

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**PEYZAJ MİMARLIĞINDA YAPAY ZEKA UYGULAMALARI: YAPAY ZEKA
ÜRETİMİ PEYZAJ TASARIMLARININ EKOLOJİK PERFORMANSININ
SİTES KRİTERLERİ ÜZERİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

Mehmet Onur SENEM

Bilişim Uygulamaları Anabilim Dalı

Coğrafi Bilgi Teknolojileri Programı

TEMMUZ 2024

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**PEYZAJ MİMARLIĞINDA YAPAY ZEKA UYGULAMALARI: YAPAY ZEKA
ÜRETİMİ PEYZAJ TASARIMLARININ EKOLOJİK PERFORMANSININ
SİTES KRİTERLERİ ÜZERİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

**Mehmet Onur SENEM
(706182007)**

Bilişim Uygulamaları Anabilim Dalı

Coğrafi Bilgi Teknolojileri Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hayriye EŞBAH TUNÇAY

TEMMUZ 2024

ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY ★ GRADUATE SCHOOL

**APPLICATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN LANDSCAPE
ARCHITECTURE: EVALUATION OF THE ECOLOGICAL PERFORMANCE
OF AI-GENERATED LANDSCAPE DESIGNS BASED ON SITES CRITERIA**

Ph.D. THESIS

**Mehmet Onur SENEM
(706182007)**

Applied Informatics Department

Geographical Information Technologies Programme

Thesis Advisor: Prof. Dr. Hayriye EŞBAH TUNÇAY

JULY 2024

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 706182007 numaralı Doktora Öğrencisi Mehmet Onur SENEM, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “PEYZAJ MİMARLIĞINDA YAPAY ZEKA UYGULAMALARI: YAPAY ZEKA ÜRETİMİ PEYZAJ TASARIMLARININ EKOLOJİK PERFORMANSININ SİTES KRİTERLERİ ÜZERİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Hayriye EŞBAH TUNÇAY**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Caner GÜNEY**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi İmdat AS
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Can UZUN
Altınbaş Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Belinda TORUS
Bahçeşehir Üniversitesi

Teslim Tarihi : **07 Mayıs 2024**

Savunma Tarihi : **25 Temmuz 2024**



Anneme,





ÖNSÖZ

Doktora eğitimine hazırlık sürecinde desteklerinden dolayı Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU'na, başta Coğrafi Bilgi Teknolojileri Program Koordinatörü Prof. Dr. Dursun Zafer ŞEKER olmak üzere ders aldığım İTÜ Geomatik Mühendisliği'nin kıymetli akademik kadrosuna, tez öneri sürecindeki değerli katkılarından dolayı Prof. Dr. Azime TEZER'e, TİK toplantılarındaki eleştiri, katkı ve görüşleri ile tez çalışmasını şekillendiren değerli jüri üyeleri Doç. Dr. Caner GÜNEY ve Dr. Can UZUN'a, ilk akademik görevim olan CİDDİ adlı araştırma projesinin yürütücüsü ve tezin tüm çalışma sürecindeki destekleri ve katkılarından dolayı Dr. İmdat AS'a teşekkürlerimi sunarım.

Doktora eğitimi öncesinde bile çalışmalarından faydalandığım, doktora eğitim sürecimde ve özellikle tanıştığımız son dört yıllık süreçte; eğitimime, kişisel gelişimime fedakarca katkı sağlayan, adımın geçtiği tüm etkinlikleri, yayınları, bu tez çalışmasını ve gelecekte yapacağım akademik çalışmaları mümkün kıldığı için kıymetli Doktora Tez Danışmanım Prof. Dr. Hayriye EŞBAH TUNÇAY'a içtenlikle teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Dr. İmdat AS'un yürütücü olduğu "City Development through Design Intelligence" (CİDDİ) adlı proje kapsamında birlikte çalıştığım, yayınlar ürettiğim tüm arkadaşlarıma, proje kapsamında robotik lab kurmamıza yardım eden İTÜ Mimarlık Fakültesi yönetimi, çalışanları ve tüm İTÜ ailesine teşekkür ederim.

Doktora eğitiminin tez sürecimi destekleyen 100/2000 YÖK Doktora Bursu, 118C284 numaralı TÜBİTAK projesi ve 2211-A Yurt İçi Lisansüstü Burs Programı'ndan dolayı Yüksek Öğretim Kurumu ve Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu'na teşekkür ederim.

Zorlu doktora eğitimi sürecimde özgür düşünce ve felsefe konularındaki kitaplarından ve görüşlerinden etkilendiğim Prof. Dr. Ahmet ARSLAN'a, ülkemizde bilime katkı yapmak isteyen gençleri cesaretlendirmesinden dolayı Prof. Dr. A. M. Celal ŞENGÖR'e ve doktora eğitim sürecinde COVID-19 pandemisinde görev alan ve hala fedakarca mücadele eden tüm sağlık çalışanlarına teşekkür ederim.

Ağustos 2023

Mehmet Onur SENEM
(Peyzaj Mimarı)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
ŞEKİL LİSTESİ	xv
ÖZET	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Problem Tanımı	3
1.2 Çalışmanın Kapsamı ve Sınırları	4
2. LİTERATÜR TARAMASI	5
2.1 YZ ve DÖ uygulamalarının tasarımıda kullanılması	6
2.2 GAN algoritmaları ve ilgili çalışmalar	10
2.3 YZ uygulamaları ve peyzaj tasarımı	12
2.4 YZ ve Etik	15
2.5 YZ ve Sürdürülebilirlik	19
3. YÖNTEM	23
3.1 Veri Seti Çalışmaları	23
3.1.1 Kentsel Tasarım Projeleri	24
3.1.2 Açık Kaynaklardan Projelerin İndirilmesi	24
3.1.3 Verilerin Derin Öğrenme Süreci için İşlenmesi	32
3.1.4 Veri Setinin Elde Edilmesi	32
3.1.5 Veri Setinin Bulut Ortamında Depolanması	32
3.2 Üretken Yapay Zeka Araçlarının Kullanılması	33
3.2.1 Colab Ortamında FastGAN Kurulumu	36
3.2.2 FastGAN'ın Veri Seti ile İlişki Kurması	37
3.2.3 Derin Öğrenme Süreci	37
3.2.4 Eğitilen FastGAN'nın Elde Edilmesi	38
3.2.5 FastGAN Üretimi Planların Elde Edilmesi	38
3.2.6 FastGAN Çıktılarının Depolanması	39
3.2.7 Text-to-Image	40
3.2.8 Yapay Zeka Üretimi Planların Bulut Ortamında Depolanması	41
3.3 Sustainable SITES Kriterlerinin Ölçümü	41
4. BULGULAR	49
4.1 Çekişmeli Üretken Ağ Uygulaması	49
4.2 Diffusion Model Uygulaması	50
4.3 Sustainable SITES Sonuçları	52
4.3.1 Ön Tasarım ve Planlama Kriter Grubu Değerlendirmesi	59
4.3.2 Su Yönetimi Kriter Grubu Değerlendirmesi	60
4.3.3 Toprak ve Vejetasyon Kriter Grubu Değerlendirmesi	60
4.3.4 İnsan Sağlığı ve Refahı Değerlendirmesi	61

5. TARTIŞMA	63
6. SONUÇ	75
KAYNAKLAR.....	79
EKLER	93
ÖZGEÇMİŞ.....	129



KISALTMALAR

AI	: Artificial Intelligence
ANN	: Artificial Neural Networks
BDI	: Biomass Diversity Index
CNN	: Convolutional Neural Network
ÇÜA	: Çekişmeli Üretken Ağ
DM	: Diffusion Modeller
DÖ	: Derin Öğrenme
EPA	: Environmental Protection Agency
EYSA	: Evrimsel Yapay Sinir Ağı
GAN	: Generative Adversarial Networks
GİT	: Coğrafi Bilgi Teknolojileri
IDE	: Integrated Development Environment
MÖ	: Makine Öğrenmesi
SDG	: Sustainable Development Goals
ÜYZ	: Üretken Yapay Zeka
YSA	: Yapay Sinir Ağı
YZ	: Yapay Zeka



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Web of Science’da yapılan tarama sonuçları	13
Şekil 3.1 : Çalışmanın Yöntemi.....	23
Şekil 3.2 : Yıllara Göre Değerlendirmeye Alınan Yarışmalar	25
Şekil 3.3 : Değerlendirmeye Alınan Yarışmalar.....	26
Şekil 3.4 : Değerlendirmeye Alınan Yarışmalar.....	27
Şekil 3.5 : Değerlendirmeye Alınan Yarışmalar.....	28
Şekil 3.6 : Değerlendirmeye Alınan Yarışmalar.....	29
Şekil 3.7 : Değerlendirmeye Alınan Yarışmalar.....	30
Şekil 3.8 : Değerlendirmeye Alınan Yarışmalar.....	31
Şekil 3.9 : Colab ve Drive dosyalarının iletişim kurması.....	36
Şekil 3.10 : Kurulan ve Drive ortamına yüklenen FastGAN modeli ile iletişim kurulması	36
Şekil 3.11 : Github kaynağındaki FastGAN modelinin klonlanması	36
Şekil 3.12 : Kütüphanelerin yüklenmesi.....	37
Şekil 3.13 : Veri setinin klasörünün gösterilmesi.....	37
Şekil 3.14 : Çıktıların yükleneceği klasörün gösterilmesi	37
Şekil 3.15 : FastGAN modelinin eğitim komutu	38
Şekil 3.16 : Eğitilen FastGAN modelinin plan üretme komutu	38
Şekil 3.17 : FastGAN tarafından üretilen planların Drive’da deponlanması için oluşturulan algoritma	39
Şekil 3.18 : 50.000 iterasyonlu eğitim sürecinde her bir 1.000 iterasyonda verilen 8 adet çıktı değişimi	40
Şekil 3.19 : Sustainable SITES Scoreboard’da yer alan tüm kriterler	42
Şekil 3.20 : Biomass Diversity Index	43
Şekil 3.21 : Sustainable SITES Ön Tasarım ve Planlama Kriter Grubu	44
Şekil 3.22 : Sustainable SITES Su Kriter Grubu.....	45
Şekil 3.23 : Water Budget Tool V 1.04 Hesaplama Arayüzü.....	45
Şekil 3.24 : Water Budget Tool V 1.04 Genel Arayüzü.....	46
Şekil 3.25 : Sustainable SITES Toprak ve Vejetasyon Kriter Grubu.....	47
Şekil 3.26 : Sustainable SITES Ön Tasarım ve Planlama Kriter Grubu	47
Şekil 3.27 : Sustainable SITES Değerlendirmesi için Hazırlanan Arazi Kullanım Oranları ve BDI Endeksi Tablosu.....	48
Şekil 4.1 : Eğitilen FastGAN’dan alınan çıktı	50
Şekil 4.2 : Diffusion Model Çıktı Örneği	51
Şekil 4.3 : FastGAN ve DM çıktıları	51
Şekil 4.4 : FastGAN ve DM çıktıları	52
Şekil 4.5 : FastGAN ve DM çıktıları	52
Şekil 4.6 : Verisetindeki projelerin Sustainable SITES kriterlerine göre ölçülmesi ..	53
Şekil 4.7 : Diffusion Model Çıktısı olan 35 Adet Planın Sustainable SITES Kriterlerine göre Ölçümü	54

Şekil 4.8 : En iyi performansla sahip yarışma projesinin, YZ'nin ürettiği en iyi performansla sahip proje ile karşılaştırılması	57
Şekil 4.9 : Orta derecede performansla sahip yarışma projesinin, YZ'nin ürettiği orta derecede performansla sahip proje ile karşılaştırılması	58
Şekil 4.10 : SITES'a göre Düşük performansla sahip yarışma projesinin, YZ'nin ürettiği en düşük sahip proje ile karşılaştırılması	59
Şekil A.1 : Uludağ Milli Parkı I. ve II. Gelişim Bölgeleri Peyzaj Planlama, Kentsel Tasarım ve Mimari Proje Yarışması	94
Şekil A.2 : Edirne Belediyesi Selimiye Camii ve Çevresi Ulusal Kentsel Tasarım Proje Yarışması	95
Şekil A.3 : Beylikdüzü Belediyesi Yaşam Vadisi Uluslararası Fikir Projesi Yarışması	96
Şekil A.4 : İzmir Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Entegrasyon Merkezi ve Yakın Çevresinin Düzenlenmesi Ulusal Mimari Proje Yarışması	97
Şekil A.5 : Sivas Kızılırmak ve Çevresi Fikir Projesi Yarışması	98
Şekil A.6 : 19 Mayıs İzleği Kentsel Tasarım Yarışması.....	99
Şekil A.7 : Bandırma Tasarım Parkı Yarışması.....	100
Şekil A.8 : Bursa Osmangazi Belediyesi Çekirge Meydanı Mimari, Kentsel Tasarım ve Peyzaj Tasarımı Proje Yarışması	101
Şekil A.9 : Elazığ Belediyesi Kent Meydanı Kentsel Tasarım ve Mimari Proje Yarışması	102
Şekil A.10 : İzmir Karabağlar Belediyesi Kamusal Açık Mekan ve Kent Meydanı Kentsel Tasarım Proje Yarışması.....	103
Şekil A.11 : Adana – Seyhan Sucuzade Mahallesi Kentsel Dönüşüm Alanında Kent Meydanı ve Çevresi Kentsel Tasarım ve Mimari Proje Yarışması.....	104
Şekil A.12 : Çanakkale Belediyesi Çarşı, Yaşam Merkezi ve Otopark ile Yakın Çevresi Ulusal Mimari Proje Yarışması	105
Şekil A.13 : Akhisar Eski Belediye Meydanı ve Yakın Çevresi Ulusal Mimarlık ve Kentsel Tasarım Fikir Yarışması	106
Şekil A.14 : Bakırköy Cumhuriyet Meydanı Kentsel Tasarım Yarışması	107
Şekil A.15 : İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 1. Bölge	108
Şekil A.16 : İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 2. Bölge	109
Şekil A.17 : İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 3. Bölge	110
Şekil A.18 : İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 4. Bölge	111
Şekil A.19 : İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 5. Bölge	112
Şekil A.20 : İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 6. Bölge	113
Şekil A.21 : İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 7. Bölge	114
Şekil A.22 : Olivelo – İzmir Kent Çeperinde Ekolojik Ortak Yaşam Alanı Fikir Projesi Yarışması	115
Şekil A.23 : Theodosius Limanı Arkeolojik Alanı Mimari Proje Yarışması	116
Şekil A.24 : Uşak Belediyesi, Yayalaştırılan Sokaklar Mimarlık Kentsel Tasarım Fikir Proje Yarışması.....	117
Şekil A.25 : Antakya Köprübaşı Kent Meydanı ve Yakın Çevresi Kentsel Tasarım Proje Yarışması.....	118
Şekil A.26 : Büyükkada Fayton Meydanı Kentsel Tasarım Yarışması	119
Şekil A.27 : Cumhuriyet Meydanı ve Atatürk Caddesi Çamlıbel Kentsel Tasarım Yarışması	120
Şekil A.28 : Kadıköy Meydanı Kentsel Tasarım Yarışması.....	121
Şekil A.29 : Karaduvar Mahallesi Kentsel Tasarım Proje Yarışması.....	122
Şekil A.30 : Taksim Kentsel Tasarım Yarışması.....	123

Şekil A.31 : Talas Millet Bahçesi ve Kültür Merkezi Kentsel Tasarım Yarışması.	124
Şekil A.32 : 5 Ocak Parkı ve Yakın Çevresi Kentsel Tasarım Yarışması.....	125
Şekil A.33 : Şanlıurfa Kızılay Meydanı ve Kentsel Tasarım Fikir Yarışması	126
Şekil A.34 : Konya Alaeddin Tepesi II. Kılıçarslan Köşkü ve Kazı Alanı Mimari Fikir Proje Yarışması.....	127
Şekil A.35 : Söğüt Tarih ve Doğa ile Buluşma-Karşılaşma Alanı Mimari Proje Yarışması	128





**PEYZAJ MİMARLIĞINDA YAPAY ZEKA UYGULAMALARI: YAPAY
ZEKA ÜRETİMİ PEYZAJ TASARIMLARININ EKOLOJİK
PERFORMANSININ SİTES KRİTERLERİ ÜZERİNDEN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

ÖZET

Bu çalışmada Türkiye’de 2000-2023 yılları arası açılan Kentsel Tasarım Projesi Yarışmalarında kazanan projeler üretken yapay zeka araçlarının derin öğrenme sürecinde veri seti olarak kullanılmıştır. Bu veri seti ile eğitilen üretken yapay zeka araçlarından alınan çıktılar Dünya’nın genelinde kabul gören derecelendirme sistemlerinden Sustainable SITES’in mekansal ve zamansal ölçeklere bağımlı kriterlerine göre ölçülmeyi hedeflemektedir.

Tez araştırması; “İnsanlar tarafından tasarlanan vaziyet planları ile YZ tarafından tasarlanan vaziyet planlarını ekolojik kriterlere göre sistematik olarak nasıl karşılaştırabiliriz?” sorusuna cevap vermeyi ve yapay zekanın ekolojik verimliliğinin anlaşılmasını amaçlamaktadır. Çalışma kapsamında tanımlanan veri seti depolama, yazılım ve donanım araçları gibi tüm araştırma bileşenleri bulut ortamında yönetilmiştir. Açık kaynaklardan elde edilen kazanan projelerin vaziyet planları 35 tanesinden veri seti oluşturulmuş ve Google Drive adlı bulut ortamında depolanmıştır. Araştırmanın donanım ihtiyacını Google Colaboratory (Colab) T4 GPU (Graphical Processing Unit) karşılamaktadır. Colab içerisinde python 3 dilinde yazılan çalışmanın veri seti sayısı ile verimli çalışma yeteneğine sahip üretken yapay sinir ağlarından FastGAN ile derin öğrenme süreci gerçekleştirilmiştir. Arazi kullanım örüntüsü, oran ve ilişkilerini anlaması için eğitilen FastGAN modeli bulut ortamında saklanmış ve istenilen zamanda ve sayıda çıktı vermektedir. Üretken yapay sinir ağından alınan çıktılar Diffusion Modellerden, Stable Diffusion v1.6 kullanılarak öğrenilen örüntü, oran ve ilişkiler yüksek çözünürlüklü kolay okunan peyzaj planları haline getirilmiştir.

Dünya’da önde gelen proje derecelendirme sistemlerinden olan Sustainable SITES’in tasarım, tasarım ve tasarım geliştirme aşamaları ile ilgili kriterleri arazi kullanım bilgileri üzerinden ölçülmektedir. Bu sayede veri seti olan projeler ve aynı sayıda projeye sahip üretken yapay zeka çıktıları Sustainable SITES’in ekolojik kriterleri üzerinden ölçülmüştür. Bu yöntem ile insan yapımı planlar ve yapay zeka üretimi planlar ekolojik kriterler üzerinden karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın bulguları insan üretimi planların, yapay zeka üretimi planlardan ekolojik olarak daha toplam puan olarak yüksek puan aldığıdır. Bazı kriter puanlarının eşit çıkması ilgi çekicidir. Yapay zeka üretimi planlarının insan üretimlerini geçtiği kriterler de bulunmaktadır.

Yapay sinir ağının derin öğrenme aşamasında veya Diffusion Model aşamasında yeni veri setleri ve yazılım geliştirmeler ile yapay zeka üretiminin insan karşısında ekolojik olarak yüksek performanslı plan üretimi yapabileceği çalışma kapsamında anlaşılmıştır. Bu çalışma kapsamında peyzaj tasarımında yapay zeka'nın ekolojik katkısının anlaşılması ve potansiyellerinin keşfedilmesi gelecekte peyzaj mimarlığı alanında yapılacak çalışmalarda kritik rol oynaması beklenmektedir.



APPLICATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN LANDSCAPE ARCHITECTURE: EVALUATION OF THE ECOLOGICAL PERFORMANCE OF AI-GENERATED LANDSCAPE DESIGNS BASED ON SITES CRITERIA

SUMMARY

In this research, relevant studies have been analysed from the discovery of AI to the present day, when it is discussed as an effective tool for design disciplines interested in the built environment. The thesis investigated the trends in artificial intelligence and deep learning in disciplines dealing with the built environment.

In this context, it examined the researches on the built environment using Generative Adversarial Networks algorithms. It has been tried to understand and evaluate all deep learning related researches carried out by design disciplines within the scope of landscape architecture, to explore their potentials and to understand the applications to be developed in the future.

From the production of floor plans to the urban scale, all artificial intelligence studies on the built environment and their contribution to the discipline of landscape architecture have been investigated. Within the scope of this thesis, previous studies in different disciplines were also examined for generative models that can be developed in the field of landscape architecture related to the use of artificial intelligence. The development of a system that will produce artificial intelligence generated landscape plans is an important goal of this thesis research. What kind of data set to work with for the developed system is a very important detail. Answers to very important questions such as the content, scope and quality of the data were sought. This issue is very important due to the important role that the data set will play in artificial intelligence and deep learning studies in landscape architecture. Different methods, such as using the dataset with a single generative-AI tool and using it with different generative tools and with each other, are experiments in the research process. As a result of these researches, the method in which the research will use generative AI, deep learning tools has been defined.

One of the most important issues addressed in the thesis is to understand how generative-AI tools can be measured ecologically and how they will contribute to ecological sustainability. Understanding the ecological sustainability of the plans produced by AI within the scope of the thesis and investigating the ecological measurement of generative-AI productions required a comprehensive effort. It is understood from the literature review that developing a system that can be measured ecologically has the potential to serve as a starting point for future generative AI studies.

Therefore, widely accepted project scoring and evaluation systems have been studied, and the measurement of generative AI production plans has been investigated in a systematic and organized manner. It has been understood that a systematic and organized measurement system dependent on scale is necessary for the development of ecologically measurable systems.

Within the scope of this study, the issues where AI and deep learning intersect with ethics are also examined. With the evaluations made on the review researches, it was aimed to identify the aspects related to the thesis and ethics and to understand the components of artificial intelligence and ethics. Risks in ethics and artificial intelligence, future dangers and threats, and risks in authorship are discussed. The dark side issues of artificial intelligence, speculative areas are not examined in depth because they are not the subject of the thesis, but the issues related to the thesis are examined.

In this study, winning projects from Urban Design Project Competitions held in Turkey between 2000 and 2023 have been utilized as a dataset in the deep learning process of generative artificial intelligence tools. The outputs obtained from these AI tools trained with this dataset aim to be measured according to the spatial and temporal criteria of the globally accepted rating system Sustainable SITES.

The thesis aims to answer the question, "How can we systematically compare site plans designed by people with those designed by AI based on ecological criteria?" and intends to comprehend the ecological efficiency of artificial intelligence. All research components, such as the defined dataset storage, software, and hardware tools, have been managed in a cloud environment. Site plans of the winning projects obtained from open sources have constituted a dataset of 35 projects and stored in a cloud environment named Google Drive. The hardware requirement of the research is met by Colaboratory (Colab) T4 GPU (Graphical Processing Unit).

The deep learning process with efficient productivity capability has been carried out using FastGAN, a generative neural network written in Python 3 language, based on the number of datasets within Colab. The FastGAN model trained to understand land use patterns, ratios, and relationships is stored in the cloud and provides outputs at any desired time and quantity. The outputs from the generative neural network have been transformed into high-resolution, easily readable landscape plans using Diffusion Models, utilizing Stable Diffusion v1.6.

The criteria related to the design, design, and design development stages of Sustainable SITES, one of the leading project rating systems globally, are measured based on land use pattern, ratios and relationship information. Thus, projects with datasets and an equal number of outputs from generative artificial intelligence have been measured against the ecological criteria of Sustainable SITES. In this way, human-made plans and artificial intelligence-generated plans have been compared based on ecological criteria.

The findings of the study indicate that human-generated plans receive higher overall scores compared to AI-generated plans ecologically. It is noteworthy that some criterion scores are equal. There are also criteria where AI-generated plans surpass human productions.

It is understood within the scope of the study that with new datasets and software developments in the deep learning stage of artificial neural networks or the Diffusion Model stage, artificial intelligence production can achieve high-performance plan

production ecologically compared to humans. It is expected that understanding the ecological contribution of artificial intelligence in landscape design and exploring its potentials within this study will play a critical role in future studies in landscape architecture.



1. GİRİŞ

Günlük hayatımızın bir parçası haline gelen ve içerisinde makine öğrenmesi, derin öğrenme gibi alt alanları ile dikkat çeken yapay zeka kavramı, McCulloch ve Pitts'in 1943'de başlayan çabalardan 1956'ya kadar sürmüş ve nihayet "Dartmouth Yapay Zeka Üzerine Yazokulu Araştırma Projesi" etkinliği ile resmen yapay zekanın doğuşu olarak kabul edilmektedir (McCulloch ve Pitts, 1943; McCarthy ve diğ. 1955; Turing, 2012). Bu konu dünya genelinde farklı disiplinlerin dikkatini çekmiştir, ülkemizde de ünlü matematikçi Ord. Prof. Cahit Arf "Makine Düşünebilir Mi ve Nasıl Düşünebilir?" sorularını sormuştur (Arf, 1959).

Yapay zeka (YZ) kümesinin altındaki makine öğrenmesi amaca yönelik algoritmaların dijital ortamda yani IDE (Integrated Development Environment)'larda veya robot kol gibi makinelerde kullanılmaktadır (Vrontis, ve diğ. 2022). Makine öğrenmesi (MÖ) kümesinin içerisinde derin öğrenme (DÖ) konusu yapay sinir ağlarının (YSA) kullanılmasını içermektedir (LeCun, 2015). Yapay sinir ağları insan beynindeki neron hareketlerinin taklit edilmesi ile üretilmiştir (Neocleous ve Schizas, 2002). YSA'nın geliştirilmesi sonucunda Convolutional Neural Networks (CNN) yani evrimsel yapay sinir ağları (EYSA) görüntü işleme konularında kullanımı dikkat çekici sonuçlar vermektedir (Yoo, 2015). Çekişmeli Üretken Ağlar yani GAN'lar (Generative Adversarial Networks) görüntü üretme konusunda kullanılan önemli bir araç haline gelmiştir. Facebook'un yapay zeka direktörü çekişmeli üretken ağları (ÇÜA) makine öğrenmesi alanında son on yıldaki en ilginç fikir olduğunu savunmaktadır (LeCun, 2020). Bu bilgiler ışığında yazılım dünyası gibi tasarım disiplinlerinin de öğrenen ve üreten sistemlere gelecekte ilgi duyacağı ve ciddi araştırma konuları olduğunu kabul edeceği açıktır (Wang ve diğ. 2018).

Üretken yapay zeka (ÜYZ) araçlarından ÇÜA ile difüzyon modeller (DM) arasında ciddi bir rekabet özellikle son 5 yılda oluşmuştur. DM'lerin Generative Adversarial GAN'lara üstünlük kurmaya başladığı ve GAN konusunda yapılan çalışmalar bu rekabeti açıkça gözler önüne sermektedir (Dhariwal ve Nichol, 2021; Goodfellow ve

diğ. 2014). DM'lerin diğ. ÜYZ modellerine göre başarısının sebebi rastgele veri üretiminde çok güçlü olan stokastik diferansiyel denklemleri kullanmasıdır (Yang ve diğ. 2023). Bu yol ile ÇÜA'dan çok daha az sayıda örneğe sahip veri setlerini kullanarak DM çok verimli hale gelmiştir. DM diferansiyel denklemleri kullanan üretken yapılar olduğu için ve ÇÜA'lar ile birlikte çalıştığı için derin üretken modeller (Deep Generative Models) olarak tanımlanmaktadır (Song ve diğ. 2020; Yang ve diğ. 2023). ÜYZ araçları çok farklı disiplinler tarafından kullanılmaktadır. Perspektifler ve kat planları gibi üretimler dikkat çekmektedir (As ve diğ. 2018; Chaillou, 2019a; Nauata, 2020; Torus ve Çolakoğlu, 2009; Uzun 2021). Mekansal tasarım yapan bir çok disiplin tarafından kullanılan bu araçlar peyzaj mimarlığı ile ilişkili çıktılar da üretmektedir (Senem ve diğ. 2022; 2023). Şehir altyapıları ile ve hatta ekosistemler ile ilişkili bir disiplin olarak Peyzaj Mimarlığı alanında ÜYZ araçlarının kullanımı tez çalışmasının temel motivasyonu olmuştur. YZ konusunda akademik çevrelerde son yıllarda oluşan ilgiye paralel olarak belki de 'Artificial Intelligence (AI) Aided Landscape Design' yapay zeka destekli peyzaj tasarımı konusu olarak yeni bir araştırma alanı haline gelme potansiyeli bulunmaktadır (Fernberg ve Chamberlain, 2023).

Peyzaj mimarlığı alanında yapay zekaya ilgi duyan çalışmalar bulunmaktadır fakat genellikle bu çalışmalar kavramsal ve teorik bir bakış açısı sunmaktadır (Cantrell ve Zhang, 2018). Çalışmalar kavramsal ve teorik olsa bile peyzaj mimarlığında yapay zeka çalışmalarının önemli bir çalışma alanı olacağını sunan çalışmalar bulunmaktadır (Yu, 2018). Mimarlık disiplininden yapay zeka konusunda çalışan araştırmacılar da peyzaj mimarlığına dair bu görüşlere katılmakta ve bu alandaki gelişmelerin kaçınılmaz olacağını öngörmektedir (Leach, 2018). Bu yaklaşım ile peyzaj mimarlığı disiplininden yapay zeka konusunda yapılacak çalışmaların sadece bu disiplin için değil, şehir ve bölge planlama ve mimarlık gibi diğ. disiplinler için de çok değerli olacağı öngörülmektedir (Leach, 2022). Yapay zeka ve şehir bölge planlama ilişkisine odaklanan başka bir çalışma bu görüşleri desteklemektedir, yapay zekanın potansiyellerinin keşfedilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır (Du ve diğ. 2023). Son yıllarda peyzaj mimarlığı ve yapay zeka ilişkisini inceleyen bir diğ. çalışma bu konu üzerinde tekrar ve tekrar düşünmek gerektiğini, yeni yöntemler geliştirilmesi ve yeni araştırma soruları sorulmasının önemi üzerinde durmaktadır (Fernberg, 2021).

1.1 Problem Tanımı

Peyzaj mimarlığı çok farklı ölçeklere sahiptir, tasarım süreçleri ve uygulaması ile insanları, şehir altyapılarını, doğal kaynakları, flora ve faunayı etkileyen kararların alındığı tasarım disiplini. Böyle karmaşık veri girdisine sahip olması YZ'nin algılamasını ve üretmesini imkansız gösterebilir fakat bu karar alma sürecinin sonucu olan tasarımlar arazi kullanım (Land use/Land Cover) kararları ile vaziyet planlarından okunmaktadır. Peyzaj tasarımının sonuç ürünü olan vaziyet planları diğer tasarım disiplinlerinin ÜYZ araçları kullanan araştırmaların veri setlerindeki örneklerle benzetilmektedir. Örneğin mimarlık disiplininin araştırmacıların yaptığı bu konudaki çalışmalardan bir çoğunda görülen mekan kullanımının öğrenilip üretilmesi ve raster veri formatında olan veri setleri ile çalışması bu tez çalışmasının araştırma sorusu ve yöntemi açısından çok kıymetlidir. Arazi kullanımlarını öğretebileceğimiz YSA'nın ve derin üretken modeller olarak tanımlanan DM'deki gelişmeler tezin araştırma sorusu olan problemin tanımlanmasını mümkün kılmıştır (Dhariwal ve Nichol, 2021; Goodfellow vd. 2014). Farklı disiplinlerin yaklaşımları dahi olsa; veri, yöntem, yazılım ve donanım bilgilerini görmek yöntem geliştirme aşaması için çok kıymetlidir. Tasarım disiplinlerinden araştırmacıların veriye olan yaklaşımı, yazılım ile olan ilişkileri, kullandıkları donanımlar ve araştırmaların sonuçları peyzaj mimarlığı disiplininin sorumluluğunda olan tasarım ölçekleri için YZ araştırmalarının önünü açmıştır. Bu disiplinin üretken YZ konusunda yöntem geliştirmesini teknolojik gelişmeler ve bu araştırmalar mümkün kılmıştır.

1956'dan bu yana makinelerin düşünmesi üzerine sorular sorulmaktadır. 1950'de Alan Turing'in 1959'da Cahit Arf'ın sorduğu "Makineler düşünebilir mi?" sorusunu peyzaj mimarlığı disiplini ile ilişkilendirebiliriz. Bu "ÜYZ araçları tasarlayabilir mi?" sorusunun bir alt sorusu olarak "ÜYZ araçları vaziyet planı tasarlayabilir mi?" sorusunu sormamız gayet makul bir soru ve literatürde görüldüğü üzere mümkündür. Bu tez çalışmasının ana sorusudur. "İnsanlar tarafından tasarlanan vaziyet planları ile YZ tarafından tasarlanan vaziyet planlarını ekolojik kriterlere göre sistematik olarak nasıl karşılaştırabiliriz?" sorusu tez çalışması ile cevaplanacak değerlendirme bölümünün sorusudur. ÜYZ tarafından üretilen çıktıların ne kadar verimli olduğu ve ölçülebilirliği bu konunun geleceği açısından kritik sorulardır. Verimlilik ve

ölçülebilirlik konuları dikkate alınmazsa rastgele sınırsız çıktı üreten araçlar olarak anlamını ve potansiyelini kaybedeceği açıktır.

1.2 Çalışmanın Kapsamı ve Sınırları

Peyzaj mimarlığı disiplininin çok farklı ölçeklere sahip ve karmaşık sistemler kurma özelliği nedeniyle bu çalışma kapsamında belirli bir çalışma ölçeği tanımlanması gerekliliği açıktır. Türkiye’de açılan yarışma ve kazanan proje verilerine ulaşmak dijital ortamda 2000 yılı öncesinde mümkün değildir fakat 2000 yılı sonrasında dijital ortamda erişilebilirlik yüksek seviyededir. Bu nedenle Türkiye’de 2000-2023 yıllarında açılan yarışmalar tez kapsamında incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Bu aşamada yarışmaları kazanan ilk üç projeleri tespit edip veri seti oluşturmak istenmiştir fakat ikinci veya üçüncü olan projeler müelliflerin tercihleri nedeni ile genellikle paylaşılmamaktadır. Bazı projelerde birinci dışındaki proje verilerine ulaşmak pek mümkün olmamıştır, veri setinde düzensiz bir yapı oluşturmamak, karmaşıklık oluşmasını engellemek ve bulunabilen en kaliteli veri ile çalışmak amacıyla birinci olan projelerin seçilmesi uygun görülmüştür. Bu nedenle tez çalışmasının veri setini oluşturacak kapsamı 2000-2023 yılları arası Türkiye’de açılan Kentsel Tasarım Proje Yarışmaları’nın kazanan projeleri olarak belirlenmiştir. Bu projelerden oluşturulan veri setinin YSA’na öğretilmesi ve üretken YSA’nın ürettiği çıktıların ekolojik olarak ölçülmesi çalışmanın kapsamını oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında tanımlanan ölçekteki yarışma projelerinin vaziyet planları ve YZ üretimi vaziyet planları Sustainable SITES kriterlerine göre ölçümü yapılmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Birleşmiş Milletler Kalkınma Ajansının ortaya koyduğu Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri yani Sustainable Development Goals (SDG) peyzaj mimarlığı ve şehircilik alanlarında geleceğe yönelik önemli hedefleri listelemektedir. Bu kapsamda geliştirilen on yedi temanın onbiricisinde Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar oluşturmak için yapılması gerekenler içerisinde toplulukların dönüşümü ve kentsel alanların dönüşümüne vurgu yapılmaktadır. Dokuzuncu hedef olan endüstri, yaratıcılık ve altyapı başlığı altında ise sürdürülebilir gelişmenin ancak sürdürülebilir endüstriler, bilimsel araştırma ve yenilikçilikle mümkün olduğuna vurgu yapılmaktadır. Teknolojiyi sürdürülebilir bir gelecek oluşturmak için bir araç olarak gören yaklaşım ayrıca Avrupa Birliğinin Avrupa Yeşil Mutabakatı (European Green New Deal) yayınında da mevcuttur. Avrupa Yeşil Mutabakatı 2050 yılına kadar iklim değişikliği ve çevresel sürdürülebilirlik ile ilgili problemlere karşı geliştirilmiştir. Yeşil Mutabakat biyolojik çeşitlilikten, temiz çevreye, renovasyondan, enerji kullanımı, verimli bina sistemlerine, temiz ve ulaşılabilir tarımdan, temiz enerji, toplu taşıma ve teknolojik inovasyonu destekleyen stratejilere sahiptir. Ayrıca Yeşil Mutabakat yapay zekâ destekli araçların kullanımı ve geliştirilmesini teşvik etmektedir (Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri, 2022; Avrupa Yeşil Mutabakatı, 2022). Avrupa Yeşil Mutabakatının (European Green Deal) Araştırma ve Yenilikçilik Çağrısı'nda (Research & Innovation Call) yapay zekâ destekli sürdürülebilir tasarım çözümleri beklenmektedir.

Yapay zekâ ve makine öğrenmesi temelde karmaşık bir problemi kavramak veya çözmek için bir 'sezgi' oluşturulması anlamına gelir (Chaillou, 2019b). Yapay zekâ konsepti John McCarthy tarafından 1956'da ortaya sunulmuştur ve 'İnsan beynini, makine mantığı için bir model olarak kullanma' fikrine dayanmaktadır. İnsan beyninin

sinir ağlarının taklit edilmesi ile Artificial Neural Networks (ANN)'ler olarak tanımlanan yapılar geliştirilmiştir (Chaillou, 2019b). İnsan beyninin taklit edilmesi (biomimetic-biyotaklit) ile geliştirilen yapıların problem tespiti veya çözümü için kullanılmasına yapay zekâ kullanımı (use of AI) denilmektedir (Chaillou, 2019b).

Yapay zekâ ile ilgili genel kanı 'Endüstri Devrimi' benzeri bir değişimin içerisinde bulunduğumuz ve bu dönemin 'Bilişim Devrimi' olduğudur (Cai vd., 2018). AI kullanımının, kural tabanlı karar verme dünyasından (rule-based decision making), AI yardımı ile istatistik karar verme dünyasına doğru büyük bir sıçrama getirdiği kabul edilmektedir (stochastic-based decision making). Çok farklı amaçlar için kullanılan AI, tasarım disiplinlerinin de ilgisini çekmektedir (As vd. 2018; Chaillou, 2019b; Huang ve Zheng, 2018). Kapsamlı olarak konuyu tartışan derleme yayınlar, yapay zekanın kaçınılmaz olarak tasarım disiplinlerinin konusu ve aracı olacağını öngörmektedir (Leach, 2018). Bununla birlikte konuya temkinli yaklaşan yayınlar da vardır (Cudzik ve Radziszewski, 2018). Doğru araçlar, veri ve yönteme sahip olmayan çalışmaların başarılı sonuç alamayacaklarına vurgu yapmaktadır. İnsan beyninin öğrenme sürecini yapay zekanın öğrenme süreci ile karşılaştıran nerobilim çalışmaları iyi tanımlanmış veri ve yönteme rağmen yapay zekanın insan ihtiyaçlarına verimli sonuçlar üretemeyeceğini savunmaktadır (Cutellic 2019). Bununla birlikte YZ günümüzde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır; örneğin veri ile birçok aşama ve zamansal çözünürlükte iletişim kurabilme, analiz yapabilme ve gelecek ile ilgili öngörü (prediction) yapabilme yeteneğine sahiptir (Raschka ve diğ. 2020).

