

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**YAPAY ZEKA DESTEKLİ MİMARİ TASARIMIN KURAMSAL ÇERÇEVESİ
ÜZERİNE İNCELEME VE KONUT TASARIMI ÖNERİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Melis DAĞ

Bilişim Anabilim Dalı

Mimari Tasarımda Bilişim Programı

TEMMUZ 2022

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**YAPAY ZEKA DESTEKLİ MİMARİ TASARIMIN KURAMSAL ÇERÇEVESİ
ÜZERİNE İNCELEME VE KONUT TASARIMI ÖNERİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Melis DAĞ
523181009**

Bilişim Anabilim Dalı

Mimari Tasarımda Bilişim Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Gülen ÇAĞDAŞ

TEMMUZ 2022

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 523181009 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Melis DAĞ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “YAPAY ZEKA DESTEKLİ MİMARİ TASARIMIN KURAMSAL ÇERÇEVESİ ÜZERİNE İNCELEME VE KONUT TASARIMI ÖNERİSİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Gülen ÇAĞDAŞ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Dr. Öğr. Üyesi Ethem GÜRER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Şehnaz CENANİ DURMAZOĞLU.....
İstanbul Medipol Üniversitesi

Teslim Tarihi : 3 Haziran 2022
Savunma Tarihi : 7 Temmuz 2022





Aileme,



ÖNSÖZ

Benden desteğini ve sevgisini hiçbir şekilde esirgemeyen birtanecik annem Filiz Dağ ve babam Zabit Dağ'a, ailemizi güzelleştiren ve anlamlandıran Zarife Yıldırım, Hüseyin Yıldırım ve Güzin Sapmaz'a, tez sürecinde kaybettiğim dedem İsmail Yıldırım'a, özgün yaklaşımlarıyla hayatımı renklendiren kuzenim Eylül Senem Yıldırım'a, karşılaştığım zorlu süreçlerde bana yol gösteren dostlarım Eralp Güner'e ve Işık Büyükçelik'e, yüksek lisans dönemi boyunca çılgınca fikirlerime karşı çıkmak yerine hadi yapalım diyecek cesareti bulan Efecan Soysal'a, hem akademide hem mimarlık pratiğinde beraber yürümekten büyük keyif aldığım Osman Sümer'e teşekkür ederim. Tez sürecim boyunca bana yol gösteren ve destekleyen sevgili Prof. Dr. Gülen Çağdaş'a saygılarımı ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Haziran 2022

Melis Dağ
(Mimar)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	1
SUMMARY.....	5
1. GİRİŞ	9
1.1 Tezin Konusu, Amacı ve Kapsamı.....	9
1.2 Araştırmanın Yöntemi.....	12
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	15
2.1 Mimarın Tanım Arayışı ve Mimari Bilgiyi Sistemize Etme Çalışmaları	17
2.2 Hesaplamalı Tasarımın Gelişimi.....	22
2.3 Hesaplamalı Mimari Tasarım Süreçlerinde Yapay Zeka Araçları Kullanılmasında Öncü Olan Çalışmalar.....	27
3. ÜRETKEN ÇEKİŞMELİ AĞLAR VE MİMARİ TASARIM SÜREÇLERİNDE KULLANILACAK SİSTEMİ DESTEKLEYEN YAPILAR	43
3.1. Üretken Çekişmeli Ağlar.....	43
3.1.1 Denetimli (Supervised) ve Denetimsiz (Unsupervised) Öğrenme Modelleri.....	45
3.1.2 Ayırmacı (Discriminative) ve Üretken (Generative) Öğrenme Modelleri.....	46
3.1.3 Üretken Çekişmeli Ağ (GAN) Modeli.....	47
3.1.4 Üretken Çekişmeli Ağ (GAN) Modelinin İki Oyunculu Çalışma Mantığı.....	50
3.1.5 Derin Evrişimsel Üretken Çekişmeli Ağ (DCGAN).....	52
3.1.6 Kütüphane ve Modeller.....	53
3.2 Veri	53
3.2.1 Veri Çoğaltma.....	53
3.2.1 Veri Kazıma.....	54
3.3 Üretken Çekişmeli Ağ Kullanılarak Yapılmış Güncel Çalışmalar.....	54
4. DERİN EVRİŞİMSEL ÜRETKEN ÇEKİŞMELİ AĞ DESTEKLİ TEK AİLELİK KONUT TASARIM MODELİ ÖNERİSİ	59
4.1 Model ve Sistemi Hazırlama Aşaması	59
4.2 Derin Evrişimsel Üretken Çekişmeli Ağ Destekli Tek Ailelik Konut Tasarımı.....	63
4.3 Sonuçların Değerlendirilmesi.....	91
4.4 Kısıtlar, Zorluklar, Gelecek Çalışmalar.....	93
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	97
KAYNAKLAR	103
EKLER	109
ÖZGEÇMİŞ.....	101



KISALTMALAR

3B	: Üç Boyutlu
3D	: Three Dimensional (<i>Üç boyutlu</i>)
AI	: Artificial Intelligent (<i>Yapay Zeka</i>)
CAD	: Computer Aided Design (<i>Bilgisayar Destekli Tasarım</i>)
CNN	: Convolutional Neural Network (<i>Evrişimsel Sinir Ağları</i>)
DCGAN	: Deep Convolutional Generative Adversarial Network (<i>Evrişimli Üretken Sinir Ağları</i>)
CPU	: Central Processing Unit (<i>Merkezi İşlemci Birimi</i>)
GAN	: Generative Adversarial Network (<i>Üretken Çekişmeli Ağlar</i>)
GPU	: Graphics Processing Unit (<i>Grafik İşlemci Birimi</i>)
YZDTS	: Yapay Zeka Destekli Tasarım Süreci



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: YZDTS kapsamında incelenen çalışmaların tarihsel dizilimi	16
Şekil 2.2: Mimari süreçlerin ve ürünlerin tanımlandırılması ve sınıflandırılması alanında yapılan çalışmaların ilk örnekleri.....	20
Şekil 2.3: Hesaplamalı tasarımın gelişim diagramı.....	23
Şekil 2.4: Yapay zeka destekli mimari tasarım paradigmasını temellendiren hesaplamalı tasarım alanında yapılan çalışmaların 1990'lı yıllardaki gelişim diagramı.....	26
Şekil 2.5: Yapay Zeka Destekli Tasarım Süreci paradigmasında temel alınan teorilerin ve çalışmaların tarihsel dizilimi.....	28
Şekil 2.6 : Frazer'ın Reptile strüktür sistem tasarımına dair bir örnek.....	29
Şekil 2.7 : Tek ailelik konut tasarımında amaç hiyerarşisi.....	32
Şekil 2.8 : Gramer kurallarının içeriği.....	37
Şekil 3.1: Denetimli öğrenme modeli.....	45
Şekil 3.2: Ayırıcı öğrenme modeli.....	46
Şekil 3.3: Üretici öğrenme modeli.....	47
Şekil 3.4: GAN Üretici öğrenme modeli.....	49
Şekil 3.5: GAN Ayırıcı öğrenme modeli.....	50
Şekil 3.6: GAN Modeli.....	51
Şekil 3.7: DCGAN Modeli.....	52
Şekil 3.8: Üretken Çekişmeli Ağ kullanılarak yapılmış güncel çalışmalar.....	55
Şekil 3.9: HouseGan Modeli.....	56
Şekil 3.10: 3B modeller arası stil transferi.....	57
Şekil 4.1: Yapay zeka destekli tasarım modeli.....	61
Şekil 4.2: Önerilen DCGAN modelinin giriş parametreleri.....	64
Şekil 4.3: 5 epoch ile yapılan deneme sonuçları.....	67
Şekil 4.4: 300 epoch ile yapılan deneme sonuçları.....	68
Şekil 4.5 : 500 epoch ile yapılan deneme sonuçları.....	69
Şekil 4.6 : 1000 epoch ile yapılan deneme sonuçları.....	70
Şekil 4.7 : 2000 epoch ve 5000 batch ile yapılan deneme sonuçları.....	71
Şekil 4.8 : 2000 epoch ve 50000 batch ile yapılan deneme sonuçları.....	72
Şekil 4.9 : 5000 epoch ve 50000 batch ile yapılan deneme sonuçları.....	73
Şekil 4.10 : 10000 epoch ve 50 batch ile yapılan deneme sonucu ayırıcı ve üreticinin kayıp grafiği.....	74
Şekil 4.11: 10000 epoch ve 50 batch ile yapılan deneme sırasında konvolüsyon katmanında üretilen imajlar.....	75
Şekil 4.12 : 10000 epoch ve 50 batch ile yapılan deneme sırasında konvolüsyon katmanında üretilen imajlar.....	76

