında bilgisi olmayan mimar ise neredeyse yok denecek kadar az bir orana sahiptir. Bu anket çalışması özelinde günümüzde mimarların, YZ araçlarını gelecekte kendilerine yardımcı bir araç olarak gördüklerini göstermiştir. YZ mimarlık dünyası için sürekli gelişen ve değişen araçlar üretmekle birlikte mimarların gözünden de kendine yeni roller tanımlamaya devam etmektedir. Bu roller zamanla mimarların üretim süreçlerini şekillendirirken, onların rollerinde ve mesleki tanımlamalarında da değişimler gerçekleştirecektir. Mimarlar bu süreçlerde kendilerini yönetici/yönlendirici pozisyonlarda görürken, manuel süreçlerde aldıkları önemli rollerin YZ araçları üzerinden geliştirilebilme ihtimalini düşük görmektedir. Ancak bu sonuçlarla birlikte mimarlık alanında her geçen gün YZ araçlarının kullanımının artacağını söylemek mümkündür. Ve bu gelişim bizlere gelecek dönem mimarlarının dijital çağ ile birlikte gelen yeniliklere ve gelişimlere uzak olmaması gerektiğini, eğitimden başlayıp çalışma hayatına kadar varan süreçte

farklı pozisyonlarda yer alan mimarların bu teknolojileri öğrenmeye ve kullanmaya istekli olması gerektiğini göstermektedir. Çünkü gelecek dönemlerde mimarlık alanında YZ'nın bu rollerin hepsinde gelişim göstermesi ve hatta farklı roller geliştirmesi olası görünmektedir. YZ'nın kazandığı bu rollerin mimarlar için de farklı roller tanımlayacağı bir gerçektir.



5. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında mimarın zamanla değişen teknikler ve gelişen yöntemler ile artan sorumluluk alanları incelenerek mimarın yıllar içerisinde kazandığı roller araştırılmıştır. Mimarlığın, meslek tanımının oluşmasından bu zamana kadar geçen sürede birçok rolde karşımıza çıktığı gözlemlenmiştir. Bu rollerin oluşmasındaki etkenlerin başında zamanla gelişen teknikler ve teknolojiler olmuştur.

Bilgi aktarımında çizimi kullanan mimarlar, çizim için üretim yöntemi olarak manuel sistemleri kullanırken, bilgisayar destekli tasarım araçlarının oluşması ile birlikte iki boyutlu çizimlerini bilgisayar ortamına aktarmaya ve o ortamda üretmeye başlamıştır. Bilgisayar destekli tasarım süreçleri mimarlık alanı için dijitale geçişin ilk adımı olmuştur. Bu yöntemler sayesinde artık çizimle üretilen bilginin saklanması ve aktarılması daha kolay olurken, aynı zamanda üretilmesi aşamasında da bir hız kazanılmıştır. Üretim aşamasında kazanılan hız verimliliği artırırken çalışmanın revize edilmesi, hataların düzeltilmesi gibi noktalarda da yardımcı olmuştur.

Bilgisayar destekli tasarım süreçleri aynı zamanda mimari ofis organizasyonlarında sorumluluğu ve kapsam alanları artan mimarlar için büyük avantajlar sağlamıştır. Çünkü mimarlık meslek tanımının oluşmasından önceki dönemlerde ustalar tarafından gerçekleştirilen ve deneyim yoluyla öğrenilen sonraki nesillere usta-çırak ilişkisi ile aktarılan bir sürece sahipken mesleki tanımların oluşması ile daha teknik ve bilgiye dayalı bir hale gelmiştir. Bu bilginin aktarımı ve üretimi mimari ofislerde zamanla artan iş yükü ve proje sayısına bağlı olarak zorlaşmıştır. Artan iş yükü mimari ofislerde organizasyon oluşturmayı ve bir proje yürütücüsüne ihtiyacı doğurmuştur. Gelişen teknoloji ile sürece entegre olan bilgisayar destekli tasarım araçları süreci kolaylaştırırken, mimarların proje süreçlerini organize etme, inşa sürecini detaylandırma ve projeyi yönetme aşamalarını kolaylaştırmıştır.