Literatür taraması bölümü beş bölümde incelenmiştir. Bunlar,

'YZ ve DÖ uygulamalarının tasarımda kullanılması', 'GAN algoritmaları ve ilgili çalışmalar', 'YZ uygulamaları ve peyzaj tasarımı', 'YZ ve Sürdürülebilirlik' ve 'YZ ve Etik'tir.

2.1 YZ ve DÖ uygulamalarının tasarımda kullanılması

YZ araçlarının tasarımda kullanılması son yıllarda tasarım dünyasının gündemine gelen konulardır (Gero ve Sudweeks, 2012). Yaratıcılığı besleyen, kavramsal tasarım geliştirirken ilham veren ve tasarımın kalitesini arttırmada insanlara büyük katkılar sunan ve gelecekte vazgeçilmez araçlardan olacak olan YZ'nin kavram ve teknik

geliştirmede, parça ve ürün geliştirmede, süreç tasarımı ve araç geliştirme süreçlerinde etkili olduğu ifade edilmektedir (Pham, 2012). Öncesinde kural tabanlı ve deneyim tabanlı algoritmaları kullanan YZ araçları tasarımın optimizasyonu yani en yüksek seviyede verim arayışında kullanılmaktaydı (Arora ve Baenziger, 1986). YZ çağında bulunduğumuzu kabul eden bir diğer çalışma, günümüzde inovasyon alanında ve tasarım disiplinlerinde temel araçlardan biri olduğunu savunmaktadır (Verganti ve diğ. 2020). Karar destek mekanizması olarak kullanılan teorik çerçeveler (framework) üretmenin öneminin yanı sıra, inovasyon alanında YZ kullanımının sürücüsüz araçlar gibi konularda bir çok yeni ürün çıkacağını ve endüstriyel gelişimin teknoloji ile paralel gideceğini öngörmektedir (Verganti ve diğ. 2020).

İnsan anlayışını ve düşünme sistemini taklit etmede üstün yeteneklere sahip olan son yıllarda geliştirilmiş YZ araçları çevreyi taklit etme, duyguları ve insan davranışlarını algılamada çok etkili örnekler sunmaktadır (Shen ve Yu, 2021). Sanat ve tasarım alanında YZ kullanımının gelecekte çok daha fazla artacağını ve yeni fırsatlar, yeni ve çok disiplinli çalışmalarla birlikte zorlukları da beraberinde getireceğini öngören çalışmalar, yeni sanat, tasarım ve müşteri ilişkilerinin de gelişeceğini öngörmektedir (Ashour ve Rashdan, 2024). Bu çalışma geleneksel sanat ile YZ destekli ve YZ teknolojileri ile gelişen dijital teknolojilerin mücadeleye girmesinin olası ve kaçınılmaz olduğunu savunmaktadır. Bununla birlikte ÜYZ araçlarının getirdiği yeniliklere, olumlu ve olumsuz yanlara, etik problemler ve gelecek potansiyellere dikkat çekmektedir (Ashour ve Rashdan, 2024). YZ destekli tasarım araçlarında kural tabanlı ve algoritmalara göre ölçülen anında hesaplama görebildiğimiz ve buna göre tasarım geliştirme imkanı sağlayan interaktif çalışmalar modern sanatta YZ kullanımı ve tasarım konusunun farklı bir alanıdır (Zhang ve Jia, 2021). Algoritmalar ve YZ destekli araçlar ile estetiğin ölçülmesi YZ ve DÖ algoritmalarının tasarım alanında kullanımının çok farklı ve yeni araştırmalardır (Lu ve diğ. 2015; Tan ve diğ. 2017). Tasarım ürünlerinde estetiğin ölçülmesi konusu çok ilginçtir, estetik algısında otomasyon öneren araştırmalar belirli alanlarda çok kritik olabilir ama ekolojik performansın da ölçülmesinin mümkün olduğunu göstermektedir.

Yapay zekanın mühendislik alanındaki tasarımında kullanılması da diğer tasarım ve sanat disiplinleri ile paralellik göstermektedir (Yüksel ve diğ. 2023). Bu çalışmada makine öğrenmesi yöntemlerinin, genetik algoritmaların ve bulanık mantığın

mühendislikte tasarım için kritik olduğunu vurgulamaktadır. Kavramsal tasarım geliştirmede, evrimsel yaklaşım üretmede, optimizasyonda, karar verme süreçleri ve modellemelerde kaçınılmaz olarak YZ kullanımının artacağını ve tasarım süreçlerinin vazgeçilmez parçası olma öngörüsünü paylaşmaktadır. Bu çalışmaya benzer bir diğer çalışma da mekanik parçaların tasarımında YZ araçlarının kullanılması üzerine yoğunlaşırken bu araçların tasarım konusundaki verimliliğini gözler önüne koymaktadır (Guo ve diğ. 2021).

Yapay zeka kullanımının sanat ve tasarım eğitime entegre edilmesinin, bu alanın eğitime katkısının, aslında gelecekte YZ dünyasının etkisinde kalacak olan sanat ve tasarım disiplinlerine gelecek nesillerin hazırlanması bir diğer önemli konudur (Fan ve Li, 2023). Bu konunun yani YZ araçlarının ve gelişen teknolojilerin eğitim süreçlerine entegre edilmesi yeni sanatçılar ve tasarımcılar için büyük öneme sahip olduğu öngörülebilir ihtiyaçlardan biridir. YZ'nın eğitime entegrasyonunu irdeleyen bir diğer kapsamlı derleme araştırma eğitim süreçleri ve bileşenleri üzerinden konuyu tartışmaktadır (Chen ve diğ. 2020). Bu çalışma derleme araştırma olduğu için bu konudaki çalışmaları sistematik bir şekilde incelemiş ve bir çok açıdan konuyu tartışmıştır. Olumlu ve eğitim kalitesinin artması yönündeki görüşlere katılırken, dijitalleşmenin eğitim sektörü üzerinde gelecekte dijital bir eğitim sistemi oluşturacağı ve eğitmeni olarak insan faktörünün ortadan kaldırılma gibi sonuçlara doğru sürecin evrileceği vurgulanmaktadır (Chen ve diğ. 2020).

Mekansal planlama ve tasarım disiplinlerinde YZ kullanımı CAD, BIM ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri (GIT) yazılımları kullanımı nedeniyle yeni ve kullanıcıların yeni tanıyacağı araçlar değildir (Pena ve diğ. 2021). Derleme olan bu araştırma genetik algoritma kullanımından (Song ve diğ. 2016), sürü zekasına (Agirbas, 2019), evrimsel hesaplamalı mimarlardan (Parmee, 2012; Ugurlu ve diğ. 2015), dijital yaklaşımlara (Leach, 2009) bir çok örnek üzerinden tasarımda YZ katkısını tartışmış ve değerlendirmiştir. Doğadan esinlenen sürü zekası (swarm intelligence), genetik algoritmalar ve evrimsel yaklaşımların mimarlıkta kullanımı kural tabanlı, algoritmalar ile çalışan YZ araçlarının yaygınlaşması ve verimliliği dikkat çekmektedir (Pena ve diğ. 2021). Bu derleme çalışmalarda makine öğrenmesinin (Tamke ve diğ. 2018) ve yapay sinir ağı kullanımının da (As ve diğ. 2018) ciddi bir önem verilerek incelendiği dikkat çekmektedir.

Mimarlık alanında tasarım ve hesaplamalı yaklaşımların, öğrenen sistemler, algoritmalar ile birlikte çalışan hesaplamalı mimarlığın veriye dayalı ve veriyi temeline koyan dikkat çekici bir tasarım yaklaşımıdır (Bernstein, 2018). YZ'nın tasarım disiplinlerinde özellikle mimarlıkta kullanımı hesaplamalı mimarlık olarak tanımlanması ve kullanılması çok yaygınlaşan ve geliştirilen yazılımlar ile dikkat çeken bir konudur (Caetano ve Leitão, 2020). Bu parametrik, üretken ve algoritmalara dayalı tasarımların son yıllarda araştırılan ve oldukça yaygınlaşan tasarım yaklaşımları içerisinde ÜYZ araçları kullanan bir akım haline gelmiştir (Caetano ve diğ. 2020). Performansa dayalı hesaplamalı mimarlıkta sürü ve evrimsel optimizasyon alanındaki derleme çalışmalarda, form ve işlev ilişkileri sistematik bir şekilde ele alınmıştır ve sürdürülebilirlik konusunu 'Enerji', 'Gün Işığı', 'Solar Radyasyon', 'Çevresel Etki', 'Termal Konfor', 'Bütünsel Sürdürülebilirlik' ve 'Bütçe' konularını irdelemektedir ve bu hesaplamalı ÜYZ ve algoritmalar kullanan sistemlerin verimliliği açıkça görülmektedir (Ekici ve diğ. 2019).

Grasshopper yazılımının mimari tasarımda verimli bir şekilde kullanılacağı son on yılda şüphe götürmez şekilde anlaşılmıştır (Kim, 2016). Bu hesaplamalı mimarlık ve algoritmik tasarım yöntemleri sadece mimarlık disiplini için değil şehir ve bölge planlama için de faydalı araçlar olarak kullanılmaktadır (Fink ve Koenig, 2019). Bu araçlar aynı zamanda peyzaj mimarlığı disiplini için de kullanılabilir, peyzaj tasarımı süreçlerine entegre olma, algoritma ve kural tabanlı tasarımlar üretme konusundaki yeteneği ve potansiyeli göz ardı edilemez bir biçimde ortadadır (Belesky, 2018). Parametrik tasarımın peyzaj tasarımında kullanılmasının önemi üzerinde duran ve bu konudaki teknikler ve yöntemler ile ilgilenen diğer çalışmalar da bulunmaktadır (Cantrell ve Mekies, 2018; Madl, 2021). Parametrik tasarım ile entegre olan bu Rhino yazılımı ve Grasshopper eklentisi ile kullanılan tasarım yardımcıları BIM ile entegre çalışmalar da bulunmaktadır (Yang ve diğ. 2024). Bu çalışmanın gösterdiği gibi peyzaj elemanları BIM family modelleri olarak sistematik olarak çalışmaktadır.

Grasshopper gibi algoritmaların kullanıcı dostu bir şekilde tasarımlara yardımcı olarak kullanılması robotlar tarafından inşaa edilen 'Circularity Park' projesi gibi makine öğrenmesi, DÖ, YZ ve robotik çalışmalarda yeni yaklaşımlar ve yöntemler geliştirmeye katkı sağlamaktadır (Vasey ve diğ. 2024). Sensör sistemler, robotik uygulamaların ile birlikte daha ileri, güçlü ve tehlikeli araçlar olan endüstriyel

robotların bile kolayca kullanılmasına imkan vererek çok karmaşık üretimlerin tasarım ve uygulama için yazılım geliştirme aşamasında KUKA PRC gibi eklentiler ile Grasshopper ortamında çalışmak mümkündür (Schwartz, 2023 ;Sharma ve diğ. 2023). YZ kullanımının bu aşamada geldiği nokta ve en ilginç olanı kameradan alınan verilerin nesne tespiti gibi amaçlar ile eğitilmiş modeller ile Grasshopper ortamında iletişim kurması ve bu karmaşık algoritmaların bu yazılımlar ile robot ile entegre hareket etmesinin kolay öğrenilebilir, kullanıcı dostu bir hale gelmesi çok ilginçtir (Yazar ve Uysal, 2020). Rhino ve Grasshopper kullanmadan bu karmaşık komutları entegre hale getirmek sadece kod ortamında, muhtemelen siyah bir ekranın karşısında yapılan çok zor ve uzun zaman harcanması gereken yazılım geliştirme süreçleri iken, Rhino ve Grasshopper ortamlarında kolay, hızlı ve simülasyon ortamında denetlenebilir olması bu teknolojilerin geldiği noktayı gözler önüne sermektedir. YZ ve DÖ algoritmalarının gelecekte tasarım disiplinleri üzerindeki önemi ve katkısı giderek artarken, tasarımın uygulanmasında robotik çözümlerinde geliştirildiği ve gelişeceği açıkça görünmektedir.

2.2 GAN algoritmaları ve ilgili çalışmalar

Yapay zekanın tasarım verisi ile kullanımı son yıllarda gündeme gelen GAN ile mümkün olmuştur. Facebook'un yapay zekâ direktörüne göre, GAN yapıları yapay zekâ konusunda son 10 yıldaki en ilginç fikirdir (LeCun, 2020). GAN üretken modelinin yapıları çevre tasarımında kullanılması konusunda çalışan derleme araştırma farklı GAN yapılarının yapıları çevre tasarımında kullanıldığını tespit ederken, farklı ölçeklere göre farklı verilerin yapay sinir ağları ile ilişkilendiğini tespit etmiştir (Wu ve diğ. 2022). Ölçeğe bağımlı veri ilişkisine dikkat çeken araştırma şehir ölçeği, mahalle ölçeği ve bina ölçeği üzerinden mekansal veri ve üretken YZ araçlarından ÇÜA'ları tartışmıştır. Bu tartışmayı ÇÜA kullandığı tespit edilen 26 araştırmanın veri üretimi, tasarım otomasyonu, veri artırma (augmentation) üzerinden ana kriterleri üzerinden sınıflandırmıştır. ÇÜA kullanan çalışmalar çok farklı amaçlara hizmet etmektedir bunlar; 'Kat planı üretimi', 'Kat planı temizliği', '3 boyutlu model üretimi', 'Sahne render üretimi', 'Bina performans optimizasyonu', 'Façade Üretimi', 'Tasarım Asistanı', 'Özellik sınıflaması', 'Görüntü sınıflaması', 'Veri tahmini', 'Kartografik tarz transferi', 'Tasarım analizi', 'Street view üretimi', 'Veri örneklemesinin çözülmesi', 'Doküman yönetimi sistemi geliştirme', 'Façade restorasyonu', 'Street

view temizleme', 'Uydu görüntüsü çözünürlük arttırma', 'Mekansal çıktı üretimi', 'Tasarım ilhamı', '3 boyutlu kentsel rekonstrüksiyon', 'Uydu görüntüsü üretme' ve 'Kentsel Simülasyon'dur (Wu ve diğ. 2022). Çok farklı amaçlar için kullanılma yeteneğine sahip ÇÜA yapılarının gelecekte de popüler olacağını belirten araştırma, veri seti ile kurulan ilişkiye ve özellikle veri kalitesinin önemini vurgulamaktadır.

Yapay sinir ağları içerisinde GAN'lar, yüksek çözünürlüklü bir tasarım verisini öğrenme ve üretme potansiyeline sahiptir. Bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve yapı bilgi modelleme (BIM) teknolojilerinin yanı sıra, yapay zekanın GAN yapıları üzerinden tasarım süreçlerinde kullanılması güncel bir konudur (Chaillou, 2019c).

Farklı verisetleri ve farklı DCGAN ve WGAN gibi farklı GAN tipleri kullanan öncü araştırma mimarlık disiplinde GAN kullanımının potansiyellerini ve verimliliğini gözler önüne sermektedir (Newton, 2019).

İnsanların çok çeşitli ihtiyaç, motivasyon ve çıkarlarındansa, öğretilen verinin tasarım üretmesini hedefleyen bir sistemin yarar sağlayacağı savunulmaktadır (Leach, 2018; Wanyu, 2019). Tasarım disiplinlerinin GAN kullanımına olan ilgisi tez yöntemi ve veri setinin metadatası ile paralellikler göstermektedir (Newton, 2019). Bu yapay sinir ağını kullanan çalışmalar, kat planları ve cephe tasarımını makine öğrenmesi sürecine dahil etmektedir (Chaillou, 2019b; Huang ve Zheng, 2018).

Mimarlık disiplinindeki çalışmalara benzer olarak kentsel bloklara sahip verisetlerinin GAN modeline eğitilmesi ve üretilmesi üzerine yapılan çalışma, kentsel dokunun eğitilmesi ve üretilmesinin doğru bir yaklaşım olduğunu savunmaktadır (Fedorova, 2021). Bu çalışma Milan şehrinin örüntülerini GAN'lara öğretme ve üretme yöntemini tercih ederken, bu üretken YZ araçlarının verimliliği ve potansiyellerini tartışmaktadır.

Araştırmalar yazılım alternatifi kapsamında şunları kullanıldığı görülmektedir: a. Pix2PixHD (Huang ve Zheng, 2018), b.Expedia & NVIDIA Collaboration (Nemire, 2017), c.Composition-preserving Deep Photo Aesthetics Assessment (Thumfart vd. 2011), d.RAPID (Murray vd. 2012), e.NIMA: Neural Image Assessment (Datta vd. 2006), f. An Universal Image Attractiveness Ranking Framework (Ma ve diğ. 2011), g. Diffusion Modeller (DM) yazılım alternatifleridir (Gui vd. 2023; Wang vd. 2022).

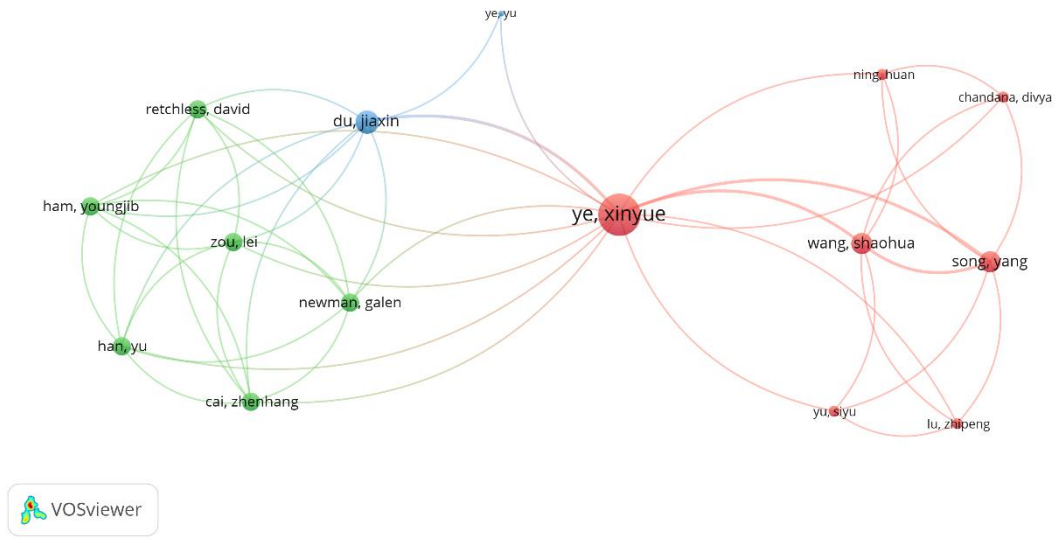
Literatür taramasında, GAN ve mimari tasarım alanındaki çalışmalarda kullanılmış ve verimli sonuçlar alınmış yazılım olarak NVIDIA'nın Pix2PixHD yazılımı görülmektedir (Huang ve Zheng, 2018; Senem vd. 2022; Wang, vd., 2018). Pix2PixHD yazılımının üreticileri tarafından sokak ve cadde resimleri üzerinde GAN sinir ağının yeni veri üretme yeteneği ve potansiyelleri ortaya konulmuştur (Wang vd. 2018). Tasarım disiplinleri için yapay zekâ destekli tasarım üretme potansiyeli barındıran GAN yapıları mimarlar tarafından kat planlarını AI tarafından üretmeyi başarmıştır (Chaillou, 2019b, Huang ve Zheng, 2019).

GAN yapıları ile son yıllarda daha etkili hale gelen Diffusion Modeller (DM) karşılaştırıldığında, DM'lerin çok etkili üretken araçlar olduğu görülmektedir (Dhariwal ve diğ. 2021). Bunun nedeni GAN'ların üretim süreçlerinde gürültü (noise) ekleme aşamasındaki eksikliklerini kapamalarıdır. Özellikle *Stokastik Diferansiyel Denklemler* ile GAN yapılarını birlikte kullanan eğitimdeki noise ekleme aşamasındaki başarısı ile DM'leri GAN ile birlikte çalışan Derin Üretken Modeller karşımıza çıkarmıştır (Dhariwal vd. 2021; Gui vd. 2021; Song vd. 2020). Sonuç olarak DM'leri GAN'lardan ayrı sistemler olarak düşünmek doğru olmayacaktır. Bir çok üretken araçlar ile ilişki kurma yeteneği olan DM'ler ayrıca image-to-image yöntemi dışında text-to-image metodu ile çok başarılı sonuçlar verdiği açıkça görüldüğünden araştırmanın önemli yazılım alternatiflerinden biri olarak bu araçlardan yararlanılacaktır (Dhar vd. 2011; Kavar vd. 2023; Radford vd. 2021). DM'ler text-to-image üretim sürecine input olarak görüntü eklemek ve bu veriyi ağırlıklandırarak yeni veri üretme imkânı da tanımaktadır (Avrahami vd. 2022; Ramesh vd. 2022). Yazılım alternatiflerinin etkili çalışma yetenekleri tezin deneysel araştırma yönünü güçlendirerek, değerlendirme kısmında geniş bir perspektif sunma ve öneriler geliştirmesini sağlayacaktır. Sonuç olarak DM'ler ve GAN'lar çalışmanın yazılım ihtiyacını tamamlama yeteneğine ve potansiyeline sahip üretken araçlardır.

2.3 YZ uygulamaları ve peyzaj tasarımı

Web of Science veri tabanında “landscape architecture” ve “artificial intelligence” girdisiyle tüm alanlarda yapılan sorgulamada 118 yayın tespit edilmiştir. Bu çalışmalar literatür taraması sürecinde detaylı bir şekilde incelenmiştir. Tez araştırmasının konusu olan tasarım süreçlerinde YZ kullanımı dışında planlama ve peyzaj ekolojisi konularında çalışmalar tespit edilmiştir. Peyzaj mimarlı ve yapay zeka alanında

yapılan derleme makale karşılaştırıldığı zaman bu tespitin doğru olduğu ve üretken yapay zeka araçlarının peyzaj mimarlığı disiplininde kullanımının yeni bir çalışma alanı olduğu tespit edilmiştir (Fernberg ve Chamberlain, 2023). Tespit edilen YZ çalışmaları genellikle peyzaj ekolojisi araştırmalarında arazi kullanım ve değişim tespiti çalışmalarıdır (Eşbah, 2009; 2011). Tez çalışması ÇÜA tabanlıdır, ekolojik sürdürülebilir için önemli olan arazi kullanım örüntü, oran ve ilişkileri üzerinden ölçmek ve değerlendirmek peyzaj metrikleri gibi yöntemlerle mümkün olduğu için bu aracı kullanmak uygun bulunmuştur (Deniz ve diğ, 2006; Erdoğan ve diğ, 2013; Eşbah, 2021). Vosviewer yazılımı ile bu Web of Science sorgulamasında elde edilen verilerden bibliyografik veriye dayalı harita üretimi gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.1). Haritanın okunurluğunu arttırmak amacı ile en etkili 15 araştırmacı üzerinden harita üretilmiştir.



Şekil 2.1 : Web of Science’da yapılan tarama sonuçları

Yapay zekânın mimarlık disiplininde kullanılması son yıllarda gündeme gelen ve çalışılan önemli bir konudur (Toland, 2018). Ancak Mimarlık ve Bilişim alanlarında bu teknolojinin uygulamaları olmasına rağmen Peyzaj Mimarlığı pratiğinde geliştirilmiş örnekler çok kısıtlıdır. Tasarım süreçlerinde yapay sinir ağları kullanımı peyzaj mimarlığı için yeni bir tasarım aracı olma potansiyeline sahiptir. Peyzaj mimarlığında robotik ve yapay zekâ kullanımının önemine vurgu yapan çalışmalar (Toland, 2018) dışında, peyzaj mimarlığı disiplini ve yapay zekâ konusunda empirik bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle tezin amacı, yapay zekaya dış mekân

tasarımını öğretmektir. Peyzaj tasarımı çok farklı ölçekleri ve çok boyutlu parametreleri içeren kompleks bir sistem tasarımıdır. Bu çalışmanın peyzaj mimarlığı ve yapay zekâ konusunda öncü çalışmalardan biri olması düşünüldüğünde ölçeği ve içeriği mümkün olduğu kadar sade tutularak, kapsamı yapı yakın çevresi ve bahçe ölçeği ile sınırlandırılmıştır. Bununla birlikte peyzaj mimarlığı disiplininin çalıştığı mekânsal tasarım ölçeklerinden mikro ölçek olarak kabul edebileceğimiz yapı yakın çevresi/ bahçesi planlarının çok farklı kullanımlara sahip kapsamlı tasarımlar içerebileceği göz ardı edilmemelidir (Blake, 2015). Dolayısı ile böyle bir ölçeği çalışma ölçeği olarak tanımlamak bu tez araştırması için uygundur.

Yapılı çevre ile YZ konusunda GAN kullanımı üzerine yapılan derleme çalışmalar konunun önemini ortaya koyarken ve veri yaklaşımının kritik olduğunu savunmaktadır (Wu ve diğ. 2022). Peyzaj tasarımı YZ kullanımının keşfedilmesi amacı ile bu tez kapsamında farklı makine öğrenmesi tiplerinden denetimli öğrenme ön bahçe ve arka bahçe tasarımı olan disiplinin mikro ölçeğinden, konutun peyzaj tasarım senaryosunun merkezinde olduğu denetimsiz öğrenme ile YZ ilişkisi kuran çalışmalar yapılmıştır (Senem ve diğ. 2022; 2024). Bu çalışmalara ek olarak dış mekandaki yeşil alanların GAN modeli ile ilişkilendirildiği başka çalışmalar da bulunmaktadır, bu araştırmalar da Pix2Pix gibi benzer üretken araçları kullanmaktadır (Senem ve diğ. 2022; Chen ve diğ. 2023). Literatür taramasında veri kalitesinin önemi vurgulanırken sadece YZ ile peyzaj tasarımı ilişkisini keşfetmek amacı ile insan skeçlerini de kullanan başka çalışmalar, büyük ölçekli rekreasyonel alanlar olan park tasarımları üzerinde GAN tabanlı çalışmalar, tez araştırması ve tez konusu için dikkat çekicidir (Chen ve diğ. 2024). İçinde bulunduğumuz yılda peyzaj mimarlığı ile YZ konusunu, daha dar anlamda üretken YZ araçlarının kullanımındaki artış ile birlikte farklı GAN tiplerinin de bu araştırmalar için kullanılabilirliği anlaşılmaktadır (Zhou ve Xiang, 2024). GAN ve GAN dışında text-to-image kullanan peyzaj tasarımı üretiminde ÜYZ kullanan bir başka araştırma tez çalışmasında kullanılan araçların seçimini doğrulama, karşılaştırma ve belki de doğru yazılım seçimi yapıldığı konusunda literatür taramasında tespit edilen çalışmaların yöntemi ve araçları incelemeye değerdir (Ardhianto ve diğ. 2023).

Çalışma yapay zekâ ve peyzaj mimarlığı ilişkisini kurması açısından önemlidir. GAN, yapay sinir ağlarını kullanan peyzaj tasarımı üreten bir çalışmanın literatürde

bulunmaması araştırmanın farkı ve getireceği yenilik olacaktır. GAN ve Diffusion Modeller (DM) kullanan çalışmaların mimarlık disiplini tarafından yapılması, daha önce denenmiş ve olumlu sonuçlar almış olması çalışma önerisini destekleyen güçlü yanlarından biridir. Doktora tezi peyzaj tasarımını belirlenen bir ölçekte yapay zekaya öğretmek literatürdeki bu eksikliği tamamlayacaktır. Bu önemli özelliğe ek olarak üretilen YZ çıktısının ekolojik olarak ölçülmesi, literatürde bulunmayan ve tezin gidereceği bir diğer önemli eksikliklerdir. Tekrarlanabilir, yanlıştır ve geliştirilebilir yapısı ile daha kapsamlı çalışmalar için öncü deneysel bir çalışma olacaktır. Review kapsamındaki yayınların aksine deneysel (empirik) olan çalışma veri seti ve yapay zekâ ile kuracağı ilişki tanımlanmıştır. Yazılım, donanım, veri ve yöntemi ile veri akışını izleme imkânı veren doktora tezi, laboratuvar deneyi gibi bir karşılaştırma imkânı sağlamaktadır.

2.4 YZ ve Etik

Literatür taramasında tespit edilen YZ'nın tasarım dünyasında kullanımının nicel yönleri dışında, nitel yönleri de son yıllarda YZ kullanımı ile gündeme gelmektedir. Yapay zekanın estetik yönü, etik ve müelliflik gibi konular tasarım disiplinleri arasında tartışılan önemli konulardır.

Estetik açıdan konuyu ele alırsak, Kant'ın savunduğu gibi estetik olgular subjektiftir (Zimmerman, 1963). Bu görüşün asıl ifade etmek istediği şey bir bireye güzel görünen bir eser, bir başkası için kötü veya çirkin olabilir (Kirwan, 2006). Estetik algının kişiye göre değişken olduğu gerçeğini göz ardı edemeyiz. YZ ile estetik üzerine olan çalışmalar YZ'nın çok etkili bir araç olabileceği kanısı yaygın şekilde savunulmaktadır (Aydın ve diğ. 2021; Israfılzade, 2020; Di Dio ve diğ. 2023). Farklı disiplinlerden aynı görüşü savunan yapay zekanın estetik açıdan gelecekte çok etkili bir araç olacağına etkili bir örnek olarak, eserleri ile Dünya çapında ün yapan Refik Anadol'un çalışmalarını göstermek uygun olacaktır (Çelik ve diğ. 2024; Anadol, 2022; Zylinska, 2023). Dijital teknolojilerde etik konusunda kapsamlı derleme çalışmalardan birine göre toplumsal yararı en yüksek seviyeye getirirken ve olumsuz etkileri en aza indirme temel amaç olmalıdır (Ashok ve diğ. 2022). 'Adalet ve Eşitlik', 'Şeffaflık', 'Gizlilik ve Veri Güvenliği', 'Sorumluluk' ve 'Güvenlik' konularındaki etik ilkeleri tartışırken, 'Politikalar ve Yönergeler', 'Eğitim ve Farkındalık' ve 'Denetim ve İzleme'

alanlarında uygulama ve denetim standartları geliştirilmesi gerekliliğini savunmaktadır.

Etik konusunda genel olarak, YZ'yı bir araç yani bir eşya olarak görmektir, etik problemler onun kullanıcılarına aittir, yani etik manada doğru yada yanlış kullanımı, kullanıcının yaklaşımı ile ilgilidir (Bostrom ve Yudkowsky, 2018). Bu çalışma sonuç olarak etik anlamda YZ'yı insan kusurlarından arındırılabilir ve daha akıllı olduğunu savunmaktadır (Bostrom ve Yudkowsky, 2018). Bir diğer araştırma etik çıkmazlar, kişisel etik karar mekanizmaları, kollektif etik karar mekanizmaları ve insan-YZ etkileşimlerinde etik konuları olarak bu meseleyi dört başlıkta değerlendirmiştir (Yu ve diğ. 2018). İnsan-YZ etkileşimi konusu bu tez konusu ile ilgilidir ve genel olarak dikkat çekici bir konudur. Bu konunun irdelendiği başlıklardan ilki insan özgürlüğünün kısıtlanmaması, ikincisi faydalarının yanında getirdiği riskler, faydalar ve risklerin kullanıcılar arasında eşit bölünmesidir (Yu ve diğ. 2018). Bu üç başlık YZ ve etik konusunda karamsar bir bakış oluşmasına neden olabilir (Yu ve diğ. 2018). 'YZ'nın kendisi YZ etiğine katkı sunabilir mi' sorusu bu konudaki en ilginç sorulardan biridir ve bu soru uygulamalı bilim, tasarım ve mühendislik disiplinlerine uzanmaktadır (Bryson, 2020). Yani YZ'da etik sorunun tasarım problemleri ve uygulaması konularını içerdiğinde başka ve değerli bir boyutu olduğu anlaşılmaktadır.

Etik konusunda ahlaki etik, nomatif etik, uygulamalı etik ve metaetik ana konularının yapay zekâya öğretilmesi ve tartışılmasındansa YZ araştırmalarında yapıları çevre tasarımı ile ilgilenen öncü disiplin olan mimarlık disiplininden araştırmacıların yaptığı etik tartışmaları bu araştırma kapsamında paralellikler göstermektedir. Literatürde tespit edilen ve tez konusunun etik ilişkisi yapıları çevre ve YZ alanındaki öncü olma durumu nedeni ile ontolojik açıdan sorgulanması gereken bir gerçek olarak, YZ değerlendirilmelidir (Uzun ve Cangür, 2024). Mimarlık disiplininde YZ çalışmalarında etik tartışmaları tasarım felsefesi ve YZ konusunda alanında öncü araştırmacılardan Neil Leach'in geleceğe dönük olarak endişeli yaklaşımı dikkat çekmektedir (del Campo ve Leach, 2022). Bir başka görüş hedeflenen sistemin tasarlanması aşamasında etik konusunu dikkate almanın önemini vurgulamaktadır, yani üretken YZ sistemi tasarlanırken etik ile ilgili risk veya tehditlerin düşünülmesi gerekliliğinin altını çizmektedir (Joyce, 2021). Kentsel tasarım ölçeğinde YZ çalışan

bir diğ er araştırma da YZ'nın etiği, etik riskler ve etik standartları gündeme getirmiştir (Zhang ve diğ. 2022).

Etik konusu ile ilişkili olan, YZ kullanımı konusunda önemle üzerinde durulması gereken bir diğ er konu da m  elliflik konusudur. YZ  retimi eserlerin m  ellifinin kim olduğu, hak sahiplerinin tespiti ve hak kayıplarının  nlenmesi, YZ alanında sadece tasarım disiplinlerinde değil diğ er tüm disiplinlerde tartışılmaktadır (Lovato ve diğ. 2024).  retken YZ ürününün m  ellifinin kim olduğu sorduğumuzda basitçe verebileceğimiz bir cevap bulunmamaktadır (Avrahami ve Tamir, 2021).  retken YZ  ıktısı bir sürecin eseridir ve bu süreç tek bir kişi veya ekip tarafından üretilmemiştir, Avrahami ve Tamir'e göre sürecin bileşenleri eğitilen verisetinin içeriği, veri setinin kurgusu ve sistemin içeriğini oluşturan kişi yani yöntemi üreten kişi, üretken modelin kendisi,  retken YZ modelinin geliştiricisi, son kullanıcı olan üretimi yapan kişi olarak tanımlarken son olarak da anonim bilgi yani m  ellifin hiç kimse olmadığı ihtimali üzerinde durmaktadır. Burda sayılan üretim sürecine dahil olan altı bileşen'in tamamı hiç şüphesiz dikkate alınması gereken unsurlardır. Ayrıca  retken YZ araçlarında kullanılan tarzlar, kültürler, önemli kişi ve tasarımcılar veya tarihi figürler de yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bu da YZ  retimi eserlerin m  ellifliği konusunda bir diğ er önemli unsurdur.

Yapay zekâ ve etik konusunu derinlemesine ele alan bazı derleme makaleler etik konusunu makinelere öğretmenin ve sorumluluk yüklemenin çok doğru bir yaklaşım olmadığını savunmaktadır (Etzioni ve Etzioni, 2017). Bu çalışmada örnek olarak sürücüsüz arabaların sorumluluğu alabilmesinin zorlukları verilmiştir. Tarihsel gelişim olarak kullanılan makinelerin değil, bunu kullananların yani bir işlevi yerine getirmek üzere g revlendirenlerin etik sorumluluğu alması gerektiği savunulmaktadır. Etik konularında aşırı u  noktaların değerlendirilmesinin YZ çalışmalarındaki etik sorununu çözmeye katkı sağlamayacağını savunmaktadır. YZ'nın Etik problemleri öğrenecek, çözecek ve sorumluluk alacak bir varlık olmadığının savunmaktadır (Etzioni ve Etzioni, 2017).

Bu konudaki bir diğ er kapsamlı derleme  alışma, YZ'da etik konusunun toplumsal düzeni etkileyecek sorunlar çıkarma ihtimalini ortaya koyarken bunların güvenlik riskleri, ayrımcılık ve mahremiyet konularında, kurumlara, şirketlere ve bireylere tehditler oluşturduğunu savunmaktadır (Huang ve diğ. 2022). Bu  alışma yapay zekâ

ve etik konusunu kategorilere ayırmıştır. YZ, insan faktörü ve sosyal etkileri üzerinden etik konusunu tartışmaktadır. Etik konusunun insana bireysel olarak ve toplumsal olarak etkileri etik olduğu kadar ekonomik sonuçlar da doğurmaktadır. Bir diğer kategori YZ ve insan faktörünün güvenlik açıklarına karşı durumudur. Diğer önemli değerlendirmeler Algoritma, Veri, Uygulama ve Uzun Vadeli ve Dolaylı Etik Risklere Dayalı Kategorizasyon gibi önemli konular tartışılırken konunun karmaşık bileşenleri tek tek ayrılmıştır. Bu karmaşık yapının bileşenlerini tek tek ve birbirileri ile ilişkilerini inceleyen derleme çalışmanın tartışma yöntemi dikkat çekicidir. Gelecekte ortaya çıkacak etik problemleri de gündeme getirirken YZ ve etik konusunun çok geniş ve disiplinler arası bir konu olduğunu belirtmektedir. Bu çalışmada dikkat çeken YZ ve etik konusunun çevre ile ilişkisini de gündeme getirmektedir. Bu konu sadece insanları etkilemediği için önemli bir özellikle etik konusunun önemli bir alanıdır. Bu çalışmada etik teorilerini; Meta-Etik, Normatif Etik ve Uygulamalı Etik teorileri olarak üç ana başlık altında tartışarak etik sorununa çözüm için ortaya atılan ve atılacak olan teorileri sınıflandırmıştır.

YZ ve etik konusundaki kapsamlı ve önemli çalışmalardan bir diğeri, eylem ve zekâ arasındaki ilişkiyi incelemektedir. Bu ilişkinin etik yönünün değerli olduğu kabul edilebilir bir gerçektir. Çalışmaya göre bu ilişki gelişimin ve dönüşümün nedenidir (Floridi, 2023). Araştırma potansiyel riskleri, etik ilkeleri, yasal normlar üzerinden tartışma ve bu ilişkiyi göz önüne koymaktadır. YZ kullanımının kötü amaçlara yönelmesi, etik uygulamalardaki zorluklar ile gelecekteki kullanımı tartışılmıştır. Floridi, sağlıklı bir biyosfer ve sosyal fayda için kullanılacağını savunmaktadır, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri'ne hizmet eden bir araç olabileceğini vurgulamaktadır.

Mekânsal planlama ve tasarım yapan disiplinlerde etik endişeleri araştırma konusu yapan kentsel planlama alanındaki çalışma farklı bir bakış açısı sunmaktadır (Sanchez ve diğ. 2024). Yapay zekânın etik problemine yoğunlaşan çalışmaların neredeyse tamamı her disiplinin etik problemlerinin farklı olduğunu savunmaktadır. Bu etik problemlerin yapay zekâ ile ilişkisinin tartışmasını ilgili disiplinin yapması uzman görüşünü yansıtması açısından savunulmaktadır. Bu nedenle kentsel planlama alanında YZ ve etik problemlerini tartışan çalışma, mekânsal bilgi ve teknolojiyi etkin şekilde kullanan disiplinin etik konusundaki görüşleri tez çalışması için çok

kıymetlidir. Tez çalışmasının ölçeği ile de ilişkili olan araştırma GIT ve YZ kullanımı kentsel planlama için olmazsa olmaz araçlar haline geldiğinden dolayı YZ ve etik konusundaki çalışmaların görüşlerini tartışmış ve karşılaştırmıştır. Kentsel tasarım disiplininin bu YZ'nın çok daha etkili olacağı geleceğe hazırlanması gerektiğini ve disiplinin tüm konularındaki etik konuların YZ ile ilişkilendirilmesi gerektiğini savunmaktadır. Bu çalışma sonucunda YZ ve etik konusunda kentsel planlama alanının da sekiz madde ile entegrasyon önerilmektedir. Bunlar; 'Açık etik yönergeler ve standartların belirlenmesi', 'Şeffaflık ve hesap verebilirliği önceliklendirme', 'Kapsayıcı ve çeşitli veri setleri sağlama', 'Kamu katılımını ve katılımı teşvik etme', 'Düzenli etik denetimler ve gözden geçirmeler yapmak', 'Disiplinler arası işbirliğini teşvik etme', 'YZ okuryazarlığı ve eğitimine yatırım yapmak' ve 'Kapsamlı gizlilik ve veri güvenliği politikaları geliştirme'dir. Bu kapsamlı maddeler mekânsal planlama ve tasarım yapan disiplin için YZ alanına hazırlık ve etik konularında hayati öneme sahiptir.