Şekil 4.13 : 10000 epoch ve 50 batch ile yapılan deneme sırasında konvolüsyon katmanında üretilen imajlar.....	77
Şekil 4.14 : 10000 epoch ve 50 batch ile yapılan deneme sırasında konvolüsyon katmanında üretilen imajlar.....	78
Şekil 4.15 : 10000 epoch ve 50 batch ile yapılan deneme sırasında konvolüsyon katmanında üretilen imajlar.....	79
Şekil 4.16 : 10000 epoch ve 50 batch ile yapılan deneme sırasında konvolüsyon katmanında üretilen imajlar.....	80
Şekil 4.17 : 10000 epoch ve 50 batch ile yapılan deneme sırasında konvolüsyon katmanında üretilen imajlar.....	81
Şekil 4.18 : 10000 epoch ve 50 batch ile yapılan deneme sırasında konvolüsyon katmanında üretilen imajlar.....	82
Şekil 4.19 : 5 epoch ve 50000 batch ile yapılan deneme sonuçları.....	84
Şekil 4.20 : 300 epoch ve 50000 batch ile yapılan deneme sonuçları.....	85
Şekil 4.21 : 500 epoch ve 50000 batch ile yapılan deneme sonuçları.....	86
Şekil 4.22 : 1000 epoch ve 50000 batch ile yapılan deneme sonuçları.....	87
Şekil 4.23 : 2000 epoch ve 50000 batch ile yapılan deneme sonuçları.....	88
Şekil 4.24 : 5000 epoch ve 500000 batch ile yapılan deneme sonuçları.....	89
Şekil 4.25 : 10000 epoch ve 500000 batch ile yapılan deneme sonuçları.....	90
Şekil 4.26 : Üreticiden alınmış örnek imajlar.....	91

YAPAY ZEKA DESTEKLİ MİMARİ TASARIMIN KURAMSAL ÇERÇEVESİ ÜZERİNE İNCELEME VE KONUT TASARIMI ÖNERİSİ

ÖZET

Tarih boyunca mimari tasarım süreçlerinin gelişimi ve kapsamı teknolojik gelişmelerle paralellik göstermektedir. Gelişen yapay zeka teknolojisi mimarlık pratiğini hem üretim süreci hem tasarım süreci hem de araştırma alanlarında etkilemektedir. 2016 yılında Ian Goodfellow ve ekibi tarafından geliştirilen Üretken Çekişmeli Ağ (Generative Adversarial Networks (GAN)) algoritmaları sayesinde hem sanat hem tasarım alanında özgün sonuçlar üretebilen yapay zeka modelleri üzerine çalışmalar yapılabilmektedir (Goodfellow,v.d. 2016). Dijital tasarım yaklaşımlarında tasarım süreçleri, hem bilgisayara tanıtılabilmek hem de dijital ortamda mimari temsili sağlayabilmek adına uzun yıllar boyunca saydam kutu yöntemiyle formüle edilmektedir. Ancak tasarım paradigmalarının semantik süreçleri kara kutu yaklaşımında olduğu gibi günümüzde hala tam olarak tanımlanamamakta ve bu sebeple bire bir formüle dökülme çabası içinde olan yöntemler tasarım açısından tektip ve eksik kalmaktadır. Üretken Çekişmeli ağlar ile beraber mimari tasarımın semantik süreçleri de dijital olarak ifade edilebilmekte; hatta gelecekte yapay zekaların asistan olmanın ötesinde aktör olarak mimar rolüne geçme şansı doğmaktadır.

Yapay zeka teknolojilerinin mimari tasarım süreçlerine entegrasyonunda mimari tasarımın semantik olmayan süreçlerinin de sistematik düşünce düzlemine oturtulması ve bu süreçte tasarım elemanlarının ve ilişkilerinin sınıflandırılması ve ek olarak bu metotların entegrasyonunda tasarım süreci paradigması açısından temellendirme problemleri gündeme gelmektedir.

Bu çalışma kapsamında mimarın rolü, mimari süreçlerin tanımı, kapsamı ve teknolojik gelişmeler çerçevesinde tasarım aktivitesinin nasıl geliştiği, mimari elemanların kapsamının somut yapı elemanlarından ziyade yapı elemanlarının ilişkisine evrilerek yeni bir mimari tasarım girdisi olarak bilginin kullanımı

incelenmektedir. Bütün bu gözlem sonucunda oluşturulan zeminde tek ailelik konut tipolojisine yönelik erken tasarım aşamasını desteklemek üzere bir mimari tasarım modeli önerilmektedir. Bu tez kapsamında önerilen modelin ilk aşaması olarak seçilen tipolojinin örneklerinin araştırılması adımı yapay zeka destekli algoritmalar kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Güncel çalışmalar incelenerek yapay zeka teknolojilerinin bugüne kadar yapılan çalışmalardaki potansiyelleri ve eksikleri saptanarak önerilen yeni model içinde makine öğrenimi teknolojilerinin entegrasyonu üzerine önerilerde bulunmaktadır.

Çalışmanın ilk iki bölümünde mimari tasarım öğelerinin ve mimari ilişkilerin sınıflandırılması ve tanımlanması probleminin tarihsel gelişimi ele alınarak algoritma eğitiminde mimari tanımların ve sınıflandırmanın nasıl olacağına dair yaklaşımlar adına özgün bir çerçeve çizilmekte; bu çerçeveden yararlanılarak hesaplamalı tasarım teorilerinin gelişimi ve bunun yapay zeka destekli mimari tasarım süreçlerine etkisi incelenmektedir. İlk iki bölümde ele alınan incelemeler mimari tasarım aktivitesinin pozitif bilimler kapsamında ele alınması adına yapılan metodolojik çalışmaların bir benzerinin hesaplamalı tasarımın gelişim döneminde de görüldüğünü ortaya koymaktadır. Dolayısıyla yapay zeka destekli mimarlık süreci üzerine yapılan çalışmalarda da benzer bir metot ve çerçeve arayışı ön plana çıkmaktadır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde ise yapay zekanın bir uygulama alanı olan makine öğrenimi kapsamında Derin Evrişimsel Üretken Çekişmeli Ağ (DCGAN) algoritmalarının çalışma mantığı ele alınmakta; yapay zeka ve makine öğrenimi destekli mimari tasarım süreci üzerine yapılan çalışmalarda yer alan yaklaşımların potansiyel ve eksiklerini gözlemlemek adına güncel çalışmalar üzerine bir literatür araştırması yapılmaktadır. Mimari tasarım süreçlerinin sınıflandırılması ve tanımı; hesaplamalı tasarım süreçlerinin yapay zeka destekli mimari tasarım paradigmasına olan katkısı ve makine öğrenimi algoritmaları ile yapılan çalışmaların incelenmesi üzerine son bölümde yapay zeka destekli mimari tasarım modeli önerilmektedir. Bu modelin ilk basamağı adına ön çalışma olarak nitelendirilen bir öneri geliştirilmektedir. Geliştirilen öneride tipoloji olarak tek ailelik konut tipolojisi seçilmektedir. Ön çalışmada Vitra Çağdaş Mimarlık Serisinin Konut cildinde derlenen projeler derin evrişimsel çekişmeli üretici ağ algoritması için eğitim seti olarak seçilmekte, bahsi geçen projelerin iki farklı küme halinde planları ve

fotoğrafları veri çoğaltma yöntemleri ile çoğaltılarak DCGAN algoritmasında eğitim seti olarak kullanılmakta ve sonuç olarak eğitilmiş algoritmadan özgün imajlar üretilmektedir. Üretilen imajlar arasında örüntüler keşfedilerek tek ailelik konut tipolojisi tasarımı için yapay zeka destekli kurallar dizisi oluşturmaya elverişli bir veri seti üretilmesi amaçlanmaktadır. Çalışmada önerilen geniş kapsamlı tasarım modelinin ilk basamağı olarak kurgulanan bu önerinin amacı, gelecekte yapılacak makine öğrenimi destekli tek ailelik konut tipolojisi araştırmalarına yönelik hem kavramsal hem de metodolojik bir temel niteliği üstlenmektir.