Mimarlık alanında teknolojik gelişmeler ile süreç bilgisayar destekli tasarımdan YZ destekli tasarıma doğru bir dönüşüm geçirmiştir. Bu çalışmada mimarın değişen rolü için bir kılavuz oluşturulmaya çalışılmış ve geleceğin mimarları için hem eğitim hem çalışma hayatlarında kendilerine teknoloji ile entegre bir yol çizmeleri gerektiği vurgulanmıştır. Bu kapsamda mimarlık dünyasının YZ'ya olan bakış açısının

değerlendirilmesine önem verilmiştir. Çünkü günümüzde bu süreçlere olan bakış ve yaklaşım gelecek dönemlerin nasıl şekilleneceğinin ipuçlarını bizlere göstermiştir. Çalışma kapsamında YZ'nın farklı kullanım alternatifleri ve metotları irdelenmiştir. Bunun yanı sıra yerel mimarlara yönelik bir anket çalışması yapılarak YZ'nın mimarlık alanındaki geleceğine yönelik beklentiler ölçülmüştür. Bu iki bulgu çalışmanın bu sonuç ve tartışma bölümünde karşılaştırılacaktır.

Çalışma kapsamında incelenen noktalardan biri tasarımın erken aşamasında ilham kaynağı olarak YZ'nın kullanılıp kullanılamayacağı sorusu olmuştur. Mimarlığın erken aşamalarında alanın kararlar daha çok kavramsal olarak ifade edilebilecek içerisinde yaratıcı olma durumunu barındıran kararlardır. Üretken tasarımda YZ'nın kullanıldığı yöntemler incelendiğinde süreçlerde YZ'nın alternatif üretme yöntemlerinden faydalanılarak tasarım sürecinin potansiyellerini ortaya koyma çalışmaları yapılmıştır. YZ aracının tasarımın erken aşamasında kullanılabilmesi hayal etme, fikir yürütme, yaratıcı olma ve kavramsal bağlam oluşturma süreçlerinin makinelerle ne kadar öğretilebileceği çelişkisini ortaya çıkarsa da buna yönelik araçlar sayesinde mimarlar gözle göremediği alternatifleri veya olasılıkları bilgisayar ortamlarında keşfederek yaratıcı olma durumlarını daha ileri bir seviyeye taşımışlardır. Bu süreçte yaratıcılık kavramına odaklanıldığında mimarların YZ'yı kullanarak yeni algoritmalar oluşturma veya yeni veri setleri geliştirmesi keşifsel yaratıcılık olarak adlandırılmıştır. Dolayısıyla YZ teknolojileri mimarın tanımları ile birlikte üretim süreçlerinde yer alan kavramların da değişip dönüşmesini sağlamıştır. Bu gelişim gösteriyor ki artık yeni bir mimarlık, yeni bir üretim ve yeni bir rol var olmuştur. Keşifsel yaratıcılığa yönelik beklentilerin varlığı yapılmış olan anket ile de doğrulanmıştır. Ankete katılan mimarların büyük bir çoğunluğu YZ araçlarına hakimdir ya da bu konuda az da olsa bilgiye sahiptir. Katılımcıların sadece %1'i hiçbir fikrim yok yanıtı vermiştir. YZ deneyimine sahip katılımcılar %86 oranında YZ'nın tasarım aşamasında kullanılabileceğini düşünmektedir. Bu da YZ'nın hali hazırda tasarım süreçlerine dahil olduğunu ve mimari tasarım süreçlerinde keşifsel bir yaratıcılığı tetiklediğini göstermektedir.

YZ'nın en gelişmiş alt dalı olan derin öğrenmenin kullanımı ise daha güncel bir konu olmakla birlikte mimarlık alanında da kendine bir yer edinmiştir. Derin öğrenmenin temel çalışma sürecinde en önemli aşama veri seti oluşturulmasıdır. Ancak bu veri makine öğrenme süreçlerinin aksine daha fazla veriye ihtiyaç duyulan büyük veri

olarak adlandırılmıştır. Günümüzde insanlar internet ortamında paylaştıkları her veri ile bu sistemi beslemiş ve dijitalleşen dünyamızda veri miktarında yaşanan hızlı artış ile derin öğrenmenin gelişiminde de sıçramalara neden olmuştur. Bu gelişim diğer birçok sektör gibi mimarlık alanını da etkilemiştir ve bu yöntem ile üretilen çalışmaların sayısı gün geçtikçe artmaktadır.