2.5 YZ ve Sürdürülebilirlik

Ekolojik sürdürülebilirlik hedefi olan GIT ve BIM yazılımlarında YZ kullanımı yaygındır, hatta Autodesk şirketinin Revit gibi dünyada kabul gören yazılımlarında GIT ve BIM ile ilişkili bilgiler birlikte çalışmaktadır (El Meouche ve diğ. 2013). Üretken YZ araçlarının planlamada etkin kullanımı Spacemaker, City Engine ve Xkool gibi yazılımlar da bulunmaktadır (He, 2022; Hu ve diğ. 2013; Mitrana, 2021). Yaygın şekilde kullanılan bu yazılımlar sürekli gelişen teknolojik gelişmelere adaptasyon sağlamakta ve güncellenmektedir, örneğin, Spacemaker yazılımı gelecekteki potansiyeli nedeni ile Autodesk tarafından satın alındı ve adı Autodesk Forma olarak değiştirildi (Gür ve Karadağ, 2024). Bu yazılımlar tasarım alternatifleri üzeirnden binanın solar, rüzgar, form dayalı enerji performanslarının yanında kullanıcı konforunu ölçmeye çalışmaktadır (Gür ve Karadağ, 2024). Akıllı ve sürdürülebilir kentsel planlamada YZ kullanımı üzerine yoğunlaşan bir diğer çalışma YZ'nın sürdürülebilirlik konusuna bir çok konuda ve aşamada katkısı olacağını savunmaktadır (Koumetio Tekouabou ve diğ. 2023). Bu gibi çalışmalar genel yöntemleri kavramsal olarak önermekte ve genel kabulleri tekrarlamaktadır. Ama YZ ve sürdürülebilirlik konusunda uygulamalı ve ölçülebilir önerilerin ve yöntemlerin geliştirilmesi dışındaki çözümlerin faydalı olup olmadığı tartışmalıdır. Bu tez çalışması ve yöntemi ile

ekolojik performans ve bunun ölçülebilirliği ile YZ araştırmalarına bir katkı hedeflenmektedir.

GIT ve BIM ile birlikte çalışan uygulamaları genellikle çevresel analizleri, projenin dünyadaki konum bilgisinden, rüzgar gibi iklim bilgilerini kullanarak yaparlar. Tasarım aşamasındaki formların ve sistemlerin birbirleri arasındaki karşılaştırma ile optimum bir tasarım çıktısı tespit etme, bu yazılımların ana görevidir. Yani analizlere girilen veriler; tasarım alternatiflerinin verileri, dünyadaki konum bilgisi, güneş ve iklim bilgileridir.

Bu çalışmalara ek olarak parametrik ve algoritmik tasarım yaklaşımlarının peyzaj tasarımı ile entegre olmasının yanı sıra peyzaj performansı üzerine yoğunlaşan araştırmalar bulunmaktadır (Zawarus, 2022). Bu alışmalar Rhino yazılımı ve Grasshopper eklentisini kullanan sistemler olarak yukarıda anlatıldı gibi proje, konum, güneş ve iklim bilgilerini kullanarak tasarım alternatifleri arasında karşılaştırma yapan bu anlamda GIT ve BIM yazılımlarına benzer çalışmalardır. Bu konuda peyzaj tasarımının dirençliliğini arttırmayı hedefleyen, simülasyon ve görselleştirme amaçlı çalışmalar da benzer çalışmalar olarak incelenmeye değer araştırmalardır (Ackerman ve diğ. 2019).

InVEST gibi biyolojik çeşitliliği arttırma ve habitat koruma hedefi olan yazılımlar da bulunmaktadır (Zhang ve Li, 2022). Bu yazılımlar genel olarak ekosistem servislerini ekolojik sürdürülebilirlik için bir araç olarak kullanmaktadır.

Ekolojik sürdürülebilirlik konusunda verimli tasarımlar üretmek isteniyorsa daha kapsayıcı bilgilere ihtiyaç olduğu açıktır (Deniz ve diğ. 2006). Bunlar genellikle uydu görüntülerinden elde edilen önemli mekansal verilerdir. Genellikle raster veriler üzerinden en yakın benzerlik algoritmaları kullanılarak oluşturulan peyzaj metrikleri ile ölçülebilir arazi kullanım, arazi örtüsü haritalarıdır (Eşbah ve diğ. 2011; Tuncay ve Eşbah, 2006). Arazi rts, arazi kullanımı üzerinden yapılan çalışmalar hem GIT-BIM kullanan proje çalışmaları, hem de InVEST gibi yazılımlar için olumlu sonuçlar vereceği açıktır. Sürdürülebilir şehirlerin geliştirilmesi için YZ destekli tasarımın bir araç olarak gelecekte kullanılacağı, güncel planlama süreçlerindeki YZ kullanımı ve yeni araçlar ile başka boyutlarda sürece dahil olacağı bir diğer çalışma tarafından da savunulmaktadır (Quan ve diğ. 2019).

Bir tasarımcının, bir proje alanında kendi ürettiği tasarım üretimlerinin birbirleri ile karşılaştırılması elbette ekolojik açıdan daha verimli olanı gösterebilir. Ama bu tasarımcının daha önce tanımlanmış kurallara ve standartlara uyduğu anlamına gelmez. Kendi yaptığı tasarım alternatifleri arasında ekolojik olarak en sürdürülebilir olan tasarım çıktısını, bu yazılımlar tespit edebilir ve peyzaj metrikleri gibi parametrelerle ölçebilir veya birbirleri arasında karşılaştırma imkanı sağlayabilir. Bunlar tanımlanmış kurallara veya standartlara dayalı ölçümler değildir. Bu yüzden Forma, City Engine, Xkool veya InVEST gibi yazılımlar kullanarak kendi tasarımlarımız arasında optimum çözümü tespit etmek en doğru yok olmayabilir. Ekolojik sürdürülebilirlik hedefleniyorsa, dünyada kabul edilmiş, kurallara ve standartlara uygun çıktıları tespit edip inşaa etmek daha doğru bir yaklaşımdır. Proje bazlı olarak ekolojik sürdürülebilirliği artırma hedefi olan sistematik ve kabul edilmiş ölçme sistemlerini kullanma gerekliliği açıkça kendini göstermektedir.

Dünya genelinde proje performansını ölçmeyi hedefleyen bir çok kurum ve sertifika programı bulunmaktadır, örneğin Türkiye’de Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği (ÇEDBİK), Birleşik Krallık’ta BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) Yeşil Bina Sertifika Sistemi gibi dünya genelinde kabul gören sertifikasyon sistemi bulunmaktadır. Amerikan Peyzaj Mimarları Odası’nın öncülüğündeki etkinliklerde geliştirilen Sustainable SITES en kabul gören sistemlerden biridir, özellikle peyzaj mimarlığı disiplini öncülüğünde geliştirilmiş olması tez çalışması kapsamı için önemli bir özelliktir (Valente, 2014). LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) Amerikan Yeşil Binalar Konseyi (United States Green Building Council) tarafından oluşturulmuş sürdürülebilir yeşil bina sertifikasyonudur (USGBC, 2024a; 2024b). SITES Amerikan Yeşil Binalar Konseyi tarafından satın alınmış ve LEED’in peyzaj mimarlığı, kentsel tasarım ve planlama ölçeğindeki ölçme sistemi haline gelmiştir.

Bu bilgiler ışığında Sustainable SITES’in dünyada en kabul gören sistematik ölçme sistemlerinden biri olduğu anlaşılmaktadır ve tasarım aşamasından yıkım ve renovasyona kadar standartlaşmış kurallara sahiptir (Calkins, 2012). Bu yönü ile SITES kullanımı ekolojik sürdürülebilirlik ve performans ölçüm hedefleri için doğru bir tercih olarak görünmektedir. Amerikan Peyzaj Mimarları Odası’nın da içinde

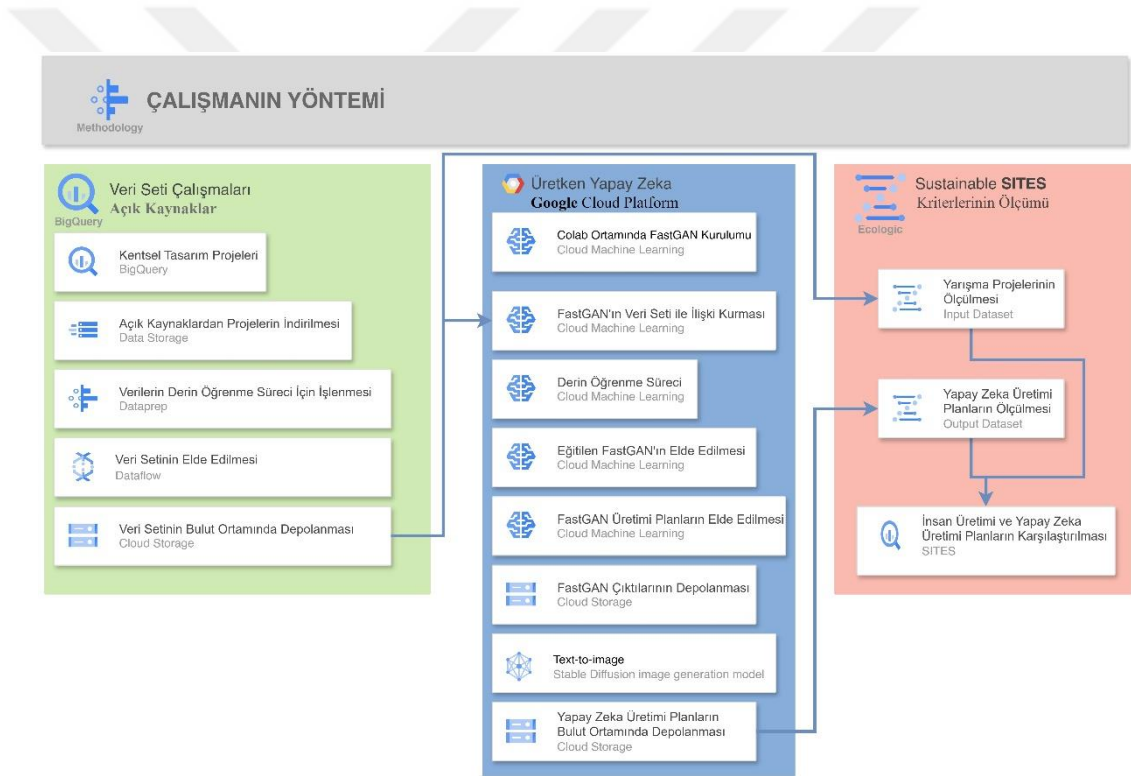
olduğu gruplar tarafından geliştirilmiş olması da peyzaj mimarları için daha anlaşılır mesleki terminoloji, yaklaşım ve stratejilerin anlaşılması açısından önemlidir.

Bu araştırmanın yöntemi üç aşamadan oluşmaktadır, ilk aşama ‘Veri Seti ve Yazılım Hazırlığı’, ikinci aşama ‘Üretken Yapay Zeka Araçlarının Kullanılması’ ve son aşama ‘Sustainable SITEs Kriterlerinin Ölçümü’ dür.

Özetle, bu çalışma iki açıdan özgün özelliklere sahiptir. Birincisi GAN yapay sinir ağı ve DM’leri kullanan özellikle mimarlık alanında benzer araştırmalar varken, dış mekân tasarımını yapay zekaya öğretme konusunda kapsamlı bir çalışma literatürde bulunmamaktadır. İkincisi, ve özgünlük açıdan çalışmanın en önemli özelliği, ölçülmüş veri setini yapay zekaya öğreterek yapılı çevre tasarımı üretecektir. Ekolojik boyutuyla, yapılı çevre tasarımının yapay zekâ tarafından üretilmesini değerlendirme imkânı sağlayacaktır. Yapay zekâ ile peyzaj mimarlığı disiplinin ilişkisini kuran araştırma bu yönleri ile bu ilişkinin potansiyellerini göreceğimiz, insan ve yapay zekâ tarafından üretilen tasarımı karşılaştıracamız deneysel bir çalışma olacaktır.

3. YÖNTEM

Bu araştırmanın yöntemi üç aşamadan oluşmaktadır. Bunlar veri setinin araştırılması ve oluşturulması, üretken yapay zeka araçlarının kullanımı ve son aşama olarak Sustainable SITES'in kriterlerine göre değerlendirilmesidir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 : Çalışmanın Yöntemi

3.1 Veri Seti Çalışmaları

Bir araştırma sorusu veya tartışmanın tarafsız temellere dayanması ve doğru ele alınması için veri üzerinden tartışmak gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Örneğin Aristoteles; politika, doğa veya sosyal ilişkiler ne olursa olsun veri üzerinden tartışılması gerektiğini savunmaktadır (Aslan, 2007). Bu anlayış ile verinin ölçeği, içeriği, kapsamı, kalitesi DÖ sürecinde öğretilecek yapı veri seti olduğu için çok

kritiktir. Tez araştırmasında bu anlayışa sadık kalmak için ölçek, içerik kapsam ve kalite konuları özellikle dikkate alınıp Türkiye’deki yarışma projelerinde kazanan projelerinden veri seti oluşturma kararı alınmıştır. Farklı disiplinlerden deneyimli jüriler tarafından onlarca proje arasından elenerek birinci seçilen yarışmaların planları veri kalitesi açısından nitelikli olduğu açıktır. Bu sebeple internet ortamında ulaşılabilen açık kaynaklardaki büyük veriyi anlamlı bir sorgulama ile nitelikli bir veri seti elde etme fırsatı doğmuştur.

3.1.1 Kentsel Tasarım Projeleri

Bu aşamada veri seti elde etmek için Türkiye’de 2000-2023 yıllarında açılan tüm yarışmalar taranmıştır. Bu taramalar açık kaynaklar olan internet siteleri, tasarım ve mimarlık forumlarında yapılmıştır. Tez çalışmasının kapsamı ve araştırma soruları dikkate alınarak Kentsel Tasarım Yarışmalarının kazanan projeleri tespit edilmiştir.

Tespit edilen yarışmaların kazanan proje bilgilerine ulaşmak hepsinde mümkün olmamaktadır. Bu nedenle yazılı ve görsel verilerine ulaşılan projelerin bilgileri dikkate alınmış diğerleri bu çalışmaya dahil edilmemiştir. Tespit edilen projelerin bu araştırmada kullanılmak için yazılı ve görsel verileri indirilmiş ve veri hazırlığı, veri işleme, derin öğrenme sürecine hazır veri seti oluşturma gibi aşamalar için depolanmıştır.

3.1.2 Açık Kaynaklardan Projelerin İndirilmesi

Verinin kalitesi, depolanması, güvenliği ve erişilebilirliği çok önemli konulardır. Bu nedenle donanım ve yazılım alternatifleri bulut ortamında tanımlanırken, fiziki harddisklerde de verilerin depolanmıştır. Bu doktora tezinin proje yönetimi kapsamında; tez araştırmasının veri seti, yazılım ve donanım gibi bileşenleri için alternatifler ve depolama ortamları tanımlanmış ve uygulanmıştır (Schwalbe, 2016).

Türkiye’de 2000-2023 yılları arasında Kentsel Tasarım Yarışma Projeleri’nin kazananlardan görsel ve yazılı verilerine ulaşılan projeler veri setini oluşturmaktadır (Şekil 3.2).

	YIL	YARIŞMA ADI
1.	2008	Uludağ Milli Parkı I. ve II. Gelişim Bölgeleri Peyzaj Planlama, Kentsel Tasarım ve Mimari Proje Yarışması
2.	2009	Edirne Belediyesi Selimiye Camii ve Çevresi Ulusal Kentsel Tasarım Proje Yarışması
3.	2016	Beylikdüzü Belediyesi Yaşam Vadisi Uluslararası Fikir Projesi Yarışması
4.	2016	İzmir Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Entegrasyon Merkezi ve Yakın Çevresinin Düzenlenmesi Ulusal Mimari Proje Yarışması
5.	2016	Sivas Kızılırmak ve Çevresi Fikir Projesi Yarışması
6.	2017	19 Mayıs İzleği Kentsel Tasarım Yarışması
7.	2017	Bandırma Tasarım Parkı Yarışması
8.	2017	Çekirge Meydanı Mimari, Kentsel Tasarım ve Peyzaj Tasarımı Yarışması
9.	2017	Elazığ Belediyesi Kent Meydanı Kentsel Tasarım ve Mimari Proje Yarışması
10.	2017	İzmir Karabağlar Belediyesi Kamusal Açık Mekan ve Kent Meydanı Kentsel Tasarım Proje Yarışması
11.	2018	Adana – Seyhan Sucuzade Mahallesi Kentsel Dönüşüm Alanında Kent Meydanı ve Çevresi Kentsel Tasarım ve Mimari Proje Yarışması
12.	2019	Çanakkale Belediyesi Çarşı, Yaşam Merkezi ve Otopark ile Yakın Çevresi Ulusal Mimari Proje Yarışması
13.	2019	Akhisar Eski Belediye Meydanı ve Yakın Çevresi Ulusal Mimarlık ve Kentsel Tasarım Fikir Yarışması
14.	2020	Bakırköy Cumhuriyet Meydanı Kentsel Tasarım Yarışması
15.	2020	İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 1. Bölge
16.	2020	İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 2. Bölge
17.	2020	İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 3. Bölge
18.	2020	İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 4. Bölge
19.	2020	İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 5. Bölge
20.	2020	İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 6. Bölge
21.	2020	İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 7. Bölge
22.	2020	Oliveo – İzmir Kent Çeperinde Ekolojik Ortak Yaşam Alanı Fikir Projesi Yarışması
23.	2020	Theodosius Limanı Arkeolojik Alanı Mimari Proje Yarışması
24.	2020	Uşak Belediyesi, YayaLaştırılan Sokaklar Mimarlık Kentsel Tasarım Fikir Proje Yarışması
25.	2021	Antakya Köprübaşı Kent Meydanı ve Yakın Çevresi Kentsel Tasarım Proje Yarışması
26.	2021	Büyükdade Fayton Meydanı Kentsel Tasarım Yarışması
27.	2021	Cumhuriyet Meydanı ve Atatürk Caddesi Çamlıbel Kentsel Tasarım Yarışması
28.	2021	Kadıköy Meydanı Kentsel Tasarım Yarışması
29.	2021	Karaduvvar Mahallesi Kentsel Tasarım Proje Yarışması
30.	2021	Taksim Kentsel Tasarım Yarışması
31.	2021	Talas Millet Bahçesi ve Kültür Merkezi Kentsel Tasarım Yarışması
32.	2022	5 Ocak Parkı ve Yakın Çevresi Kentsel Tasarım Yarışması
33.	2022	Şanlıurfa Kızılay Meydanı ve Kentsel Tasarım Fikir Yarışması
34.	2023	Konya Alaeddin Tepesi II. Kılıçarslan Köşkü ve Kazı Alanı Mimari Fikir Yarışması
35.	2023	Söğüt Tarih ve Doğa ile Buluşma-Karşılaşma Alanı Mimari Proje Yarışması

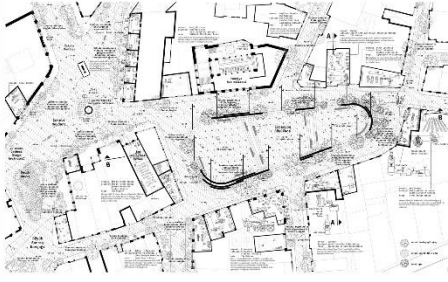
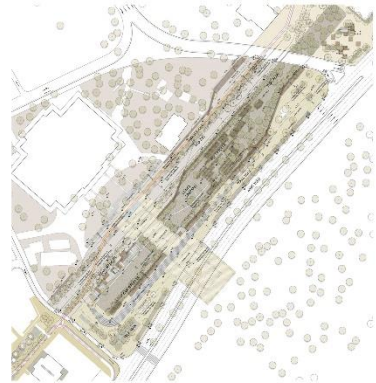
Şekil 3.2 : Yıllara Göre Değerlendirmeye Alınan Yarışmalar

2000-2023 yılları arasında Türkiye’de tamamlanan yarışmaların kazanan projeleri içerisinde açık kaynaklarda verilerine ulaşılan projeler bu çalışma için değerlendirilmeye alınmıştır (Şekil 3.2).

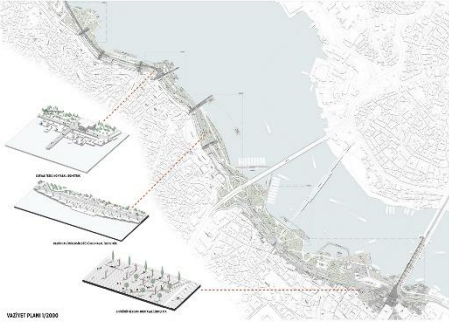
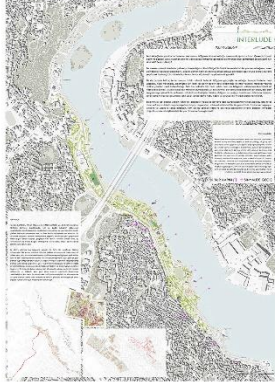
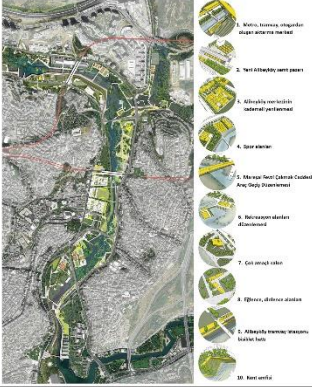
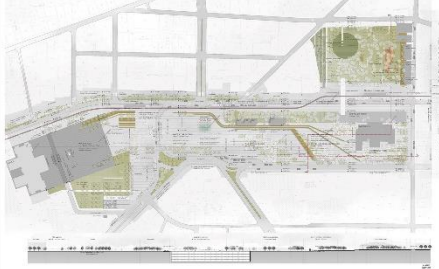
Tüm kazanan projeler müelliflerin disiplinlerinin bulunduğu tablolar halinde depolanmıştır (Şekil 3.3-3.8).

19 Mayıs İzleği Kentsel Tasarım Yarışması	Uşak Belediyesi, Yayalaştırılan Sokaklar Mimarlık Kentsel Tasarım Fikir Proje Yarışması
	
Peyzaj Mimarı Mimar Şehir Plancısı İnşaat Mühendisi Diğer Disiplinler	Peyzaj Mimarı Mimar Şehir Plancısı İnşaat Mühendisi Diğer Disiplinler
5 Ocak Parkı ve Yakın Çevresi Kentsel Tasarım Yarışması	Adana – Seyhan Sucuzade Mahallesi Kentsel Dönüşüm Alanında Kent Meydanı ve Çevresi Kentsel Tasarım ve Mimari Proje Yarışması
	
Peyzaj Mimarı Mimar Şehir Plancısı İnşaat Mühendisi Diğer Disiplinler	Peyzaj Mimarı Mimar Şehir Plancısı İnşaat Mühendisi Diğer Disiplinler
Antakya Köprübaşı Kent Meydanı ve Yakın Çevresi Kentsel Tasarım Proje Yarışması	Bakırköy Cumhuriyet Meydanı Kentsel Tasarım Yarışması
	
Peyzaj Mimarı Mimar Şehir Plancısı İnşaat Mühendisi Diğer Disiplinler	Peyzaj Mimarı Mimar Şehir Plancısı İnşaat Mühendisi Diğer Disiplinler

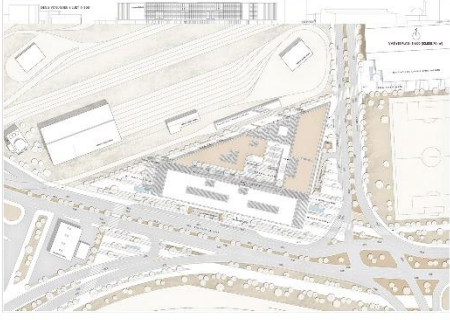
Şekil 3.3 : Değerlendirmeye Alınan Yarışmalar

Çanakkale Belediyesi Çarşı Yaşam Merkezi ve Otopark ile Yakın Çevresi Ulusal Mimari Proje Yarışması  ☐ Peyzaj Mimarı ☒ Mimar ☐ Şehir Plancısı ☐ İnşaat Mühendisi ☐ Diğer Disiplinler	Büyükkada Fayton Meydanı Kentsel Tasarım Yarışması  ☐ Peyzaj Mimarı ☒ Mimar ☐ Şehir Plancısı ☐ İnşaat Mühendisi ☐ Diğer Disiplinler
Bandırma Tasarım Parkı Yarışması  ☐ Peyzaj Mimarı ☒ Mimar ☐ Şehir Plancısı ☐ İnşaat Mühendisi ☐ Diğer Disiplinler	Beylikdüzü Belediyesi Yaşam Vadisi Uluslararası Fikir Projesi Yarışması  ☐ Peyzaj Mimarı ☒ Mimar ☐ Şehir Plancısı ☐ İnşaat Mühendisi ☐ Diğer Disiplinler
Çekirge Meydanı Mimari, Kentsel Tasarım ve Peyzaj Tasarımı Yarışması  ☐ Peyzaj Mimarı ☒ Mimar ☐ Şehir Plancısı ☐ İnşaat Mühendisi ☐ Diğer Disiplinler	Cumhuriyet Meydanı ve Atatürk Caddesi Çamlıbel Kentsel Tasarım Yarışması  ☐ Peyzaj Mimarı ☒ Mimar ☐ Şehir Plancısı ☐ İnşaat Mühendisi ☐ Diğer Disiplinler

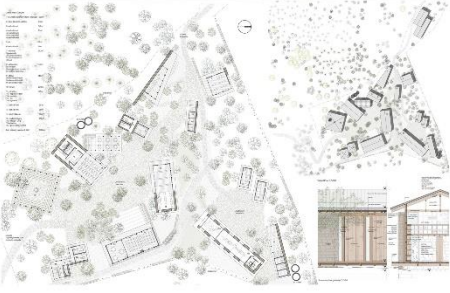
Şekil 3.4 : Değerlendirmeye Alınan Yarışmalar

İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 1. Bölge	İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 2. Bölge
	
☒ Peyzaj Mimarı ☒ Mimar ☒ Şehir Plancısı ☐ İnşaat Mühendisi ☐ Diğer Disiplinler	☒ Peyzaj Mimarı ☒ Mimar ☒ Şehir Plancısı ☐ İnşaat Mühendisi ☐ Diğer Disiplinler
İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 3. Bölge	İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 4. Bölge
	
☒ Peyzaj Mimarı ☒ Mimar ☒ Şehir Plancısı ☐ İnşaat Mühendisi ☐ Diğer Disiplinler	☒ Peyzaj Mimarı ☒ Mimar ☒ Şehir Plancısı ☐ İnşaat Mühendisi ☐ Diğer Disiplinler
İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 5. Bölge	Elazığ Belediyesi Kent Meydanı Kentsel Tasarım Yarışması
	
☒ Peyzaj Mimarı ☒ Mimar ☒ Şehir Plancısı ☐ İnşaat Mühendisi ☐ Diğer Disiplinler	☒ Peyzaj Mimarı ☒ Mimar ☒ Şehir Plancısı ☐ İnşaat Mühendisi ☐ Diğer Disiplinler

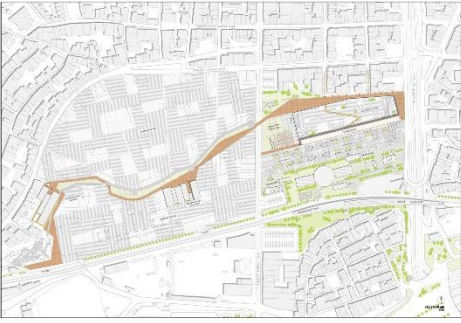
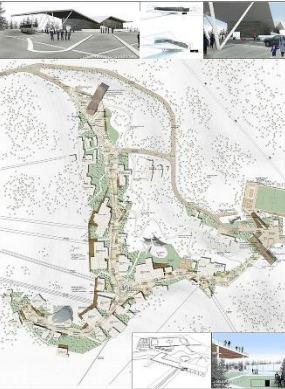
Şekil 3.5 : Değerlendirmeye Alınan Yarışmalar

İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 6. Bölge  ☒ Peyzaj Mimarı ☒ Mimar ☒ Şehir Plancısı ☒ İnşaat Mühendisi ☒ Diğer Disiplinler	İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 7. Bölge  ☒ Peyzaj Mimarı ☒ Mimar ☒ Şehir Plancısı ☒ İnşaat Mühendisi ☒ Diğer Disiplinler
İzmir Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Entegrasyon Merkezi Yarışması  ☒ Peyzaj Mimarı ☒ Mimar ☒ Şehir Plancısı ☒ İnşaat Mühendisi ☒ Diğer Disiplinler	Karabağlar Belediyesi Kamusal Açık Mekan ve Kent Meydanı Kentsel Tasarım Yarışması  ☒ Peyzaj Mimarı ☒ Mimar ☒ Şehir Plancısı ☒ İnşaat Mühendisi ☒ Diğer Disiplinler
Kadıköy Meydanı Kentsel Tasarım Yarışması  ☒ Peyzaj Mimarı ☒ Mimar ☒ Şehir Plancısı ☒ İnşaat Mühendisi ☒ Diğer Disiplinler	Karaduvar Mahallesi Kentsel Tasarım Proje Yarışması  ☒ Peyzaj Mimarı ☒ Mimar ☒ Şehir Plancısı ☒ İnşaat Mühendisi ☒ Diğer Disiplinler

Şekil 3.6 : Değerlendirmeye Alınan Yarışmalar

Akhisar Eski Belediye Meydanı ve Yakın Çevresi Ulusal Mimarlık ve Kentsel Tasarım Fikir Yarışması	Konya Alaeddin Tepesi II. Kılıçarslan Köşkü ve Kazı Alanı Mimari Fikir Proje Yarışması
	
Peyzaj Mimarı Mimar Şehir Plancısı İnşaat Mühendisi Diğer Disiplinler	Peyzaj Mimarı Mimar Şehir Plancısı İnşaat Mühendisi Diğer Disiplinler
İzmir Kent Çeperinde Ekolojik Ortak Yaşam Alanı Fikir Projesi Yarışması	Söğüt Tarih ve Doğa ile Buluşma-Karşılaşma Alanı Mimari Proje Yarışması
	
Peyzaj Mimarı Mimar Şehir Plancısı İnşaat Mühendisi Diğer Disiplinler	Peyzaj Mimarı Mimar Şehir Plancısı İnşaat Mühendisi Diğer Disiplinler
Selimiye Camii Çevresi Kentsel Tasarım Projesi	Sivas Kızılırmak ve Çevresi Fikir Projesi Yarışması
	
Peyzaj Mimarı Mimar Şehir Plancısı İnşaat Mühendisi Diğer Disiplinler	Peyzaj Mimarı Mimar Şehir Plancısı İnşaat Mühendisi Diğer Disiplinler

Şekil 3.7 : Değerlendirmeye Alınan Yarışmalar

Şanlıurfa Kızılay Meydanı ve Kentsel Tasarım Fikir Yarışması	Taksim Kentsel Tasarım Yarışması
	
☒ Peyzaj Mimarı ☒ Mimar ☒ Şehir Plancısı ☐ İnşaat Mühendisi ☐ Diğer Disiplinler	☒ Peyzaj Mimarı ☒ Mimar ☒ Şehir Plancısı ☐ İnşaat Mühendisi ☐ Diğer Disiplinler
Talas Millet Bahçesi ve Kültür Merkezi Kentsel Tasarım Yarışması	Theodosius Limanı Arkeolojik Alanı Mimari Proje Yarışması
	
☒ Peyzaj Mimarı ☒ Mimar ☒ Şehir Plancısı ☐ İnşaat Mühendisi ☐ Diğer Disiplinler	☒ Peyzaj Mimarı ☒ Mimar ☒ Şehir Plancısı ☐ İnşaat Mühendisi ☐ Diğer Disiplinler
Uludağ Milli Parkı I. ve II. Gelişim Bölgeleri Peyzaj Planlama, Kentsel Tasarım ve Mimari Proje Yarışması	
	
☒ Peyzaj Mimarı ☒ Mimar ☒ Şehir Plancısı ☐ İnşaat Mühendisi ☐ Diğer Disiplinler	

Şekil 3.8 : Değerlendirmeye Alınan Yarışmalar

Yukarıda tablolar halinde müellif disiplin bilgileri ile birlikte verilen vaziyet planları tez çalışmasının veri setini oluşturmaktadır. Bu vaziyet planlarındaki arazi kullanım oranları, ilişkileri ve örüntüleri YSA'nın DÖ sürecinde kritik rol oynayacaktır.

3.1.3 Verilerin Derin Öğrenme Süreci için İşlenmesi

İndirilen vaziyet planlarının içerisinde YSA'na asıl öğretilmek istenen bilgi arazi kullanım oran, ilişki ve örüntüleridir. İndirilen vaziyet planlarının bulunduğu raster verilerde yazılar lejantlar hatta vaziyet planını destekleyen üç boyutlu görsellerin bulunmaktadır. Bu vaziyet planı dışında öğretilmek istenilen içerik, bölge ve bilgiler ile ilişkili değildir. Yani derin öğrenme sürecine sokulmak istenen içerik, bölge ve bilgileri içeren özel alan (Region of Interest) dışında kalmaktadır. Bu nedenle veri kirliliği (noise) yaratan bu yazılı ve görsel verilerin vaziyet planlarından silinmesi gerekmektedir. Tez yönteminin bu aşamasında veri setinde bulunan her bir örnek, içerisinde sadece vaziyet planı kalacak şekilde düzenlenmiştir. Bu sayede sadece öğretilmek istenilen arazi kullanım oranları, arazi kullanımlarının birbirleri ile olan ilişkileri ve arazi kullanımlarının örüntüleri YSA'nda DÖ sürecinde girdi olacaktır.

3.1.4 Veri Setinin Elde Edilmesi

Yukarıdaki aşamada temizlenen planlar özel bir klasöre alınarak kaydedilir. Bu aşamanın amacı önceki ham diyebileceğimiz vaziyet planlarından ayrı bir klasörde kayıt altına almaktır. Verilerin ilk halleri ve noise'dan temizlenmiş hali ayrı ayrı tutulmalıdır. Gerekğinde ilk halinin ulaşılabilir olması faydalı olabilir. Tüm adımların kayıt altında olması çalışmanın veri yönetimi , veriye erişim ve kontrol edilebilirliği dışında araştırmanın proje yönetimi açısından da çok önemli olan uygulamalardır (Brownlee, 2020).

3.1.5 Veri Setinin Bulut Ortamında Depolanması

Elde edilen veri setini bulut ortamında depolamak tez çalışmasının yönteminde tanımlanmış veri akışı için kritik bir aşamadır. Bu amaçla sırasıyla tespit edilen, açık kaynaklardan indirilen, DÖ süreci için işlenen ve elde edilen veri seti Google Drive ortamında depolanmıştır. Önceki aşamalar gibi tez araştırmasının proje yönetim yaklaşımı nedeni ile, aslında farklı yazılım ve donanım alternatiflerini kullanmaya hazır tutarak araştırmanın başarı olasılığını yükseltmek için fiziki ortamlarda da veri

seti depolanmıştır. Böylece tanımlanan yöntem aşamalarının sağlam adımlarla ilerlemesi planlanmaktadır.

Bu aşama sonrasında rafine halde olan planlar DÖ sürecine hazırdır. Veri hazırlığı süreçleri (data preparation) tamamlanmış, bulut ortamında erişilebilir bir şekilde duran veri seti sayesinde DÖ sürecinde YSA'nın veri seti klasörü gösterilerek sürecin başlatılması gerçekleşeceği için kritik öneme sahiptir.

3.2 Üretken Yapay Zeka Araçlarının Kullanılması

Çalışmanın bu bölümünde iki farklı üretken YZ aracı kullanılmaktadır. Bunlar FastGAN ve Diffusion Model'dir. Çalışmanın veri seti sayısına benzer veri setleri ile başarılı şekilde çalışan FastGAN, veri setindeki planlardan örüntü (pattern), arazi kullanım oranı ve ilişkilerini derin öğrenme sürecine sokacak ve plan üretimi yapacaktır (Liu ve diğ. 2023; Hiruta ve diğ. 2022). FastGAN çıktısı olan ham planlar Stable Diffusion v1.6 kullanan bir web servisi olan DreamStudio aracılığı ile çözünürlüğü ve planların okunurluğu iyileştirilecektir.

ÇÜA'lar en özet hali ile geliştiricisi tarafından üretici (generator) ve ayrıştırıcı (discriminator)'dan oluşan, bu iki yapının birbirleri ile derin öğrenme sürecinde rekabete girerek eğitim sürecini geliştirmesi 'adversarial' olarak adlandırılmasına neden olmuştur. En basit hali ile üretici ve ayrıştırıcı YSA'larıdır, her biri birden fazla gizli katmana (hidden layer) sahip olabilirler. ÇÜA'daki veri derin öğrenme sürecine girdiğinde generator sahte veri üretirken, discriminator de veri setine bakarak bu verileri gerçek veya sahte olarak sınıflamaya çalışır. Bu iki sinir ağı temelinde bu çalışma prensibi ile rekabet ederek üretilen verinin daha iyi hale gelmesine çabalar. ÇÜA'lar YSA'ları içerisinde üretken modeller olarak tanımlanır. İçerisinde derin öğrenme işlemi yapıldığı için bu yapılar derin üretken modeller de denilmektedir.

ÇÜA içerisindeki yapılardan üretici YSA bu sistemde üretken role sahip gizli katmanlara sahip olan veri setinden girdi alan bunu işleyerek yeni çıktılar üreten yapılardır. Gizli katmanlara sahiptir ve veri işleme bu katmanlar içerisinde gerçekleşir.

ÇÜA içerisindeki yapılardan ayrıştırıcı YSA bu sistemde hem veri setindeki gerçek verileri, hem de üreticiden gelen sahte verileri gerçek veya sahte olarak sınıflandırma rolüne sahiptir. Üretici gibi sahip olduğu gizli katmanlar girdileri işleyerek gerçek mi

sahte mi olduğunu ayırt etmeye çalışır. ÇÜA'lar en yakın benzerlik (maximum likelihood) yöntemini kullanan yapılardır.

ÇÜA'nın performansını ve öğrenme sürecini şekillendiren ve etkileyen parametreler vardır. Bunlar derin öğrenme ve üretme süreçlerini etkileyen değişkenlerdir. Bu parametreler ÇÜA'nın performansını, eğitim süresini ve çıktıların kalitesi gibi kritik bilgileri etkilemektedir. Üretken YSA kullanan bu süreçleri veri, derin öğrenme ve veri elde etme süreci olarak üçe ayırabiliriz. YSA öğreneceği veri içerik, anlam ve bilgi en kritik girdi iken YSA'nın ürettiği çıktı çalışmaların hedefidir. Bu girdi ve sonuç çıktıları etkileyen derin öğrenme sürecini etkileyen çok çeşitli değişkenler bulunmaktadır. Bu değişkenler veriye müdahale etmemekle beraber veriyi derin öğrenme sürecini etkileyen, derin öğrenme sürecinde işleyen ve sonuç çıktıyı etkileyen parametrelerdir. Bunları en basit haliyle özetlemek gerekirse; ağırlıklar (weights), biaslar (biases), öğrenme oranı (learning rate), gürültü vektörü (noise vector), aktivasyon fonksiyonları (activation functions), kayıp fonksiyonları (loss functions), optimasyon algoritmaları, yığın boyutu (batch size), iterasyon (iteration), epok (epoch) ve model mimarisine ilişkin parametrelerdir.