A REVIEW ON THE THEORETICAL FRAMEWORK OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AID ARCHITECTURAL DESIGN AND A PROPOSAL FOR HOUSING DESIGN

SUMMARY

The development and scope of architectural design processes throughout history show parallelism with technological developments. Rising artificial intelligence technology affects the practice of architecture both in the production process and in the research areas, related to this situation the number of studies on this subject is increasing day by day. Thanks to the Generative Adversarial Networks (GAN) algorithms developed by Ian Goodfellow and his team in 2016, studies can be conducted on artificial intelligence models that can produce original results in both art and design (Goodfellow, 2016). Design processes in digital design approaches; It has been formulated with the transparent box method for many years in order to both be introduced to the computer and provide architectural representation in the digital environment. However, the semantic processes of design paradigms are still not fully defined today, as in the black box approach, and for this reason, the methods that try to be formulated one to one remain uniform and incomplete in terms of design. Along with the contentious productive networks, the semantic processes of architectural design can also be digitized; even in the future, there is a chance for artificial intelligence to move into the role of architect as an actor beyond being an assistant.

In the integration of artificial intelligence technologies into architectural design processes, the formulation of non-semantic processes of architectural design and the classification of design elements and relations in this process, as well as the integration of these methods, in terms of the design process paradigm, come to the fore.

In this study ; the role of architects and designers, the definition of architectural processes, their scope and how the design activity has developed with technological developments, how the scope of architectural elements has evolved from only building elements to the relationship between building elements and today as a new architectural design input ‘information’ is examined. On the ground created as a result of all these observations, a new contemporary architectural design model is proposed to be used in the early design phase for the single-storey house typology, and by examining the current studies, the potentials and deficiencies of artificial intelligence technologies in the studies done so far are determined and predictions and suggestions on the integration of machine learning technologies in the proposed new model are made. are found.

In the first two parts of the study, the historical development of the problem of classification and definition of architectural design elements and architectural relations is discussed, and a unique framework is drawn for the approaches on how architectural definitions and classification will be in algorithm education; Using this framework, the development of computational design theories and its effects on artificial intelligence supported architectural design processes are examined. The examinations in the first two chapters reveal that the methodological studies carried out in order to deal with architectural design activity within the scope of positive sciences were also seen in the period of the rise of computational design. Therefore, the search for a similar method and framework comes to the fore in studies on the artificial intelligence-supported architectural process.

In the third part of the study, the working logic of Deep Convolutional Contention Generator Network (DCGAN) algorithms is discussed within the scope of machine learning; In order to observe the potentials and shortcomings of the approaches in the studies on the architectural design process supported by artificial intelligence and machine learning, a literature search is carried out on current studies. Classification and definition of architectural design processes; On the contribution of computational design processes to the artificial intelligence supported architectural design paradigm and the examination of the studies made with machine learning algorithms, the artificial intelligence supported architectural design model is suggested in the last section. For the first step of this model, a proposal is developed, which is described as a preliminary study. In the proposed proposal, single-family

dwelling typology is chosen as the typology. In the preliminary study, the projects compiled in the Housing volume of the Vitra Contemporary Architecture Series are selected as the training set for the deep convolutional contention generator network algorithm, the plans and photographs of the aforementioned projects in two different sets are reproduced with data replication methods and used as a training set in the DCGAN algorithm, and as a result, original images from the trained algorithm. is produced. By discovering patterns among the images produced, it is aimed to produce a data set suitable for creating a set of artificial intelligence-supported rules for single-family housing typology design. The aim of this proposal, which is designed as the first step of the comprehensive design model proposed in the study, is to undertake both a conceptual and methodological basis for future machine learning supported single-family housing typology research



1.GİRİŞ

1.1 Tezin Konusu, Amacı ve Kapsamı

Mimari tasarım, ortaya çıkışından modernizme kadar bünyesinde kural tabanlı yaklaşımları barındıran ve çevredeki etkenlerin değişimine göre farklılaşan bir süreç izlemiştir. Sürecin bu yapısına rağmen tarih boyunca özelleşen ve sadece ihtiyaçlara karşılık veren bir zanaat ürünü olmanın dışına çıkan; sanat değeri taşıyan birçok yapı üretilmiştir. Bu yapıların erken tasarım aşamaları incelendiğinde tasarım sürecinin bilişsel olarak net bir tanımının olmadığına kanaat getirilmiştir (Simon, 1973). Postmodernist ve çağdaş dönemlere bakıldığında kural tabanlı tasarım yaklaşımlarından uzaklaşan mimarlar kendi tasarım süreçlerini daha sezgisel ve öznel olarak tanımlamaktadırlar (Mahmoodi, 2001). Tasarım sürecinin bu sezgisel ve öznel yapısı kara kutu yaklaşımıyla temellendirilmektedir. Ancak bu kara kutu yaklaşımı mimari bilgi ve tasarım süreci aktarımı açısından yetersiz bulunmaktadır. Kara kutu yaklaşımından uzaklaşmak adına tasarım çerçevesi belirlenerek yapı ve tasarım elemanlarını tanımlama yoluyla mimarlığın sınırları çizilmekte ve bu yöntemi pratiğe aktarma çalışmaları yapılmaktadır (Mitchell,1990).

Dijital tasarımın gelişmesiyle beraber yeni tasarım süreçleri tanımlanmakta, algoritmalar ve hesaplamalı yaklaşımlar mimarların yeni araçlarını oluşturmaktadır. Dijital tasarımın yükseldiği yıllarda hesaplamalı tasarım yaklaşımları daha çok kural tabanlı ve analog süreçlerin otomasyonu gibi pratiğe yansımakta olsa da zamanla bu yeni araçların son ürüne olan etkisi üzerinden de çalışmalar yapılmaktadır. Nihai tasarım ürününden beklenen özelliklere göre tasarlanan dijital tasarım araçlarıyla mimarın rolü genişlemekte, artık kendi araçlarını üreten dijital mimarlık tercih edilmektedir. Günümüzde geliştirilen yapay zeka teknolojisi bu yaklaşımda mimarın rolünü ve tasarım sürecinin tanımını değiştirebilecek bir potansiyel taşımaktadır. Makine öğrenimi alanında yapılan çalışmalar makinelerin de yaratıcılıklarını konuşturabilmelerine imkan sağlamaktadır. 2016 yılında Ian Goodfellow ve ekibi

tarafından geliştirilen Üretken Çekişmeli Ağlar (Generative Adversarial Networks : GANs) yapay zeka algoritmalarının da yaratıcı sonuçlar üretmesinin önünü açmaktadır (Goodfellow, v.d. 2016). Bu teknoloji ile geliştirilen bir araç mimari tasarım sürecinde bir asistan olma potansiyelini taşımakta ve mimarın rolü yeniden tanımlanabilmektedir. Ancak yapılan çalışmalarda mimari süreçlerin ve kuralların tanımı derinlemesine tartışılmamakta, mimarlık pratiğinin gelişimi ve tasarım elemanlarının tanımı ve sınıflandırılması konusunda yapılan çalışmaların eksikliği sebebiyle eğitilen algoritmaların verdiği sonuçlar örneklem kümelerinin iterasyonlarını oluşturma ötesine geçememektedir. Yapay zeka teknolojileri dijital tasarım alanında kullanılan biçim gramerleri, genetik algoritmalar, hücresel özdevinim gibi tekniklerden özgün üretim yapabilmesi ile ayrılarak mimari tasarım alanında bir paradigma kayması yaratacak potansiyel taşımaktadır.

Teknoloji alanındaki gelişmeler süreçleri kolaylaştırmanın yanı sıra mimarların tasarıma yaklaşımlarını ve üretimlerini de etkilemektedir. Kullanılan ortam ve araca bağlı olarak mimarın mekan algısı, sunabileceği seçenekler etkilenmektedir.

Bu bağlamda GAN'ın sunduğu potansiyellerin mimari tasarım süreçlerine nasıl entegre edileceği konusu önem taşımaktadır. Günümüzde geliştirilen ve pratikte de kullanılan araçlar yoğunlukla uygulama ve yapım aşamasına odaklanmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen veriler GAN algoritmalarının özgünlük potansiyelinden ziyade verilen örneklem kümesinin iterasyonunu gözlemlemeye yöneliktir. Bu problemin temel kaynağı algoritmaların eğitiminin, veri toplama aşamasının ve kural tanımlarının mimari bir çerçevenin dışında yapılmasından kaynaklanmaktadır. Günümüzde kolay erişilebilen açık kaynak kodlar, kullanıcıların evine kadar ulaşabilmiş teknik donanımı yüksek bilgisayarlar ve araçlar sayesinde neredeyse yazılım bilgisine gerek duymadan bir çok kullanıcı kendi algoritmalarını eğitip üretim yapabilmektedir. Bu hızlı tüketim ve üretim döngüsü içinde algoritmaların eğitimi mimari bir temelde ele alınmaktan ziyade en kolay ulaşılabilen veri setlerinin niteliği derecesinde yapılabilmektedir. Dolayısıyla yapay zeka algoritmalarının mimari tasarım sürecinde bir asistan olarak kullanılabilmesi için makine öğrenimi destekli mimari tasarım süreci ve çerçevesinin nasıl tanımlanacağı önem arz etmektedir.