Çalışma kapsamında derin öğrenme tekniklerinin kullanıldığı örnekler incelenerek gelecekte karşımıza çıkabilecek varsayımlarda bulunulmuştur. Derin öğrenme teknikleri ile mimarlık alanında analiz çalışmaları yapılmıştır. Mimarlar derin öğrenme tekniklerinde veri setini oluşturan bir rol de karşımıza çıkmıştır. Doğru veri setinin oluşturabilmesi için önemli olan nokta, analiz ve araştırma süreçlerinde iyi bir ayrıştırma yapılarak algoritmanın doğru eğitilmesini amaçlamaktır.

Derin öğrenme ile gerçekleştirilen bir analiz çalışmasında algoritmalar inşa edilmiş tasarımların mimarlarını tahmin edecek şekilde eğitilmiştir ve her bir örnek tasarım üzerinden tahminler sıralanmıştır. Bu örnek çalışma özelinde dünyaca ünlü mimarların projelerindeki potansiyellere ve manuel analizlerle elde edilemeyecek sonuçlara ulaşılmıştır. Derin öğrenme ile desteklenen çalışmalar incelenirken disiplinler arası bir bölüm olan mimarlığın en çok etkilendiği alanlardan biri olan sanat özelinde de yapılan bir çalışma incelenmiştir. Geçmiş dönemlerin önemli ressamlarından biri olan sanatçının yaptığı eserler veri setlerine dönüştürülerek yaşıyadı nasıl bir resim çizerdi sorusuna YZ teknolojileri kullanılarak cevap aranmıştır. Ve oluşturulan eğitim seti ile ressamın izlerini taşıyan yeni bir resim üretilmiştir. Bu üretilen yeni resim dijital eller ile verinin gücü kullanılarak ortaya çıkarılmıştır.

Bu örnek çalışma mimarlık alanında uygulanabilir mi sorusu üzerine bir varsayım oluşturulmuş ve böyle bir çalışmanın mimarlık alanında yaratacağı olası kazanımlar tartışılmıştır. Geçmiş dönemde mimarlık dünyasına yeni bakış açıları kazandıran mimarların, günümüz mimarlarıyla bir araya gelmesi mümkün değilken bu birliktelik YZ sayesinde dijital ortamda sağlanarak bir üretime dönüştürülebileceği sonucuna varılmıştır.

Böyle bir çalışmanın yürütülebilmesi, gerekli veri setlerinin hazırlanabilmesi mimarlık alanında bilginin işlenmesine farklı bir bakış açısı getirebilecektir. Böyle bir olasılığın varsayımı bile mimarlık alanında YZ'nın kullanımına yönelik heyecan vericidir. Tüm bu çalışmalar ve olasılıklar gelecekte mimarların, tasarım sürecinde, sürecin öznesi

olmak yerine, tasarım süreci için YZ'ya veri sağlayan bir role bürüneceğine dair bir beklentiyi ortaya koymaktadır. Ancak, mimari tasarım süreçlerinde iyi ve kötünün belirlenmesinin öznel bir süreç olmasından dolayı YZ'nın tasarımı sonlandıracak kararları veremeyeceği düşünülmektedir. Bu sebeple mimarlar sadece veri sağlayan değil, süreci yöneten ve kontrol eden bir rolü de tekellerinde tutabilirler. Nitekim anket çalışmasına katılan mimarların da beklentilerinin bu yönde olduğu görülmüştür. Ankete katılan mimarlar YZ'nın en çok sonuçları değerlendirme konusunda zorlanacağını düşünmüş ve süreçte karar verici bir pozisyon alması olasılığına yalnızca katılımcıların %17'si olabilir cevabı vermiştir.