Ağırlıklar, YSA'nın her katmanındaki nöronların birbirleri olan bağlantılarının gücünü ifade eder. Bu ağırlıklar eğitim süreci için optimize edilir. Biaslar, nöronların aktivasyon eşiklerini ayarlamak için kullanılan terimlerdir ve yukarıda bahsedilen ağırlıklar ile birlikte optimize edilerek gizli katmanların verimli çalışmasını sağlarlar.

Öğrenme oranları, derin öğrenme sürecinde hem ağırlık hem biasların ne kadar hızlı güncelleneceğini yönetir. Bu öğrenme oranları üretici ve ayrıştırıcı YSA için birlikte ve ayrı ayrı olarak ayarlanabilen oranlardır. Öğrenme oranını arttırsak üretken modelin hızlı çalışarak çözüm üretmemesine yol açabiliriz. Fakat öğrenme oranını düşürürsek gereksiz süre kaybına yol açabilir. Bu nedenle zamanın ve donanımın verimli kullanılması adına öğrenme oranının kabul edilir modelin optimum çözüm üretebildiği seviyelerde olması daha uygun olacaktır.

Gürültü vektörü, üretkene veriseti ile birlikte verilen rastgele bir vektördür. Boyut ve dağılım gibi değişkenlere sahiptir ve bunlar üretilen çıktıyı etkiler. Gauss tipi dağılım prensibi ile çalışır. Gürültü vektörü sayesinde verisetinden öğrenilen

sistemlere noise (gürültü) verilerek özgün veri üretimi sağlanır. Veri setinin manipölasyonu ve özgün veri üretimi için çok önemli parametrelerden biridir.

Aktivasyon fonksiyonları, nöronların çıktılarını belirlemek için kullanılan matematiksel fonksiyonlardır. Tanh, sigmoid, ReLU, Leaky ReLU, sigmoid ve softmax gibi aktivasyon fonksiyonları bulunmaktadır.

Kayıp fonksiyonları, üreten ve ayırtıcının başarılarını ölçmeye çalışan fonksiyonlardır. Genellikle çapraz entropi kaybı (cross-entropy loss) kullanılır fakat farklı üretken modellerde farklı kayıp fonksiyonlarının kullanıldığı da görölmektedir.

Optimasyon algoritmaları, ağların ağırlıklarını ve biaslarını güncellemek amacı ile kullanılan genel optimizasyonu hedefleyen algoritmalarlardır. Her iki ağ için ayrı ayrı optimizasyon algoritmaları kullanılması mümkündür.

Yığın sayısı, derin öğrenme sürecinde bir defada (iterasyon) işlenecek örnek sayısıdır. Yani her bir eğitim adımında kaç verinin işleme alınacağını belirler. İterasyon, bir seferde derin öğrenme sürecinde yapılan işlemdir. Yani YSA'nın güncellendiği adımlardır. Her bir iterasyon tanımlanan yığın sayısı kadar veri ile modeli günceller.

Epok, tüm veri seti kümesinin derin öğrenme sürecinde modelin içerisinde bir kere geçmesidir. Örneğin 100 adet veriye sahip veri setini 10 yığın sayısı ile 10 iterasyon yaparsak 1 elde etmiş oluruz. Yani bu eğitimi 1000 epok olarak tanımlarsak süreç 10.000 iterasyon yaparak tamamlanacaktır

ÇÜA'lar özetle bu parametreler ve değişkenler ile çalışmaktadır. Sistemin başarısı, hızı, tüm eğitim süreci, eğitim sonucunda elde edilen eğitilmiş model ve sonuç çıktıları bu parametre ve değişkenlere bağlıdır.

Yukarıda önemli parametreleri ile açıklanan FastGAN yapısının kodlanması, çalışabilirliği kontrol edilmiştir. Bu aşamada açık kaynaklar, eğitimler ve github ortamlarından faydalanılmıştır. Kodlanmış olan çalıştığı kontrol edilen FastGAN YSA bulut ortamında depolanmıştır.

Yöntemde tanımlandığı üzere çalışmasını sağlamak için bulut depolama ortamının (Google Drive), bulut ortamındaki donanımlara yani Colab (Google Colaboratory)

ortamı ile iletişim kurması gerekir. Aşağıdaki komutlar ile bu iletişim sağlanır (Şekil 3.9).

```
[ ] from google.colab import drive  
drive.mount('/content/drive')
```

Şekil 3.9 : Colab ve Drive dosyalarının iletişim kurması

Bu işlemin tamamlanması için ilgili google hesabının bağlı olduğu google mail yani gmail e-posta hesabından erişim izni verilmesi gerekir. Erişim izni verildikten sonra Google Drive üzerindeki tüm dosyalara Colab erişebilecektir.

3.2.1 Colab Ortamında FastGAN Kurulumu

Literatür taramasında açıklanan FastGAN yapısı aşağıdaki komutlar ile çağırılır (Şekil 3.10).

```
[ ] !cp -r /content/drive/MyDrive/FastGAN/content/
```

Şekil 3.10 : Kurulan ve Drive ortamına yüklenen FastGAN modeli ile iletişim kurulması

Eğer github gibi bir ortamdan çekilen dosya ile çalışmak isteniyorsa, ilgili kaynağın bilgilerini bulmak ve aşağıdaki gibi çağırmak da Colab ortamındaki donanımlar ile araştırmanın yazılım ile ilgili çözümlerini tamamlamak için gerekli olabilir (Şekil 3.11).

```
[ ] !git clone https://github.com/odegeasslbc/FastGAN-pytorch.git
```

Şekil 3.11 : Github kaynağındaki FastGAN modelinin klonlanması

Bu iki yolla da istenilen yazılım alternatifini Colab ortamında çalışma için hazır hale getirmek mümkündür.

FastGAN'nin çalışması için gerekli kütüphaneler ve eklentiler aşağıdaki komutlar ile yüklenir.

```
[ ] !pip install torch==2.0.0
!pip install pandas==1.5.3
!pip install numpy==1.23.5
!pip install tqdm==4.64.1
!pip install scipy==1.10.1
!pip install scikit-image==0.20.0
!pip install ipdb==0.13.3
!pip install lmdb==1.4.1
!pip install opencv-python==4.5.4.60
!pip install easing-functions==1.0.4
!pip install torchvision==0.15.1
```

Şekil 3.12 : Kütüphanelerin yüklenmesi

Bu işlemler ile FastGAN çalışmaya hazırdır, denemeler ile tüm sistemin çalıştığı kontrol edilmiştir.

3.2.2 FastGAN'ın Veri Seti ile İlişki Kurması

Daha önce hazırlanan veri seti Google Drive ortamına önceki aşamada yüklenmiştir. Bu veri seti dosyası kod ortamında gösterilmektedir. YSA derin öğrenme sürecinde hangi veri setini girdi olarak kullanacağı ve üretim ile ilgili çıktıları hangi dosyaya üreteceği gösterilmelidir. Aşağıdaki komutlar Colab ortamındaki girdi verisinin yolunu göstermektedir (Şekil 3.13).

```
[ ] --path "/content/drive/MyDrive/DATASET"
```

Şekil 3.13 : Veri setinin klasörünün gösterilmesi

Yukarıda veri setini gösteren komut ile birlikte çıktıların üretileceği yolu gösteren komut aşağıdaki gibidir (Şekil 3.14).

```
[ ] --output_path "/content/drive/MyDrive/output"
```

Şekil 3.14 : Çıktıların yükleneceği klasörün gösterilmesi

Böylece tüm veri girdisi ve veri işleme süreçleri istenilen tüm uygulamalar bulut ortamındaki girdi ve çıktı dosyalarında depolanacaktır. Veri yönetimi kapsamından bakacak olursak içeriklerin ulaşılabilirliği, veri kaybını engelleme ve veri güvenliği çok önemli konulardır. Bu komutlar ile geliştirilen yöntemdeki verilere tam anlamıyla ulaşım ve yönetim sağlamak mümkün olmaktadır.

3.2.3 Derin Öğrenme Süreci

Derin öğrenme sürecine başlamak için çalışacağımız donanım ayarlar kısmından “Çalışma Zamanı Türünü Değiştir” sekmesinden “T4 GPU” donanımı bulut ortamında

seçilmiştir. Colab ortamına yüklenen FastGAN’de iteration parametresi 50.000 olarak girilmiştir. Aşağıdaki komut ile derin öğrenme süreci başlatılmıştır (Şekil 3.15).

```
[ ] !python train.py
    --path "/content/drive/MyDrive/DATASET with noise"
    --output_path "/content/drive/MyDrive/output"
    --name "output" --im_size 512 --batch_size 8
```

Şekil 3.15 : FastGAN modelinin eğitim komutu

Yukarıdaki komut ile derin öğrenme süreci başlatılmış ve 10 saate yakın bir sürede tamamlanmıştır. Bu derin öğrenme sürecinde 35 adet veriye sahip verisetinin her iterasyonda batch_size yani yığın sayısı 8 olarak tanımlandığı için 4,375 iterasyon 1 epok olmaktadır yani 4,375 adet iterasyon sonucunda veri setinin tamamı YSA içerisinde 1 kere derin öğrenme için işlenmektedir. Bu uygulamada 50.000 iterasyon tanımlandığı için 11.428 epokluk bir eğitim gerçekleşmiştir.

3.2.4 Eğitilen FastGAN’nın Elde Edilmesi

Derin öğrenme süreci tamamlandıktan sonra eğitilen YSA “all_50000.pth” adıyla Google Drive ortamında depolanır. Derin öğrenme sürecindeki her bir 5.000 iterasyonda “5000.pth” dosyası olarak ilgili aşama kaydedilir. Bu sayede her hangi bir aksilik ile karşılaşılır ise, eğitim sürecine kaldığı yerden devam etme imkanı sağlamaktır. Google Drive’da yukarıda eğitim sürecinde tanımlanan “output” klasöründe tüm 5000 iterasyonluk veri setimiz ile eğitilen modeller .pth uzantısı ile kaydedilmektedir. Eğitime tekrar başlama veya bu eğitilen model istenilen sayıda çıktı üretebilecektir.

3.2.5 FastGAN Üretimi Planların Elde Edilmesi

Derin öğrenme sürecinde elde edilen eğitilmiş FastGAN aşağıdaki komutlar ile istenilen sayıda plan üretebilmektedir. Aşağıdaki komutta 100 adet çıktı üretmesi istenmektedir (Şekil 3.16).

```
[ ] %cd /content/FastGAN-pytorch

!python eval.py --n_sample 100
--ckpt "/content/drive/MyDrive/2Nisan Çıktıları/output/train_results/output/models/all_50000.pth"
--im_size 512
```

Şekil 3.16 : Eğitilen FastGAN modelinin plan üretme komutu

Yukarıdaki dizinde ‘all_50000.pth’ adındaki 50.000 iterasyonluk derin öğrenme süreci tamamlamış FastGAN modeline 100 adet çıktı üretme komutu verilmektedir. Aşağıda

yazan satırlar işlemin sorunsuz gerçekleştirdiğini göstermektedir. Üretim süreci aşağıdaki veri akışında izlenmiş ve tamamlanmıştır. Google Drive’da tanımladığımız çıktı dosyasında, FastGAN üretimi planlar depolanmıştır.

3.2.6 FastGAN Çıktılarının Depolanması

Önceki aşamada üretilen 100 adet plan çıktısı FastGAN dosyaların içerisinde, aşağıda üretilen algorithmada FastGAN üretimi çıktılar Google Drive’da hedef yol olarak gösterilen komuttaki dosyada depolar (Şekil 3.17).

```
[ ] import os
import shutil

def download_directory(dir_path, target_path):
    try:
        # Hedef yolu kontrol edelim, eğer bir dosya yolu değilse dizin olarak kabul edelim
        if not os.path.isdir(target_path):
            os.makedirs(target_path, exist_ok=True)

        # Dizin içindeki tüm dosyaları kopyala
        for item in os.listdir(dir_path):
            source_item = os.path.join(dir_path, item)
            target_item = os.path.join(target_path, item)
            if os.path.isfile(source_item):
                shutil.copy(source_item, target_item)

        print("Dizin indirme işlemi başarılı.")
    except Exception as e:
        print("Dizin indirme işlemi başarısız:", str(e))

# Örnek dizin yolu
dir_path = "/content/FastGAN-pytorch/eval_100000/img"

# Hedef yol
target_path = "/content/drive/MyDrive/Outputs/eval_100000"

# Dizini indirme işlemi
download_directory(dir_path, target_path)
```

Şekil 3.17 : FastGAN tarafından üretilen planların Drive’da deponlanması için oluşturulan algoritma

Yukarıdaki komutun sorunsuz şekilde tamamlandığı “Dizin indirme işlemi başarılı.” yazısı ile veri akışında görülmektedir. Bu algoritma sayesinde FastGAN ile üretilen planlarda kayıplar yaşanmadan komutun çalıştırılması ile bulut ortamında depolanması sağlanmaktadır.

YSA’ları 1000 iterasyonda üreticinin ürettiği çıktı kaydedilir bu sayede eğitim sürecindeki gelişimin incelenme fırsatı doğmaktadır. Bu çalışma kapsamında 1000 iterasyon olarak belirlenen eğitim çıktıları depolanmış ve tablo halinde getirilmiştir (Şekil 3.18). Eğitim sürecindeki gelişimi adım adım izleme ve elde etme tablo dışında video halinde kısa içeriklerin üretilmesi ve sürecin anlaşılmasına fayda sağlayabilir. Aynı zamanda bu derin öğrenme sürecinde Şekil 1.10’da gösterilen görsel verileri

kullanan video üretimleri Refik Anadol'un üretken YZ'yı sanatsal amaçlarla kullandığı çalışmalarının basit bir başlangıcına benzemektedir (Anadol, 2019).



Şekil 3.18 : 50.000 iterasyonlu eğitim sürecinde her bir 1.000 iterasyonda verilen 8 adet çıktı değişimi

3.2.7 Text-to-Image

Bu aşamada FastGAN tarafından üretilen ham halde olan planların çözünürlüğünü, okunurluğunu artırma amacı ile DM kullanılmıştır. Bir çok DM bu amaç ile denenmiş ve en verimli olan DM alternatifleri arasından seçim yapılmıştır. Diffusion Modellerden stable-diffusion-xl-1024-v1-0 versiyonuna sahip DreamStudio web-servisi'nin kullanılmasına karar verilmiştir. Bu karar aşamasından sonra FastGAN üretimi planlar DM'e girdi (input) olarak verilmiş %40 olarak ağırlıklandırılarak text-to-image işlemi için <landscape plan, landscape design> promptları kullanılmıştır. Tez çalışması kapsamında bir çok DM çıktısı plan elde edilmiştir. Bu çıktılar yöntem

ile ilişkili şekilde değerlendirilmiş ve defalarca DM kullanma işlemi tekrarlanmıştır. Çok sayıda elde edilen FastGAN üretimi plan DM sürecine sokulmuştur. Bu kapsamda DM'lerin planlara katkısı da incelenme fırsatı bulunmuştur. Bu katkının potansiyelleri de bu aşama sayesinde görünür kılınmıştır.

3.2.8 Yapay Zeka Üretimi Planların Bulut Ortamında Depolanması

Elde edilen DM çıktıları üretken YZ kullanımının son aşamasıdır ve tüm çıktılar, tez araştırmasının veri yönetim yaklaşımı nedeni ile bulut ortamında depolanmıştır. Bu sayede sonuç veriye tekrar erişim ve kullanım mümkün kılınmıştır.

3.3 Sustainable SITES Kriterlerinin Ölçümü

Tez yönteminin bu aşaması üç bölümden oluşmaktadır. Bunlar yarışma verilerinin SITES kriterlerine göre ölçülmesi, ÜYZ üretimi çıktıların SITES'a göre ölçülmesi ve bu iki ölçümün karşılaştırılmasıdır.

Sustainable SITES çok kapsamlı bir süreç yönetimine sahiptir. İnşaat öncesi arazinin durumu, ön tasarım ve planlama su, toprak, vejetasyon, insan sağlığı ve yaşam konforu, inşaat, tesis yönetimi, proje izleme, eğitim ve inovasyon üst başlıklarında bir çok alt kritere sahip bir ölçme sistemidir (Şekil 3.19). Bu nedenle her kriter bu tez çalışması kapsamında tek tek incelenmiş ve tez çalışmasının veri setinin ölçeğine ve süreçlerine bağlı ve ilişkili olanlar tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu ölçeğe ve sürece bağımlı yaklaşım sayesinde ölçülmesi mümkün olan kriterlerin tespiti mümkün olmuştur.

Arazi Örtüsü/ Vejetasyon Tipi Zonu	Biyokütle Yoğunluk Değeri	Toplam Arazi Alanı Yüzdesi	BxC
A	B	C	D
Ağaç kullanımı yoğun	6,00		
Ağaç kullanımı tekil	4,00		
Çalılar	3,00		
Tek yıllıklar	2,00		
Çöl Bitkileri	1,50		
Tek yıllıklar	1,50		
Bakımlı çim alanlar	3,00		
Cıvız çim alanlar	2,00		
Uzun çayırlar	2,00		
Kısa çayırlar	1,50		
Sulak alanlar	6,00		
Vejetatif strüktürler	0,00		
TOPLAM (Tüm kolonların toplamı)	n/a	%	

Şekil 3.20 : Biomass Diversity Index

BDI'ne göre en yüksek olan 6 puan katsayısını Ağaç-çalı-yerörtücü kompozisyonuna sahip ağaç dokusu ve sulak alan (wetland) kullanımları almaktadır. SITES'da yüksek puan almak isteyen projelerin bitkisel tasarım sürecinde bu kompozisyonu kullanım kararı alması yerinde olacaktır. Sulak alan kullanımı tasarım yapılan bölgenin su kaynakları ile ilişkili olduğu için her coğrafi konuma uygun bir arazi kullanım çözümü değildir.

Ağaç altındaki bitki oranı %10'un altında olan yani ağaç altında seyrek bitkisel dokuya sahip alanlar 4 puan katsayısı ile çarpılmaktadır. Çalı grupları 3 puan katsayısına, yer örtücü kullanımlar 2 puan katsayısına sahiptir. Çöl bitkileri ve tek yıllık bitki grupları 1.5 puan çarpanlarına sahiptir. Su ihtiyacı yüksek evsimsel büyümelere sahip çim alan gibi açık alanların 3 inç = 7,62 cm'den büyük olan alanlar 3 puan katsayısı ile küçük olanlar 2 puan katsayısı ile çarpılır. Sulama sistemine sahip olmayan çayır gibi alanlarda 9 inç = 22,86 cm'den uzun bitki dokusuna sahip alanlar 2 puan katsayısına sahiptir, kısa olanlar 1.5 puan katsayısı ile çarpılır.

Yukarıda tüm sınıfalara göre açıklanan arazi kullanımları proje alanındaki yüzdelik dilimine göre, hazırlanan tabloda $B \times C = D$ formülü ile D verilerinin toplanması ile tüm projenin BDI puanı elde edilir. Elde edilen BDI puanı katsayılarla bağlı olduğundan dolayı 6 puandan yüksek olamaz.

SITES'ın kullandığı diğer bir yardımcı araç, su tüketimini ölçen United States Environmental Protection Agency (EPA) tarafından geliştirilen 'WaterSense Water Budget Tool v.1.04'dür. Bu araç arazi kullanımını su tüketimini ölçme ve yönetme

amacı ile ağaç, çalı, yerörtücü, çim alan, su yüzeyleri, geçirgen sert peyzaj alanları ve vejetasyonsuz yumuşak peyzaj alanları olarak sınıflandırmaktadır. Bu sınıflandırılmış alanlara katsayılar vererek BDI’de olduğu gibi arazi kullanım oranlarını yüzde olarak katsayı ile çarpar ve puan elde edilir. Bu aracın en önemli hedefi su tüketiminin çok fazla oldu çim alanların kullanımını azaltmaktır. Ağaç, çalı ve yer örtücü kullanımları ile suyun kaynağının verimli kullanılması bu aracın temel hedeflerindendir. Eğer EPA’nın belirlediği standartlarda su tüketiminin dışında bir arazi kullanım oranı var ise Water Budget Tool kabul onayın dışında olarak çıktı veriyor. Bu sayede LEED almak isteyen bir projenin tasarımcısı ya projeyi revize ederek onay alacak oranlarda tasarım yapmak zorundadır. Veya LEED sertifikası alamaz, Water Budget Tool onayı almayan proje SITES ve LEED standartları dışında kabul edilmektedir. Bu nedenle arazi kullanım politikası, ön tasarım sürecinde standartlara uygun planlanması çok önemlidir ve inşaattan tesis yönetim sürecine kaynak tüketecek olan projelerin belirli sınırlar içerisinde olması çok önemlidir.

Sustainable SITES tasarıma belirli standartlar koymaktadır, örneğin çok fazla geçirimsiz yüzey veya çok fazla su kullanımı var ise tasarımı kabul etmeyip revize istedikleri ilk iki kriter bulunmaktadır (3.19). Bu ölçümlerin tamamı arazi kullanım paternleri, oranları ve ilişkileri ile ilgilidir. Kriterlerin amaçları ve plan üzerinden yapılacak değerlendirme ile puanlama bilgileri aşağıdaki gibidir (Tablo 3.21).

Kriter Grubu	Kriter No	Kriter Adı	Amaç	Plan Üzerinden Yapılacak Değerlenme	Puan
Ön Tasarım ve Planlama	1	Proje Alanı İçerisinde Yağış Yönetimi	Akuatik ekosistemlerde, kanal morfolojisinde ve kuraklığın arazi hidrolojisinde yarattığı negatif etkilerin azaltılmasını doğal hidrolojik koşulları taklit ederek ve araziye düşen yağışı arazide tutmaya çalışarak sağlamak.	Bina ve sert zeminler dışında kalan geçirimli yüzeylerin %60’dan fazla olması sağlamak gerekmektedir.	Şartları sağlamıyorsa SITES ile ölçülebilir. Şartları sağlamıyorsa yeniden tasarlanmalıdır.

Şekil 3.21 : Sustainable SITES Ön Tasarım ve Planlama Kriter Grubu

Ana Kriter	Kriter No	Kriter Adı	Puan Aralığı	Amaç	Plan Üzerinden Yapılacak Değerlendirme	Puan
Su	2	Peyzaj Sulamasında Su Kullanımının Azaltılması	-	Nehir, göl ve yeraltı su kaynaklarının peyzaj sulamasında kullanımını azaltmak ve su tüketiminin yüksek olduğu kullanımlardan uzak duran su ihtiyacı az çözümler geliştirmek.	U.S. EPA WaterSense Water Budget Tool v01_04'e ağaç, çalı, çim alan, su yüzeyleri, kalıcı sert peyzaj alanları ve boş bitkisel peyzaj alanları verileri girilerek kriterlere uygun yada değil sonucu alınır.	Şartları sağlamıyorsa SITES ile ölçülebilir. Şartları sağlamıyorsa yeniden tasarlanmalıdır.
	3	Proje Alanı Dışında Yağış Yönetimi	0-6	Doğal hidrolojik koşulları taklit ederek ve sahada yağışların tutulmasını ve antilmasını sağlayarak sahadaki su dengesini korumak, su kalitesini korumak ve geçirgen yüzeyleri arttırmak.	Bina ve sert zeminler dışında kalan geçirimli yüzeylerin %60'dan fazla olması sağlamak gerekmektedir. Sağlamıyorsa 0 puan olacaktır. Oran %80 ise 4 puan olacaktır. Oran %90 ise 5 puan olacaktır. Oran %95 ise 6 puan olacaktır.	Geçirimli alan <%60 ise yeniden tasarlanmalıdır. Geçirimli alan<%80 ise 4 puan, Geçirimli alan>%90 ise 5 puan, Geçirimli alan>%95 ise 6 puan olacaktır.
	4	Dış Mekanlarda Su Kullanımının Azaltma	0-4	Uzun süreli peyzaj sulaması kullanımlarını azaltmak ve bitirmek, su kaynaklarını kazanmaya çalışmak, yağmur suyu hasadı, atık suların ve gri suyun arıtılıp sulamada kullanılması, binaların soğutulmasında ortaya çıkan su gibi kaynakların kullanılmasını sağlamak.	Toplam yeşil alanlardan çim alanlar gibi su ihtiyacı yüksek alanlar çıkarıldığında %75'den az ise 0 puan olacaktır. Bu oran %75'den fazla ise 4 puan olacaktır.	Çim alan<%75 ise 0 puan Çim alan>%75 ise 4 puan olacaktır.
	5	Aşırı Yağış Fonksiyonel Fırsatlar Olarak Tasarlama	0-6	Aşırı yağış etkilerini azaltmak ve kaynak olarak kullanmak amacıyla bioswale, yağmur bahçesi ve vejetatif çatılar oluşturarak afet riskini ve etkilerini azaltmak ve sel afetini su kaynağı haline getirmek.	Bioswale, yağmur bahçesi, vejetatif çatılar gibi aşırı yağış uygulamalarını toplam alanın %50'sinden az ise 0 puan, fazla ise 4 puan, %100 ise 6 puan olacaktır.	Yağış uygulamaları<%50 ise 0 puan, Yağış uygulamaları>%50 ise 4 puan, Yağış uygulamaları = %100 ise 6 puan olacaktır.

Şekil 3.22 : Sustainable SITES Su Kriter Grubu

Şekil 3.22'de Su kriter grubunun çalışma mekanizmasında geçen Water Budget Tool v01_04'ün nasıl kullanıldığı Şekil 3.23'de gösterilmektedir. Bu araç Microsoft Excel içerisinde erişilen arayüzüne toplam arazi alanı ve arazi kullanım alanlarının verileri her arazi tipine göre girilmektedir. Bitkisel tasarıma konu olan softscape olarak tasarlanan alanları tiplerine göre sisteme girilmesi ile tasarlanan alanda su tüketimi verilerine sahip olunmaktadır.

WaterSense New Home Specification: Water Budget Tool (V 1.04)									
Enter your information in these columns.					These columns will automatically populate.				
This water budget tool shall be used to determine if the designed landscape meets Criteria 4.1.1 of the specification. Please refer to the WaterSense Water Budget Approach for additional information. Your Name: [Enter] Builder Name: [Enter] Lot Number/Street Address: [Enter] City, State: [Enter] Zip Code (required): 20460 * In Canada, enter just the first three characters of your postal code (e.g. A1A)					Peak watering month: jul 1B: Average monthly reference evapotranspiration (ET _o): 6.06 inches/month 2A: Average monthly rainfall: 3.35 inches/month				
Enter information about your landscape here: STEP 1A - ENTER THE LANDSCAPED AREA (A) 3.434 Area of the designed landscape (square feet) Is an irrigation system installed on this site? ☐ Yes					Monthly baseline (gallons/month) based on the site's peak watering month: 12.962 gallons/month Monthly landscape water allowance or LWA (gallons/month) based on the site's peak watering month: 9.074 gallons/month				
Need help? See the WaterSense website for help on what to plant a certified irrigation pro!									
Step 2B/ Table 1.									
Zone	Hydrozone /Landscape Feature Area (sq. ft.)	Plant Type or Landscape Feature	Water Use	Irrigation Type	Landscape Coefficient (K _L)	Default DU (hidden)	Distribution Uniformity (DU _L)	LWR _n (gal/month)	
1	1,100	Trees	Low	Drip - Standard	0,2	70%	70%	387	
2	1,535	Turfgrass	Medium	Fixed Spray	0,7	65%	65%	5,008	
3	799	Shrubs	Low	Drip - Standard	0,2	70%	70%	288	
4								-	
5								-	
6								-	
7								-	
8								-	
9								-	
10								-	
11								-	
12								-	
13								-	
14								-	
15								-	
Total Area =		3.434 of 3434 square feet		Landscape Water Requirement or LWR for the Site (gal/month)				5.842	
					You have used		62%	of your allowance.	
					This is		86%	below the baseline.	

Şekil 3.23 : Water Budget Tool V 1.04 Hesaplama Arayüzü

Önceki tablodaki toplam proje arazisi ve su tüketim verileri depolanırken eğer Sustainable SITES standartlarına uymuyor ise ‘Hayır’ uyarısı gelmektedir. Bu uyarı alınırsa Sustainable SITES değerlendirmeye almadan yeniden tasarlanmasını talep etmektedir. Bu uyarı ve yeniden tasarlama talebinin temelinde düzenli sulama ve bakım gerektirirken, su tüketimi çok yüksek olan çim alanların kullanıldığı alanı azaltmak yatmaktadır. Eğer çim alan çok fazlaysa Sustainable SITES projeyi kabul etmemektedir (Şekil 3.24). Ayrıca su ihtiyacı yüksek olan aylara göre toplam su ihtiyacını yaklaşık olarak hesaplayan bir araçtır.

WaterSense New Home Specification: Water Budget Tool (V 1.04)
 This water budget tool shall be used to determine if the designed landscape meets Criteria 4.1.1 of the specification.
 Please refer to the WaterSense Water Budget Approach for additional information.

Your Name:
 Builder Name:
 Lot Number/Street Address:
 City, State, Zip Code:
 Peak Watering Month:
 Is an irrigation system being installed on this site?



This worksheet determines if the designed landscape meets the water budget.
 If the landscape water requirement is LESS than the landscape water allowance, then the water budget criterion is met.
 If the landscape water requirement is GREATER than the landscape water allowance, then the landscape and/or irrigation system needs to be redesigned to use less water.

STEP 3A - REVIEW THE LWA AND LWR FROM PART 1 AND PART 2
 LWA (gallons/month) LWR (gallons/month)

STEP 3B - REVIEW THE TOTAL AREA OF TURFGRASS* IN THE DESIGNED LANDSCAPE FROM STEP 2B
 The designed landscape contains square feet of turfgrass.* This is of the landscaped area.
*This includes the area of any pools, spas, and/or water features, designated by WaterSense to be counted as turfgrass.

OUTPUT - DOES THE DESIGNED LANDSCAPE MEET THE WATER BUDGET?
 If YES, then the water budget criterion is met.
 If NO, then the landscape and/or irrigation system needs to be redesigned to use less water.
 The designed landscape water requirement is a reduction in water use from the baseline calculated in Part 1.

Şekil 3.24 : Water Budget Tool V 1.04 Genel Arayüzü

Ana Kriter	Kriter No	Kriter Adı	Puan Aralığı	Amaç	Plan Üzerinden Yapılacak Değerlenme	Puan
Toprak ve Vegetasyon	6	Biyomas Optimizasyonu	0-6	Proje alanındaki biyolojik kütleyi arttıracak (BiyomasDensity/Index-BDI) ve istenilen oranlara getirecek tasarımları üretmek.	BDI'ye göre arazi kullanımları ve oranları girilerek hesaplanmaktadır. Bu hesaplama sonucunda 0 ile 6 arasındaki puanlara sahip olacaktır.	BDI'ye göre 0-6 arası bir puan elde edilmektedir.
	7	Kentsel Isı Adası Etkisinin Azaltılması	0-4	Solar Reflectance Index (SRI) gibi araçları kullanarak proje kapsamında tasarlanan programlar arasındaki oranları hesaplayarak yeşil çatı uygulamasını zorunlu hale getirerek, kentsel ısı adası etkisini azaltmak.	Yeşil çatı uygulaması yok ise 0 puan, var ise 4 puan olacaktır.	Yeşil çatı uygulaması var ise 4 puan, yok ise 0 puan olacaktır.
	8	Vejetasyonun Bina Enerji Kullanımını Azaltması İçin Kullanılması	0-4	Doğru bitkisel tasarım önerileri ile binaların ısıtma ve soğutma için harcayacağı enerjiyi azaltarak, enerji tasarrufuna katkı sağlamak	Bina yüzeyi gölge alanı %30 ise 1 puan, %60 ve üstü ise 2 puan olacaktır. Kış rüzgarı alan cephelerin tamamında perdeleme çalıları kullanılıyorsa 1 puan, bu perdeleme bitkileri birden fazla sırada ise ve yoğun ağaçlandırma var ise 2 puan olacaktır.	Bina yüzeyi gölge alanı >%30 ise 1 puan, Bina yüzeyi gölge alanı >%60 ise 2 puan Kış rüzgarı alan cephelerin tamamında bitkisel perdeleme var ise fazladan 1 puan, Kış rüzgarı alan cephelerin tamamında yoğun ağaçlandırma var ise fazladan 2 puan olacaktır.
	9	Yangın Riskini Azaltan Çözümler	0-4	Tasarım aşamasındaki öneriler ile bölgesel yayılım gösterecek yangın afetlerini önlemek	Proje alanının yaz aylarında tekrarlanan orman yangını (wildfire) geçmişi varsa buna uygun parçalanmış bitki zonları yoksa 0 puan var ise 4 puan olacaktır.	Parçalanmış bitki zonları var ise 4, yok ise 0 puan olacaktır.

Şekil 3.25 : Sustainable SITES Toprak ve Vegetasyon Kriter Grubu

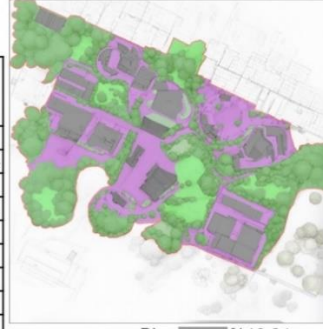
Kriter Grupları	Kriterler	Amaç	Plan Üzerinden Yapılacak Değerlenme	Puan
İnsan Sağlığı ve Refahı	Maksimum Ulaşılabilirlik, Güvenlik ve Sirkülasyon Verimi	Yaya ulaşımında verimlilik, güvenlik ve kolay ulaşım konularında yerinde öneriler sunarak projenin yaya ulaşımı konusunda dengeli ve sağlıklı bir dağılıma sahip olmasını sağlamak	Proje dışı ve içerisinde kesintisiz düzenli bir yaya ulaşım örüntüsü yoksa 0 puan var ise 2 puan olacaktır.	Düzenli yaya örüntüsü yok ise 0 puan var ise 2 puan olacaktır.
	Proje Alanında Eşitlikçi Çözümler Önerme	Tasarım programlarını tüm toplumsal kesimlerin kullanmasını sağlayacak şekilde eşitlikçi ve verimli dağılımını sağlamak, kamu faydasını önde tutmak	Fiziksel Aktivite Önerileri ve Sosyal İlişkilerin Artırılması kriterlerinin ikisini de sağladıysa 2 puan, ikisine birden sahip değilse 0 puan olacaktır.	Fiziksel aktivite ile ilgili programlar ve sosyal ilişkilerin artırılması ile ilgili programların ikisi birden yok ise 0 puan var ise 2 puan olacaktır.
	Fiziksel Aktivite Önerileri	Farklı yaş gruplarına uygun değişik fiziksel aktivite programlarını proje kapsamında önermek	Fiziksel aktiviteleri çeşitlendirecek esnek kullanılabilecek alanlar ve spor alanları yok ise 0 puan, var ise 2 puan olacaktır.	Fiziksel aktivite ile ilgili programlar yok ise 0 puan var ise 2 puan olacaktır.
	Sosyal İlişkilerin Artırılması	Açık havada toplanma alanları sağlamak, ortak rekreasyon ve aktivite alanları ile topluluğu güçlendirme ve sosyal bağlantıları teşvik etme	Küçük meydanlar, toplanma alanları, oturma alanları (pergola vs.), piknik gibi rekreasyonel aktivitelere uygun alanlar yok ise 0 puan, var ise 2 puan olacaktır.	Sosyal ilişkilerin artırılması ile ilgili programların ikisi birden yok ise 0 puan var ise 2 puan olacaktır.
	Kentsel Tarım Önerileri	Kentsel tarım kullanımları ile kentsel üretimi arttırmak ve üretken peyzaj alanları geliştirmek	Alanın tüm yeşil alanlarının %10'unu tarıma ayırdıysa 3 puan, bu yüzde %10 alanda bitki çeşitliliği varsa 4 puan olacaktır.	Kentsel tarım alanları yok ise 0 puan, toplam arazi kullanımının %10'unu ayırdıysa 3 puan, tarım alanında çeşitlilik var ise 4 puan olacaktır.

Şekil 3.26 : Sustainable SITES Ön Tasarım ve Planlama Kriter Grubu

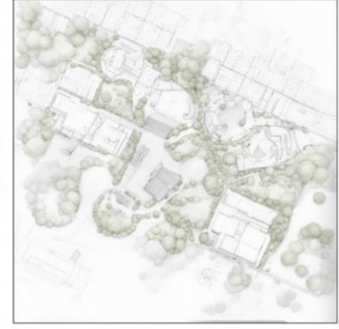
Yukarıda detaylı bir şekilde açıklanan kriterler üzerinde, yapay zeka tarafından üretilen plan örneği ölçülmüştür. Sonuçlar aşağıdaki gibidir (3.27).

Arazi Örtüsü/ Vejetasyon Tipi Zonu	Biyokütle Yoğunluk Değeri	Toplam Arazi Alanı Yüzdesi	BxC
A	B	C	D
Ağaç kullanımı yoğun	6,00	0,45	2,684474
Ağaç kullanımı tekil	4,00		0
Çalılar	3,00	0,04	0,118322
Tek yıllıklar	2,00		0
Çöl Bitkileri	1,50		0
Tek yıllıklar	1,50		0
Bakımlı çim alanlar	3,00	0,10	0,29111
Cılız çim alanlar	2,00		0
Uzun çayırlar	2,00		0
Kısa çayırlar	1,50		0
Sulak alanlar	6,00		0
Vejetatif strüktürler	0,00		0
TOPLAM (Tüm kolonların toplamı)	n/a	%	3,093907

Projenin Arazi Kullanım Oranı



Proje ID:70 Orjinal Plan



Bina	%19,34
Geçirimli Sert Zemin	%0,00
Ağaç	%44,74
Çalı	%3,94
Çim Alan	%9,70
Bitkisiz Peyzaj	%0,00
Sert zemin	%22,27
Yumuşak Peyzaj	%58,39
Sert Peyzaj	%41,61
Su Yüzeyi	%00,00
Proje Sınırı	%100,00

Şekil 3.27 : Sustainable SITES Değerlendirmesi için Hazırlanan Arazi Kullanım Oranları ve BDI Endeksi Tablosu

4. BULGULAR

Bu bölümde yöntemde tanımlanan aşamalar sırayla uygulanmış ve bu aşamaların çıktıları paylaşılmıştır.

4.1 Çekişmeli Üretken Ağ Uygulaması

Çalışmanın donanım ihtiyacı Google Colab çalışma ortamında Python dilinde yazılmıştır. Veri depolama, çağırma, işleme ve tekrar depolama alanı olarak Google Drive kullanılmıştır. Öncelikle gerekli kütüphaneler indirilmiştir. FastGAN kurulumu gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan ve Google Drive’da depolanmış veri setinin dosya yolu kopyalanmış, FastGAN’nın veri seti bölümüne yapıştırılmıştır. Böylece üretken YSA veri seti ile derin öğrenme süreci gerçekleştirecektir. Daha önce denenmiş bu çalışma akışı tez’in veri seti ile tekrar başlatılmıştır.