Mimari tasarım sürecinin çerçevesi yıllar içinde teknolojik gelişmeler ile ilişkili bir biçimde evrilmektedir. Çağdaş mimari tasarım yaklaşımları günümüzde çoğunluk

olarak dijital mimarlık ile şekillenmekte, dijital tasarım ise temellerini hesaplamalı tasarımdan almaktadır. Bu evrilme hali son yıllarda yapay zekanın bir kolu olan makine öğrenimi ile beslenmektedir. Mimarlar bu dönemde yeni tasarım çerçeveleri tanımlamakta, teknolojik gelişmeleri tasarım süreçlerinin semantik ve sezgisel bölümlerine de entegre edebilmek için farklı disiplinlerle işbirliği içinde bağlamsal çalışmalar yapmaktadırlar. Immanuel Koh makine öğrenimi teknolojisi kullandığı çalışmalarında tasarım sürecini açıklarken bunun basit bir hesaplama işleminden farkını mimari örnekleme çerçevesi içinde açıklamaktadır (Koh, 2019). Koh ve Chaillou tarafından bir asistan olmaktan ziyade tasarım aracı olarak kullanılan makine öğrenimi algoritmalarının tasarım sürecinde temel aktör olmasının önüne geçen, çalışmayı özne ile ilişkilendiren veri setlerinin seçimi, içerik, bağlam ve istenen ürünün ne şekilde parçalanıp ne şekilde örnekleneceğinin kararlarıdır (Chaillou, 2019). Diğer yandan Ian Goodfellow ve ekibi tarafından geliştirilen GANs algoritmaları örüntüler üzerinden tahmin edilemeyen sonuçlar çıkartabildikleri için kendi içinde öznel karar dokuları da oluşturabilmektedir.

Tez kapsamında mimari tasarım sürecinin erken aşamalarında dikkate alınan; kullanıcı gereksinimleri, fiziksel gereksinimler (ısı konfor, akustik konfor, doğal aydınlatma, taşıyıcılık), estetik kaygılar gibi parametreleri baz alarak; kat planları, cepheler, kesitler ve temel kütle prensipleri (doluluk-boşluk, ritim) üreten bir sistemde nasıl bir tasarım paradigması kurgulanacağı ve makine öğrenimi ile eğitilmiş algoritmaların tasarım sürecine entegrasyonu incelenmektedir. Bunun için ilk adım olarak literatürden hesaplamalı tasarım amaçlı geliştirilen modeller ve yöntemler incelenmiştir. Bu literatür taraması adımı ve bu adıma bağlı olarak tasarım sürecinin erken aşaması için geliştirilen öneri bu tez kapsamında makine öğrenimi kullanarak DCGAN algoritması ile yapılmaktadır.

Tipik bir mimari tasarım probleminde girdiler olarak fiziksel gereksinimler, kullanıcı beklentileri ve ekonomik parametrelere bağlı olarak değişen bir çok etken bulunur; kişiden kişiye değişen ve tam tanımlı olmayan bir süreç sonucunda ürün olarak bir yapı elde edilir. Lawson'a göre tasarım aktivitesi "gereksinimlere göre kendine özgü koşullar içerisinde uygun çözümlerin bulunması" olarak tanımlanmaktadır (Lawson, 2005). Benzer bir şekilde makine öğreniminin temelinde de girilen veriler ve alınan sonuç belirli iken algoritmaların geçirdiği süreç, veriler arasındaki örüntülerin kurulması ve üretilen fonksiyon daha tanımsız olarak kalmaktadır. Bu

benzerliklerden ötürü, makine öğrenimi algoritmalarından yaratıcılık vasfı olduğu kabul edilen GANs'ın, mimari tasarım sürecinin ön tasarım aşamasına nasıl entegre edileceği ve sürece olası etkilerinin araştırılması hedeflenmektedir. Tez kapsamında önerilen modelin uygulanması için mimari problem olarak tek ailelik konut tipolojisi seçilmiştir.

Mimarlar kariyerlerine tarih boyunca genellikle konut tasarımlarıyla damgalarını vurmaktadır; Le Corbusier'in Villa Savoye, Ludwig Mies Van Der Rohe'nin Farnsworth evi, F.L Wright'ın Fallingwater evi, Alvaro Siza'nın Tolo evi gibi. İkinci Dünya Savaşı sonrası inşaat ekonomilerinin ve barınma ihtiyacının kademeli olarak artmasıyla ortaya çıkan toplu konut üretiminin artışı dünyanın birçok yerinde mimarların ve kullanıcıların bu tek ailelik konut tipolojilerinden uzaklaşmasına neden olmuştur. Toplu konut ve barınma sorunu uluslararası alanda en çok ele alınan mimari problemleri arasında yer aldığı için dönemin mimarlığına yön veren mimarlar, ofisler ve araştırmacılar da bu sefer çok katlı konut tipolojileriyle gündeme gelmeye başlamaktadır. Bir önceki dönemde tekil konut yapıları döneme damgasını vurmakta iken günümüzde daha çok toplu konut yapıları ile mimarların gündeme geldiği gözlemlenmektedir; MVRDV'nin Le Monolith, Mirador gibi projeleri, BIG'in MarketHall, 8 House projeleri, OMA'nın Pixel projesi gibi.

Bu tez kapsamında toplu konutların imar durumu ve bölgesel gereksinimler üzerine hem boyut hem de fonksiyon olarak farklılaştığı göz önünde tutulmakta ve bu sebepten ötürü ayrı tutularak öncelik tek ailelik konut tipolojilerine verilmektedir.

1.2 Araştırmanın Yöntemi

Mimari tasarım sürecinin erken aşamalarında makine öğrenimi ile eğitilmiş algoritmaların (GANs) asistanlığı mimarın sonuç ürününün niteliği ve mimarın süreç içindeki yaratıcılığı üzerinde daha kısa sürede alternatif sayısını arttırarak pozitif bir katkı sağlayabilmekte, yeni bir tasarım süreci çerçevesi tanımlanabilmektedir. Bu amaca ulaşmak için mimari tasarım sürecini oluşturan kuralların ve tanımların gelişimi incelenmeli ve makine öğrenimi destekli tasarım sürecinin çerçevesi oluşturulmalıdır.

Ian Goodfellow ve ekibinin yaptığı çalışmalar sonucu geliştirilen Üretken Çekişmeli Ağlar (GANs) eğitim seti ile aynı istatistiklere sahip yeni veri üretmeyi öğrenebilmektedir (Goodfellow,v.d. 2016). Bu durum sayesinde makine öğrenimi

algoritmalarının yaratıcı süreçlerde kullanılmak üzere denemeler yapılmasının önü açılmaktadır.

Bu çalışmada yapay zeka destekli mimari tasarım sürecinin, mimari sınıflandırma, hesaplamalı tasarımın gelişimi ve yapay zeka destekli mimari tasarım paradigmasını oluşturan tasarım yaklaşımları üzerinden oluşumu ve güncel örnekleri incelenmektedir. Üretken Çekişmeli ağların teknik ve teorik özelliklerinin bu tasarım süreçlerine entegrasyonu incelenerek tek ailelik konut tipolojisi tasarımı için öneri yapılmaktadır.

Mimari tasarım süreçlerinin kuramsal gelişimi incelenerek makine öğrenimi asistanlığında yapılan örnek çalışmalarla yapay zeka destekli mimari tasarım çerçevesi tartışılmıştır. Bu çalışmanın ilk aşamasında mimari tasarım süreçlerinin tanımı ve mimari sınıflandırmanın bu tanım süreçlerindeki gerekliliği incelenmiştir. Sonraki bölümde hesaplamalı tasarım kuramlarının oluşumu ve yapay zeka destekli mimari süreçlerin gelişimi aşamasındaki örnekler incelenmiştir.

İkinci aşamada yapay zeka algoritmalarının teknik yapısı ile ilgili bir inceleme yapılarak yapay zeka destekli mimari tasarım alanında yapılan çalışmalar incelenmiştir.

Yapılan öneri çalışmasında DCGAN algoritması ile tek ailelik konut tipolojisi üzerine Vitra Çağdaş Mimarlık dizisinden alınmış örneklerle oluşturulmuş bir veri seti üzerinden plan ve cephe fotoğrafları üretilmiştir.