Dolayısıyla mimarlar YZ teknolojilerinin kullanıldığı süreçlerde, sahip olduğu tecrübeleri, eğitimle kazandığı bilgi birikimleri, kültürel değerleri, içsel olarak geliştirdiği sanatsal bakış açıları sayesinde oluşturduğu veri setleri ile bir kontrol ve denetleme noktası olma rolünde karşımıza çıkmıştır. Dijital çağın öncesindeki süreçte mimarların kullandığı yardımcı araçlar sadece sürece destek olup mimarların verimliliklerini artırırken, YZ'nın entegre edildiği süreçlerde YZ, mimarların yaratıcı olma becerilerini baz alarak taklit yoluyla, -mimarların yeteneklerini öğrenecek şekilde eğitilmiş algoritmalar sayesinde- tasarım olgusuna kavramsal boyutta bilişsel bir katkı sunmuştur. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlara bakıldığında YZ araçlarının mimarlara destek olmanın ötesine geçtiği düşünülmüştür. Günümüzdeki meslek alanlarının çoğu için geçerli olan bu insan makine ve insan arasındaki iş bölümü, YZ sistemleri söz konusu olduğunda tersine dönmektedir. Bilgisayar destekli tasarım süreçlerinde mimarlar tasarımları üreten, makinenin ise bir asistan olarak işin üretilmesinde yardımcı bir araç olma rolü, YZ sistemleri söz konusu olduğunda mimari veri setini oluşturan, makinenin ise veriyi işleyen araç olduğu bir iş birliğine evrildiği görülmektedir. Bu evrilen durum gelecek dönem mimarları için teknolojinin getirdiği yenilikleri öğrenen ve geliştiren mimarlar için farklı mesleki tanımlar kazandıracaktır. Ancak bu yeniliklerin uzağında kalan mimarlar da kendi potansiyelleri çerçevesinde farklı mesleki alanlar oluşturacaktır.

YZ'nın kullanıldığı süreçlerin başka bir özelliği de YZ yaklaşımının, ideal sonuca ulaşmayı amaçlıyor olmasıdır. YZ bir tasarım problemi için hem en optimal ve performatif sonucu bulabilme; hem de tüm olasılıkları değerlendirme kapasitesi neticesinde en özgün sonuca da ulaşabilme yeteneğine sahip olabilir. Örneğin Elbphilharmonie'nin tasarımcısı Benjamin Koren YZ'nın bu pozisyonunu söyleminde

dile getirmiştir. YZ gelecekte daha da fazla performatif ve özgün tasarımlar üretilmesini sağlayabilir. Nitekim ankete katılan mimarların %60'ı YZ araçlarının enerji verimliliğini değerlendirme konusunda kullanılabileceğini iletmışlerdir.

Ötesinde ankete katılan mimarlar YZ'yı inşa aşamasında kullanılabilecek bir araç olarak görmemiş olsalar da YZ gelişmiş algoritmaları robotik alanında yoğun olarak kullanılmaktadır ve gelecekte YZ güdümlü robotların inşada kullanılabileceği ön görülmektedir. Bu da mimarların inşa sürecini de tasarlama -modern dönemdeki salt kontrolör rollerinden farklı olarak- gibi bir rol kazanacakları düşünülmektedir.

Sonuç olarak bu tez çalışmasında gösterilen YZ etkisiyle mimarın değişen rolünün ana hatları aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

1. YZ, mimarın rolünü değiştirerek performans odaklı tasarımların öne çıkmasını sağlamış ve kullanılan yöntemlerin tasarım süreçlerindeki etkinliğini artırmıştır. Bu da hem performatif hem özgün tasarım yapmayı mimarların görev tanımına eklemektedir.
2. Mimarlar gelecekte inşa sürecinde robotik kollara öğreten algoritmalar hazırlayarak, ya da robotların konumunu ve görevini belirlemek suretiyle tasarımını yaptıkları projelerin üretim aşamalarını da tasarlayan bir konuma evrilebilecektir.
3. Mimarların yapay zekayı erken tasarım yaklaşımları üretmesi yeni bir yaratıcılık türü ortaya çıkarmış, bu da keşifsel yaratıcılık olarak adlandırılmıştır. Gelecekte bu tür tasarım süreçleri gelişecek ve yaygınlaşacaktır.
4. Günümüzde hayatta olmayan, mimarlık dünyasına yeni bakış açıları kazandıran mimarların ya da sanatçıların, geçmiş tasarımları üzerinden yeni olası çalışmaları üretilmiştir, dijital ortamda bu kişilerle birliktelik sağlanarak ortak bir üretim yapılması yönünde çalışmalar vardır. Bu ve benzeri tasarım süreçlerinde mimarlar tasarımın öznesi konumunu kaybedebilirler. Tasarım süreci için veri sağlayan ve veriyi organize eden bir pozisyon alabilirler.
5. YZ sistemleri söz konusu olduğunda mimari veri setini oluşturan, makinenin ise veriyi işleyen araç olduğu bir iş birliğine evrildiği görülmektedir. Ancak mimarlar özgün süreçlerin değerlendirilmesi konusunda konumlarını koruyabilirler. Dolayısıyla veri üretme ve organize etmenin yanında, sürecin yönetimi ve kontrolü de mimarların görev tanımları içinde kalabilir.