Derin öğrenme batch size 8 olarak tanımlanmıştır ve 50.000 iteration ile sonuçlanmıştır. Bir iteration’da 8 adet veri örneği ile eğitilen YSA, 50.000 iteration sonucunda 11.428 epoch tamamlamış demektir. Sonuç olarak 50.000 iteration sonucu eğitilmiş üretken YSA’nın kaydedildiği dosya elde edilmiştir. Bu eğitilmiş YSA ile istediğimiz kadar çıktı (sample) elde edebiliriz.

Sınırsız plan üretme yeteneğine sahip olan üretken YZ modelinin çıktıları görsel açıdan hamdır. Üretken YZ modeli planların örüntü, arazi kullanım oran ve ilişkilerini öğrenip ürettiği için ürettiği çıktılar çok değerlidir. Fakat çözünürlüğünün ve okunurluğunun artırılması için DM’ler kullanması kararlaştırılmıştır.

Tez kapsamında yapılan araştırmada Stable Diffusion Modellerin örüntü, arazi kullanım oran ve ilişkilerini koruyarak üretim yaptığı tespit edilmiştir. Bu yüzden

yöntem ve üretken YZ araçlarının ilişkileri tez kapsamında yapılan yayında ve doktora tezinde kullanılmıştır.

FastGAN çıktılarının okunurluğu ve çözünürlüğü açısından çok kaliteli olmayan ham sonuçlar vermesi önemli bir sorundur. Bu sorunun nedeni az sayıda örneğe sahip verisetinin kullanılmasıdır. Veriseti sayısı artırıldığında FastGAN'a ihtiyaç kalmayacaktır ve başka bir GAN modeli ile görsel açıdan daha nitelikli çıktılar alabilmek mümkün olacaktır. Bu tez çalışmasının kapsamı, yöntemi ve yazılım seçimi belirlendiği için DM'leri kullanarak bu sorunu çözme kararı alınmıştır. DM'leri yönetmek çok kolay olmadığı için Stable DM tercih edilmiştir. Stable DM'ler geometriyi, içeriği koruyarak üretim yaptığı için Stable DM olarak adlandırılmışlardır. Bu nedenle tez kapsamında FastGAN çıktılarını, Stable DM'lerde işleme kararı alınmıştır. Böylece GAN tabanlı olan spesifik bir veriseti ile eğitilen bir yapı oluşturulmuştur. Tez GAN tabanlıdır, FastGAN arazi kullanım örüntü, oran ve ilişkilerini öğrenmiştir. Bir sonraki aşamada DM arazi kullanım örüntü, oran ve ilişkilerini korumaktadır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 : Eğitilen FastGAN'dan alınan çıktı

4.2 Diffusion Model Uygulaması

FastGAN çıktıları input olarak Diffusion Modellerden stable-diffusion-xl-1024-v1-0 versiyonuna verilmiş ve %40 ağırlıkla <landscape plan, landscape design> promptları

ile üretim yapılmıştır, bu üretimler sonucunda elde edilen planlar yöntem kısmında tanımlandığı gibi bulut ortamında depolanmıştır.

Stable Diffusion Model çıktılarının FastGAN çıktısı olan ham verilere göre okunurluğu ve çözünürlüğü yüksek çıktılar elde edilmiştir. İçeriği koruyarak üretim yapan Stable DM sayesinde ÇÜA tabanlı olan çalışmanın çıktı kalitesi yükseltilmiştir. DM bulguları ile peyzajın ekolojik performansının ölçülmesine yönelik detayları veren çıktılar ürettiği görülmüştür (Şekil 4.2-4.5).

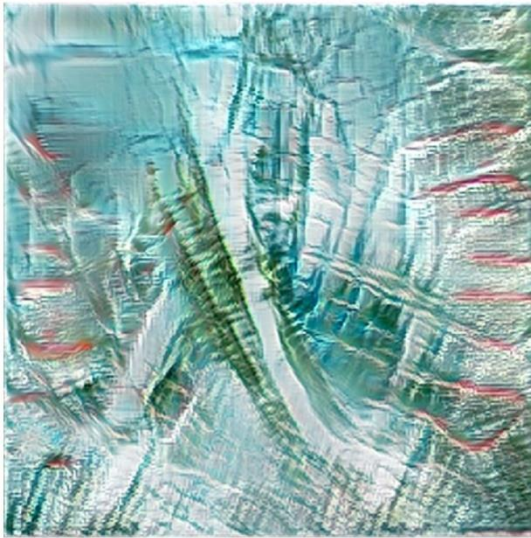
Proje ID: 11



DM uygulaması ile elde edilmiş (iyileştirilmiş) görüntü

Şekil 4.2 : Diffusion Model Çıktı Örneği

Proje ID: 11



DM öncesi FastGAN ile elde edilmiş görüntü



DM uygulaması ile elde edilmiş (iyileştirilmiş) görüntü

Şekil 4.3 : FastGAN ve DM çıktıları



DM öncesi FastGAN ile elde edilmiş görüntü

Proje ID: 13



DM uygulaması ile elde edilmiş (iyileştirilmiş) görüntü

Şekil 4.4 : FastGAN ve DM çıktıları



DM öncesi FastGAN ile elde edilmiş görüntü

Proje ID: 68



DM uygulaması ile elde edilmiş (iyileştirilmiş) görüntü

Şekil 4.5 : FastGAN ve DM çıktıları

4.3 Sustainable SITES Sonuçları

CAD ortamında arazi kullanımları ölçülen ve oranları tespit edilen yapay zeka çıktısı planlar, Sustainable SITES'in ölçeğe tespit edilen bu bağımlı kriterleri (scale dependent) üzerinden ölçüldü ve çıktıları ortaya konuldu (Şekil 4.6).

		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	
		Proje Alanı İçerisinde Yatılı Yönelim	Proje Alanı İçerisinde Yatılı Yönelim	Proje Alanı İçerisinde Yatılı Yönelim	Proje Alanı İçerisinde Yatılı Yönelim	Proje Alanı İçerisinde Yatılı Yönelim	Proje Alanı İçerisinde Yatılı Yönelim	Proje Alanı İçerisinde Yatılı Yönelim	Proje Alanı İçerisinde Yatılı Yönelim	Proje Alanı İçerisinde Yatılı Yönelim	Proje Alanı İçerisinde Yatılı Yönelim	Proje Alanı İçerisinde Yatılı Yönelim	Proje Alanı İçerisinde Yatılı Yönelim	Proje Alanı İçerisinde Yatılı Yönelim	Proje Alanı İçerisinde Yatılı Yönelim	TOPLAM
5. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	1.	VAR	VAR	4	4	0	3	0	4	0	2	2	2	2	0	23
6. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	2.	YOK	YOK	0	0	0	2	0	2	0	2	2	2	2	0	12
7. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	3.	VAR	YOK	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2	0	0	5
8. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	4.	YOK	YOK	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	5
9. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	5.	VAR	YOK	0	0	0	2	0	0	0	2	2	2	2	0	10
10. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	6.	YOK	VAR	0	0	0	2	0	0	0	2	0	2	2	0	8
11. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	7.	YOK	VAR	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	0	6
12. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	8.	YOK	VAR	0	4	0	3	0	0	0	2	2	2	2	0	15
13. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	9.	VAR	YOK	0	0	0	1	0	0	0	2	2	2	2	2	11
14. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	10.	YOK	VAR	0	4	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	7
15. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	11.	YOK	VAR	0	4	0	1	0	0	0	2	2	0	2	0	11
16. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	12.	YOK	VAR	0	0	0	1	0	4	0	2	0	0	0	0	7
17. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	13.	YOK	VAR	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	3
18. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	14.	YOK	VAR	0	0	0	1	0	0	0	2	2	0	2	0	7
19. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	15.	YOK	VAR	4	4	0	1	0	0	0	2	0	0	2	0	13
20. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	16.	YOK	VAR	5	0	0	3	0	0	0	2	2	2	2	0	16
21. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	17.	YOK	VAR	0	4	0	2	0	0	0	2	2	2	2	0	14
22. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	18.	VAR	VAR	0	0	0	2	0	0	0	2	2	2	2	0	10
23. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	19.	VAR	VAR	0	0	0	2	0	0	0	2	2	2	2	0	10
24. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	20.	YOK	VAR	0	0	0	1	0	0	0	2	2	2	2	0	9
25. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	21.	YOK	VAR	0	0	0	0	4	0	0	2	0	0	0	0	6
26. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	22.	VAR	VAR	4	0	0	3	0	0	0	2	2	2	2	0	15
27. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	23.	VAR	VAR	0	0	0	1	0	0	0	2	2	2	2	0	9
28. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	24.	YOK	VAR	0	0	0	2	0	0	0	2	2	2	2	4	14
29. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	25.	YOK	VAR	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	2	0	5
30. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	26.	VAR	VAR	5	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	10
31. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	27.	VAR	VAR	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	4
32. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	28.	VAR	YOK	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	2	0	6
33. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	29.	VAR	VAR	0	0	0	2	0	0	0	2	2	2	2	0	10
34. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	30.	VAR	VAR	4	4	0	5	0	0	0	2	0	0	2	0	17
35. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	31.	YOK	YOK	0	0	0	2	0	0	0	2	0	2	0	0	6
36. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	32.	VAR	VAR	4	0	0	2	0	0	0	2	0	0	2	0	10
37. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	33.	VAR	VAR	0	0	0	2	0	0	0	2	2	2	2	0	10
38. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	34.	YOK	YOK	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	2	0	5
39. Oda, Park ve Yalan Çizimi Kontrol Tasarım Yargıması	35.	YOK	VAR	0	4	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	8
TOPLAM				30	32	0	63	4	10	0	68	36	36	52	6	337

Şekil 4.6 : Verisetindeki projelerin Sustainable SITEs kriterlerine göre ölçülmesi

		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	
		Proje Alanı İçerisinde Yağış Yönetimi	Peyzaj Sulamasında Su Kullanımının Azaltılması	Proje Alanı Dışında Yağış Yönetimi	Dış Mekanda Su Kullanımını Azaltma	Aşırı Yağış Fonksiyonel Fırsatlar Olarak Tasarlama	Biyomas Optimizasyonu	Kentsel Isı Adası Etkisinin Azaltılması	Vejetasyonun Bina Enerji Kullanımını Azaltması için Kullanılması	Yangın Riskini Azaltan Çözümler	Maksimum Ulaşılabilirlik, Güvenlik ve Sirkülasyon Verimi	Proje Alanında Eşitlikçi Çözümler Önerme	Fiziksel Aktivite Önerileri	Sosyal İlişkilerin Arttırılması	Kentsel Tarım Önerileri	TOPLAM
1	36.	YOK	VAR	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	4
2	37.	YOK	VAR	0	4	0	2	0	2	0	2	0	0	0	0	10
3	38.	YOK	VAR	0	0	0	3	0	4	0	2	0	0	0	0	9
4	39.	YOK	VAR	0	0	0	1	0	3	0	2	0	0	0	0	6
5	40.	VAR	VAR	0	0	4	3	0	4	0	2	0	0	0	0	13
6	41.	YOK	VAR	0	0	0	2	0	3	0	2	0	2	0	0	9
7	42.	YOK	VAR	0	0	0	2	0	4	0	2	0	0	0	0	8
8	43.	YOK	VAR	0	0	0	2	0	2	0	2	0	0	0	0	6
9	44.	VAR	VAR	0	0	0	2	0	3	0	2	0	0	0	0	7
10	45.	VAR	VAR	0	4	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	8
11	46.	VAR	VAR	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	8
12	47.	YOK	VAR	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	3
13	48.	YOK	VAR	0	0	0	3	0	1	0	2	0	0	0	0	6
14	49.	YOK	VAR	0	0	0	2	0	4	0	2	0	0	0	0	8
15	50.	VAR	VAR	0	0	0	3	0	4	0	2	0	0	0	0	9
16	51.	YOK	VAR	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	4
17	52.	YOK	VAR	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	4
18	53.	YOK	VAR	0	4	0	1	0	4	0	2	0	0	0	0	11
19	54.	YOK	VAR	0	0	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0	4
20	55.	YOK	VAR	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	4
21	56.	YOK	VAR	0	0	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0	4
22	57.	VAR	VAR	4	4	0	4	0	4	0	2	0	0	0	0	18
23	58.	YOK	VAR	0	0	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0	4
24	59.	YOK	VAR	0	0	0	2	0	2	0	2	0	0	0	0	6
25	60.	VAR	VAR	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	5
26	61.	YOK	VAR	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	4
27	62.	VAR	VAR	0	0	0	2	0	4	0	2	0	0	0	0	8
28	63.	VAR	VAR	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	4
29	64.	VAR	VAR	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	4
30	65.	VAR	VAR	4	4	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	12
31	66.	YOK	VAR	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	3
32	67.	VAR	VAR	0	0	0	2	0	3	0	2	0	0	0	0	7
33	68.	VAR	VAR	4	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	9
34	69.	VAR	VAR	0	4	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	9
35	70.	VAR	VAR	0	4	0	3	0	2	4	2	0	0	2	0	17
TOPLAM				12	32	4	76	0	57	4	66	0	2	2	0	255

Şekil 4.7 : Diffusion Model Çıktısı olan 35 Adet Planın Sustainable SITEs Kriterlerine göre Ölçümü

Yapay zeka üretimi planların ve verisetinin ekolojik kriterlere göre ölçülmüş ve bu ölçümler insan üretimi planlar ile YZ üretimi planlar arasında karşılaştırma yapma imkanı vermektedir (Şekil 4.7).

Genel olarak bulgularda görüldüğü gibi veri setini oluşturan insan üretimi olan ve birçok proje ile yarışarak birinci seçilen 35 projenin ölçümünden 9.62 puan ortalaması elde edilmiştir. Buna karşın bu verisetinden üretilen yapay zeka çıktısı planlar aynı kriterlerden ortalama 7.22 puan ortalaması elde edilmiştir. Bu bulgular genel ortalamaların birbirleri olan karşılaştırılmasıdır.

İlk ve ikinci kriterler SITEs'in eğer proje sağlayamazsa, revize edilip tekrar getirilmesi gereken tartışmaya açık olmayan kriterleridir. Veri setindeki projelerden bu oranlara birinci kriterde sahip olan 15 proje olmayan 20 proje tespit edilmiştir. Sonuç çıktıları ilk kritere uyan 15 proje olması, kritere uymayan 20 proje tespit edilmesi yani veri seti ile YZ üretimi planların ilk kriterde aynı olması ilginç bir bulgudur.

Projede çim alanlar gibi su ihtiyacı yüksek olan alanları azaltmayı hedefleyen ikinci kriterde verisetindeki projelerin 27'sinin kabul edilebilir olduğu, 8 tanesinde bu oranların çok yüksek olduğu ve kabul edilebilir olmadığı görülmüştür. Sonuç planlarında ise ikinci kriterde tamamı yani 35 projenin de kabul edilebilir su tüketimi yaptığı bulunmuştur.

Proje alanında yağış yönetimi kriteri olan üçüncü kritere göre verisetindeki projeler ortalama 0.85 puan almaktadır. Veriseti ile eğitilen ve üretilen çıktılar ortalama 0.91 puan almakta ve neredeyse aynı olduğu anlaşılmıştır.

Projelerde çim alanların oranını %25 ve altına düşürerek su kaynağı tüketimini azaltmayı hedefleyen dördüncü kritere göre veri seti ortalama 0.91 puan almış ve sonuç çıktıları 0.91 puan ortalaması ile veri seti ile aynı ortalamaya sahiptir.

Beşinci kriterde veri seti ve sonuçları bir puana sahip değildir yani ortalamaları sıfır puandır. Altıncı kriter biyolojik kütle ve çeşitliliğini ölçen Bio Diversity Index'e göre veri seti 6 puan üzerinden 1.8 puan ortalamasına sahipken sonuçlar 2.17 puan ortalaması ile veri setini geçtiği tespit edilmiştir.

Yeşil çatı uygulamasının bulunması üzerinden puan veren yedinci kriterde veri seti 0.11 puan ortalamasına sahiptir. Buna karşın sonuç planların ortalama puanı sıfırdır yani hiç yeşil çatı uygulaması planlar üzerindeki bina kütlelerinde tespit edilememiştir.

Bitkisel tasarımın bina performansına olan enerji katkısını ölçen sekizinci kritere göre veri setindeki planlar 4 puan üzerinden 0.28 puan ortalamasına sahiptir. Sonuç planların ortalaması 1.6'dır.

Planda ağaç gruplarına ait örüntüleri yangın riskini azaltmak için düzenli şekilde ayırmayı tespit etmeye çalışan dokuzuncu kritere göre veri seti ve sonuç planlar sıfır puan ortalamasına sahiptir. Yani bu kapsamda veri setinde ve çıktılarında bir örüntü (pattern) tespit edilememiştir.

Projelerde tasarlanan alanın verimli bir yaya ulaşımına sahip olduğunu tespit etmeye çalışan onuncu kriterin verisetine göre puan ortalaması 2 puan üzerinden 1.94'dir. Sonuç planları 1.88 puan ortalaması ile veri setinin çok yakın puan ortalamasına sahiptir.

On birinci kriter 12 ve 13 numaralı kriterlerin ikisinde olması veya olmaması üzerinden sıfır veya 2 puan vermektedir. Veri seti on birinci kriterde iki puan üzerinden 1.02 puan ortalaması alırken, sonuç planlarının ortalaması sıfır puandır yani 12 ve 13 kriterlerine göre sonuç çıktıları başarısızdır. Bu kriterlerin ikisinde birden bir arazi kullanımı sonuç planlarında tespit edilememiştir.

Fiziksel aktivite programlarını tespit etmeye çalışan on ikinci kriterde veriseti planlarının ortalaması iki üzerinden 1.02 puandır. Buna karşın sonuç çıktıları iki üzerinden 0.05 gibi çok düşük bir puan almıştır. Bu spor kullanımlarına ayrılan alanların yapay zeka çıktılarında çok az olduğunu göstermektedir.

Rekreatif kullanımlara sahip alanları tespit eden on üçüncü kritere göre veriseti iki puan üzerinden 1.48 gibi yüksek bir puan almaktadır. Kentsel tasarım proje yarışmalarından oluşan verisetinden böyle yüksek bir ortalama çıkması beklenen bir sonuçtur. YZ üretimi planların iki puan üzerinden tespit edilen ortalaması sıfırdır. Yani pergola benzeri dinlenme mekanları yapay zekanın ürettiği çıktılarda tespit edilememiştir. Bu nedenle on üçüncü kriterde de sonuç çıktıları insan üretimi çıktılarına göre yaklaşık bir puan alamamıştır. Kentsel tarım uygulamasının bulunması ile iki veya sıfır puan veren on dördüncü kritere göre veri seti 0.17 puan alırken, sonuç planları sıfır puan almıştır.

Sonuç olarak çalışmanın bulgularına göre insan üretimi planlara sahip veri seti SITES kriterlerine göre yapay zeka çıktıları düzenli bir şekilde yüksek veya düşük olduğu söylenemez. Kriterlere göre farklılık gösteren bir sonuç elde edilmiştir. Örneğin 1 ve 4 numaralı kriterlerde iki plan grubu da tam olarak aynı puanı alarak çalışmanın şaşırtıcı bulguları olmuştur. 5 ve 9 numaralı kriterlerde iki grup da sıfır puan almıştır. Veriseti planları 5, 7, 8, 10, 11, 12, 13, ve 14 numaralı kriterlerde sonuç planlarından daha yüksek puan almıştır. YZ üretimi olan sonuç planları 2, 3, ve 6 numaralı kriterlerde insan üretimi olan planlara göre yüksek puan alarak geçtiği tespit edilmiştir. Bu bulgular ışığında net bir şekilde bir kanıya varmak mümkün değildir ama kriter sayısına göre veri seti grubu, sonuç planları grubuna göre daha yüksek puan almıştır. Puanların toplamına göre SITES kriterlerinden en yüksek puan alan yarışma projesinin, YZ'nın ürettiği en iyi performansa sahip proje ile karşılaştırılması aşağıdaki gibidir (Şekil 4.8).

Proje No	ID	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	Toplam Puan
Proje No	ID	Proje Alanı İçerisinde Yağış Yönetimi	Peyzaj Sulamasında Su Kullanımının Azaltılması	Proje Alanı Dışında Yağış Yönetimi	Diğ. Mekanda Su Kullanımının Azaltılması	Aşırı Yağış Fırsatları Olarak Tasarılma	Biyomasa Optimizasyonu	Kentsel Isı Adası Etkisinin Azaltılması	Vejetasyonu n Bina Enerji Kullanımını Azaltılması için Kullanılması	Yangın Riskini Azaltan Çözümler	Maksimum Ulaşılabilmek, Güvenlik ve Sirkülasyon Verimi	Proje Alanında Etkili Çözümler Önerme	Fiziksel Aktivite Önerileri	Sosyal İlişkilerin Artırılması	Kentsel Tanim Önerileri	Toplam Puan
5 Ocak Parkı ve Yakın Çevresi Kentsel Tasarım Yarışması	1.	VAR	VAR	4	4	0	3	0	4	0	2	2	2	2	0	23
22	57	VAR	VAR	4	4	0	4	0	4	0	2	0	0	0	0	18

5 Ocak Parkı ve Yakın Çevresi Kentsel Tasarım Yarışması - Proje ID: 1

Proje ID: 57



Şekil 4.8 : En iyi performansa sahip yarışma projesinin, YZ'nın ürettiği en iyi performansa sahip proje ile karşılaştırılması

5 Ocak Parkı ve Yakın Çevresi Kentsel Tasarım Yarışması - Proje ID: 1

Projede alınan plan kararlarının arazi kullanım oranlarına olan pozitif etkisinin projenin Sustainable SITES kriterlerine göre yüksek olmasına etkisi göz ardı edilmemelidir. Su tüketimini azaltmaya çalışan bitkisel tasarım önerisi ve vejetasyona olan etkileri performansının yüksek olmasını sağlamıştır. Peyzaj programlarındaki sosyal kaliteyi arttırmayı hedefleyen çeşitlilik projeyi diğer projelere kıyasla SITES kriterlerine göre çok iyi bir noktaya taşımıştır.

Proje ID: 57

Proje genelindeki sert zemin ve binalar gibi geçirimsiz yüzeylerin genele oranla çok küçük olduğu görülmektedir. Yapay zeka tarafından üretilen verinin genelleştirilmiş yapısı sayesinde büyük ve yoğun bitki dokusu görülmektedir. Bu özellikleri ile diğer YZ üretimi planlardan pozitif olarak ayrılmaktadır. Sosyal ihtiyaçları karşılayacak peyzaj programlarındaki eksiklikler gelecekte optimize edilebilirse insan üretimi planlarla yarışabileceği anlaşılmaktadır.

SITES kriterlerinden alınan tüm proje kazanan proje ve tüm YZ üretimi planların puan ortalamalarına en yakın puana sahip orta derecede performansa sahip projeler aşağıdaki gibidir (Şekil 4.9).

Proje Adı	ID	1. Proje Alanı İhtisastaki Yönetimi	2. Peyzaj Sulamaında Su Kullanımının Azaltılması	3. Proje Alanı Dışında Yağış Yönetimi	4. Dış Mekanda Su Kullanımını Azaltma	5. Açık Yağış Farklıyonei Fırsatlar Olarak Tasarlama	6. Biomaz Optimizasy onu	7. Kentsel Isı Adası Etkisinin Azaltılması	8. Vejetasyonu n Bina Enerji Kullanımını Azaltması için Kullanılması	9. Yangın Riskini Azaltan Çözümler	10. Maksimum Ulaşılabilirlik, Güvenlik ve Sirkülasyon Verimi	11. Proje Alanında Eşitlikçi Çözümler Önerme	12. Fiziksel Aktivite Önerileri	13. Sosyal İlişkilerin Artırılması	14. Kentsel Tarım Önerileri	Toplam Puan
Kadıköy Meydanı Kentsel Tasarım Yarışması	23.	VAR	VAR	0	0	0	1	0	0	0	2	2	2	2	0	9
Proje Adı	ID	1. Proje Alanı İhtisastaki Yönetimi	2. Peyzaj Sulamaında Su Kullanımının Azaltılması	3. Proje Alanı Dışında Yağış Yönetimi	4. Dış Mekanda Su Kullanımını Azaltma	5. Açık Yağış Farklıyonei Fırsatlar Olarak Tasarlama	6. Biomaz Optimizasy onu	7. Kentsel Isı Adası Etkisinin Azaltılması	8. Vejetasyonu n Bina Enerji Kullanımını Azaltması için Kullanılması	9. Yangın Riskini Azaltan Çözümler	10. Maksimum Ulaşılabilirlik, Güvenlik ve Sirkülasyon Verimi	11. Proje Alanında Eşitlikçi Çözümler Önerme	12. Fiziksel Aktivite Önerileri	13. Sosyal İlişkilerin Artırılması	14. Kentsel Tarım Önerileri	Toplam Puan
9	44.	VAR	VAR	0	0	0	2	0	3	0	2	0	0	0	0	7

Kadıköy Meydanı Kentsel Tasarım Yarışması - Proje ID: 23



Proje ID: 44



Şekil 4.9 : Orta derecede performansla sahip yarışma projesinin, YZ'nın ürettiği orta derecede performansla sahip proje ile karşılaştırılması

Kadıköy Meydanı Kentsel Tasarım Yarışması - Proje ID: 23

Proje orta performansla sahip projelerden birisidir, yoğun konut alanlarının ortasında bulunan proje su tüketimi konusundaki arazi kullanım kararları ve biyolojik kütledeki düşüklüğü 'İnsan Sağlığı ve Refahı' kriter grubundaki uygulamalar ile orta derece performansla sahip projeler arasına girmiştir.

Proje ID: 44

Arazi kullanım oranları ile Sustainable SITES'a göre kabul edilebilir projeler arasına aldığını ilk iki kriterden anlaşılmaktadır. Fakat kullanım oranlarının su tüketimine olan negatif etkisi ve düşük sosyal kullanımlara sahiptir. Bu düşük performans ile birlikte vejetasyonun bina enerjisine katkısı olacak şekilde kullanımı ve BDI endeksi puanı orta derece performansla sahip projeler arasındadır.

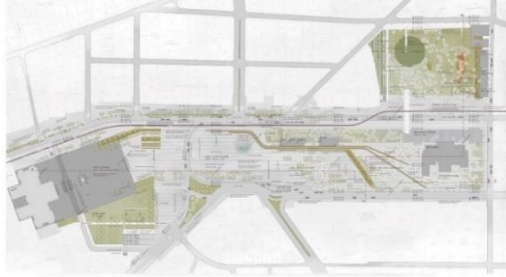
Verisinde yer alan kazanan projelerden SITES kriterlerinden en düşük puan ortalamasını alan proje ile YZ üretimi planları arasından SITES'a göre en düşük performansla sahip planın karşılaştırması aşağıdaki gibidir (Şekil 4.10).

Proje Adı	ID	1. Proje Alanı İçerisinde Yağış Yönetimi	2. Peyzaj Sulamasında Su Kullanımının Azaltılması	3. Proje Alanı Dışında Yağış Yönetimi	4. Dış Mekanda Su Kullanımının Azaltılması	5. Açık Yağış Fonksiyonel Fırsatlar Olarak Tasarlama	6. Biomas Optimizasyonu	7. Kentsel Isı Adası Etkisinin Azaltılması	8. Vegetasyonu Bina Enerji Kullanımını Azaltması İçin Kullanılması	9. Yangın Riskini Azaltan Çözümler	10. Maksimum Ulaşılabilirlik, Güvenlik ve Sirkülasyon Verimi	11. Proje Alanında Etkili Çözümler Önerme	12. Fiziksel Aktivite Önerileri	13. Sosyal İlişkilerin Artırılması	14. Kentsel Tanım Önerileri	Toplam Puan
Elazığ Belediyesi Kent Meydanı Kentsel Tasarım Yarışması	13.	YOK	VAR	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	3

Proje Adı	ID	1. Proje Alanı İçerisinde Yağış Yönetimi	2. Peyzaj Sulamasında Su Kullanımının Azaltılması	3. Proje Alanı Dışında Yağış Yönetimi	4. Dış Mekanda Su Kullanımının Azaltılması	5. Açık Yağış Fonksiyonel Fırsatlar Olarak Tasarlama	6. Biomas Optimizasyonu	7. Kentsel Isı Adası Etkisinin Azaltılması	8. Vegetasyonu Bina Enerji Kullanımını Azaltması İçin Kullanılması	9. Yangın Riskini Azaltan Çözümler	10. Maksimum Ulaşılabilirlik, Güvenlik ve Sirkülasyon Verimi	11. Proje Alanında Etkili Çözümler Önerme	12. Fiziksel Aktivite Önerileri	13. Sosyal İlişkilerin Artırılması	14. Kentsel Tanım Önerileri	Toplam Puan
12	47.	YOK	VAR	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	3

Elazığ Belediyesi Kent Meydanı Kentsel Tasarım Yarışması - Proje ID: 13

Proje ID: 47



Şekil 4.10 : SITES'a göre Düşük performansa sahip sahip yarışma projesinin, YZ'nın ürettiği en düşük sahip proje ile karşılaştırılması

Elazığ Belediyesi Kent Meydanı Kentsel Tasarım Yarışması - Proje ID: 13

Projeye ilk bakışta sert zemin ve bina gibi geçirimsiz yüzeylerin proje geneline göre oranını çok yüksek olduğu görülmektedir. Bu nedenle ulaşılabilirlik ile ilgili olan 10. kriterden ve oransal olarak düşük olan bitkisel kullanımlardan BDI endeksine göre 1 puan olarak Sustainable SITES kriterlerine göre en düşük performansa sahip proje olarak tespit edilmiştir.

Proje ID: 47

Proje YZ tarafından üretilen estetik görsel dile rağmen arazi kullanım oranları nedeniyle Sustainable SITES kriterlerine göre düşük performans almıştır. Ön tasarım ve planlama, su, insan sağlığı ve refahı kriterlerinde başarılı olamaması en düşük puan alan projelerin arasına girmektedir. Bitki dokusunun etkisi nedeniyle BDI ve bina performansına katkısı olmuştur.

4.3.1 Ön Tasarım ve Planlama Kriter Grubu Değerlendirmesi

İnsan Üretimi Planlar: Bu kriter grubu, sadece bir adet kritere sahiptir. Bu kriter bina ve yollar gibi geçirimsiz yüzeylerin %40'dan fazla olmamasını talep etmektedir. Bu kritere uymayan tasarımı SITES'a göre kabul edilebilir görmemektedir. Bu açıdan 'Peyzaj Sulamasında Su Kullanımının Azaltılması' kriteri çok önemlidir. Veri setini oluşturan 35 adet yarışma projesinden 15'i bu kriteri karşılamaktadır. Son yıllarda

yarışma kazanan projelerde bu kriterin artmış olduğu tespit edilmesi, son yıllarda planlama kararlarında bu konuya dikkat edildiği anlaşılmaktadır.

Yapay Zeka Üretimi Planlar: Bu kriterde 35 adet YZ üretimi planda 15'i bu kriteri karşılamaktadır. Aynı sayıda olması şaşırtıcı gibi görünmekle beraber, veri setinden öğrendiği arazi kullanım oranlarını, örüntülerini ve ilişkilerini öğrenen üretken YZ araçlarının aynı sonucu bulması temelde beklenen ve anlaşılır bir sonuçtur.

4.3.2 Su Yönetimi Kriter Grubu Değerlendirmesi

İnsan Üretimi Planlar: Su yönetimi kriter grubunda insan yapımı olan üç adet proje geçirimli yüzeyi %80'den fazla olduğu için ve çim alan %25'den az olduğu için birbirine benzer puan almıştır. Toplamda 8 puan alan projelerin dışında geçirimli yüzeyleri %90'dan fazla olduğu için 5 puan alırken fazla çim alan kullanımı nedeniyle iki proje daha yüksek puan almayı başaramamıştır. Yirmi iki adet proje bu arazi kullanımlarını sağlayamadığı için puan alamamıştır.

Yapay Zeka Üretimi Planlar: Su yönetimi konusunda yapay zeka planlar insanlara göre daha küçük çim alanlar önerdiği için genel olarak 'Dış mekanda su tüketimini azaltma' kriterinde başarılıdır. Buna karşın önerdiği geçirimsiz yüzeyler fazla olduğu için insanlara göre başarısız görünmektedir. Toplamda yirmi beş plan 'Su yönetimi kriter grubu'ndan sıfır puan almıştır. Bu veriler ile insan üretimi planların gerisinde kaldığını kabul edebiliriz.

4.3.3 Toprak ve Vejetasyon Kriter Grubu Değerlendirmesi

İnsan Üretimi Planlar: Bu kriter grubunda BDI indeksi, bitkisel tasarımın binaların enerji performansların yardımcı olarak kullanılması ve yeşil çatı kullanımı gibi çözümler aranmaktadır. İnsan üretimi planlar ihtiyaç programına göre ve müellifin aldığı kararlar ile şekillenmiştir.

Yapay Zeka Üretimi Planlar: Yapay zeka üretimi planlarda ise genel bir arazi kullanımı, örüntü ve ilişkileri öğrenen üretken yapay zeka araçları plan üretirken genelleştirme yaptıkları ve insanlar gibi detaylara özel çözüm sunmadıkları için daha yüksek puan almışlardır.

4.3.4 İnsan Sağlığı ve Refahı Değerlendirmesi

İnsan Üretimi Planlar: İnsan üretimi planlarda insan ihtiyaçlarına çözüm arandığı için ortalama olarak yapay zekaya göre çok başarılıdır. Burda yaya yolu ilişkileri, rekreasyonel alanların önerilmesi ve bunların bütüncül şekilde tasarlanması büyük rol oynamıştır.

Yapay Zeka Üretimi Planlar: Yapay zeka üretimi planlarda ise genelleştirme bu kriter grubunda daha düşük puan ortalaması almasına neden olmuştur. Bunun nedeni çok karmaşık yapılar olan peyzaj planlarını üretirken, karmaşık olan insan ihtiyaçlarını önermede zayıf kalmıştır.

Yarışma projeleri 2000 ve 2023 yılları arası için incelenmiştir. Küresel ısınmanın etkilerinin her geçen gün daha çok hissedilmesine rağmen yarışma projelerinin ekolojik puanlarında stabil durum söz konusudur.

Bu sebeple yarışmaların gelecekte şartnameleri hazırlanırken ekolojik performansı daha yüksek tasarımlar elde etmek üzere içerik oluşturmaları ve tasarımcıların da SITES kriterlerini gözeterek projeler üretmesi gerekmektedir.

Yarışmalardaki şartnamelerle proje çıktıları direk ilişkilidir. Nitekim, yarışmalarda ulaşım ve sirkülasyonun çözülmesine yönelik vurgular ve sosyal anlamda kapsayıcı ve canlı mekanlar oluşturulmasına yönelik vurgular nedeniyle SITES kriterleri ile yapılan değerlendirmelerde yarışmaların en yüksek puana 10 (Ulaşım) ve 13 (sosyal etki) puanlarında ulaştıkları görülmektedir.

Bu iki kriter açısından YZ ürünü tasarımlar irdelendiğinde sonuçların ulaşım ve sirkülasyon anlamında iyi sonuçlar verdiği bununla birlikte sosyal ilişkilerin artırılması açısından YZ'nin yetersiz kaldığı görülmüştür. Bu da sosyal konuları ve ihtiyaçları tanımlama ve buna yönelik mekânsal kurgu oluşturma ve program önerisinde bulunma konusunda kapasitesini artıracak eğitimlerin yapılmasının önemini ortaya koymaktadır.

Sites kriterleri açısından Biomas optimizasyonu hem insan tasarımı hem de YZ projelerinde diğer kriterlere göre en üstün puana sahip kriterdir. Yarışmaların çoğunluğunda yeşil sistem ve vejetasyonun artırılması yönündeki uyarıların bir çıktısı olarak insan üretimi projelerin biomas puanı ulaşımdan sonra gelen ikinci yüksek

puandır (68 puan). YZ projelerinin genel performansında biomas konusunda çok daha etkin çözümlerin ve hassas yaklaşımın olduğu görülmektedir. Bunun en bariz göstergesi de bu kategoride YZ'nin aldığı toplam puandır (76 puan). Kentsel tasarım yarışmalarında bitki materyalleri ve ekosistemler üzerine formal eğitimler almayan tasarımcıların güçlü mimari duruşları bazen vejetasyon konusundaki hassasiyetlerin üzerine çıkabilmektedir. Bu açıdan da gerek tasarımcıların gerekse de YZ'nin botanik, ekosistem servisleri ve ekolojinin alt birimleri (toprak, hidroloji vb) konularında eğitilmeleri iklim değişimi ile baş edecek tasarımların çıkarılmasında çok önemlidir.

YZ'nin bu kapsamdaki en yüksek puanı toplayan kriterinin biomas olması bu konuyu insanlara göre daha hızlı öğreneceğinin bir göstergesidir. Belirli oran ve yapıları anlama becerisinin üretken YZ da olması kural tabanlı öğrenmedeki başarısının, deneyim ve istatistik tabanlı öğrenmede de geçerli olduğunu ve hesaplama yeteneği yüksek olan bu araçların, verimli öğrenen sistemler olduğunu anlamamızı sağlamaktadır.

Tez araştırması ÇÜA tabanlı bir DÖ gerçekleştirmiştir, bu öğrendiği örüntü, arazi kullanım oran ve ilişkilerini öğrenip üretebilmektedir fakat insanların arazi kullanımında önerdiği özellikle sosyal dokular ve çözümler YZ'nin önüne geçmesini sağlamıştır. Yaya sirkülasyonu ve ilişkilerini anlama ve üretme konusunda başarılı olmasına rağmen sosyal ilişkilerin ve programların önerilmesi konusunda geride kalmıştır. Bu açıdan YZ'nin insan ihtiyaçlarına karşılık verme konusunda zayıf olduğu anlaşılmaktadır.

Genel olarak bakıldığında, ana kriter gruplarına göre veya özel proje bazlı bakıldığında YZ'nin bu araştırma ile ekolojik kriterlerde insan üretimi planlara yakın veya onların gerisinde kaldığı görülmektedir.

5. TARTIŞMA

Bu bölümde uygulanan yöntemden elde edilen bulgular genel ve özel olarak, literatür taramasının çalışma için önemli olan konuları ile birlikte bulguların güçlü ve zayıf yönleri tartışılmıştır.

Verisetinin oluşturulmasından işlenmesi ve DÖ sürecine sokulması çok kritik aşamalardır. Verisetindeki örnek sayısının artırılması, farklı ölçeklerin de çalışmaya dahil edilmesi, üretken YZ araçlarında daha verimli alternatifler düşünülmelidir. Verisetindeki örnek sayısını bu kriterlere sahip örnekler ile artırma veya bu çözümden daha iyisi YSA değil de DM tarafında bu sorunu çözmeye çalışmak daha verimli durmaktadır. Bu sayede daha optimize çözümler elde edilebilir.

Yapay zekanın yarışma projelerinden oluşan veri setini bazı kriterlerde geçmiş olması ilgisiz olarak algılanabilir. Bunun nedeni YSA ve DM yapılarının daha genel kompozisyonlar üretmiş olması ve daha düzenli örüntüye sahip plan yapıları oluşmasıdır.

YZ üretimi planlar SITES'in ekolojik kriterlerine göre genel olarak daha zayıf durmaktadır. Bu çalışmanın deneysel yöntemi ile bu sonuç elde edilmiştir. Ekolojik olarak yüksek çıktılar elde etme hedefi bu tez çalışmasının amacı değildir. Tez kapsamında elde edilmek istenen bulgu YZ üretimlerinin ölçülmesi ve eğitildiği veriseti ile karşılaştırılmasıdır.