Sonuç olarak mimari tasarım sürecinin erken aşamasında kural tabanlı yaklaşım üzerinden analitik bir asistan olmakla sınırlı kalmayarak özgün öneriler de geliştirebilecek bir DCGAN algoritması oluşturulmuştur. Bu çalışma sonucunda açığa çıkan veriler ışığında erken tasarım süreçlerinde yaratıcı ve sezgisel bağlamda da kullanılabilecek yeni bir araç deneyimlenmekte ve gelecekteki araştırmacıların da temel alabileceği bir çerçeve sunulması amaçlanmaktadır.

DCGAN modelinin kurulması için Jupyter Notebook ortamı tercih edilmiş, modelin kurulumunda Google'ın açık kaynaklı TensorFlow kütüphanesine ek olarak Torch, Numpy, Matplotlib ve Keras kütüphaneleri kullanılmıştır. Final çalışmalar Jupyter notebook ortamında tamamlansa da, modelin oluşum aşamasında Google Colab ortamı kurulum kolaylığı sebebiyle tercih edilmiştir. Veri setinde yer alacak projelerin seçiminde Vitra Çağdaş Mimarlık serisinin Konut cildinde yer alan

projeler kullanılmıştır. Bu projelere ait veri toplama ve veri seti oluşturma aşamalarında Pycharm ortamı ve BeautifulSoup kütüphaneleri tercih edilmiştir. Modelin eğitimi ve kurulumu aşamalarında RTX 960M ekran kartlı ve intel i7 işlemcili bir donanım kullanılmıştır.

Kurulan sistemde ilk olarak plan şemaları üzerinden eğitilen bir algoritmanın ürettiği veri seti incelenmiş, ikinci adımda aynı işlem projelerin cephe fotoğrafları ile oluşturulmuş bir eğitim seti ile tekrarlanmıştır.



2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Mimari tasarımın erken aşamalarında yapay zeka destekli tasarım modelini oluşturmak için mimarlığın dijital ortamda temsili ve mimari tasarım sürecinin temsili, sınıflandırılması ve tanımlanması üzerine yapılan çalışmalar ilk adımda araştırılmıştır. Mimari taksonomi üzerine yaklaşımlar araştırıldıktan sonra hesaplamalı tasarımın bu pozitivist ifadelerle dijital ortamda temsili ve hesaplamalı yöntemlerle entegrasyonu ile bilgi işleyen ve üreten sistemler olarak nasıl ele alındığına dair bir literatür taraması yapılmıştır (Şekil 2.1) . Bu bölümün son araştırma alanı olarak yapay zeka araçlarının kullanımına öncülük eden mimari tasarım alanında yapılan çalışmalar incelenmiştir. Mimari tasarım sürecinin tanımı ve sınıflandırması, hesaplamalı tasarımın gelişimi ve son olarak üretken mimari tasarım sistemlerinden seçilen çalışmaların incelenmesi sonucunda yapay zeka destekli mimari tasarım paradigması oluşturabilmek adına bir zemin sağlanması amaçlanmıştır.

2.1 Mimarın Tanım Arayışı ve Mimari Bilgiyi Sistematize Etme Çalışmaları

Gelişen teknolojik araçların mimari tasarım süreçlerine entegrasyonunda ortaya çıkan en önemli sorun mimari tasarım sürecinin kendisini tanımlamaktır. İlk mimarlık metinlerinden günümüze kadar pek çok mimarlık kuramcısı, mimariyi, mimarlık eğitimini, mimari tanımlamaya; mimari tasarım sürecini ve araçlarını bir sistem içinde ele almaya çalışmaktadır. Yapay zeka destekli bir sistemde de algoritmayı eğitmek, veri setini hazırlamak ve bir tasarım aracı oluşturmak adına mimari tasarım sürecini tanımlama ve sınıflandırma önem taşır (Yoshimura, 2020).

Mimarın rol tanımı teknoloji ile birlikte gelişmektedir. MÖ 30'larda Vitruvius, Mimarlık Üzerine On Kitap ile mimarın rolünü tanımlamaya çalışmaktadır; mimarlık eğitiminin nasıl olması gerektiği, mimarın neleri bilmesi gerektiği ve hangi konularda donanımlı olması gerektiği konusunda tanımlar yapmaktadır (Morgan, 1960). Rönesans mühendisleri, mimarları ve bilginleri de mimarın ve mimari tasarımın nasıl olması gerektiğini araştırmışlardır. Bunlar arasında Alberti, Vitruvius'tan yola çıkarak yazdığı on kitapta duvar, zemin, kapı ve birçok yapı elemanının tasarımını sınıflandırmaya çalışarak tanımlamış, Vitruvius'un sınıflandırmasını güncelleyerek kompozit sınıfını ortaya atmıştır (Choay, 1979). Sebastiano Serlio altıncı kitabında o zamana kadar yapılan örneklerden yola çıkarak pencerelerin hangi durumda ne kadar yüksek olması gerektiğine kadar detaylı ölçekte kurallar oluşturmuştur. Serlio aynı zamanda rönesans gramerini ilk defa ölçekli olarak görsellerle çalışmıştır. Ek olarak 7. kitabında 24 farklı konut tipolojisi ile mimarın karşılaşılabileceği hayali senaryolar üzerinden tasarım önerilerinde bulunmuştur (Hart & Hicks, 1996). Palladio villalarında da tanımlanmış kurallar üzerinden üretilmiş bir sistem ve mekansal ilişkiler arasında bir algoritma görmek mümkündür (Hubert, 1997). Claude Perrault, Jacques-Francois Blondel ve William Chambers da takip eden yüzyıllarda benzer sistematizasyon, görsel dil ve gramer çalışmaları yapan araştırmacı mimar arasından ön plana çıkmaktadır. Durand ile beraber stil üzerinden sınıflandırma anlayışı yerini mimari ilişkiler üzerinden sınıflandırmaya dayalı daha soyut bir taksonomi anlayışına bırakmıştır (Durand & Britt, 2000).

Hesaplamalı mimari tasarım alanında yeni araçlar geliştirmenin ve teknolojileri entegre etmenin kritik noktalarından biri bu süreçleri bir yapı, açıklayıcı bir sistem içinde tanımlamaktır. Jean-Nicolas-Louis Durand, École Polytechnique'te mimarlık eğitimi vermek için mimari tanımlar, kurallar ve sınıflandırmalar oluşturduğu Précis'i kullanmıştır (Durand & Britt, 2000). Bu örnekte de görüldüğü gibi sistematizasyona ve metodolojiye sadece mimari tasarım bilgisi bir algoritmaya veya araca aktarılırken değil, mimarlık eğitimi kapsamında da ihtiyaç duyulmaktadır.

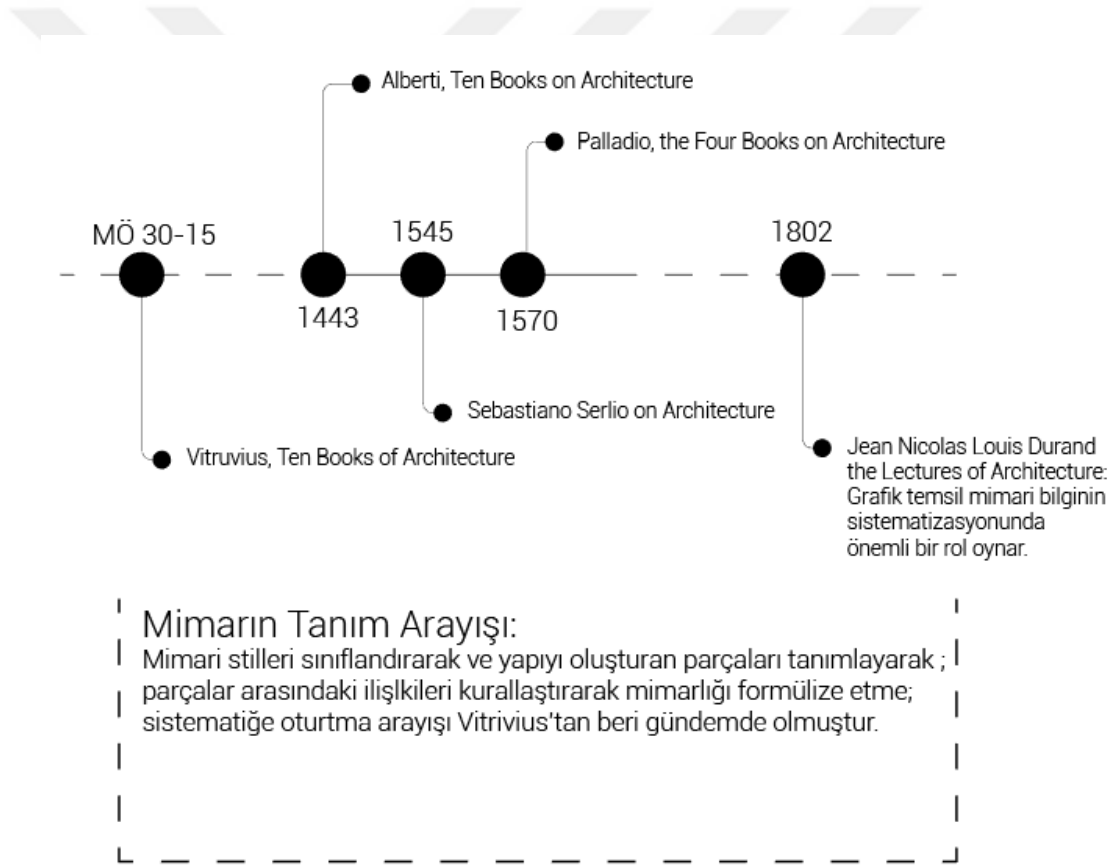
Mimarlığın, mimara ve yapının bulunduğu yere göre değişen kendine has özellikleri olması nedeniyle, pozitif bilimler kapsamında mimarlığın sistemleştirilmesi veya bir çerçeve içinde yöntem ve kurallarının belirlenmesi, mimarlık için diğer alanlara göre çok daha karmaşık ve zordur. Mimari ayrıca mimarına, müşterisine, kullanıcı