Sonuç olarak gelecek yıllarda mimarlık ve YZ ilişkinin artarak devam edeceği öngörülmüştür. Bu gelişimin mimarlar için sorumluluk alanını artıran (veri toplaması, organizasyonu, süreç tasarımı, yönetimi, kontrolü) ve öğrenim yöntemlerini dönüştüren etkiyi beraberinde getirdiği gözlemlenmiştir. Yanı sıra tasarım süreçlerinde yaratıcılığın tanımı ve anlamı da değişmektedir.

Bu doğrultuda mimarların güncel çalışmaları anlayıp kavrayabilmesi için en azından bir programlama dili öğrenerek bu alanda kendilerine bir edinim kazanmaları gerektiği düşünülmüştür. Sadece YZ destekli tasarımlar oluşturmak değil dünya genelinde bu alanda yapılmış çalışmaların süreçlerini kavrayabilmek adına da YZ ve kodlama alanlarında bilgi sahibi olmanın önemli olduğuna inanılmaktadır. Çalışma özelinde incelenen her bir örnekte YZ alanında geliştirilen farklı teknikler ve yöntemlerin kullanıldığı gözlemlenmiştir. Örnekler özelinde, tekniklerin anlaşılması adına ön bilgilendirmeler aktarılmaya çalışılmış ancak bu alanın her geçen gün yeni gelişen tekniklere açık olduğu görülmüştür. Bu gelişimin takipçisi olmak mimarlık alanında güncel kalmanın bir yolu olarak görülmüştür.

Geleceğin mimarları olmak adına bu çalışmanın ortaya koyduğu yeni kazanımlara ve gelişen teknolojiye ayak uydurmak, aynı zamanda mimarlık eğitim süreçlerinde bu teknolojilerin de öğretilmesine önem verilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. YZ araçları ile birlikte gelişen veri setlerinden tasarım süreç ve sonuçlarını koordine etme durumu mimarlar için güncel bir konu olmakla birlikte her geçen gün değişim ve gelişim gösteren bir alan olmaktadır. Bu dönüşümün takipçisi olmak ve teknolojinin paralelinde gelişim göstermek gelecekte şekillenecek mimarlık dünyasında yer edinmenin bir yolu olmaktadır.

Bu bağlamda, bu çalışma hem geleceğin mimarları için bir kılavuz oluşturmuş, hem de gelecekteki çalışmalara kaynak olabilecek biçimde mimarlık alanında YZ literatürüne katkı sağlamıştır.

KAYNAKLAR

Acerer İ.T., (2021), “A discussion on architecture and artificial intelligence studies through the SEEK and citymatrix projects”, Yüksek Lisans Tezi, Yeditepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Akyol, S., & Alataş, B., (2012), Güncel Sürü Zekası Optimizasyon Algoritmaları. Nevşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 1(1).

Ardatürk. A.Ş., (2020), “Tasarım Üretiminde Yeni Zanaat”, Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Artut, S., (2019), Yapay zeka olgusunun güncel sanat çalışmalarındaki açılımları. İnsan ve İnsan, 6(22), 767-783. <https://doi.org/10.29224/insanveinsan.478162>

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.

Atasoy. D., (2008), “Yapay Zeka ve Mimarlık, Yüksek Lisans Tezi”, Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

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.

Ballieker, E., (2018), Supervised& unsupervised learning, regression, classification, clustering. Erhan Ballieker. <https://erhanballieker.com/2018/12/11/azure-machine-learning- studio-ile-machine-learning-giris-bolum-2/>

Başarır, L., (2020), What if AI apprentices outperform their human counterparts?. Journal of Computational Design, 1(3), 153-166.