Verisetindeki plan grubunda SITES kriterlerine göre zayıf olan ve sonuç plan grubunda zayıf çıkan uyumlu çalışan kriterler bulunmaktadır. Hatta bazı kriterlerde rakamsal olarak aynı puan çıkması çalışmanın dikkat çeken çıktılarıdır. Girdi ve çıktı verilerinin (input-output) SITES kriterlerine göre bu kadar uyumlu olması kriter bazında ve arazi kullanım planlaması açısından tüm sistemi tekrar düşünmemize ve geliştirmemize

imkan olduğunu göstermektedir. SITES kriterleri üzerine düşünmek ve bu kriterler üzerinden daha yüksek puan alacak verisetleri oluşturma çok daha yüksek performansa sahip çıktılar elde etmemizi sağlayacağı açıktır. Kullanılan yüksek performans kavramı özellikle ekolojik performans açısından yüksek çıktılar elde etmek ve ekolojik sürdürülebilirliğe katkı sağlayan çıktılar ile anlamlı olabilir. Ekolojik olarak daha sürdürülebilir proje önerilerini sınırsız sayıda üretmek gelecekte karar alıcı olan tasarımcı ve planlamacıların elindeki güçlü bir tasarım yardımcısı olabilir. Bu sayede insan hatalarını ayıklamak ve insan ihtiyaçlarını karşılarken yapay zekanın çevreye daha duyarlı ve daha sürdürülebilir yapıları çevre önerileri üretmesi öğrencilerden, mekansal tasarım yapan tüm meslek disiplinleri için vazgeçilmez bir tasarım destek mekanizması olma potansiyeli bulunmaktadır.

Bunlara istisna olarak SITES'a göre sıfır puan almış kriterler de bulunmaktadır. Verisetindeki örnek sayısını bu kriterlere sahip örnekler ile arttırma veya bu çözümden daha iyisi YSA değil de DM tarafında bu sorunu çözmeye çalışmak daha verimli durmaktadır. Bu sayede daha optimize çözümler elde edilebilir. Bu konu tez araştırması ve sonuç sürecinde anlaşılan en önemli çıktılardan biridir. Sıfır puan alan kriter için nasıl yüksek puan alan bir sistem geliştirebiliriz. Tez çalışmasının yönteminde kullanılan ve bu soruya cevap üretecek iki ayrı üretken araç bulunmaktadır. Birisi YSA diğeri de DM'dir, bu yüzden ya birlikte ya da birbirinden bağımsız bu üretken modeller ile bu sorunu çözenin mümkün olduğu anlaşılmıştır. Bu amaçla gelecekte ekolojik performansı çok yüksek çıktı almak için ister YSA, ister DM'ler çalışalım, veri setinin önemi bu aşamada açığa çıkmaktadır. YSA veya DM kullanacak olursak ekolojik olarak yüksek performansa sahip veri setleri oluşturmak gerekmektedir. Bu veri setleri çalışma ölçeği ve kapsamı ile sınıflandırılmalıdır. Tez araştırmasında anlaşılan ve bu sorunu çözmek için üretilen en iyi yöntem yapıları çevre tasarımına özel, ölçeğe bağımlı sınıflandırılmış veri seti hazırlamaktır.

YZ üretimi planları SITES'ın ekolojik kriterlerine göre genel olarak daha zayıf durmaktadır. Bu çalışmanın deneysel yöntemi ile bu sonuç elde edilmiştir. Ekolojik olarak yüksek çıktılar elde etme hedefi bu tez çalışmasının amacı değildir. Tez kapsamında elde edilmek istenen bulgu YZ üretimlerinin ölçülmesi ve eğitildiği veriseti ile karşılaştırılmasıdır.

YSA ve DM taraflarındaki çözümler bu çalışmada birlikte düşünülmüştür. Gelecekte ayrı ayrı çözümler üzerinde durmak yerinde olacaktır. Kriterlere özgü yapıları DM tarafından üretmek performans artırma açısından verimli bir alternatif olarak görünmektedir. Bu çalışmada ekolojik olarak ölçülen ve insan üretimi planlardan ekolojik olarak zayıf duran YZ üretimi planlar çok daha yüksek puanlara sahip çıktı üretmesi imkansız görünmemektedir.

Bu çalışmada anlaşılan bir diğer önemli husus, her ülkede bulunan belirli oranlara sahip kentsel regülasyonların yapay zekaya öğretilebileceğidir. Yani planlama süreci için belirlenen yasal mevzuatlara uygun eğitilmiş ÜYZ aracı ile sonuç üretimi mümkündür. Yani imar kurallarına uygun sonuç üreten kural tabanlı algoritmalar ve ÜYZ araçları geliştirmenin mümkün olduğu tez çalışmasında anlaşılan bir diğer önemli sonuçtur.

Özellikle mimarlık disiplinine ait yapay zeka çalışmalarında elde edilen sonuçlar bu çalışmayı başlangıç aşamasında yöntemleri ve deneysel sonuçları üzerinden etkilemiştir. Yöntemin başarısız olma ihtimali ile birlikte yapılan literatür taraması ile çalışma sonuçları olumlu olarak örtüşmektedir. Doktora tezi olarak yapılan araştırma proje yönetimi kapsamında yazılım, donanım, veriseti ve yöntem bileşenleri tasarlanan ilişkileri istenilen seviyede kurmuştur.

Yapılı çevre tasarımı ile ilgilenen diğer disiplinler ile daha bütüncül yöntemlerin geliştirilmesinin mümkün olduğu anlaşılmıştır. Bütüncül yaklaşımın dışında farklı disiplinlerdeki çalışmaların birleştirildiği yöntemlerin de tasarlanabilirliği anlaşılmaktadır.

Çalışmanın yöntemi ve ekolojik olarak ölçülmenin mümkün olduğunu savunan yaklaşımı; arazi kullanım ve arazi örtüsü üzerinden yapılan ölçümler hem uluslararası kabul alan SITES'a göre, hem Ian McHarg'ın ekolojik tasarım paradigması, ve bunlara ek olarak öğrencisi Ken Yeang'ın bina ölçeğine taşıdığı bu akım ile uyumlu çalıştığı tespit edilmiştir. Yapay zeka üretimlerinin ekolojik kriterlere göre ölçülmesi ve bu tez çalışması sonuçları ile optimize edilen özel modeller ile ekolojik olarak yüksek performansa sahip YZ çıktıları üretmenin mümkün olduğu anlaşılmıştır (McHarg, 1969; Yeang, 2006, 2008, 2010).

Peyzaj mimarlığı disiplininin tek bir ölçeğinde yapılan çalışma çok çeşitli ölçekler için ayrı çalışan bir yöntem geliştirmenin önünü açmıştır. Bu ölçeğe bağımlı (scale-dependent) veriseti yaklaşımı ilerde birleştirilerek çok ölçekli bir yaklaşımın üretilmesi mümkündür. Peyzaj mimarlığı disiplininin profesyonel ve eğitim aşamalarında YZ kullanımının ekolojik performans açısından verimli bir araç haline geleceği anlaşılmaktadır.

Yöntemi veriseti, derin öğrenme, DM'ler ve SITEs kriterlerinin ölçülmesi olan araştırma bileşenlerinin ayrı ayrı geliştirilme potansiyeli bulunmaktadır. Kritik öneme sahip dört bileşen bağımsız olarak geliştirilse bile sistemin profesyonel veya öğrenciler tarafından kullanıldığında verimliliğinin artma ihtimali olduğu açıktır.

ÜYZ araçlarında son yıllarda ortaya çıkan gelişmeler tez araştırmasının güçlü yanlarındandır. Veri depolama, işleme gibi veri yöntemi ve yöntemde tasarlanan tüm ilişkilerin bulut ortamında donanım, yazılım kapsamlarında çözülmesi çalışmanın güçlü yanlarındandır. Verisetinin tanımlanan ölçeği ve veriseti sayısı gibi zayıf yanları da yazılım tanımlama aşamasında çözülmesi ile çalışmanın hedeflediği sonuçları almasını sağlamıştır.

Tez çalışması kapsamında çok sayıda proje içerisinde birinci seçilen kentsel tasarım projelerinden vaziyet planlarından oluşan veriseti ile YSA'larından FastGAN ile eğitilmiştir. Öğrendiği oran (ratio), örüntü (pattern) ve ilişkiler (relationships) ham olarak elde edilmiştir. Bu çıktılar DM yardımı ile daha yüksek çözünürlüklü ve kaliteli bir okunurluğa sahip planlar olarak elde edilmiştir. Verisetindeki otuz beş örnek plan ve aynı sayıdaki YZ üretimi sonuç planlar ölçeğe bağımlı (scale-dependent) SITEs kriterlerine göre ölçülmüş ve karşılaştırılmıştır. Bu üretken YZ ve ekolojik performansının ölçülmesi ile insanoğlunun çevreye yaptığı olumsuz etki ve küresel ısınma konuları YZ kullanımının etkilediği önemli konulardır.

Gezeganimizde insanların egemen olduğu, canlılar içerisindeki yalnızca bir türün çevre üzerinde büyük etkiler oluşturabildiği Antroposen zamanı içerisinde bulunduğumuz kabul edilmektedir (Pincetl, 2017). İnsanların egemen olduğu ve çevrede değişiklik yapma gücü olumlu sonuçlar doğurmamıştır (Pincetl, 2017). Bu çok genel anlamda ekosistemlerin bozulmasına, bir çok türün yok olması ile sonuçlanmıştır. Antroposen çağında insanların yaptığı değişiklik ekosistemler ve

türlerin yok olması dışarısında küresel ısınma sorununun ortaya çıkması ile sonuçlanmıştır (Yanko-Hombach, 2006).

Temel olarak insanların çevre üzerindeki faaliyetleri ekolojik etkisi ve küresel ısınma olarak iki alanda yıllardır tartışılmaktadır. Bu konulardaki tartışmaların etkileri nihayet makinelerin düşünmesi yani bu tez çalışması kapsamındaki üretken yapay zeka araçlarının kullanımı ile bir başka boyut ve tartışma alanı kazandı. Öğrenen sistemler olan üretken yapay zeka araçları tez çalışması sürecinde denenmiş olan denetimli ve denetimsiz makine öğrenmesi gibi bir çok spesifik veri üzerinden yapılan çalışmalar bu iki soruna cevap arama potansiyeli vardır. Kural tabanlı veya deneyim tabanlı olarak tez kapsamındaki raster veri formatı üzerinde öğrenme, graph veri üzerinden öğrenme, hatta tez çalışmasında farklı açılardan verimli bir araç olduğu tespit edilen DM'ler ile verimli çözüm üretmenin mümkün olduğu keşfedilmiştir. İnsanlar tarafından tasarlanan ve inşa edilen Dr. Ken Yeang'ın karma yapay ekosistem olarak tanımladığı insan yapısı yapılı çevrenin yapay zekaya, daha özel anlamda üretken yapay zekaya yani öğrenen sistemlere sistematik olarak öğretilmesi kural tabanlı veya deneyim tabanlı her iki yol ile de mümkündür. Tez çalışmasında yapılı çevre konusunda insanların çevre tasarım kararlarını alan peyzaj mimarlığı disiplinine yapay zekanın katkısını tez araştırmasının genel çerçevesi ile açıklar.

İnsan tasarımı ve üretimi yapılı çevrenin ekosistemlere etkisi Ian McHarg'ın ekolojik tasarım yaklaşımı, sistematik bir şekilde diğer türlere ve ekosistemlere entegre ve olumlu etkiler üretecek tasarım önerileri geliştirmeyi önermektedir. İnsan etkilerinin, yapılı çevre tasarımı ve üretimi süreçlerinde zararlı etkilerinin en aza indirilmesinin yanı sıra Peyzaj Mimarlığı disiplininin modern öncüsü kabul edebileceğimiz Frederick Law Olmsted'in Newyork Central Park örneğindeki gibi bataklık gibi sorunlu bir bölgeyi ıslah ederken, ekolojik çeşitliliği arttırmak ana hedef olmalıdır (Bunster-Ossa, 2017). Olmsted'in öncü olduğu yapı insan ihtiyaçlarını karşılarken ekosistemlere olabildiğince en yüksek katkı sağlamayı hedeflemektedir. Olmsted'in bu yaklaşımını ekolojik master plan üretimi olarak düzenli ve tanımlı veriler üzerinden tanımlayan Ian McHarg'ın yaklaşımı ile temelde aynı tasarım felsefesine sahiptir (McHarg, 2008). Modern Peyzaj Mimarlığının ilk örneği olarak kabul edebileceğimiz Newyork Central Park tasarımı, bataklık alanlara sahip insanlar tarafından kullanmaya uygun olmayan bir alandan düzensiz bir bataklık alanıyken çok kaliteli bir rekreasyonel alana

çevrilmiştir. Bu insan ihtiyacına karşılık verirken tek tip bir vejetasyona sahip alanı flora ve fauna açısından çok çeşitli bir hale getirmiştir. Ian McHarg'ın ekolojik tasarım yaklaşımı bu anlayış ile paralel bir şekilde insan ihtiyaçlarını karşılarken ana amaç olarak tür çeşitliliği, habitat çeşitliliği, niş çeşitliliği ve gen çeşitliliği başlıkları ile biyolojik çeşitliliği arttırmayı amaçlar. Bu yaklaşım tümünden gelim yaklaşımı olarak tüm proje alanını bütün olarak ele alır hatta alan dışı ile entegre sistemler önerir. Fonksiyon formu takip eder veya form fonksiyonu takip eder (Function follows Form-Form follows Function) yaklaşımları gibi yaklaşımlar mimarlık dünyasında tartışılan konulardandır (Trisno ve Lianto, 2024). Peyzaj mimarlığı disiplini ise yapılı çevre disiplinleri içerisinde form ve fonksiyon ilişkilerine üst bir bakış açısı ile diğer türlerinde proje alanına dahil ve ortak olduğu doğayı koruma ve geliştirme görevine sahiptir. Temel prensipleri ve tasarım felsefesinin temelinde bu ilkeler olan Peyzaj Mimarlığı, diğer disiplinlerden farklılaşarak önerdiği ekolojik tasarım yaklaşımı, Ken Yeang örneğindeki gibi diğer disiplinleri etkilemiştir (Yeang, 2008). Hatta mimarlık disiplinini etkileyen bu doğaya öykünen tasarım önerileri yeni pastoralizm, peyzajın mimarlığa girmesi olarak tanımlayan çalışmalar da bulunmaktadır (Titman, 2013).

McHarg'ın ekolojik tasarım yaklaşım arazinin tamamına hakim ve sürdürülebilir örüntülere sahip tasarım yaklaşımı ile makine öğrenmesi süreçlerine uygun olduğu doktora tezinin ilk aşamalarında öngörülmüştür. Fakat literatürde bu yeni üretken YZ araçlarının Peyzaj Mimarlığı disipliniinde kullanıldığı örnekler tespit edilemediğinden Peyzaj Mimarlığı disiplini için tez kapsamında bu araştırmaların yapılması ve çok önemli bir konu olarak bu YZ üretimi çıktıların ekolojik olarak ölçülmesi konusu ele alınmıştır.

Üretken YZ araçlarının bu disiplinindeki örneklerinin ekolojik olarak ne kadar sürdürülebilir olduğu veya ekolojik performansının ölçülmesi konusu önem kazanmaktadır. Holmsted'den başlattığımız tasarım felsefesinin temel hedefi ekolojik performansı yüksek alanlar tasarlamak ve sürdürülebilir çevre önerileri ile insanların çevreye yaptığı tahribatın önüne geçmektir. Sustainable SITES kriterleri ile YZ üretimi tasarımların ölçülmesi tez çalışmasının önemli çıktıları arasındadır. Kriter özelinde yüksek çıktı alacak tasarımların kural tabanlı olarak öğretilmesi makine öğrenmesi sistematüğinde gayet gerçekleştirilebilir hedeflerdir. Üretken YSA veya DM'lerin ayrı ayrı veya birlikte kriterlere yönelik çalışma imkanı bulunduğu tez

kapsamında anlaşılmıştır. Yeni üretken YZ araçları yakın zamanda belki de geliştirilecektir, YSA ve DM'ler dışında araçların kullanımını tartışmamız da olasıdır. Yapay zeka araçlarının kullanılmasının tasarım disiplinleri arasında keşfi ve geliştirilmesi veri bilimi ile ilgilenen ve yapay zeka dünyasına çok hakim araştırmacılar tarafından gerçekleştirilme ihtimali bulunmaktadır. Eğer tasarım disiplinleri YZ araştırmaları ile ilgilenmezse bu çalışmalar veri bilimciler ve yapay zeka üzerine çalışan araştırmacılar tarafından incelenmeye devam edecektir. Bunun nitelsiz ve gelişmeye kapalı sonuçlar üretme ihtimali vardır. Çünkü bilişim sektöründeki uzmanlar yapıları çevre tasarımının temel ilkelerini, dinamiklerini ve veri ilişkilerine hakim değillerdir. Makine dilini çok iyi bilen uzmanlar konuşacağı alan ilgili yani Peyzaj Mimarlığı disiplini ile ilgili bilgiye sahip değillerdir. Bu anadili İngilizce olan, çok iyi İngilizce konuşan birinin Peyzaj Mimarlığı disiplini ile ilgili fikir beyan etmesine benzemektedir. Bu Peyzaj Mimarlığı disiplinin YZ alanındaki araştırmaları için öngörülen bir risk ve tehdittir. Bu yüzden tematik alanlarda YZ çalışmaları bilişim uzmanları ile birlikte çalışmanın gücünü ortaya koymaktadır. Çok disiplinli çalışmaların verimli sonuçlar ortaya çıkaracağı şüphe götürmez bir gerçektir. Tüm bu sebeplerden dolayı tematik alanlarda YZ araştırmaları yeni araçların ve yöntemleri keşfedilmesi için kritik öneme sahiptir. Bu tematik YZ çalışmalarının sistematik ve ciddi bir şekilde yürütülmesi sayesinde insanların yapıları çevre oluşturarak bulundukları çevreye verdikleri zararı en aza indirme ve biyolojik çeşitliliği yüksek alan tasarımlarının üretilmesine yardımcı araçlar geliştirilecektir. Bu öngörüler ile birlikte YZ'nin peyzaj mimarlarının iş olanaklarını azaltacağı ve hatta tamamen işsiz bırakacağı riski ve tartışması gündeme gelmektedir. Teknolojik gelişmelere sırt çevirmenin sonuçları başkaları tarafından geliştirmesini izlemek ve sırt çevirerek yok saymak olacaktır. Bu Dijital Peyzaj Mimarlığı veya Peyzaj Mimarlığında Bilişim konusuna sırt çevirmek anlamına gelmektedir. Bu mesleki gelişime karşı olmak ve güncel gücünü korumayı hedeflerken gelecekte bu yaklaşımı savunanları çok zayıf bir konuma sokacağı açıktır. Bu kapsamdaki olumlu ve olumsuz görüşleri dikkatle not etmek ve YZ'nin Peyzaj Mimarlığı alanındaki gelişimini incelemenin ve tarafsız olarak süreci incelemenin doğru yaklaşım olduğu öngörülmektedir. Ayrıca Peyzaj Mimarlığı disiplini YZ'nin ürettiği plandan ibaret bir disiplin değildir, çok karmaşık dinamiklere ve veri ilişkilerine sahiptir. Tez sürecinde edinilen bilgi ve gelişmeler, bu aşamada üretken YZ araçları ön tasarım (pre-design)

aşamasında veya tasarım geliştirme (design development) sürecinde bir tasarım yardımcısı olabileceğini göstermektedir.

YZ'nin meslekleri ortadan kaldıracağı korkusu genel olarak dünyada tartışılmaktadır, ve makine öğrenmesinin otomasyon sistemlerindeki başarısı ile disiplinlere getirdiği yeniliklerde göz ardı edilemez gerçeklerdir (Korinek ve Stiglitz, 2018). Öte yandan YZ alanındaki gelişmelerin meslekleri dönüştüreceği ve yeni fırsatlar sunacağı da YZ'nin karanlık yüzünün diğer tarafıdır (Au-Yong-Oliveira ve diğ. 2019). YZ gerçekten bir mesleğin tamamına hakim olup insan katkısını ortadan kaldırır mı sorusu haklı bir soru olabilir. Bu genel ve haklı görünen soruya farklı bir bakış açısı getirmek için başka sorular açığa çıkmaktadır. Bunlardan en önemli iki tanesinden ilki 'YZ insan ihtiyaçlarını önceden öngörebilir mi veya ne kadar öngörebilir', ikincisi 'YZ bir disiplin ile ilgili ne kadar öğrenebilir' sorularıdır.

'YZ insan ihtiyaçlarını önceden öngörebilir mi veya ne kadar öngörebilir' sorusuna cevap verebilmek için YZ'nin öğrenme mantığını irdelemek gerekmektedir. Makine öğrenmesinin çok farklı çeşitleri bulunmaktadır ama temel mantığı kural tabanlı öğrenme ve deneyim tabanlı öğrenme sonucunda bir çok amaca hizmet sunmaktadır. Bunlar, 'Obje tespiti ve sınıflandırma', 'Görüntü, ses ve duygu tespiti', 'Sahne bölütleme (segmentasyon)', 'Arazi kullanımının sınıflandırılması', 'Jeolojik özellik sınıflandırma', 'Değişiklik Tespiti (Change detection)', 'Ürün verimi tahmini', 'Yüzey su tahmini', 'Nüfus yoğunluk tahmini', 'Çözünürlük artırma' ve 'Üretken YZ'dir. Bu görevleri yerine getiren öğrenen sistemler olan YZ gelecekteki öngörüyü de geçmiş örüntüden yani geçmiş deneyimde olduğu kadar tahmin edebilmektedir. Örneğin geçmiş nüfus verisinden gelecekte nüfus hareketlerini tahmin edebilir ama doğa olayı, savaşlar v.b. ekstrem durumları tahmin edemez. Yani YZ'nin öngörme gücü genel anlamda mükemmel değildir.

'YZ bir disiplin ile ilgili ne kadar öğrenebilir?' sorusu bu tez çalışması kapsamında yapılan çalışmalar (Senem ve diğ. 2023; 2024) ve tez çalışmasında tartışılan ve cevap aranan bir soruydu. Üretken YSA yapısı ontolojik açıdan veri ile eğitilmeyi bekleyen hiçlikte duran bir yapıdır. Yani DÖ sürecinde verilen veri içeriği ne ise onu öğrenir. Bu nedenle YZ, Peyzaj Mimarlığını öğrenmemektedir aslında çok kısıtlı raster formatta bir veriseti üzerinden DÖ sürecini gerçekleştirmektedir. Gerçekleştirilen bu dar öğrenme Peyzaj Mimarlığı disiplininin tüm bilgisine sahip değildir, sadece seçilen

çok kaliteli veriyi GAN tabanlı örüntü, arazi kullanım oran ve ilişkilerini öğrenmiştir. Gerçekleştirilen bu dar öğrenme sonucunda bir tasarım alternatifi sunmaktadır. Peyzaj mimarlığının her ölçeği için daha kapsamlı sistemler geliştirilse bile, her projenin ihtiyaçları ve tasarım senaryosu birbirinden farklıdır. Bu üretken sistemler ancak alternatifler sunarak tasarımcılara hizmet edebilir. Tam manası ile bir disiplinin öğrenilmesi ve uygulanması özellikle bu araştırma kapsamında ele alınan Peyzaj Mimarlığı disiplini için çok mümkün görünmemektedir.

GAN tabanlı olan tezde sorulması gereken bir diğer soru, ‘GAN mimarisinde bir üretici (generator) bir ayırıştırıcı (discriminator) var, bunların hangisi peyzaj mimarıdır?’ sorusudur. YZ’nın bu tez özelinde GAN’ların peyzaj mimarı olmadığı yukarıda tartışılmıştır. Bu bilgiler ışında GAN mimarisindeki asıl üretken yapının üretici mi bunları denetleyen ayırıştırıcının mı olduğu üretken YZ içerisinde dikkat çeken bir sorudur. Üretici farklı mimarilerde de kullanılmaktadır, üretken YZ alanında GAN’ların rekabetçi tarafı ile üreticiyi daha iyi çıktı yapmaya teşvik eden yapı ayırıştırıcıdır. Söz konusu yapılarda eğitim başarısını etkileyen bir çok parametre var fakat üretici-ayırıştırıcı karşılaştırmasında Üretken YZ araçlarını gündeme getiren yapı ayırıştırıcıdır. Ayırıştırıcının bu rekabetçi ve daha iyi üretimi teşvik eden yaklaşımı olmasaydı anlamlı çıktılar edebilen yapıları tartışmıyor olurduk.

YZ’nın estetik tartışmalarına çalışma farklı bir boyut kazandırmıştır. Bunun nedeni ekolojik olarak diğer yarışma projelerine göre SITES kriterlerine göre düşük puan ortalaması alan çalışma ‘Elazığ Belediyesi Kent Meydanı Kentsel Tasarım Yarışması’ bir çok proje arasından seçilmiştir. Konusunda uzman jüri üyelerinin bir çok aşamada ve tartışmalar sonrasında birinci olarak kabul edildiğine göre estetik anlamda gerçekten rafine ve estetik bir tasarım ürünüdür. Tasarım önerilerindeki detaylar dışında araştırma kapsamında ele alınan vaziyet planı incelendiğinde bile kullanılan akslar, formlar, dokular, proje arazi içerisindeki düzen, renk ve doku seçimlerindeki uyum gerçekten etkileyicidir. Şaşırtıcı ve belki en dikkat çekici sonuçlardan biri de YZ üretimi planlar içerisinde en düşük puan ortalamasına sahip planın görsel olarak en etkili görünenlerden biri olmasıdır. Yani YZ üretimi planların çok estetik ve çok etkileyici görünmesi ekolojik performansının yüksek olduğu anlamına gelmemektedir. Bu kapsamda tasarım disiplinleri için önemli bir sorunun cevabı verilmektedir. ‘YZ üretimi çok estetik ve etkileyici görünen ürünlerin işlevselliği ve bu çalışma

kapsamındaki ekolojik performansı nedir?’ sorusuna bu spesifik alandaki sonuç ürünlerin diğer disiplinler açısından işlevsel olmama ihtimalidir. Buna ek olarak, çalışma kapsamında vaziyet planı üretiminde YZ çok estetik planlar üretse bile ekolojik performans açısından başarılı olacağı anlamına gelmemektedir.

Öte yandan YZ’nın daha kaliteli estetik çıktı verme yeteneğindeki artış bir risktir ve olumlu sonuçlar doğurmama ihtimali vardır. YZ konusundaki gelişmelerin ekolojik performans konusuna katkı yapması, ekolojik sürdürülebilir konusunda geliştirilmeye çalışılması kritiktir. YZ’nın zayıf olduğu yönleri yani veri seti kadar öğrenme konusu avantaja çevrilmelidir. Yani YZ veri seti kadar öğrenir, öğrendiğini uygular, manipülasyona uğramaz, kandırılmaz ve menfaat konusu ile ilgili bir bilgisi verisetine eklenmedikçe olmaz. Yani ne öğretilirse onu öğrendiği için bu anlamda güvenilirdir. Öğrenen sistemlerin bu özelliği çok kıymetlidir, yani ister kural tabanlı ister deneyim tabanlı öğrenme şekli benimsensin, denetleme, algılama gibi görevleri başarı ile yerine getirmektedir. Bu özellikleri ile genel bir değerlendirme yapılacak olursa ekolojik kaygıya sahip çalışmaların artması ile ekolojik performansı yüksek karar destek mekanizmaları veya insan üretimlerini denetleyen sistemleri geliştirmenin mümkün olduğu öngörülmektedir.

YZ’nın etik konusundaki tartışmaları hız kesmeden tüm disiplinler tarafından tartışılmaktadır. Mimarlık teorisi ve YZ konularında öncü araştırmacılardan Neil Leach bu konuda karamsar bakan tarafta bulunmaktadır. YZ araçları tasarım disiplinleri veya başka disiplinlerin verilerini birbirinden ayırmadan kendi dinamikleri ile hareket etme kabiliyetine sahiptir. YZ için raster, vektör, yazılı veri, konum verisi, demografik veri ve kullanıcı geçmişini gibi verileri elde etmek çok kolaydır. İnternet sitelerindeki veya mobil uygulamalardaki izinler ve çerezler sayesinde bizden izin alınmadan tüm verilerimizin işlendiği bir bilişim çağında yaşıyoruz ve bu etik soruna karşın şirketler, hükümetler ve akademik kurumlar yeni önlemler ve regülasyonlar geliştirmektedir. Zamanla YZ ve etik konusunun bulanık bir ortam olarak kalmayacağını regülasyonlar ile gelecekte tehditlerin ve hak kayıplarının önüne geçeceği veya etik konularında daha kötü bir hal alacağı netleşecektir. Yeni karşılaşılan YZ ve etik sorunu gelecekte olumlu veya olumsuz sonuçları ile daha belirgin olacaktır.

Üretken YZ ürününün müellifinin kim olduğu bir diğer önemli sorudur. Bu sorunun cevabı aslında çok basitce verilemez bunun nedeni Üretken YZ ürünü bir çok bileşene sahiptir (Avrahami ve Tamir, 2021). Bu bileşenler eğitilen veri setinin içeriği, veri setinin kurgusunu ve sistemini oluşturan kişi, üretken YZ modelinin geliştiricisi, son kullanıcı olarak üretimi yapan kişi, modelin kendisi ve son olarak hiç kimse yani anonim bilgi olarak ele alınmaktadır. Bu karmaşık yapı içerisinde müelliflik konusu çokça tartışılan ve yukarıda saydığımız girdileri olan bir konudur. Üretken yapay zekaya eklenen tarzlar, kültürler, önemli kişi veya tarihi figürler konunun bir başka tarafıdır. Avrahami ve Tamir gibi ağırlıklara sahip matematik formülü temelli bir algoritma ile bu problemin çözümüne öneri sunanlar yaklaşımlar bulunmaktadır fakat bu konunun karmaşık girdiler ve bileşenler nedeni ile tartışılmaya devam edeceği beklenmektedir.



6. SONUÇ

Bu araştırma kapsamında üretken YZ araçlarının peyzaj mimarlığına disipline olan katkısı ve araştırma hedefi olarak bu üretimler ekolojik performansının ölçülmesi gerçekleştirilmiştir. Karmaşık sistemlerin tez kapsamında yapıldığı gibi düzenli, ölçeğe bağımlı bir şekilde ölçülebilirliğinin anlaşılması yapılı çevre konusunda çalışan tüm disiplinlerin önemseyeceği ve kaçınılmaz olara kullanmak isteyecekleri bir yöntem ve yaklaşım önerilmiştir. Bu yaklaşımın daha sistematik kontrol mekanizmaları, yazılımlara eklentiler veya web-servisleri yoluyla dünyada yapılı çevre tasarımı yapan tüm disiplinlerin hizmetine açılması gelecekte olası bir sonuçtur.

‘İnsanlar tarafından tasarlanan vaziyet planları ile YZ tarafından tasarlanan vaziyet planlarını ekolojik kriterlere göre sistematik olarak nasıl karşılaştırabiliriz?’ araştırma sorusuna tez yanıt aramış ve YZ üretimi planların ekolojik performansını konusunu keşfetmeye yoğunlaşmıştır. Araştırmada ekolojik olarak verimli üretimlerin YZ tarafından üretilmesinin mümkün olduğu anlaşılmıştır. Tez çalışması olarak ilk denemede ekolojik açıdan mükemmel bir sonuç vermemesi anlaşılmalıdır. Fakat daha verimli dış mekan tasarımı üretme potansiyelinin olduğu görülmektedir.

İlk aşama olarak tez çalışması YZ üretimi peyzaj planlarını SITEs kriterlerine göre ölçmüş ve bu ölçüm bazı kriterlerde enteresan şekilde eşit çıkmıştı. Verinin genelleştirilmesi yeteneği nedeni ile bazı kriterlerde yüksek çıkmasına rağmen diğer kriterler ve genel olarak bakıldığında insan üretimi planların gerisinde kaldığı görülmektedir. Bu durum tez çalışması açısından olumsuz olarak görünse de tez kapsamında tanımlanan yöntemle yapılan empirik çalışma veri den yazılım ve donanıma farklı açılardan ‘YZ ekolojik performansı daha yüksek tasarımlar nasıl üretir?’ sorusuna cevaplar aramamıza neden olmuştur. Böylece farklı araştırma soruları ve peyzaj tasarımı ile YZ alanında araştırma boşlukları keşfedilmesinin yolunu açmıştır.

Ekolojik sürdürülebilirlik açısından YZ kullanımını, tez çalışmasında kullanılan yöntem ve sonuçlarından anlaşıldığı üzere bir çok aşamada faydalı olabilir. Öncelikle ekolojik sürdürülebilirliğin ölçülmesi için kriterleri ölçen algoritmalar birleştirilerek bir yazılım ile ekolojik performansın ölçülebileceği anlaşılmıştır. Bu alanda ikinci önemli konu tez yöntemini kullanarak ekolojik anlamda kaliteli tasarımlara sahip planları, ölçeğe bağımlı şekilde öğretmektir. Tez çalışmasının yöntem ve veri setinin geliştirilmesi tekrarlanabilen ve ölçülmüş bir empirik çalışma olarak araştırma yöntemi geliştirilmeye uygundur. Üçüncü ve belkide tez çalışmasında anlaşılan, gelecekte üretilmesi mümkün yöntem komut bazlı bir yöntem oluşturmaktır. İstenilen oranlarda peyzaj tasarımı üreten DM geliştirme en verimli yöntem ve ekolojik olarak performansı en yüksek çözüm olacağı bu tez çalışması ile anlaşılmıştır. Yapılı çevre temasında geliştirilecek DM, veri setlerinde etiketli veri setine sahip olmak zorundadır. Bu veri seti Ian McHarg ve Ken Yeang'ın geliştirdiği ekolojik kara köprüsü ve yeşil koridorlar örnekleri gibi planlardan okunabilen ekolojik modellere sahip bir sistem ihtiyacı açıktır. DM'in üretken (generative) kabiliyetine uygun olan bu öneri gelecekte ekolojik olarak çok yüksek performansa sahip öneriler geliştirilmesini mümkün kılmaktadır.

YZ'nın bu ekolojik performans konusu üzerinden insan benzeri peyzaj tasarımı yapabilmesi yeteneği ve zayıf olduğu yönler ve geliştirme yolları anlaşılmıştır. Arazi kullanım oran ve ilişkilerini insanların dikkate aldığı gibi öğrenme ve üretme kabiliyeti tespit edilmiştir. Örneğin bina kütleleri ile yaya ve araç yollarının ilişkisini dikkate alan tasarım örnekleri üretme yeteneğidir. Ancak bu sayede anlamlı ve verimli tasarım örnekleri üretebilir. YZ bu tez kapsamında geliştirilen yöntem ile ürettiği çıktılar insanların dikkate aldığı ilişkilere saip çıktılar üretebildiğini göstermiştir.

Ekolojik performans konusunda insanlara göre zayıf görünen bu deneysel, dar bir derin öğrenmeyi ÇÜA ile yapan öncü çalışma sonucunda YZ'nın insan benzeri dış mekan tasarımı yapabildiği anlaşılmıştır. Yöntem itibariyle YSA'nın öğrendiği verinin kritik olduğu açıktır, tez çalışması kapsamında yarışmaları kazanan projelerden oluşan verisetini kullanarak DÖ sürecinde öğrendiği arazi kullanım ilişkileri, oranları ve örüntüleri olarak tasarımın temel mantığı ve ilişkilerini öğrenip tasarım üretebildiği görülmüştür. Tasarım sürecindeki karmaşık ilişkileri YSA'nın DÖ sürecinde işlenmesi, anlaşılabilir üretilmesi bi çok açıdan önemlidir. İlk olarak insan üretimi olan

yapay yapılı çevre alanında geniş kapsamda etkileri olan bir disiplin olarak peyzaj mimarlığının makinelerle öğretilmesi şüphesiz ilgi çekicidir. Öğretilen içeriğin tez çalışmasındaki gibi ölçeğe bağımlı olması, çok karmaşık sistem ve ölçeklerin ayrı ayrı öğretilebileceğini göstermektedir. Bir diğer önemli konu kavramsal (konsept) tasarımların DÖ süreci ve üretim için uygun olduğunu göstermektedir. Karmaşık ilişki ve örüntilere sahip kavramsal tasarımların YZ'ya öğretilbilir olması gelecekte farklı ölçeklerde üretim kapasitesi olan kapsamlı YZ çözümleri üretmemize imkan verdiği anlaşılmıştır. Ön tasarım süreçlerinde ve tasarım geliştirme (design development) sürecinde faydalı olabilecek sistemleri kurmanın mümkün olduğu anlaşılmıştır.

YSA'nın öğrenme sürecinde denetimsiz bir şekilde öğrenebilir olması, hızlı ve sınırsız sayıda çıktı üretme yeteneği bir diğer etkileyici konudur. Örnek vermek gerekirse, çok sayıda veriye sahip bir veri setinden içeriği öğrenen YSA, eğitim süreci sonunda öğrendiği içerik benzeri çözümler üretmektedir. Bu insan katkısı olmadan, insan denetimi olmadan öğrenme yeteneği, ve sınırsız benzer örnek üretebilme yeteneği Peyzaj Mimarlığı ve YZ alanındaki en şaşırtıcı olan konulardan biridir. Son yıllarda artan ilgi ile YZ'nın peyzaj tasarımında kullanılması konusunda başlangıç sürecinde olduğumuzu söyleyebiliriz. Gelecekte çok kapsamlı veya detaylı çözümler arayan çalışmalar olacağı açıktır. Çok hızlı öğrenme ve çok hızlı peyzaj planı üretme yeteneği insanlar ile karşılaştırıldığında YZ'nın hız konusunda üstün olduğunu söylemek yanlış olmaz. Diğer taraftan insanların kurallara ve protokollere uygun tasarımlar üretme yeteneğinin YZ'nın genel çözümlerine göre çok daha güçlü olduğu açıktır. Bu yüzden YZ'nın peyzaj tasarımında kullanılması konusu gelecekte önemli bir araştırma alanı olacaktır.

Literatür taraması 'YZ dış mekân tasarımlarında verimli bir araç olabilme' konusunda bir araştırma boşluğu ve potansiyel olduğunu göstermektedir. Bu ek olarak doktora tezi kapsamında yapılan çalışma bir tasarım yardımcısı ve ekolojik değerlerini ölçme potansiyelini destekleyen sistemlerin geliştirilmesi olasıdır. Bir tasarım yardımcısı olarak eğitimde, profesyonel hayatta ve farklı disiplinlerde YZ verimli bir araç olma potansiyelini bu çalışmanın tanımlanmış ve kısıtlı ölçek ve veri setileri ile göstermektedir. Ekolojik sürdürülebilirliğini, SITEs kriterleri gibi tez kapsamında yapıldığı gibi ölçen hatta bu ölçmeyi otomatik hale getirmek YZ araçlarının ekolojik kapsamda verimli kullanımına bir örnek olabilir.

Peyzaj mimarlığı disiplininde YZ kullanımı konusundaki önemli konular tez kapsamında incelenmiştir fakat bu araştırma alanının genişleyemesi beklenmektedir. Bunların yanında Sustainable SITES'in kriterlerine göre yüksek YZ çıktıları elde etme konusu tartışma bölümünde dikkat çekmektedir. Veriseti, yapay sinir ağı, derin öğrenme veya DM süreçlerinde ayrı ayrı veya bütünleşik yapılacak gelişmeler ile ekolojik olarak performansı yüksek çıktılar almak mümkündür.

Çalışma kapsamında anlaşılan bir diğer önemli konu da YZ destekli tasarlanan projeleri SITES kriterlerine göre ölçen bir yazılım geliştirmenin mümkün olduğudur. İncelenen SITES kriterleri arazi kullanım oranlarının çok nitelikli görsel veriler olan vaziyet planları üzerinden ölçülmektedir. Bu ölçüm işleminin YZ destekli bir otomasyon sistem geliştirilmesi gelecekteki çalışmaların faydalı araştırma sorularından biri olacaktır.