gereksinimlerine, tipolojisine, bütçesine, konumuna bağlı olarak büyük ölçüde değişmektedir. Bu durumda genel bir mimari tanımının mekan üretiminin ötesine geçmesi beklenmemektedir (Mitchell, 1990). Evrensel mimarlığın kurallarını geçmiş örnekleri inceleyerek çıkarmak, ancak mimari tasarım sürecine zemin hazırlayabilir. Summerson, *The Classical Language of Architecture*'da modern mimarinin ne olduğu sorusunu şu şekilde yanıtlıyor:

“Dilerseniz bu soruya biçim ve işlevle ilgili birkaç basmakalıp cevap verebilirsiniz. Ama gerçekten cevabı karşılayamayacaklardır; Eğer modern mimarlığın ne olduğunu tanımlayacaksanız, bunu ancak belirli yenilikçi kişiliklerin başarılarını, onların zaman ve mekan ilişkilerini ve mimarlık teorisi ve pratiğinin genel sürüklenmesindeki ilerleyici rahatsızlıklarını tanımlayarak yapabilirsiniz. Modern mimarlığın kökleri, bu liderlerin düşüncesindedir ve performansı, kendi ve önceki yüzyılların klasik geleneklerinden ayrılmalara tepkileri, ittifakları ile ayrılmaz bir şekilde ilgilidir (Summerson, 1963).

17. ve 18. yüzyıla gelindiğinde yeni bilimsel disiplinlerin yaratıldığı; ancak tasarım disiplinlerinin bilgi aktarımı ile üretimi konusunda metot eksikliği sebebiyle çağın bilimselleşme trendinin gerisinde kaldığı gözlenmektedir. Mimarlık tarihi ve teorisi, mimari tarzları ve türleri çeşitli açılardan sınıflandırmaktadır (Forty, 2000). Bir mimari tarz (Rönesans, Barok), belirli bir çağda bir coğrafi bölgede tek bir bina tasarlamak için temel bir format sağlamaktadır. Antik dönemin beş düzeni (five order), yüzyıllar boyunca çatı, duvar, sütun vb. temel unsurlarına ve bu unsurların arasındaki ilişkilerin somutlaşması ile mümkün olduğunca tanımlanmaktadır. 19. yüzyılda Durand'ın çalışmalarında taksonomi ve kümelenendirme yaklaşımları gözlenmektedir. Durand sınıflandırmasını “özel & genel, soyut & somut, öznel & nesnel” şeklinde nitelikler üzerinden tanımlamaktadır. Diğer yandan belirli bir üsluba ait olan süslemeler, modernizm öncesi dönemler için güzelliğin ifadesi olarak kabul edilmekte; bu özelliklerin daha sonra sıradan binaları mimari öneme sahip yapılara dönüştürdüğü iddia edilmektedir (Yoshimura, 2020). Böylece, pencereler, sütunlar veya mimari düzen gibi görsel öğeler (Onians, 1988) mimariyi belirli bir stilde tanımlamak ve sınıflandırmak için bir ipucu sağlayabilmektedir. İncelenen öncül örneklerden ve bu öncüllerden çıkarılan kurallardan beslenen mimarlar, tasarım süreçlerinde bu kuralları benimseyerek, reddederek veya yorumlayarak farklı pozisyonlar almakta ve kendi çağının mimarisini oluşturmaktadırlar. Mimari tarzlar

için eleman tabanlı sınıflandırma ile karşılaştırıldığında, modern ve çağdaş mimari için çoğu sınıflandırma, büyük ölçüde ya işlev tabanlı ya da bina türü tabanlı olarak karşımıza çıkmaktadır (Rossi, 1984). Bu büyük ölçüde tasarım konseptindeki değişikliklerden kaynaklanmaktadır. Summerson, modern mimarlığın genel bir tanımının yapılamayacağını savunurken, akıma öncülük eden isimler ve yapılar üzerinden anlaşılabilirliğini öngörmektedir (Summerson, 1963). Summerson'un modern mimari üzerine yaptığı bu gözlem post-modern ve çağdaş dönemler için de geçerli görülmektedir. Mimarlık bilgisi aktarılırken temel bir bilgi havuzu oluşturulabilmekte ancak mimarlığı sadece basit kurallar dizisine indirgemek veya evrensel mimari kurallar oluşturmak yalnızca hatalı sonuçlara ve kavramsal olarak eklektik bir mimarlık anlayışına yol açmaktadır



Şekil 2.2: Mimari süreçlerin ve ürünlerin tanımlanması ve sınıflandırılması alanında yapılan çalışmaların ilk örnekleri.

Mimari tasarımı sistemleştirmenin tartışılması gereken bir başka yönü de, hem makine öğreniminde bir algoritma geliştirirken hem de mimarlık eğitimine etkisi açısından üretilen tasarımları tektipleştirerek standartlaştırmasıdır. Uluslararası tarz

(Hitchcock ve Johnson, 1932), modern mimarinin beyaz bir küp şeklinde şekillendirilmesiyle sonuçlanan bir “makine estetiği” aracılığıyla binanın işlevini ifade etmeyi amaçlamaktadır. Tarihi süsleme ve diğer sübjektif yaklaşımlar reddedilmekte ve “makine” dili modern mimarinin modeli haline gelmektedir. Bu nedenle, modernistler herhangi bir biçimi soyutlamaya indirme eğilimindedir (Frampton, 1995). Ayrıca mekan ve deneyim, modern ve çağdaş mimarinin tasarımında en önemli konulardan biri haline gelmektedir. Sınıflandırma önceki dönemlerde olduğu gibi unsurlara dayalı olmaktan çok soyut kavramlara dayandırılmaktadır. Ancak böyle bir risk faktörünü ön plana almak ve teknolojinin sunduğu avantajlardan uzaklaşmak, mimarinin bir disiplin olarak güncelliğini yitirmesi gibi çok daha ciddi sonuçlara yol açabilmektedir. Tekdüzeleşmeyi önlemek için, Durand'ın vurguladığı gibi çıkarılan kurallar ve tanımlanan yapı ve tasarım öğelerinin üslup üzerinden değil, soyut bir şekilde ele alınması gerekmektedir (Hernandez, 1969). Özütlenen kavramsal tasarım ilişkilerinin yanı sıra bu sübjektif katkılar ve yere, kültüre, kullanıcıya ait özelleşen yapılar üzerinden çıkarılması gereken yapı taksonomisine yardımcı bulgular yapay zeka uygulamaları ile elde edilebilmektedir. Bu sınıflandırma ve özütleme potansiyeli, araştırmacıları bulguları bilgi üretiminde kullanmaktan ziyade yapıdan yapıya transfer etme yöntemine itmektedir. Durand'ın yaklaşımının aksine Zhu, Park, Isola ve Efros tarafından 2017 yılında geliştirilen CycleGAN algoritması ile yapılan mimari tasarım çalışmaları stil transferi üzerinden gerçekleştirilmektedir. GANs ile gerçekleştirilmiş mimari çalışmalar kapsamında bu konuya tekrar değinilmektedir.