Chen, Y., Argentinis, J. E., & Weber, G., (2016), IBM Watson: how cognitive computing can be applied to big data challenges in life sciences research. Clinical therapeutics, 38(4), 688-701.

Cichocka, J. M., Migalska, A., Browne, W. N., & Rodriguez, E., (2017), SILVEREYE–the implementation of Particle Swarm Optimization algorithm in a design optimization tool. In Computer-Aided Architectural Design. Future Trajectories: 17th International Conference, CAAD Futures 2017, Istanbul, Turkey, July 12-14, 2017, Selected Papers 17 (pp. 151-169). Springer Singapore.

Cudzik, J., & Radziszewski, K., (2018), Artificial intelligence aided architectural design.

Dobychin, V., (2023), Machine learning algorithms.

Doğankaya, A., (2023), 21. Yüzyılda İnsan Haklarına Yönelik Yeni Bir Tehdit: Yapay Zeka, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Gallo, G., Tuzzolino, G., & Fulvio, W., (2020), The role of Artificial intelligence in architectural design: conversation with designer and researchers. In Conference proceedings of the 7th International Conference on Architecture and Build Environment S. ARCH (pp. 1-8). S. Arch.

Gavrilova, Y., Stryungis, R., (2020), Machine Learning: Algorithm Classification Overview. Serokell. <https://serokell.io/blog/machine-learning-algorithm-classification-overview>

Haltaş, A., Alkan, A., & Karabulut, M., (2015), METİN SINIFLANDIRMADA SEZGİSEL ARAMA ALGORİTMALARININ PERFORMANS ANALİZİ. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 30(3), 417-427.

High, R., (2012), The era of cognitive systems: An inside look at IBM Watson and how it works. IBM Corporation, Redbooks, 1, 16.

Kostof, S. (Ed.), (2000), The architect: Chapters in the history of the profession. Univ of California Press.

Maali Esfangareh, A., (2022), ADOPTING AI TECHNIQUES IN ROBOTIC FABRICATION IN ARCHITECTURE: INTELLIGENT ROBOTIC BRICKLAYING USING REINFORCEMENT LEARNING ALGORITHMS (Master's thesis, Middle East Technical University).

M Atwa, S., & M Saleh, A., (2023), Understanding the Role of Architect in the Artificial Intelligence Era-“An Approach to AIA in Egypt”.

Menges, A., & Wortmann, T., (2022), Synthesising artificial intelligence and physical performance. Architectural Design, 92(3), 94-99. <https://doi.org/10.1002/ad.2819>.

Mijwel, M. M., (2015), History of Artificial Intelligence. 3. 1-8. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16418.15046>.

Naeem, S. & Ali, A. & Anam, S. & Ahmed, M., (2023), An Unsupervised Machine Learning Algorithms: Comprehensive Review. IJCDS Journal. 13. 911-921. <https://doi.org/10.12785/ijcdis/130172>

Negroponte, N., (2011), Towards a humanism through machines. Computational design thinking: computation design thinking. Chichester: John Wiley & Sons. 78–85.

Nisha.C.M, & Thangarasu, N., (2023), Deep learning algorithms and their relevance: A review. International Journal of Data Informatics and Intelligent Computing. 2. 1-10. <https://doi.org/10.59461/ijdiic.v2i4.78>

Orhun, D., & Özcan, N., (2014), Sayısal tasarım–mimarlıkta morfojenetik tasarım ve öncü örnekler. Mimarlık Dergisi, 376(3-4), 47-50.

Özerol, G., & Arslan Selçuk, S., (2023), Machine learning in the discipline of architecture: A review on the research trends between 2014 and 2020. International

Journal of Architectural Computing, 21(1), 23-41.
<https://doi.org/10.1177/14780771221100102>.

Paksın, B., (2020), Görsel Sanatlarda Yapay Zeka ve Yaratıcılık İlişkisi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, İzmir.

Paksoy, Ö. G. D. S., & Uzun, Y. D. D. A., (2008), Genetik Algoritma ile Kaynak Kısıtlı Proje Çizelgeleme. Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 17(2), 345-362.

Pouliou, Panagiota & Horvath, Anca & Palamas, George., (2023), Speculative hybrids: Investigating the generation of conceptual architectural forms through the use of 3D generative adversarial networks. International Journal of Architectural Computing. 21. 147807712311682. <https://doi.org/10.1177/14780771231168229>.