Ön tasarım (pre-design) ve tasarım geliştirme (design-development) süreçlerinde öğrencilerin ve tasarımcıların kullanacağı bir web-servisi gelecekteki çalışmalar için önemli bir hedef olacaktır. Bu karar destek mekanizması, bilgisayar destekli tasarım, bina bilgi modelleme ve coğrafi bilgi teknolojileri yazılımları için bir eklenti olarak da tasarlanabilir ve kullanıcılar ile buluşmasının mümkün olduğu anlaşılmıştır.

Çalışma kapsamında yukarıda bahsedilen gelecek çalışmalarının birlikte çalıştığı istenilen genel puanı veren veya istenilen kriterde istenilen puanı elde eden projelerin YZ tarafından üretildiği parametre girişi olan yazılımların geliştirilme potansiyelinin olduğu da tez araştırmasının önemli sonuçlarından biridir.

Tez kapsamında yapılan çalışmalar ile peyzaj mimarlığı disiplinde üretken YZ araçlarının verimli kullanımı, ekolojik performans ve bunların ölçülmesi konuları tartışılmıştır. Yapılı çevre disiplinleri (built-environment), ekolojik tasarım ve ekolojik sürdürülebilirlik, ekolojik performansın ölçülmesi konuları ile kurulan ilişki araştırmanın değerli çıktıları olarak gelecek çalışmalarda fayda üretebilir.

Peyzaj mimarlığı disiplinin bilişim teknolojileri ile olan ilişkinin artması çalışma alanlarına ekolojik performansa dayalı YZ algoritma, yazılım geliştirme ve bunların kullanımı gibi yeni uzmanlık alanlarının ortaya çıkması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

- Ackerman, A., Cave, J., Lin, C. Y., & Stillwell, K.** (2019). Computational modeling for climate change: Simulating and visualizing a resilient landscape architecture design approach, *International Journal of Architectural Computing*, 17(2), 125-147.
- Avrahami, O., & Tamir, B.** (2021). Ownership and creativity in generative models. arXiv preprint arXiv:2112.01516.
- Anadol, R.** (2019). Machine hallucination. Photo courtesy of Refik Anadol Studio.
- Anadol, R.** (2022). Space in the mind of a machine: Immersive narratives, *Architectural Design*, 92(3), 28-37.
- Ardhianto, P., Santosa, Y. P., Moniaga, C., Utami, M. P., Dewi, C., Christanto, H. J., & Chen, A. P. S.** (2023). Generative deep learning for visual animation in landscapes design, *Scientific Programming*, 2023(1), 9443704.
- Arf, C.** (1959). Makine Düşünebilir Mi ve Nasıl Düşünebilir?, *Atatürk Üniversitesi – Üniversite Çalışmalarını Muhite Yayıma ve Halk Eğitimi Yayınları Konferanslar Serisi No: 1*, 1959, Erzurum, s. 91-103.
- Arora, J. S., & Baenziger, G.** (1986). Uses of artificial intelligence in design optimization. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 54(3), 303-323.
- Arslan, A.** (2007). İlkçağ felsefe tarihi 3: Aritoteles. İstanbul Bigi Üniversitesi Yayınları.
- As, I., Pal, S. and Basu, P.** (2018). Artificial intelligence in architecture: Generating conceptual design via deep learning, *International Journal of Architectural Computing*, 16(4), 306–327.
- Ashok, M., Madan, R., Joha, A., & Sivarajah, U.** (2022). Ethical framework for Artificial Intelligence and Digital technologies, *International Journal of Information Management*, 62, 102433.

- Ashour, A. F., & Rashdan, W.** (2024). Artificial Intelligence: Potentialities and Challenges in Art and Design, *The International Journal of Design Management and Professional Practice*, 18(2), 19.
- Au-Yong-Oliveira, M., Canastro, D., Oliveira, J., Tomás, J., Amorim, S., & Moreira, F.** (2019). The role of AI and automation on the future of jobs and the opportunity to change society. In *New Knowledge in Information Systems and Technologies: Volume 3* (pp. 348-357). Springer International Publishing.
- Aydin, Y. C., Mirzaei, P. A., & Hale, J.** (2021). Using machine learning techniques to predict esthetic features of buildings, *Journal of Architectural Engineering*, 27(3), 04021023.
- Avrahami, O., & Tamir, B.** (2021). Ownership and creativity in generative models. arXiv preprint arXiv:2112.01516.
- Belesky, P.** (2018). The green grasshopper: Approaches to teaching computational design methods in landscape architecture, *Journal of Digital Landscape Architecture*, 3, 406-413.
- Bernstein, P.** (2018). *Architecture| Design| Data: practice competency in the era of computation*. Birkhäuser.
- Blake, M. J.** (2015). *An introduction to landscape and garden design*. Ashgate Publishing, Ltd.
- Bostrom, N., & Yudkowsky, E.** (2018). *The ethics of artificial intelligence*. In *Artificial intelligence safety and security* (pp. 57-69). Chapman and Hall/CRC.
- Brownlee, J.** (2020), *Data preparation for machine learning: data cleaning, feature selection, and data transforms in Python*. Machine Learning Mastery.
- Bunster-Ossa, I.** (2017). *Reconsidering Ian McHarg*. Routledge.
- Caetano, I., & Leitão, A.** (2020). Architecture meets computation: an overview of the evolution of computational design approaches in architecture, *Architectural Science Review*, 63(2), 165-174.
- Caetano, I., Santos, L., & Leitão, A.** (2020). Computational design in architecture: Defining parametric, generative, and algorithmic design, *Frontiers of Architectural Research*, 9(2), 287-300.
- Cai, L. Fan, L. Lai, W. Long, Y. Wang, P. Xin, X.** (2018). Definition, Application and Influence of Arti Ficial Intelligence on Design Industries, *Landscape Architecture Frontiers*, 6(2), p. 56-63.
- Calkins, M.** (2012). *The sustainable sites handbook: A complete guide to the principles, strategies, and best practices for sustainable landscapes* (Vol. 39). John Wiley & Sons.

- Cantrell, B., & Zhang, Z.** (2018). A third intelligence, *Landscape Architecture Frontiers*, 6(2), 42-51.
- Cantrell, B., & Mekies, A.** (Eds.). (2018). *Codify: Parametric and computational design in landscape architecture*. Routledge.
- Chaillou, S.** (2019a). AI & architecture.
- Chaillou, S.** (2019b). The Advent of Architectural AI - A Historical Perspective, *Towards Data Science*, 1–17.
- Chaillou, S.** (2019c). *AI + Architecture I Towards a New Approach*, Harvard Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Massachusetts.
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z.** (2020). Artificial intelligence in education: A review, *Ieee Access*, 8, 75264-75278.
- Chen, R., Zhao, J., Yao, X., Jiang, S., He, Y., Bao, B., ... & Wang, C.** (2023). Generative design of outdoor green spaces based on generative adversarial networks, *Buildings*, 13(4), 1083.
- Cudzik, J. Radziszewski, K.** (2018). Artificial Intelligence Aided Creative Design, *Ai for Design and Built Environment*, 1, 77–84.
- Cutellic, P.** (2019). Towards encoding shape features with visual event-related potential based brain–computer interface for generative design, *International Journal of Architectural Computing*, 17(1), 88–102.
- Çelik, F., Aktürk, R., Caymaz, G. F. Y., & Türkdoğan, H.** (2024). The Concept of Digital Art and Refik Anadol. In *Computational Practices and Applications for Digital Art and Crafting*, (pp. 80-93). IGI Global.
- Datta, R., Joshi, D., Li, J., & Wang, J. Z.** (2006). Studying aesthetics in photographic images using a computational approach. In *Computer Vision–ECCV 2006: 9th European Conference on Computer Vision*, Graz, Austria, May 7-13, 2006, Proceedings, Part III 9 (pp. 288-301). Springer Berlin Heidelberg.
- Deniz, B., Küçükerbaş, E. V., & Tunçay, H. E.** (2006). Peyzaj Ekolojisine Genel Bakış, *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(2), 5-18.
- Dhar, A., Mukherjee, H., Dash, N. S., & Roy, K.** (2021). Text categorization: past and present, *Artificial Intelligence Review*, 54(4), 3007-3054.
- Dhariwal, Prafulla, and Alexander Nichol.** (2021). Diffusion models beat gans on image synthesis, *Advances in Neural Information Processing Systems* 34: 8780-8794.

- Di Dio, C., Ardizzi, M., Schieppati, S. V., Massaro, D., Gilli, G., Gallese, V., & Marchetti, A.** (2023). Art made by artificial intelligence: The effect of authorship on aesthetic judgments, *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*.
- Du, J., Ye, X., Jankowski, P., Sanchez, T. W., & Mai, G.** (2023). Artificial intelligence enabled participatory planning: a review, *International Journal of Urban Sciences*, 1-28.
- Ekici, B., Cubukcuoglu, C., Turrin, M., & Sariyildiz, I. S.** (2019). Performative computational architecture using swarm and evolutionary optimisation: A review, *Building and environment*, 147, 356-371.
- El Meouche, R., Rezoug, M., & Hijazi, I.** (2013). Integrating and managing BIM in GIS, software review, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40, 31-34.
- Eşbah Tunçay, H.** (2009). Analyzing landscape change through landscape structure indices: Case of the city of Aydin, Turkey, *Journal of Applied Sciences*, 9(15).
- Eşbah, H., Erdoğan, M. A., & Tanrıöver, A. A.** (2011). Cellular automata-Markov chain and landscape metrics for landscape planning, *A|Z ITU Journal of the Faculty of Architecture*, 8(02), 63-79.
- Etzioni, A., & Etzioni, O.** (2017). Incorporating ethics into artificial intelligence, *The Journal of Ethics*, 21, 403-418.
- Fan, X., & Li, J.** (2023). Artificial intelligence-driven interactive learning methods for enhancing art and design education in higher institutions, *Applied Artificial Intelligence*, 37(1), 2225907.
- Fedorova, S.** (2021). GANs for urban design. arXiv preprint arXiv:2105.01727.
- Fernberg, P., & Chamberlain, B.** (2023). Artificial Intelligence in Landscape Architecture: A Literature Review, *Landscape Journal*, 42(1), 13-35.
- Fernberg, P., Asla, Associate, & Chamberlain, B.** (2021). Advancements In Artificial Intelligence Creativity Should Make Us Rethink The Future Of Landscape Architecture Practice, *Landscape Architecture Magazine*, 111(8), 120-130.
- Fink, T., & Koenig, R.** (2019). Integrated Parametric Urban Design in Grasshopper/Rhinoceros 3D. Demonstrated on a Master Plan in Vienna.
- Gero, J. S., & Sudweeks, F.** (Eds.). (2012). *Artificial Intelligence in Design '96*. Springer Science & Business Media.

- Goodfellow, I. J., Shlens, J. & Szegedy, C.** (2014), Explaining and harnessing adversarial examples. arXiv preprint arXiv:1412.6572.
- Gui, D., Chen, K., Ding, H., & Huo, Q.** (2023). Zero-shot generation of training data with denoising diffusion probabilistic model for handwritten Chinese character recognition. In *International Conference on Document Analysis and Recognition*, (pp. 348-365). Cham: Springer Nature Switzerland.
- He, W.** (2022). Sequential Masterplanning: Using Urban-GANs, *Architectural Design*, 92(3), 100-107.
- Hiruta, K., Saito, R., Hatakeyama, T., Hashimoto, A. & Kurihara, S.** (2022, December). Conditional GAN for Small Datasets. In *2022 IEEE International Symposium on Multimedia*, (ISM, 278-281). IEEE.
- Huang, W. Zheng, H.** (2018). Architectural drawings recognition and generation through machine learning, Recalibration on Imprecision and Infidelity - *Proceedings of the 38th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture*, (October), 156–165.
- Hu, X., Liu, X., He, Z., & Zhang, J.** (2013, August). Batch modeling of 3d city based on esri cityengine. In *IET International Conference on Smart and Sustainable City 2013*, (ICSSC 2013) (pp. 69-73). IET.
- Huang, C., Zhang, Z., Mao, B., & Yao, X.** (2022). An overview of artificial intelligence ethics, *IEEE Transactions on Artificial Intelligence*, 4(4), 799-819.
- Guo, K., Yang, Z., Yu, C. H., & Buehler, M. J.** (2021). Artificial intelligence and machine learning in design of mechanical materials, *Materials Horizons*, 8(4), 1153-1172.
- Gür, M., & Karadag, I.** (2024). Machine Learning for Pedestrian-Level Wind Comfort Analysis, *Buildings*, 14(6), 1845.
- Joyce, S. C.** (2021). *AI as a collaborator in the early stage of the design*. In *The Routledge Companion to Artificial Intelligence in Architecture* (pp. 130-159). Routledge.
- Israfilzade, K.** (2020). What's in a name? Experiment on the aesthetic judgments of art produced by artificial intelligence, *Journal of Arts*, 3(2), 143-158.
- Kawar, B., Zada, S., Lang, O., Tov, O., Chang, H., Dekel, T., ... & Irani, M.** (2023). Imagic: Text-based real image editing with diffusion models. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 6007-6017).
- Kim, M.** (2016). A study on efficient approaches for grasshopper programming in architectural design process, *Korean Journal of Computational Design and Engineering*, 21(4), 453-461.

- Kirwan, J.** (2006). *The aesthetic in Kant*. A&C Black.
- Korinek, A., & Stiglitz, J. E.** (2018). *Artificial intelligence and its implications for income distribution and unemployment*. In *The economics of artificial intelligence: An agenda* (pp. 349-390). University of Chicago Press.
- Koumetio Tekouabou, S. C., Diop, E. B., Azmi, R., & Chenal, J.** (2023). Artificial intelligence based methods for smart and sustainable urban planning: a systematic survey, *Archives of Computational Methods in Engineering*, 30(2), 1421-1438.
- Leach, N.** (2009). Digital morphogenesis, *Architectural Design*, 79(1), 32-37.
- Leach, N.** (2018). Design in the Age of Artificial Intelligence, *Landscape Architecture Frontiers*, 6(2), 8-19.
- Leach, N.** (2022). *AI and the limits of human creativity in urban planning and design*. In *Artificial Intelligence in Urban Planning and Design*. (pp. 21-37). Elsevier.
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G.** (2015). Deep learning, *Nature*, 521(7553), 436-444.
- Lecun, Y.** (2020). <https://medium.com/deep-learning-turkiye/%C3%A7eki%C5%9Fmeli-%C3%BCretici-a%C4%9Flar-gan-e64716f4ee9c>
- Liu, B., Zhu, Y., Song, K., & Elgammal, A.** (2020). Towards faster and stabilized gan training for high-fidelity few-shot image synthesis. In *International Conference on Learning Representations*, October.
- Lovato, J., Zimmerman, J., Smith, I., Dodds, P., & Karson, J.** (2024). Foregrounding Artist Opinions: A Survey Study on Transparency, Ownership, and Fairness in AI Generative Art. arXiv preprint arXiv:2401.15497.
- Lu, X., Lin, Z., Jin, H., Yang, J., & Wang, J. Z.** (2015). Rating image aesthetics using deep learning. *IEEE Transactions on Multimedia*, 17(11), 2021-2034.
- Ma, N., Volkov, A., Livshits, A., Pietrusinski, P., Hu, H., & Bolin, M.** (2019). An universal image attractiveness ranking framework. In *2019 IEEE winter conference on applications of computer vision (WACV)* (pp. 657-665). IEEE.
- Madl, A.** (2021). *Parametric design for landscape architects: computational techniques and workflows*. Routledge.
- McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. E.** (2006). A proposal for the dartmouth summer research project on artificial intelligence, august 31, 1955. *AI magazine*, 27(4), 12-12.

- McHarg, Ian L.** *Design with nature*. (1969). Garden City, N.Y., Published for the American Museum of Natural History [by] the Natural History Press, (OCoLC)648584942
- McHarg, I. L.** (2007). *To heal the earth: selected writings of Ian L. McHarg*. Island Press.
- Mitrana, G.** (2021). *User-centred design for the interface of an Artificial Intelligence buildability tool*. (Doctoral dissertation, ETSI_Informatica).
- Nauata, N., Chang, K. H., Cheng, C. Y., Mori, G. & Furukawa, Y.** (2020), Housegan: Relational generative adversarial networks for graph-constrained house layout generation. In *Computer Vision–ECCV 2020: 16th European Conference*, Glasgow, UK, August 23–28, 2020, Proceedings, Part I 16, 162-177. Springer International Publishing.
- Nemire, B.** (2017). <<https://developer.nvidia.com/blog/expedia-ranking-hotel-images-with-deep-learning/>> erişim tarihi 21.08.2024.
- Newton, D.** (2019). Generative deep learning in architectural design, *Technology|Architecture+ Design*, 3(2), 176-189.
- Neocleous, C., & Schizas, C.** (2002). Artificial neural network learning: A comparative review. In *Hellenic Conference on Artificial Intelligence*, (pp. 300-313). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Omri Avrahami, Dani Lischinski, and Ohad Fried.** (2022). Blended diffusion for text-driven editing of natural images. In *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 18208–18218.
- Parmee, I. C.** (2012). *Evolutionary and adaptive computing in engineering design*. Springer Science & Business Media.
- Pena, M. L. C., Carballal, A., Rodríguez-Fernández, N., Santos, I., & Romero, J.** (2021). Artificial intelligence applied to conceptual design. A review of its use in architecture, *Automation in Construction*, 124, 103550.
- Pham, D. T.** (Ed.). (2012). *Artificial intelligence in design*. Springer Science & Business Media.
- Pincetl, S.** (2017). Cities in the age of the Anthropocene: Climate change agents and the potential for mitigation, *Anthropocene*, 20, 74-82.
- Radford, A., Kim, J. W., Hallacy, C., Ramesh, A., Goh, G., Agarwal, S., ... & Sutskever, I.** (2021). Learning transferable visual models from natural language supervision. In *International conference on machine learning*, (pp. 8748-8763). PMLR.
- Ramesh, A., Dhariwal, P., Nichol, A., Chu, C., & Chen, M.** (2022). Hierarchical text-conditional image generation with clip latents. arXiv preprint arXiv:2204.06125, 1(2), 3.

- Raschka, S., Patterson, J., & Nolet, C.** (2020). Machine learning in python: Main developments and technology trends in data science, machine learning, and artificial intelligence, *Information*, 11(4), 193.
- Sanchez, T. W., Brenman, M., & Ye, X.** (2024). The Ethical Concerns of Artificial Intelligence in Urban Planning, *Journal of the American Planning Association*, 1-14.
- Schwartz, T.** (2023). *HAL Robotics: From Automated Architectural Design for Fabrication, to Architecting Automated Manufacturing Systems*. In *Coding Architecture: Designing Toolkits, Workflows, Industry* (pp. 73-94). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Schwalbe, K.** (2016). *Information technology project management*. Cengage Learning.
- Senem, M. O., Tuncay, H. E., Koç, M., & As, I.** (2024). Generating Landscape Layouts with GANs and Diffusion Models, *Journal of Digital Landscape Architecture*, 2024(9), 137-144. <https://doi.org/10.14627/537752013>
- Senem, M. O., Tuncay, H. E., Koç, M., & As, I.** (2023) "Using Deep Learning To Generate Front And Backyards In Landscape Architecture," *Architecture and Planning Journal (APJ)*, Vol. 28: Iss. 3, Article 1. DOI: <https://doi.org/10.54729/2789-8547.1196>
- Sharma, S., Singla, E., & Kant, R.** (2023, July). Robotic Path Planning for direct slicing method to Minimize Support Structure in Fused Filament Fabrication Process. In *Proceedings of the 2023 6th International Conference on Advances in Robotics* (pp. 1-7).
- Shen, Y., & Yu, F.** (2021). The influence of artificial intelligence on art design in the digital age, *Scientific programming*, 2021(1), 4838957.
- Song, H., Ghaboussi, J., & Kwon, T. H.** (2016). Architectural design of apartment buildings using the implicit redundant representation genetic algorithm, *Automation in construction*, 72, 166-173.
- Quan, S. J., Park, J., Economou, A., & Lee, S.** (2019). Artificial intelligence-aided design: Smart design for sustainable city development, *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 46(8), 1581-1599.
- Tamke, M., Nicholas, P., & Zwierzycki, M.** (2018). Machine learning for architectural design: Practices and infrastructure, *International Journal of Architectural Computing*, 16(2), 123-143.
- Thumfart, S., Jacobs, R. H., Lughofer, E., Eitzinger, C., Cornelissen, F. W., Groissboeck, W., & Richter, R.** (2008). Modeling human aesthetic perception of visual textures, *ACM Transactions on Applied Perception (TAP)*, 8(4), 1-29.

- Titman, M. (Ed.).** (2013). *The new pastoralism: landscape into architecture*. John Wiley & Sons.
- Toland, A.** (2018). The learning machine and the spaceship in the garden. AI and the design of planetary 'nature, *RA Revista de Arquitectura*, 217-227.
- Tan, Y., Tang, P., Zhou, Y., Luo, W., Kang, Y., & Li, G.** (2017). Photograph aesthetical evaluation and classification with deep convolutional neural networks, *Neurocomputing*, 228, 165-175.
- Torus, B., & Çolakoğlu, B.** (2009). Plan Layout Generator (PLG) A Rule-Based Plan Layout Generator for Mardin Houses. In *27th Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe, eCAADe 2009*, (pp. 425-430). Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe.
- Trisno, R., & Lianto, F.** (2024). *Relationship between function-form in the expression of architectural creation*. Authorea Preprints.
- Tuncay, A., & Esbah, H.** (2006). Understanding the effects of historic land use pattern on an urbanized stream corridor, *Journal of Applied Sciences*, 6(8), 1873-1881.
- Turing, Alan M.** (1950). *Computing machinery and intelligence*. The Essential Turing: the Ideas That Gave Birth to the Computer Age (2012): 433-464.
- Ugurlu, C., Chatzikonstantinou, I., Sariyildiz, S., & Tasgetiren, M. F.** (2015, May). Evolutionary computation for architectural design of restaurant layouts. In *2015 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)*, (pp. 2279-2286). IEEE.
- USGBC.** (2024a). <<https://www.sustainablesites.org/get-started-sites-v2-rating-system>>, erişim tarihi 21.08.2024.
- USGBC.** (2024b). <<https://www.usgbc.org/resources/sites-reference-guide-pdf> >, erişim tarihi 21.08.2024.
- Uzun, C. and Cangür, R.E.** (2024), "An ontological assessment proposal for architectural outputs of generative adversarial network", *Construction Innovation*, Vol. 24 No. 4, pp. 1165-1184. <https://doi.org/10.1108/CI-03-2023-0053>
- Uzun, C.** (2021). *The network of interactions for an artificial architectural intelligence*. In *The Routledge Companion to Artificial Intelligence in Architecture* (pp. 59-90). Routledge.
- Wang, T. C., Liu, M. Y., Zhu, J. Y., Tao, A., Kautz, J., & Catanzaro, B.** (2018). High-resolution image synthesis and semantic manipulation with conditional gans. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, (pp. 8798-8807).

- Wang, M., Cai, J., & Tian, T.** (2018). Definition, application and influence of artificial intelligence on design industries, *Landscape Architecture Frontiers*, 6(2), 56-61.
- Wanyu, H.** (2019). From Competition, Coexistence To Win-Win — Relationship Between Intelligent Design Tools and Human Designers, *Landscape Architecture Frontiers*, 7(2), 76-83.
- Wu, A. N., Stouffs, R., & Biljecki, F.** (2022). Generative Adversarial Networks in the built environment: A comprehensive review of the application of GANs across data types and scales, *Building and Environment*, 223, 109477.
- Valente, R.** (2014). Sustainable Sites Initiative: US updated rating criteria for open spaces design, *TECHNE-Journal of Technology for Architecture and Environment*, 70-80.
- Vasey, L., Aejmelaesus-Lindström, P., Jenny, D., Johns, R. L., Hurkxkens, I., Ming, C., ... & Kohler, M.** (2024). *Circular Robotic Construction*. In *A Circular Built Environment in the Digital Age* (pp. 151-170). Cham: Springer International Publishing.
- Verganti, R., Vendraminelli, L., & Iansiti, M.** (2020). Innovation and design in the age of artificial intelligence, *Journal of product innovation management*, 37(3), 212-227.
- Vrontis, Demetris, et al.** (2022). "Artificial intelligence, robotics, advanced technologies and human resource management: a systematic review." *The international journal of human resource management* 33.6 (2022): 1237-1266.
- Yanko-Hombach, V., Gilbert, A. S., Panin, N., & Dolukhanov, P. M. (Eds.).** (2006). *The Black Sea flood question: changes in coastline, climate and human settlement*. Springer Science & Business Media.
- Yang, L., Zhang, Z., Song, Y., Hong, S., Xu, R., Zhao, Y., ... & Yang, M. H.** (2023). Diffusion models: A comprehensive survey of methods and applications, *ACM Computing Surveys*, 56(4), 1-39.
- Yazar, T., & Uysal, S.** (2020). *Grasshopper ile parametrik modelleme*. Pusula.
- Yeang, K.** (2006). *Ekolojik Tasarım Rehberi*. (1. Baskı). İstanbul: YEM Yayın.
- Yeang, K.** (2008). *Ecomasterplanning*, (1. Baskı). West Sussex: John Wiley & Sons.
- Yeang, K. Woo L.** (2010). *Dictionary of Ecodesign*, (Dijital Baskı). Newyork: Routledge.
- Yu, K.** (2018). Artificial intelligence and future landscape architecture, *Landscape Architecture Frontiers*, 6(2).

- Yu, H., Shen, Z., Miao, C., Leung, C., Lesser, V. R., & Yang, Q.** (2018). Building ethics into artificial intelligence. arXiv preprint arXiv:1812.02953.
- Yüksel, N., Börklü, H. R., Sezer, H. K., & Canyurt, O. E.** (2023). Review of artificial intelligence applications in engineering design perspective, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 118, 105697.
- Zawarus, P.** (2022). *Landscape Performance Modeling Using Rhino and Grasshopper*. Routledge.
- Zhang, W., & Jia, Y.** (2021). Modern art interactive design based on artificial intelligence technology, *Scientific Programming*, 2021(1), 5223034.
- Zhang, L., & Li, J.** (2022). Identifying priority areas for biodiversity conservation based on Marxan and InVEST model, *Landscape Ecology*, 37(12), 3043-3058.
- Zhang, S., Ringo, K., Chou, R., Pachuca, B., Pietraszkiewicz, E., & Wilson, L.** (2022). *KPF: A retrospective view on urban planning AI for 2020*. In *Artificial Intelligence in Urban Planning and Design* (pp. 363-380). Elsevier.
- Zhou, H., & Xiang, S.** (2024). Applicability Evaluation and Reflection on Artificial Intelligence-based "Image to Image" Generation of Landscape Architecture Masterplans, *Landscape Architecture Frontiers*, 12(2), 58-67.
- Zylinska, J.** (2023). Art in the age of artificial intelligence, *Science*, 381(6654), 139-140.
- Zimmerman, R. L.** (1963). Kant: The aesthetic judgment, *The Journal of Aesthetics and Art Criticism*, 21(3), 333-344.
- Url-1** <<https://www.arkiv.com.tr/proje/4-mansiyon-uludag-milli-parki-i-ve-ii-gelisim-bolgeleri-peyzaj-planlama-kentsel-tasarim-ve-mimari-proje-yarismasi/3873>>, erişim tarihi 21.08.2024
- Url-2** <<https://www.arkitera.com/proje/selimiye-camii-cevresi-kentsel-tasarim-projesi/>>, erişim tarihi 21.08.2024
- Url-3** <<https://www.arkitera.com/proje/1-odul-beylikduzu-belediyesi-yasam-vadisi-uluslararası-fikir-yarismasi/>>, erişim tarihi 21.08.2024
- Url-4** <<https://www.arkitera.com/proje/1-odul-izmir-buyuksehir-belediyesi-ulasim-entegrasyon-merkezi-yarismasi/>>, erişim tarihi 21.08.2024
- Url-5** <<https://www.arkitera.com/proje/1-odul-sivas-kizilirmak-ve-cevresi-fikir-projesi-yarismasi/>>, erişim tarihi 21.08.2024
- Url-6** <<https://www.arkitera.com/proje/1-odul-19-mayis-izlegi-kentsel-tasarim-yarismasi/>>, erişim tarihi 21.08.2024

Url-7 <<https://www.arkitera.com/proje/1-odul-bandirma-tasarim-parki-yarismasi/>>, erişim tarihi 21.08.2024

Url-8 <<https://www.arkitera.com/proje/1-odul-cekirge-meydani-mimari-kentsel-tasarim-ve-peyzaj-tasarimi-yarismasi/>>, erişim tarihi 21.08.2024

Url-9 <<https://www.arkiv.com.tr/proje/1-odul-elazig-belediyesi-kent-meydani-kentsel-tasarim-yarismasi/7893>>, erişim tarihi 21.08.2024

Url-10 <<https://www.arkitera.com/proje/1-odul-karabaglar-belediyesi-kamusal-acik-mekan-ve-kent-meydani-kentsel-tasarim-yarismasi/>>, erişim tarihi 21.08.2024

Url-11 <<https://www.arkitera.com/proje/1-odul-sucuzade-mahallesi-kentsel-tasarim-ve-mimari-proje-yarismasi/>>, erişim tarihi 21.08.2024

Url-12 <<https://bilgin.studio/tr/works/ccym/>>, erişim tarihi 21.08.2024

Url-13 <<https://www.arkitera.com/proje/1-odul-akhisar-eski-belediye-meydani-ve-yakin-cevresi-ulusal-mimarlik-ve-kentsel-tasarim-fikir-yarismasi/>>, erişim tarihi 21.08.2024

Url-14 <<https://werearch.com/proje-detay/bakirkoy-cumhuriyet-meydani-kentsel-tasarim-yarismasi/>>, erişim tarihi 21.08.2024

Url-15 <<https://www.arkitera.com/proje/1-odul-1-bolge-istanbul-senin-halic-kiyilari-tasarim-yarismasi/>>, erişim tarihi 21.08.2024

Url-16 <<https://www.arkitera.com/proje/1-odul-2-bolge-istanbul-senin-halic-kiyilari-tasarim-yarismasi/>>, erişim tarihi 21.08.2024

Url-17 <<https://www.arkitera.com/proje/1-odul-eco-laud-3-bolge-istanbul-senin-halic-kiyilari-tasarim-yarismasi/>>, erişim tarihi 21.08.2024

Url-18 <<https://www.arkitera.com/proje/1-odul-4-bolge-istanbul-senin-halic-kiyilari-tasarim-yarismasi/>>, erişim tarihi 21.08.2024

Url-19 <<https://www.arkitera.com/proje/1-odul-5-bolge-istanbul-senin-halic-kiyilari-tasarim-yarismasi/>>, erişim tarihi 21.08.2024

Url-20 <<https://www.arkitera.com/proje/1-odul-6-bolge-istanbul-senin-halic-kiyilari-tasarim-yarismasi/>>, erişim tarihi 21.08.2024

Url-21 <<https://www.arkitera.com/proje/1-odul-7-bolge-istanbul-senin-halic-kiyilari-tasarim-yarismasi/>>, erişim tarihi 21.08.2024

Url-22 <<https://www.arkitera.com/proje/1-odul-olivelo-izmir-kent-ceperinde-ekolojik-ortak-yasam-alani-fikir-projesi-yarismasi/>>, erişim tarihi 21.08.2024

Url-23 <<https://www.arkitera.com/proje/1-odul-theodosius-limani-arkeolojik-alani-mimari-proje-yarismasi/>>, erişim tarihi 21.08.2024

Url-24 <<https://www.arkitera.com/proje/1-odul-usak-belediyesi-yayalastirilan-sokaklar-mimarlik-kentsel-tasarim-fikir-proje-yarismasi/>>, erişim tarihi 21.08.2024

Url-25 <<https://www.arkitera.com/proje/1-odul-antakya-koprubasi-kent-meydani-ve-yakin-cevresi-kentsel-tasarim-proje-yarismasi/>>, erişim tarihi 21.08.2024

Url-26 <<https://www.arkitera.com/proje/1-odul-buyukada-fayton-meydani-kentsel-tasarim-yarismasi/>>, erişim tarihi 21.08.2024

Url-27 <<https://www.arkitera.com/proje/1-odul-eco-laud-cumhuriyet-meydani-ve-ataturk-caddesi-camlibel-kentsel-tasarim-yarismasi/>>, erişim tarihi 21.08.2024

Url-28 <<https://www.arkitera.com/proje/1-odul-kadikoy-meydani-kentsel-tasarim-yarismasi/>>, erişim tarihi 21.08.2024

Url-29 <<https://www.arkitera.com/proje/1-odul-karaduvar-mahallesi-kentsel-tasarim-proje-yarismasi/>>, erişim tarihi 21.08.2024

Url-30 <<https://studiobems.com/portfolio/taksim-meydani-kentsel-tasarim-yarismasi-1-odul/>>, erişim tarihi 21.08.2024

Url-31 <<http://www.mimarlikdergisi.com/index.cfm?sayfa=mimarlik&DergiSayi=436&RecID=5406>>, erişim tarihi 21.08.2024

Url-32 <<https://www.arkitera.com/proje/1-odul-5-ocak-parki-ve-yakin-cevresi-kentsel-tasarim-yarismasi>>, erişim tarihi 21.08.2024

Url-33 <<https://www.arkitera.com/proje/1-odul-sanliurfa-kizilay-meydani-ve-kentsel-tasarim-fikir-yarismasi/>>

Url-34 <<https://www.arkitera.com/proje/1-odul-konya-alaeddin-tepesi-ii-kilicarслан-kosku-ve-kazi-alani-mimari-fikir-proje-yarismasi/>>, erişim tarihi 21.08.2024

Url-35 <<https://www.arkitera.com/proje/1-odul-sogut-tarih-ve-doga-ile-bulusma-karsilasma-alani-mimari-proje-yarismasi/>>, erişim tarihi 21.08.2024



EKLER

EK A: Veri seti olarak kullanılan planlar ve müellif disiplinler



Uludağ Milli Parkı I. ve II. Gelişim Bölgeleri Peyzaj Planlama,
Kentsel Tasarım ve Mimari Proje Yarışması



Çok Disiplinli Çalışma

Mimar ☒

Peyzaj Mimarı ☒

Şehir Plancısı ☒

İnşaat Mühendisi ☐

Diğer Disiplinler ☐

Şekil A.1 : Uludağ Milli Parkı I. ve II. Gelişim Bölgeleri Peyzaj Planlama, Kentsel
Tasarım ve Mimari Proje Yarışması

Selimiye Camii Ve Çevresi Ulusal Kentsel Tasarım Proje Yarışması



Çok Disiplinli Çalışma

Mimar ☒

Peyzaj Mimarı ☒

Şehir Plancısı ☒

İnşaat Mühendisi ☐

Diğer Disiplinler ☐

Şekil A.2 : Edirne Belediyesi Selimiye Camii ve Çevresi Ulusal Kentsel Tasarım Proje Yarışması

Beylikdüzü Belediyesi Yaşam Vadisi Uluslararası Fikir Projesi Yarışması

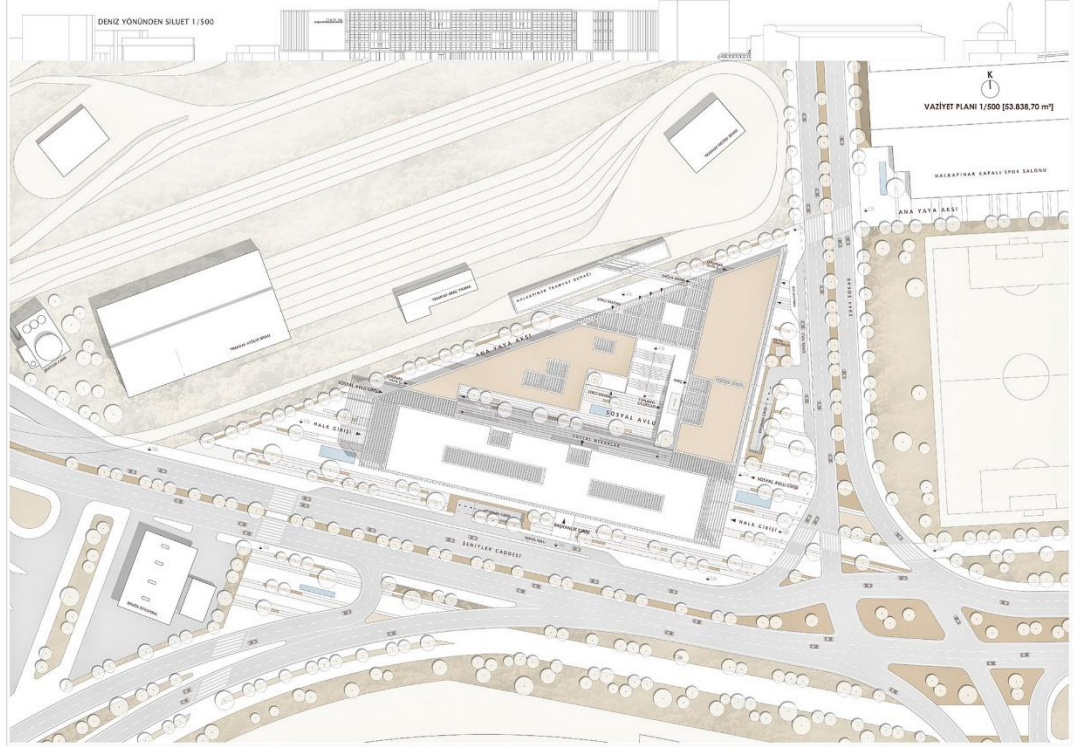


Çok Disiplinli Çalışma

- Mimar ☒
- Peyzaj Mimarı ☒
- Şehir Plancısı ☒
- İnşaat Mühendisi ☐
- Diğer Disiplinler ☐

Şekil A.3 : Beylikdüzü Belediyesi Yaşam Vadisi Uluslararası Fikir Projesi Yarışması

İzmir Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Entegrasyon Merkezi ve Yakın
Çevresinin Düzenlenmesi Ulusal Mimari Proje Yarışması



Çok Disiplinli Çalışma

Mimar ☒

Peyzaj Mimarı ☐

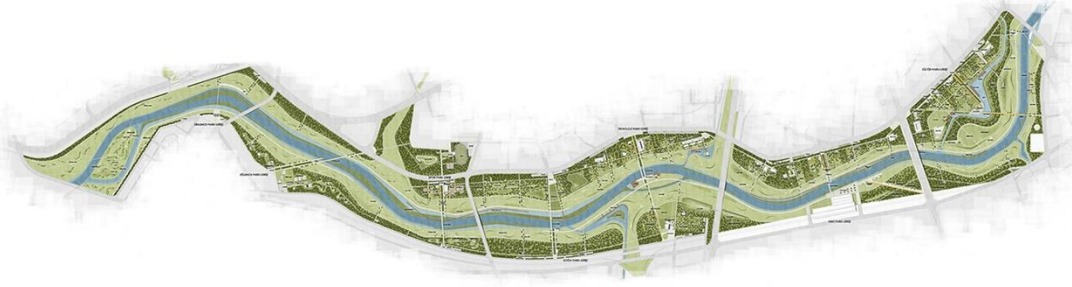
Şehir Plancısı ☐

İnşaat Mühendisi ☐

Diğer Disiplinler ☐

Şekil A.4 : İzmir Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Entegrasyon Merkezi ve Yakın
Çevresinin Düzenlenmesi Ulusal Mimari Proje Yarışması