Tasarım sürecinin başlangıcında tanımlama ve sınıflandırma, kontrollü bir tasarım süreci için önem taşımaktadır. Elbette her mimarın kendi gramerini oluşturup aktarması gerçekçi bir beklenti değildir, ancak Summerson'ın da vurguladığı gibi modern mimariyi aktarırken net bir tanım aramaktan ziyade öne çıkan tasarımlar vurgulanmaktadır (Rowe, 1996). Rowe tipolojik modellerin kavramsal modellere dönüştürülmesi ve tasarım ilişkilerinin keşfi sürecinde model olarak bina tipolojileri; işlevsel özelliklere ilişkin organizasyonel tipolojiler ve temel özellikleri içeren prototipler olarak sınıflandırma yapmaktadır.

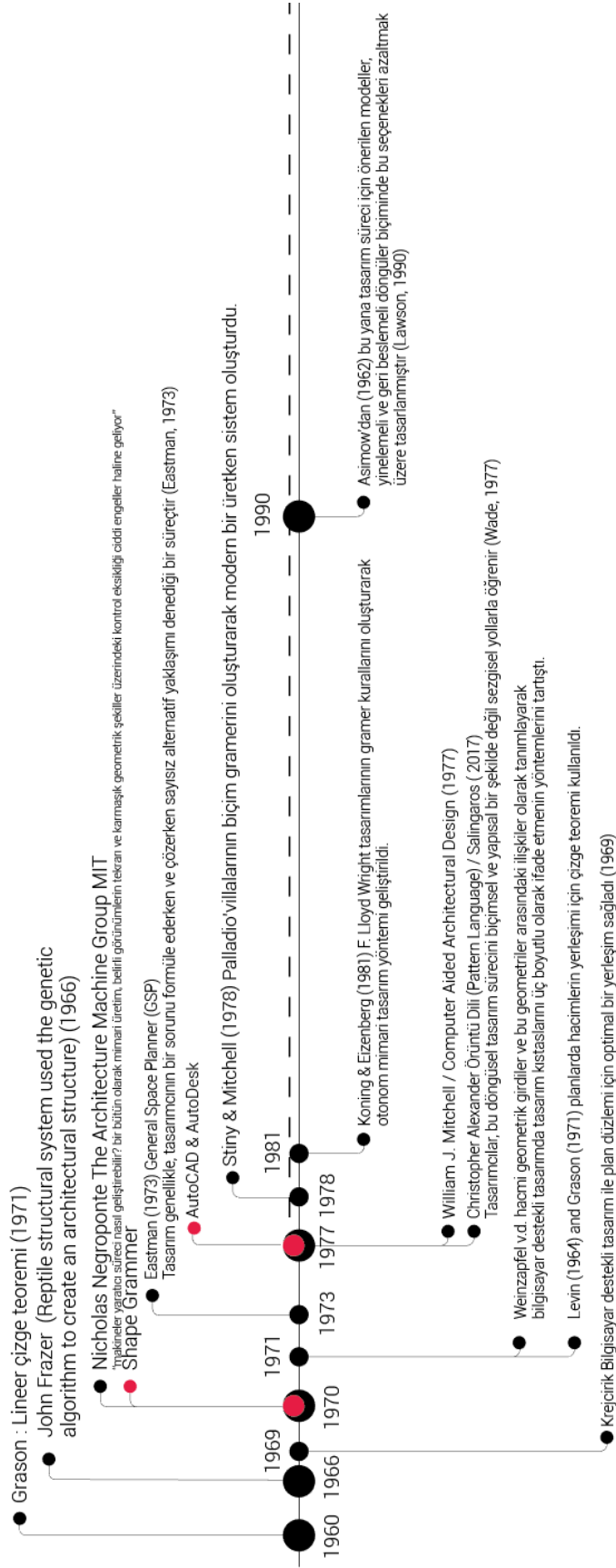
Sınıflandırma ve mimari elemanların, mimari ilişkilerin tanımı geliştirilen tasarım araçlarını ve önerilen tasarım modelini etkilemektedir. Bu tez kapsamında önerilen tasarım modelinin nihai hedefi, farklı bakış açısı kazandıran, literatürde; kent

yaşamında ve kent hafızasında kendine yer edinen öncül tasarım ilişkilerini saptayarak üretebilen araçların geliştirilmesidir.

2.2 Hesaplamalı Tasarımın Gelişimi

Mimarın rolünün ve araçlarının sistematize edilmesi ve yeniden tanımlanarak üretilmesindeki kritik noktalardan biri de bu araçların kontrolüdür. Marshall McLuhan'ın ünlü “Önce biz aracı yapıyoruz, sonra onlar bizi inşa ediyor” sözü hesaplamalı tasarımın gelişim süreci boyunca mimarlığın nasıl şekillendiğini gözlemleyerek bile doğruluğunu kanıtlamaktadır. Teknolojik ilerlemelerin katlanarak büyüdüğü bir çağda (Kurzweil, 2005) mimarlık sürekli olarak yeniden tanımlanmakta ancak bunun yapıli çevre üzerindeki etkisi çok daha yavaş gerçekleşmektedir.

Mimari tasarım sürecinin çerçevesi, teknolojiye bağıli olarak yıllar içinde gelişmektedir. Çağdaş mimari tasarım yaklaşımları günümüzde çoğunlukla hesaplamalı tasarım yaklaşımları tarafından şekillenmektedir. Dijital tasarım modülerlik, hesaplamalı tasarım ve değişkenlerin ilişkileri üzerine kuruludur. Modülerlik ve orantılar, antik çağlardan günümüze mimari pratiğin vazgeçilmez bir aracı olmuştur. Rönesans mimarlarının mimarlık kitaplarında tanımladıkları nokta, çizgi, temel geometri elemanları ve kuralları stilden tamamen arındırılıp en yalın haliyle kurallar dizisi halinde Le Corbusier'in Modüler'inde karşımıza çıkmaktadır. Modüler, İkinci Dünya Savaşı sonrasında başta ABD olmak üzere sanayileşen modernleşen dünya ile paralel olarak 1950 yılında ortaya çıkmakta ve savaş sonrası özellikle konut sıkıntısı olmak üzere hızlı inşaat hamlesini kolaylaştırmak için bir standardizasyon önermektedir. Üretim araçlarının kullanımı, yapı malzemelerinin standardizasyonu ve seri üretime yönelik mimari pratiğin kendi gramerini belirlediğı bir çağa ayak uydurma hamlesi olarak tanımlanmaktadır (Chaillou, 2019).



- Hesaplama Tasarımın Doğuşu
- Tasarım kuramları araştırmaları
- Otonom mimari plan üretimi çalışmalarının başlangıcı

Şekil 2.3: Hesaplama tasarımının gelişim diagramı.

Mimarlığın ortaya çıkışından bu yana hem eğitim sürecinde hem de uygulamada mimari tasarımın nasıl olması gerektiğine dair oluşturulacak stratejiler, tanımlar ve kurallar kullanılmaktadır. Bilgisayar teknolojilerinin ve hesaplamalı tasarımın gelişmesiyle birlikte eğitim ve mimari pratiğin yanı sıra mimari temsilin dijital ortamda nasıl olacağı konusu gündeme gelmektedir. 1960’larda bilgisayar teknolojisinin gelişmesi ile beraber MIT’ de Negroponte ve ekibinin günümüzde MIT Media Lab olarak bilinen The Architecture Machine Group adı altında mimarlıkta bilgisayar uygulamaları adına öncül çalışmaları gerçekleştirdiği gözlemlenmektedir. Bu çalışmalar kapsamında yaratıcı süreçlerde makine kullanımı ve mimari üretim için bilgisayar destekli süreçlerin nasıl entegre olabileceğine dair deneysel çalışmalar yapılmıştır. Ivan Sutherland 1963 yılında doktora tezinde geliştirdiği SketchPAD programı ile CAD programlarının atası sayılan kendi tanımıyla insanın bilişsel becerileriyle tamamlanan ilk grafik arayüze sahip insan-makina sistemini mimarlık dünyasına kazandırmış bulunmaktadır (Woodbury, 2010). 1971 yılında Grason ve Levin grafik teorisini mekansal organizasyon problemlerinin çözümü için kullanarak çizginin dijital ortamdaki tanımını yapmakta ve nesnelerin gerçek ifadesi ile dijital ifadesi arasındaki farkı vurgulamaktadır. Grafik teorisini takiben üç boyutlu nesnelerin dijital temsili çalışmalarında geometrik objelerin tanımı (nokta,doğru,yüzey,3d obje) ve bu geometrik varlıklar arası ilişkilerin tasarım kıstası olarak ele alındığı çalışmalar yapılmaktadır (Weinzapfel,v.d. 1971). Temsil sorununun yanısıra bağlam olarak hesaplama kuramlarına yönelen çalışmalar da yapılmaktadır.