Rahbar, M., Mahdavinejad, M., Markazi, A. H., & Bemanian, M., (2022), Architectural layout design through deep learning and agent-based modeling: A hybrid approach. Journal of Building Engineering, 47, 103822.

Robert, E., Roberts, G., & Beber, G., (2009), Parsing the Turing test. Philosophical and Methodological Issues in the Quest for the Thinking Computer.

Saadi, J., & Yang, M., (2023), OBSERVATIONS ON THE IMPLICATIONS OF GENERATIVE DESIGN TOOLS ON DESIGN PROCESS AND DESIGNER BEHAVIOUR. Proceedings of the Design Society, 3, 2805-2814. <https://doi.org/10.1017/pds.2023.281>

Sharma N., Sharma R., Jindal N., (2021), Machine Learning and Deep Learning Applications-A Vision. Global Transitions Proceedings. 2. 24–28. <https://doi.org/10.1016/j.gltp.2021.01.004>

Soddu, C., & Colabella, E., (1997), Artificial intelligence and architectural design. In CAAD Futures (Vol. 95).

Şanlı, E., & Kavraz, M., (2023), ELBPILHARMONIE Hamburg Konser Binasının Konum, Mekan Ve Yapısal Açından Değerlendirilmesi. Yalvaç Akademi Dergisi, 8(1), 1-19. <https://doi.org/10.5712/yalvac.1217076>

Şapıcı, B, Taşlı Pektaş, Ş., (2021), Makine Öğrenmesi Aracılığı ile Kullanıcı Deneyimi Bilgilerinin Erken Mimari Tasarım Süreçleriyle Bütünleştirilmesi. Journal of Computational Design, 2 (1), 67-94.

Tan. F., (2019), “Temsilden simülasyona: mimarlıkta yapı enformasyon modelleme etkisi”, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Tan, F., & Paker, N., (2018), Çizimin Mimarlığı ve Mimari Bir Motivasyon Olarak Çizim. Betonart.

Tan, F., & Paker Kahvecioğlu, N., (2019), Mimarlıkta simülatif notasyon: yapı enformasyon modelleme = Simulative notation in architecture: building information modeling. *International Refereed Journal of Architecture and Design*, 16, 391–420.

Tan, F., & Paker Kahvecioğlu, N., (2022), The changing customs of architectural design: The effects of building information modeling in a local context. *A/Z : ITU Journal of Faculty of Architecture*, 19(2), 371–385.
<https://doi.org/10.5505/itujfa.2022.60370>

Tong, H., Türel, A., Şenkal, H., Yagci Ergun, S. F., Güzelci, O. Z., & Alaçam, S., (2023), Can AI Function As A New Mode of Sketching. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 18(18), 234–248.
<https://doi.org/10.3991/ijet.v18i18.42603>

van Berkel, B., (2020), Design, Data and Liveability: The Role of Technology Within the Future of an Expanded Profession. *Architural Design*, 90: 58-65.
<https://doi.org/10.1002/ad.2547>

Vukorep, I., & Kotov, A., (2021), Machine learning in architecture: An overview of existing tools. *The Routledge Companion to Artificial Intelligence in Architecture*, 93-109.

Web 1, <https://www.adobe.com/products/firefly/discover/generative-ai-vs-other-ai.html#:~:text=Narrow%20AI,forms%20of%20narrow%20artificial%20intelligence>. (Erişim Tarihi: 10.11.2023)

Web 2, <https://www.novacore.com.tr/yapay-zeka-turleri-nelerdir-yapay-zekann-tarihcesi.html>. (Erişim Tarihi: 15.11.2023)

Web 3, <https://www.archdaily.com/806242/elytra-filament-pavilion-icd-itke-university-of-stuttgart>. (Erişim Tarihi: 21.12.2023)

Web 4, <https://news.microsoft.com/europe/features/next-rembrandt>. (Erişim Tarihi: 15.01.2024)

Web 5, <https://www.dd-platform.com/sasirtici-konser-salonunu-tasarlayan-bilgisayar-algoritmasi/> (Erişim Tarihi: 22.09.2023)

Web 6, <https://www.icmimarlikdergisi.com/2017/10/05/hamburgun-carpici-konser-binasi-elbphilharmonie/> (Erişim Tarihi: 05.10.2023)

Wenjun, M., & Malaeb, J., (2019), AIA Artificial Intelligence in Architecture GENERAL UNDERSTANDING AND PROSPECTIVE STUDIES. *Artificial Intelligence in Architecture*.