Sivas Kızılırmak ve Çevresi Fikir Projesi Yarışması



Çok Disiplinli Çalışma

- Mimar
- Peyzaj Mimarı
- Şehir Plancısı
- İnşaat Mühendisi
- Diğer Disiplinler

Şekil A.5 : Sivas Kızılırmak ve Çevresi Fikir Projesi Yarışması

19 Mayıs İzleği Kentsel Tasarım Yarışması



Çok Disiplinli Çalışma

Mimar ☒

Peyzaj Mimarı ☒

Şehir Plancısı ☒

İnşaat Mühendisi ☐

Diğer Disiplinler ☐

Şekil A.6 : 19 Mayıs İzleği Kentsel Tasarım Yarışması

Bandırma Tasarım Parkı Yarışması



Çok Disiplinli Çalışma

- Mimar ☒
- Peyzaj Mimarı ☒
- Şehir Plancısı ☐
- İnşaat Mühendisi ☐
- Diğer Disiplinler ☐

Şekil A.7 : Bandırma Tasarım Parkı Yarışması

Bursa Osmangazi Belediyesi Çekirge Meydanı
Mimari, Kentsel Tasarım ve Peyzaj Tasarımı Proje Yarışması



Çok Disiplinli Çalışma

Mimar ■

Peyzaj Mimarı ■

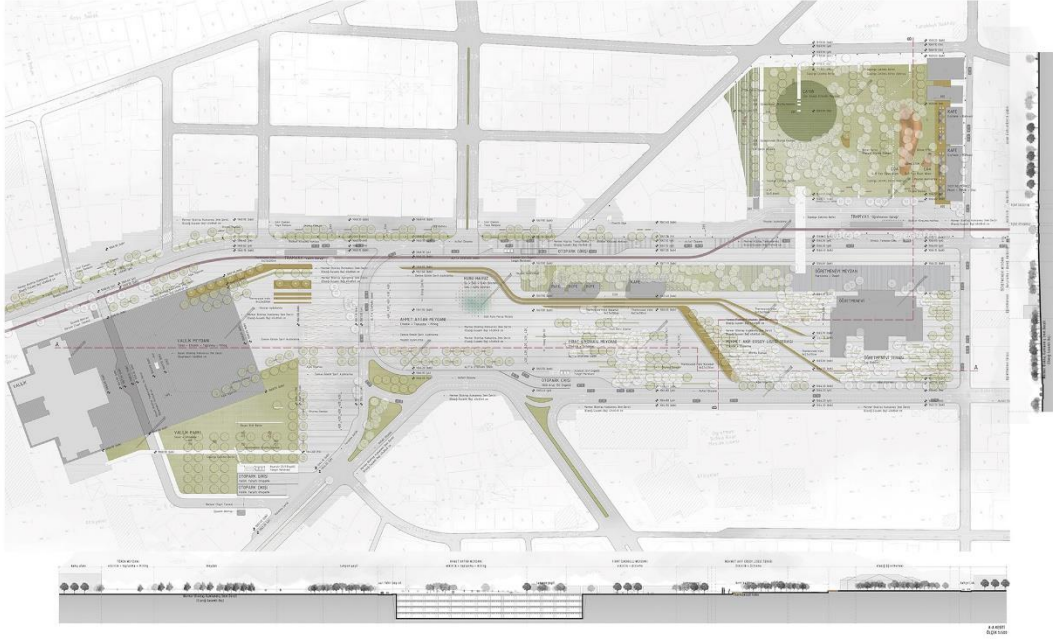
Şehir Plancısı ■

İnşaat Mühendisi □

Diğer Disiplinler □

Şekil A.8 : Bursa Osmangazi Belediyesi Çekirge Meydanı Mimari, Kentsel Tasarım ve Peyzaj Tasarımı Proje Yarışması

Elazığ Belediyesi Kent Meydanı Kentsel Tasarım ve Mimari Proje Yarışması



Çok Disiplinli Çalışma

- Mimar ☒
- Peyzaj Mimarı ☒
- Şehir Plancısı ☒
- İnşaat Mühendisi ☐
- Diğer Disiplinler ☐

Şekil A.9 : Elazığ Belediyesi Kent Meydanı Kentsel Tasarım ve Mimari Proje Yarışması

İzmir Karabağlar Belediyesi Kamusal Açık Mekan ve Kent Meydanı
Kentsel Tasarım Proje Yarışması



Çok Disiplinli Çalışma

Mimar

Peyzaj Mimarı

Şehir Plancısı

İnşaat Mühendisi

Diğer Disiplinler

Şekil A.10 : İzmir Karabağlar Belediyesi Kamusal Açık Mekan ve Kent Meydanı
Kentsel Tasarım Proje Yarışması

Adana – Seyhan Sucuzade Mahallesi Kentsel Dönüşüm Alanında
Kent Meydanı ve Çevresi Kentsel Tasarım ve Mimari Proje Yarışması

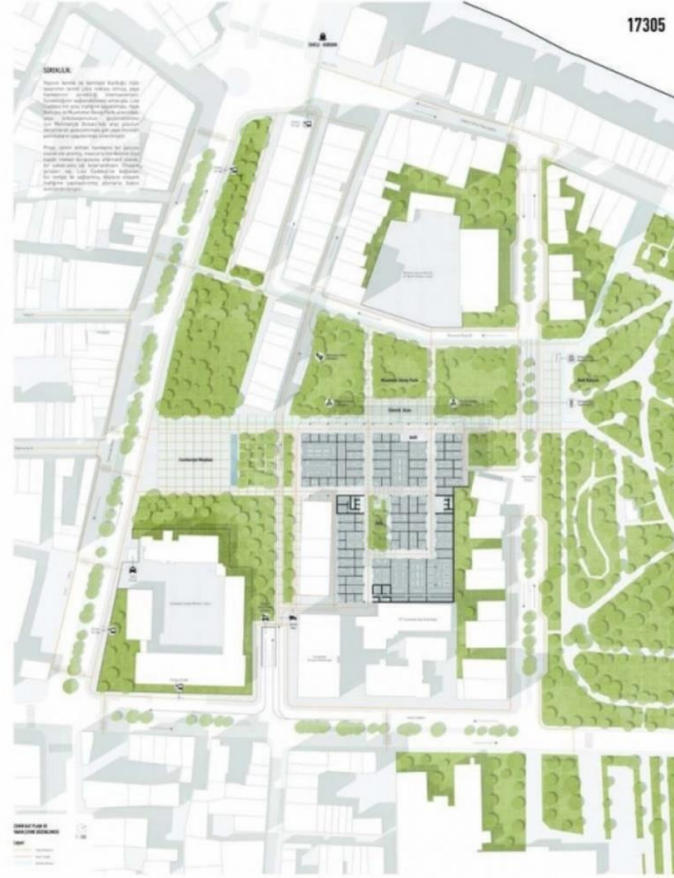


Çok Disiplinli Çalışma

- Mimar ☒
- Peyzaj Mimarı ☒
- Şehir Plancısı ☒
- İnşaat Mühendisi ☐
- Diğer Disiplinler ☐

Şekil A.11 : Adana – Seyhan Sucuzade Mahallesi Kentsel Dönüşüm Alanında Kent Meydanı ve Çevresi Kentsel Tasarım ve Mimari Proje Yarışması

Çanakkale Belediyesi Çarşı, Yaşam Merkezi ve Otopark ile Yakın Çevresi
Ulusal Mimari Proje Yarışması



Şekil A.12 : Çanakkale Belediyesi Çarşı, Yaşam Merkezi ve Otopark ile Yakın Çevresi Ulusal Mimari Proje Yarışması

Kentsel Belleğin İzleri Üzerinden Akhisar Eski Belediye Meydanı ve Çevresi
Ulusal Mimarlık ve Kentsel Tasarım Fikir Yarışması



Çok Disiplinli Çalışma

- Mimar ☒
- Peyzaj Mimarı ☒
- Şehir Plancısı ☒
- İnşaat Mühendisi ☐
- Diğer Disiplinler ☐

Şekil A.13 : Akhisar Eski Belediye Meydanı ve Yakın Çevresi Ulusal Mimarlık ve Kentsel Tasarım Fikir Yarışması

Bakırköy Cumhuriyet Meydanı Kentsel Tasarım Yarışması



Çok Disiplinli  alışma

Mimar

Peyzaj Mimarı

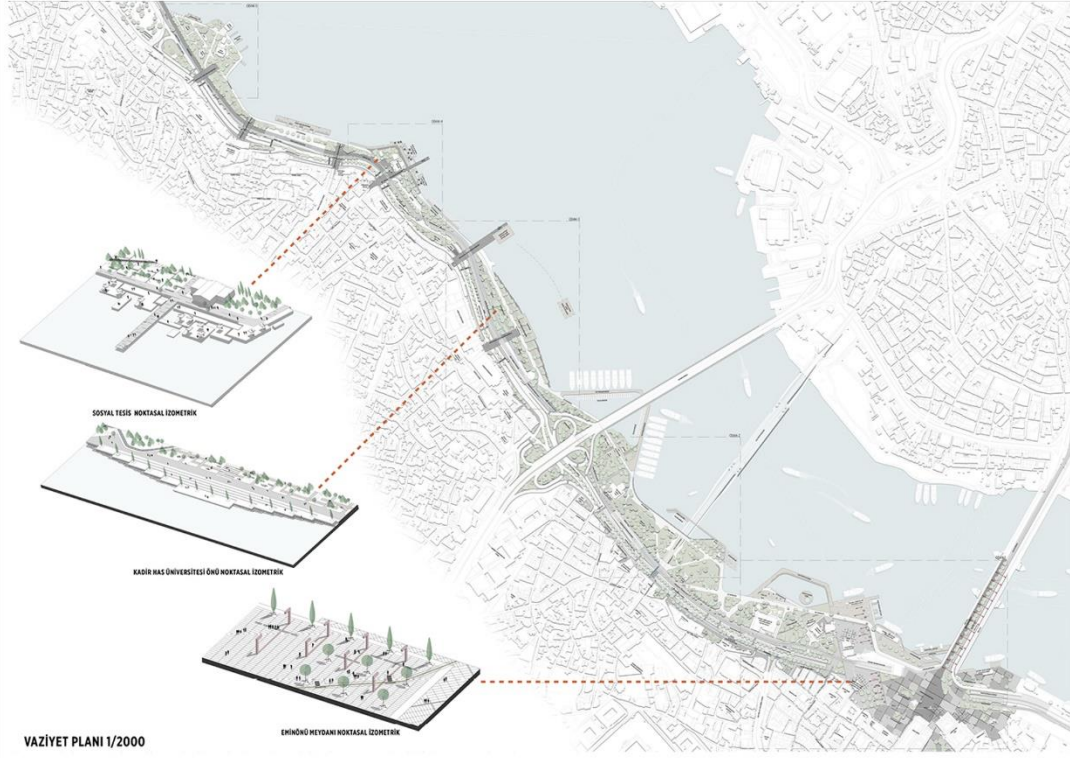
şehir Plancısı

İnşaat Mühendisi

Diğer Disiplinler

şekil A.14 : Bakırköy Cumhuriyet Meydanı Kentsel Tasarım Yarışması

İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 1. Bölge

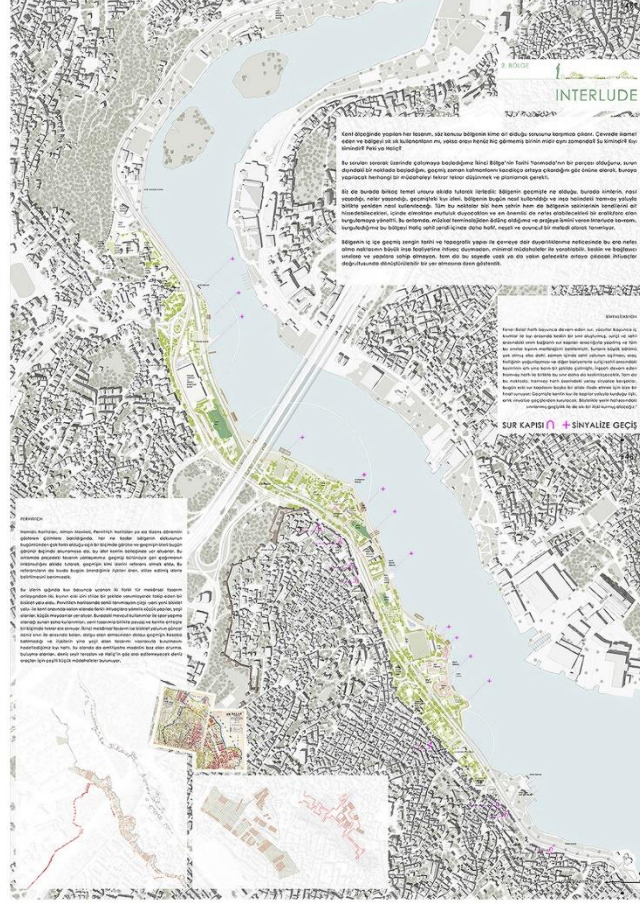


Çok Disiplinli Çalışma

- Mimar ☒
- Peyzaj Mimarı ☒
- Şehir Plancısı ☒
- İnşaat Mühendisi ☐
- Diğer Disiplinler ☐

Şekil A.15 : İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 1. Bölge

İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 2. Bölge



Çok Disiplinli Çalışma

Mimar ☒

Peyzaj Mimarı ☒

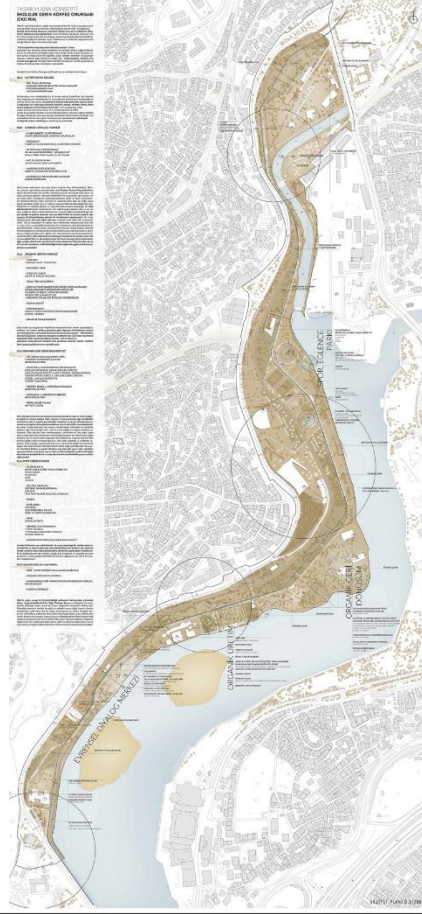
Şehir Plancısı ☒

İnşaat Mühendisi ☐

Diğer Disiplinler ☐

Şekil A.16 : İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 2. Bölge

İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 3. Bölge

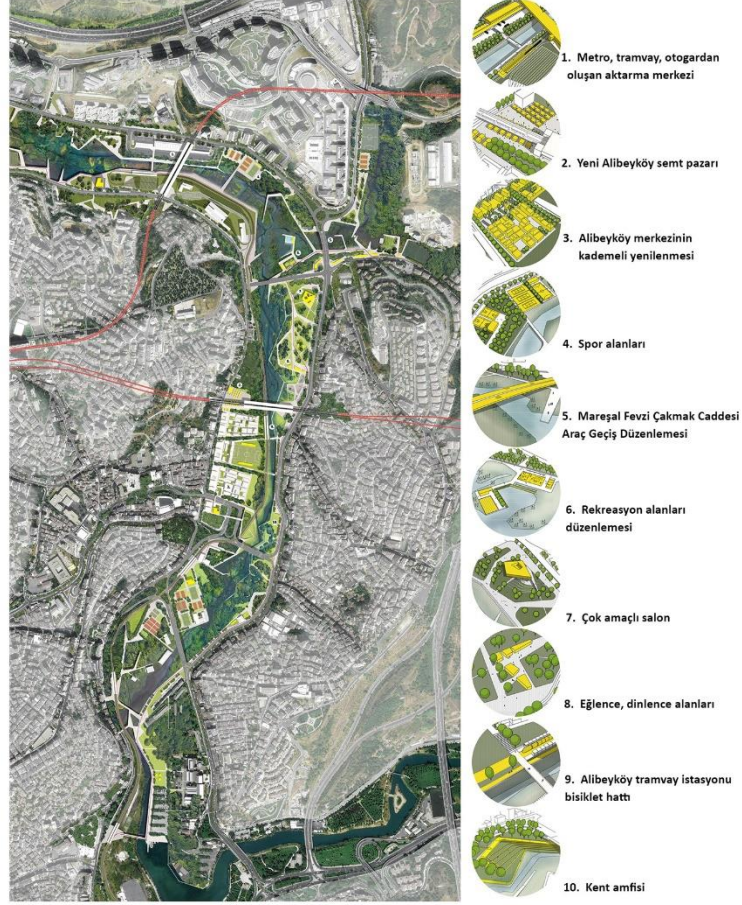


Çok Disiplinli Çalışma

- Mimar ☒
- Peyzaj Mimarı ☒
- Şehir Plancısı ☒
- İnşaat Mühendisi ☐
- Diğer Disiplinler ☐

Şekil A.17 : İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 3. Bölge

İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 4. Bölge



Çok Disiplinli Çalışma

Mimar ☒

Peyzaj Mimarı ☒

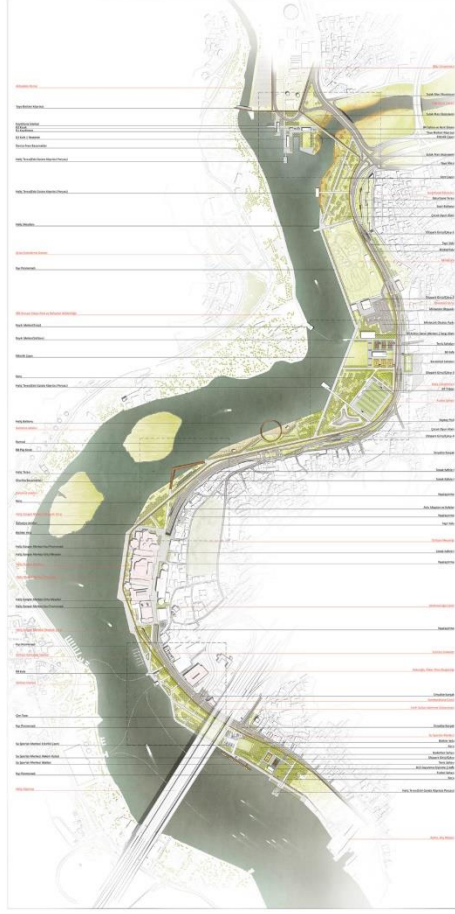
Şehir Plancısı ☒

İnşaat Mühendisi ☐

Diğer Disiplinler ☐

Şekil A.18 : İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 4. Bölge

İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 5. Bölge



Çok Disiplinli Çalışma

Mimar ☒

Peyzaj Mimarı ☒

Şehir Plancısı ☒

İnşaat Mühendisi ☐

Diğer Disiplinler ☐

Şekil A.19 : İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 5. Bölge

İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 6. Bölge



Çok Disiplinli Çalışma

Mimar ■

Peyzaj Mimarı ■

Şehir Plancısı ■

İnşaat Mühendisi □

Diğer Disiplinler □

Şekil A.20 : İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 6. Bölge

İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 7. Bölge

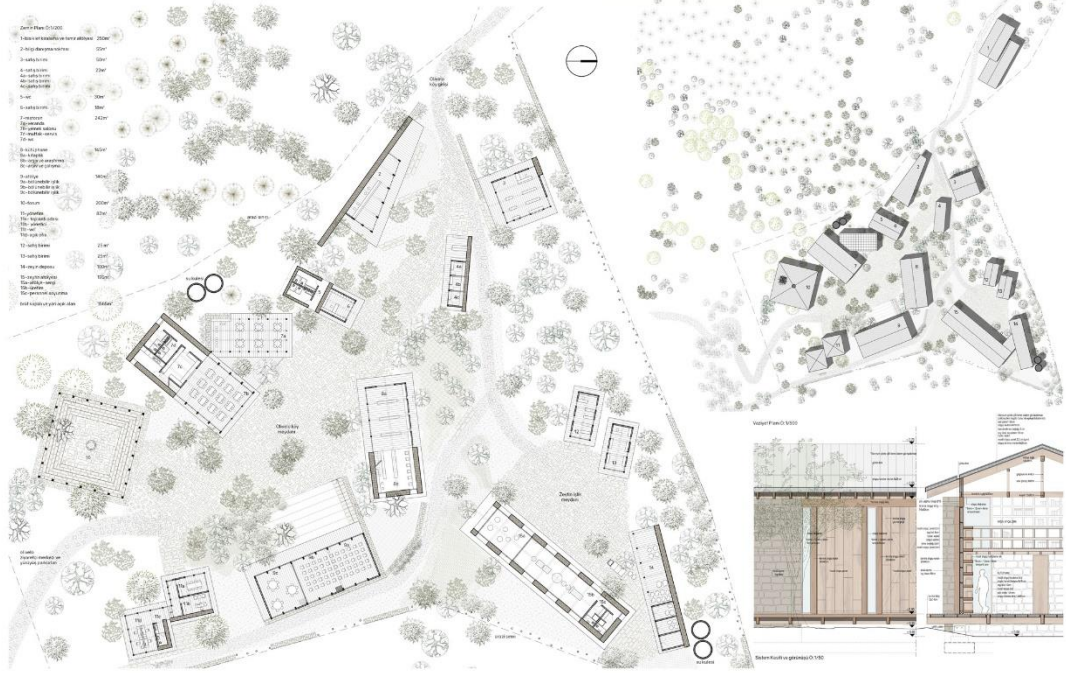


Çok Disiplinli Çalışma

- Mimar ☒
- Peyzaj Mimarı ☒
- Şehir Plancısı ☒
- İnşaat Mühendisi ☐
- Diğer Disiplinler ☐

Şekil A.21 : İstanbul Senin, Haliç Kıyıları Tasarım Yarışması 7. Bölge

Olivelo – İzmir Kent Çeperinde Ekolojik Ortak Yaşam Alanı Fikir Projesi Yarışması



Çok Disiplinli Çalışma

Mimar ☒

Peyzaj Mimarı ☒

Şehir Plancısı ☒

İnşaat Mühendisi ☐

Diğer Disiplinler ☐

Şekil A.22 : Olivelo – İzmir Kent Çeperinde Ekolojik Ortak Yaşam Alanı Fikir Projesi Yarışması

Theodosius Limanı Arkeolojik Alanı Mimari Proje Yarışması



Profesyon	Oran (%)
Mimar	100
Peyzaj Mimarı	100
Şehir Plancısı	0
İnşaat Mühendisi	100
Diğer Disiplinler	0

Mimar 

Peyzaj Mimari

Şehir Plancısı ☐

İnşaat Mühendisi

Diğer Disiplinler ☐

Şekil A.23 : Theodosius Limanı Arkeolojik Alanı Mimari Proje Yarışması

Uşak Belediyesi, Yayaılaştırılan Sokaklar Mimarlık Kentsel Tasarım
Fikir Proje Yarışması



Çok Disiplinli Çalışma

Mimar ☒

Peyzaj Mimarı ☒

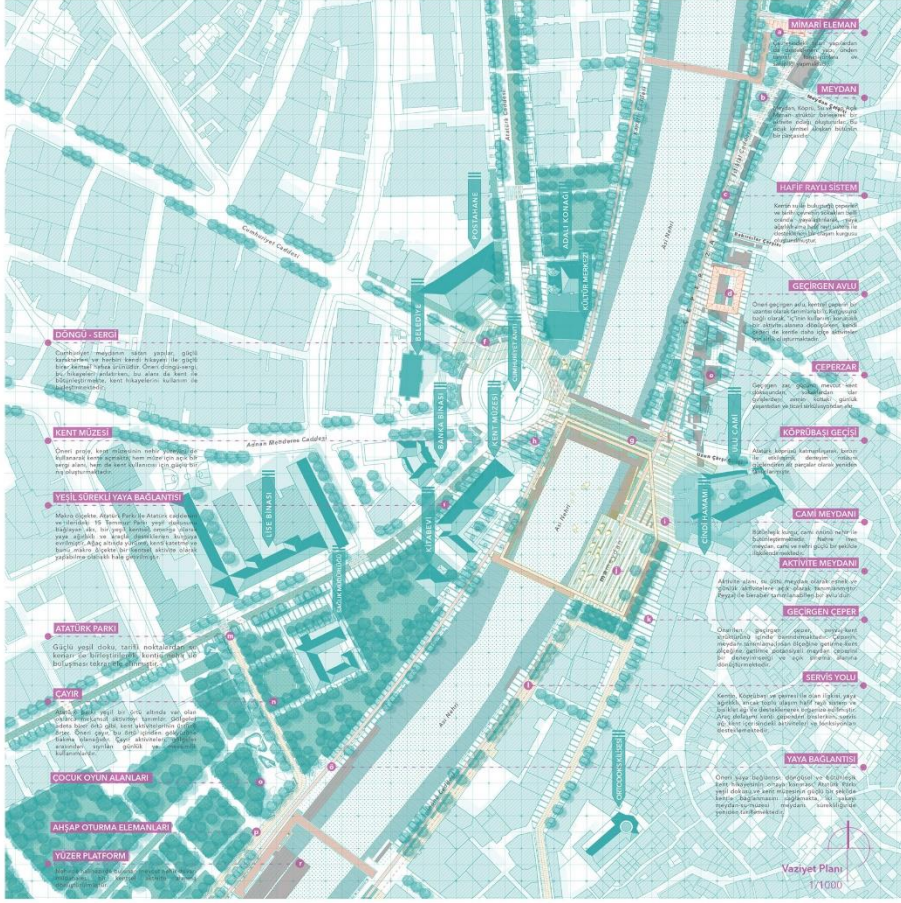
Şehir Plancısı ☒

İnşaat Mühendisi ☐

Diğer Disiplinler ☐

Şekil A.24 : Uşak Belediyesi, Yayaılaştırılan Sokaklar Mimarlık Kentsel Tasarım
Fikir Proje Yarışması

Antakya Köprübaşı Kent Meydanı ve Yakın Çevresi Kentsel Tasarım Proje Yarışması



Çok Disiplinli Çalışma

Mimar ☒

Peyzaj Mimarı ☒

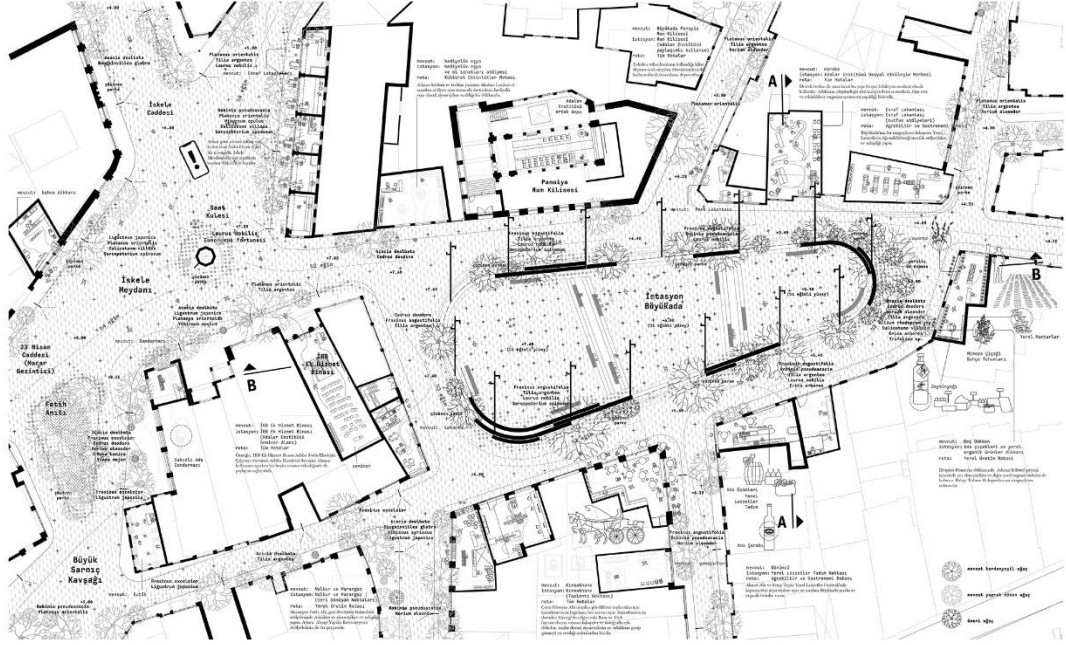
Şehir Plancısı ☒

İnşaat Mühendisi ☐

Diğer Disiplinler ☐

Şekil A.25 : Antakya Köprübaşı Kent Meydanı ve Yakın Çevresi Kentsel Tasarım Proje Yarışması

Büyükada Fayton Meydanı Kentsel Tasarım Yarışması



Çok Disiplinli Çalışma

Mimar

Peyzaj Mimarı

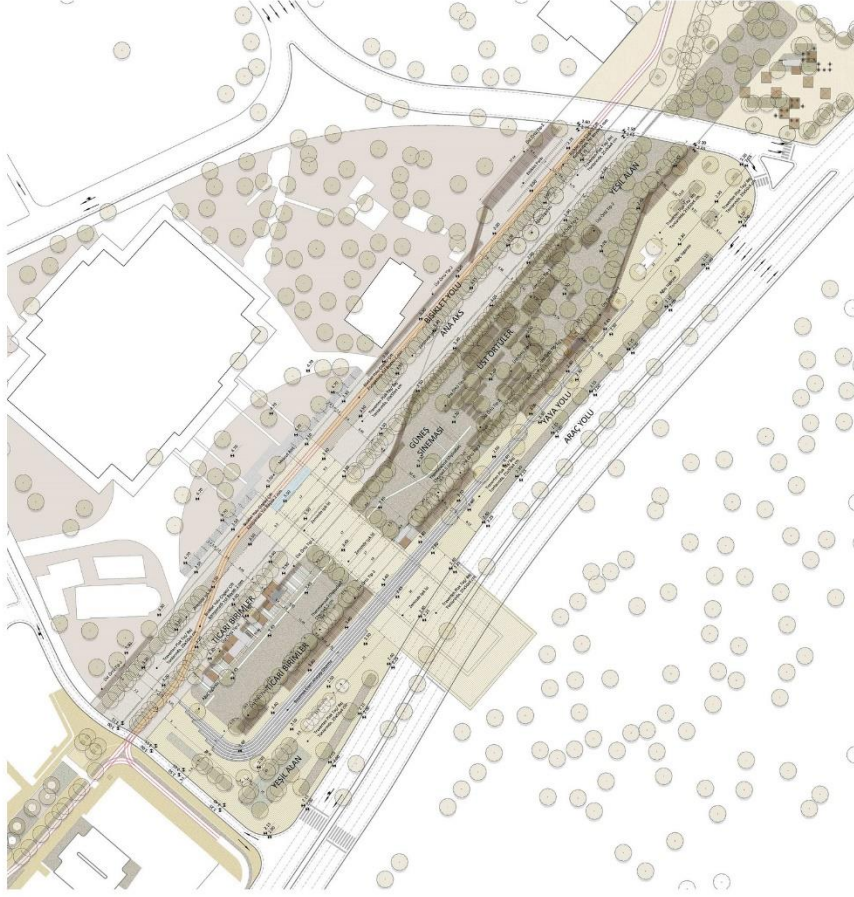
Şehir Plancısı

İnşaat Mühendisi

Diğer Disiplinler

Şekil A.26 : Büyükada Fayton Meydanı Kentsel Tasarım Yarışması

Cumhuriyet Meydanı ve Atatürk Caddesi Çamlıbel Kentsel Tasarım Yarışması



Çok Disiplinli Çalışma

- Mimar ☒
- Peyzaj Mimarı ☒
- Şehir Plancısı ☒
- İnşaat Mühendisi ☐
- Diğer Disiplinler ☐

Şekil A.27 : Cumhuriyet Meydanı ve Atatürk Caddesi Çamlıbel Kentsel Tasarım Yarışması

Kadıköy Meydanı Kentsel Tasarım Yarışması



Çok Disiplinli Çalışma

Mimar ☒

Peyzaj Mimarı ☒

Şehir Plancısı ☒

İnşaat Mühendisi ☐

Diğer Disiplinler ☐

Şekil A.28 : Kadıköy Meydanı Kentsel Tasarım Yarışması

Karaduvar Mahallesi Kentsel Tasarım Proje Yarışması



Çok Disiplinli Çalışma

- Mimar ☒
- Peyzaj Mimarı ☒
- Şehir Plancısı ☒
- İnşaat Mühendisi ☐
- Diğer Disiplinler ☐

Şekil A.29 : Karaduvar Mahallesi Kentsel Tasarım Proje Yarışması

Taksim Kentsel Tasarım Yarışması



Çok Disiplinli Çalışma

Mimar ☒

Peyzaj Mimarı ☒

Şehir Plancısı ☒

İnşaat Mühendisi ☐

Diğer Disiplinler ☐

Şekil A.30 : Taksim Kentsel Tasarım Yarışması

Talas Millet Bahçesi ve Kültür Merkezi Kentsel Tasarım Yarışması



Çok Disiplinli Çalışma

- Mimar
- Peyzaj Mimarı
- Şehir Plancısı
- İnşaat Mühendisi
- Diğer Disiplinler

Şekil A.31 : Talas Millet Bahçesi ve Kültür Merkezi Kentsel Tasarım Yarışması

5 Ocak Parkı ve Yakın Çevresi Kentsel Tasarım Yarışması



Çok Disiplinli Çalışma

Mimar ■

Peyzaj Mimarı ■

Şehir Plancısı ■

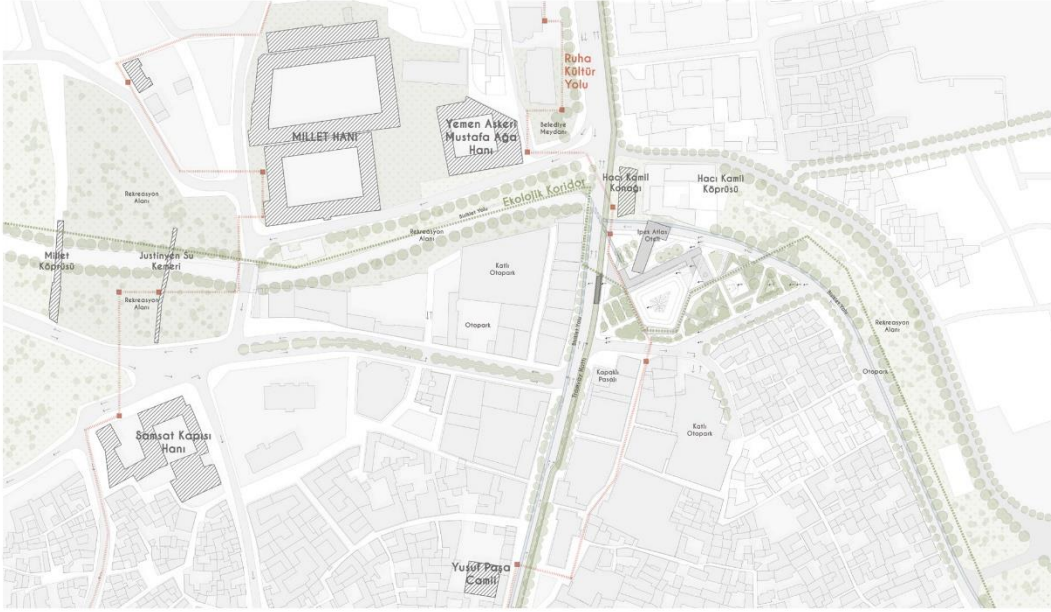
İnşaat Mühendisi ■

Diğer Disiplinler ■

Şekil A.32 : 5 Ocak Parkı ve Yakın Çevresi Kentsel Tasarım Yarışması

Şanlıurfa Kızılay Meydanı ve Kentsel Tasarım Fikir Yarışması

1/2000 VAZİYET PLANI:
bütüne bakış, planlama, çevre, mimari



Çok Disiplinli Çalışma

Mimar ☒

Peyzaj Mimarı ☒

Şehir Plancısı ☒

İnşaat Mühendisi ☐

Diğer Disiplinler ☐

Şekil A.33 : Şanlıurfa Kızılay Meydanı ve Kentsel Tasarım Fikir Yarışması

Konya Alaeddin Tepesi II. Kılıçarslan Köşkü ve Kazı Alanı
Mimari Fikir Proje Yarışması



Profesyon	Çok Disiplinli Çalışma (%)
Mimar	100
Peyzaj Mimarı	100
Şehir Plancısı	0
İnşaat Mühendisi	100
Diğer Disiplinler	100

Mimar Peyzaj Mimari Şehir Plancısı ☐

İnşaat Mühendisi

Diğer Disiplinler 

Şekil A.34 : Konya Alaeddin Tepesi II. Kılıçarslan Köşkü ve Kazı Alanı Mimari Fikir Proje Yarışması

Söğüt Tarih ve Doğa ile Buluşma-Karşılaşma Alanı Mimari Proje Yarışması



Çok Disiplinli Çalışma

- Mimar ☒
- Peyzaj Mimarı ☒
- Şehir Plancısı ☒
- İnşaat Mühendisi ☐
- Diğer Disiplinler ☐

Şekil A.35 : Söğüt Tarih ve Doğa ile Buluşma-Karşılaşma Alanı Mimari Proje Yarışması

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Mehmet Onur SENEM

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2012, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü
- **Yüksek lisans** : 2016, Beykent Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı, Mimarlık Programı

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2012'den doktora eğitimine kadar Peyzaj Mimarları Odası'na kayıtlı olarak genellikle İstanbul'da ve yurt dışı projelerde peyzaj mimarı olarak çalıştı.
- Doktora eğitimi sırasında "City Development through Design Intelligence" (CIDDİ) adlı akıllı şehirler ve yapay zekanın mekansal planlamada kullanılması konularında araştırmalar yapan TÜBİTAK projesinde çalıştı.
- 2024 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi'nde doktorasını tamamladı.

DOKTORA TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Senem, M. O. Tunçay, H. E. Koç, M. As, İ.** 2024. Integrating Generative AI in Dynamic Landscape Design Process, *Journal of Digital Landscape Architecture*, 9.
- **Senem, Mehmet O.; Koç, Mustafa; Tunçay, Hayriye E.; And As, İ.** 2023. Using Deep Learning To Generate Front And Backyards In Landscape Architecture,

DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Senem, M.O. As, I.** 2022. Esenler The City Of The Future: Nar Innovation District Zero Waste Target. Zero Waste. *Republic of Türkiye, Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change*, 153-173.
- **ÖZDEN, SUEDANUR; ARSLANTÜRK, ESRA; SENEM, MEHMET; and AS, İMDAT** 2023. Gamification In Urban Planning - Experiencing The Future City. *Architecture and Planning Journal (APJ): Vol. 28: Iss. 3, Article 44. DOI: <https://doi.org/10.54729/2789-8547.1239>*
- **Senem, M. O.** 2016. A study on Ecodesign and Sustainability in Turkey. *I. International Symposium on Architecture and Design*.
- **Senem, M. O. Arıdağ, L.** 2017. Ecological Design Approaches In The Context Of Competitions In Turkey. *International Refereed Journal Of Design And Architecture*, 14-34.
- **Senem, M.O.** 2023. Information Technologies and Landscape Architecture. *OTOPOETİKADIKÖY, Tasarım Atölyesi Kadıköy, September 7-9, İstanbul, Türkiye*.
- **Senem, M.O. As, I.** 2024. WasteWorks. *İstanbul Digital Art Festival '24, Atatürk Kültür Merkezi, May 2-5, İstanbul, Türkiye*.