Yıldırım, E., (2023), Mimarlıkta Yapay Zeka. *Dijital Dönüşüm ve Değişen Uygulamalar*. 1. 561-575.

Yoshimura, Y., Cai, B., Wang, Z., & Ratti, C., (2019), Deep learning architect: Classification for architectural design through the eye of artificial intelligence. *Computational Urban Planning and Management for Smart Cities* 16, 249-265.

Zhang, H., Xu, T., Li, H., Zhang, S., Wang, X., Huang, X., & Metaxas, D. N., (2017), Stackgan: Text to photo-realistic image synthesis with stacked generative adversarial networks. In *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision* (pp. 5907-5915).

Zhuang, X., Ju, Y., Yang, A., & Luisa Caldas., (2023), Synthesis and generation for 3D architecture volume with generative modeling. *International Journal of Architectural Computing*, 21(2), 297–314.
<https://doi.org/10.1177/14780771231168233>



ÖZGEÇMİŞ

Fatmanur TAVLAŞOĞLU DURAN, 2019 yılında Gebze Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü'nde lisans eğitimini tamamlamıştır. 2020 yılında Gebze Teknik Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başlamıştır. Lisans eğitimini tamamladıktan sonra özel sektörde çalışmalarını sürdürmüş ve 2023 yılında kendi mimarlık firmasını kurarak özel sektördeki çalışmalarına halen devam etmektedir.



TEZ ÇALIŞMASI KAPSAMINDA YAPILAN YAYINLAR

Tavlaşoğlu Duran, F., Tan Bayram, F. (2023), Mimarlık Alanında Yapay Zekanın Etkileri ve Mimarın Dönüşümü, 9. Uluslararası Mimarlık Ve Tasarım Kongresi, 25-26 Kasım, İstanbul, Türkiye, 130-137



EKLER

Ek-A: Mimarlıkta Yapay Zeka ve Mimarın Rolü Anket Soruları

Mimarlıkta Yapay Zeka ve Mimarın Rolü

Bu anket mimarlık alanında yapay zekanın etkileri ve mimarın rolü üzerindeki değişimini incelemek adına yüksek lisans tezinde kullanılmak üzere hazırlanmıştır.

1. Mimarlık alanındaki pozisyonunuz nedir?

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- ☐ Öğrenci
☐ Akademisyen
☐ Özel Sektör Çalışanı
☐ Kamu Çalışanı
☐ Diğer

2. Yapay zeka hakkında ne biliyorsunuz?

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- ☐ Hiçbir bilgim yok
☐ Yapay zekanın ne olduğunu biliyorum ancak deneyime sahip değilim
☐ Yapay zekanın ne olduğunu biliyorum ve birkaç deneyime sahibim
☐ Yapay zekanın ne olduğunu biliyorum ve aktif olarak kullanıyorum

3. Yapay zeka mimarlık alanında hangi aşamalarda kullanılabilir?

Uygun olanların tümünü işaretleyin.

- ☐ Tasarım aşaması
☐ İnşa Aşaması
☐ Enerji Verimliliği Değerlendirme Aşaması
☐ İnşa Öncesi Simülasyon Ortamı Oluşturma

4. Yapay zeka hangi tasarım aşamalarında zorluklarla karşılaşabilir?

Uygun olanların tümünü işaretleyin.

- ☐ Yaratıcı Tasarım Oluşturma
- ☐ Tasarım Sürecinde Karar Verme
- ☐ Sonuçları Değerlendirme
- ☐ Tasarım Çıktılarını Oluşturma (2D ve 3D)

5. Yapay zekanın mimarlıkta alabileceği roller neler olabilir?

Uygun olanların tümünü işaretleyin.

- ☐ Yardımcı bir araç olma
- ☐ Tasarım aracı olma
- ☐ Sonuçları değerlendiren bir araç olma
- ☐ Süreçte karar veren bir araç olma

Google Formlar