Eastman General Space Planner (GSP) çalışmasında mekan planlama problemlerini otomatik olarak çözmek için mevcut programların ana özelliklerini gözden geçirmektedir (Eastman, 1973). Mekan planlama problem sınıfının genel özelliklerini ana hatlarıyla belirtmekte ve ön testlerde çeşitli problemleri verimli bir şekilde çözen Kısıtlı Yapılandırılmış Planlama adı verilen bir dizi buluşsal karar kuralı sunmaktadır.

“GSP’de uygulandığı şekliyle Kısıtlı Yapılandırılmış Planlama, mekan planlamasının doğasında bulunan birçok sorunla etkin bir şekilde ilgilenmeye başlasa da, daha ayrıntılı araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. GSP’yi genişletmeye yönelik gelecekteki çabalar, değişken şekil öğelerinin ve bunlarla başa çıkmak için uygun operatörlerin ve testlerin tanıtılmasını içerecektir. Ayrıca, hiyerarşik sorun alanlarını ele almak için

GSP'yi genişletme önerilmektedir, örneğin : "Bir site içinde düzenlenmiş ve şekillendirilmiş, bir bina içinde düzenlenmiş ve şekillendirilmiş odalarda teşhizatı düzenlemek". Bu tür formülasyonlar, gelecekteki araştırmalar için açıkça yeni sorun alanları ve heyecan verici zorluklar sunmaktadır. Mekansal düzenleme görevlerini işlemek için daha büyük yetenekler geliştikçe, daha iyi analiz edilmiş, daha iyi yapılandırılmış ve hatta daha güzel fiziksel ortamlar ortaya çıkmalıdır." (Eastman,1973)

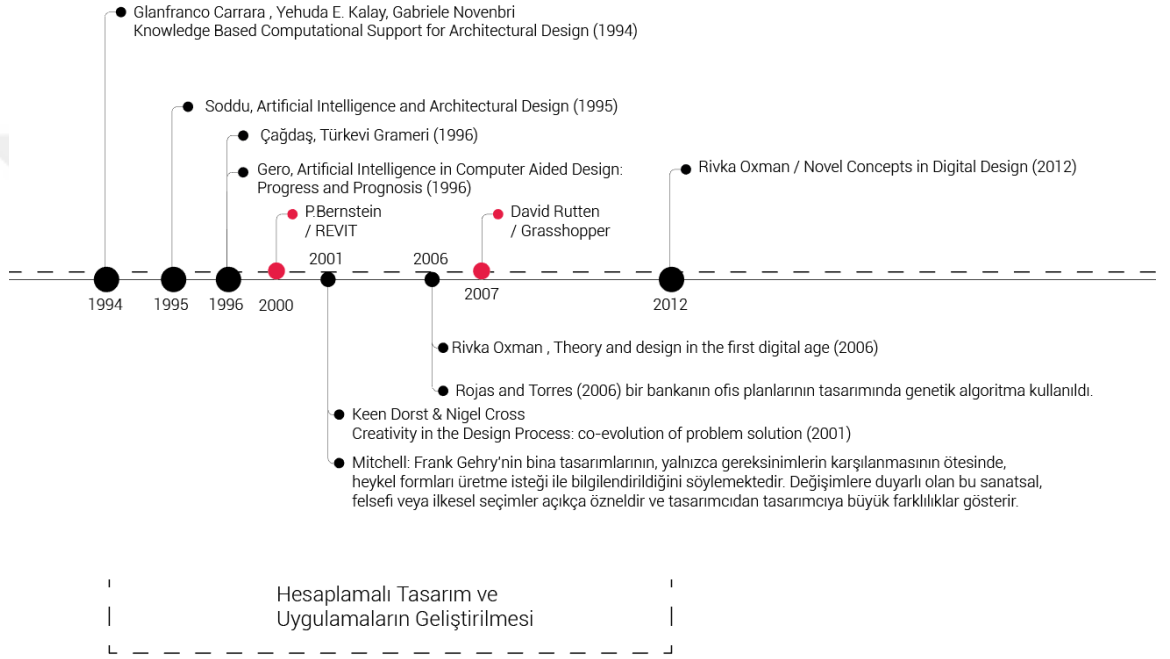
Eastman'ın tasarım problemine yaklaşımında ele aldığı kurallar ve ilişkiler üzerine sunduğu zemin kendisinden sonra yapılan araştırmacılar için bir basamak niteliği taşımaktadır.

1970'li yıllarda George Stiny Biçim Grameri teorisini ortaya atarak Palladio villalarının parametrik biçim gramerini incelemekte ve bu sayede bilgisayar uygulamalarından dikkati hesaplama kuramlarına çekmektedir (Stiny ve Mitchell, 1978). Koning ve Eisenberg'in 1981 yılında Frank L. Wright konutlarında mekanlar arası ilişkileri, şöminenin konumlanışına kadar inceleyerek gramer ilkelerini çıkartan çalışmasını takip eden tarihlerde Flemming de benzer şekilde Pittsburgh konutlarını incelemektedir (Koning ve Eisenberg, 1981). Flemming konutların plan şeması, üç boyutlu ilişkileri, dış duvar örnekleri ve çatı alternatiflerini de inceleyerek bir gramer zemini hazırlamakta ve bu çalışma sonucunda bitişik konutlar için kütle olasılıkları ve üçgen çatı alınlıkları üzerinden form çalışmaları yapmaktadır (Flemming, v.d.1986).

Cedric Price'ın 1976 tarihli The Generator Machine çalışmasında çağın teknolojik potansiyeli çerçevesinde kullanıcı gereksinimleri göz önüne alınarak bir araç oluşturulmaktadır. Tasarımcıların yaklaşımlarının bilişsel haritaları çıkarılarak kodlanmış ancak tasarımlar semantik ve sübjektif olarak incelendiğinde çalışma sonucunda kullanılan aracın yetersiz olduğuna kanaat getirilmektedir.

90'lı yıllara kadar ivme kazanan hesaplamalı tasarım yöntemleri, karmaşık formlar üzerindeki yetersizliği ve zaman içinde tekrar eden yöntemleri nedeniyle parametrismin önünü açmaktadır. Sistematisasyonun dolayısıyla makine öğrenmesinin mimari tasarıma entegrasyonu açısından bakıldığında, parametrik tasarım önemli bir kilometre taşı oluşturmaktadır. Tasarım parametreleri mimari tasarımın erken aşamalarında her zaman kullanılan basit kural kümelerinin somut bir tanımı olarak açıklanmaktadır. Sadece noktalar, doğrular ve üç boyutlu cisimler

değil, doğrular ve onların temsil ettiği mekanlar arasında kurulan ilişkilerin de net bir şekilde tanımlanması ve hatta bazı parametrik yaklaşımlarda denkleme konulması gerekmektedir. Süreç olarak oldukça rasyonel görünse de parametrik tasarımın yaygınlaşması ile organik formlar ve kendini tekrar etmeyen özgün formlar üretmek çok daha kolay hale getirilmiştir. Bu üretim kolaylığı, erken tasarım aşamalarında rastgele karar verme özgürlüğü sağlasa da, yapı ölçeğinde bir eylemden bahsedildiğinde, iyi kurgulanmış ve üzerinde düşünülmüş basit bir kurallar dizisi ile oluşturulan karmaşık formlar üretimine imkan sağlamaktadır.



Şekil 2.4: Yapay zeka destekli mimari tasarım paradigmasını temellendiren hesaplamalı tasarım alanında yapılan çalışmaların 1990'lı yıllardaki gelişim diagramı.

Soyut temsillerden biçim grameri kullanılarak somut plan şemaları elde edilen çalışmalar arasında Türkevi Grameri çalışması ön plana çıkmaktadır. Anadolu ve Rumeli'de inşa edilmiş geleneksel Türk evleri araştırılarak bu üslubun biçimsel kompozisyon özellikleri karakterize edilmekte ve Durand'ın da değindiği gibi mimari ilişkiler ön plana çıkarılmaktadır (Çağdaş, 1996). Çağdaş çalışmasında mantık ve dilbilgisi yöntemleri ile hibrit bir yaklaşım geliştirilerek sözdizimsel bir üretici sistem tanımlanmaktadır. 2000'li yıllara gelindiğinde yine bir tümdengelim

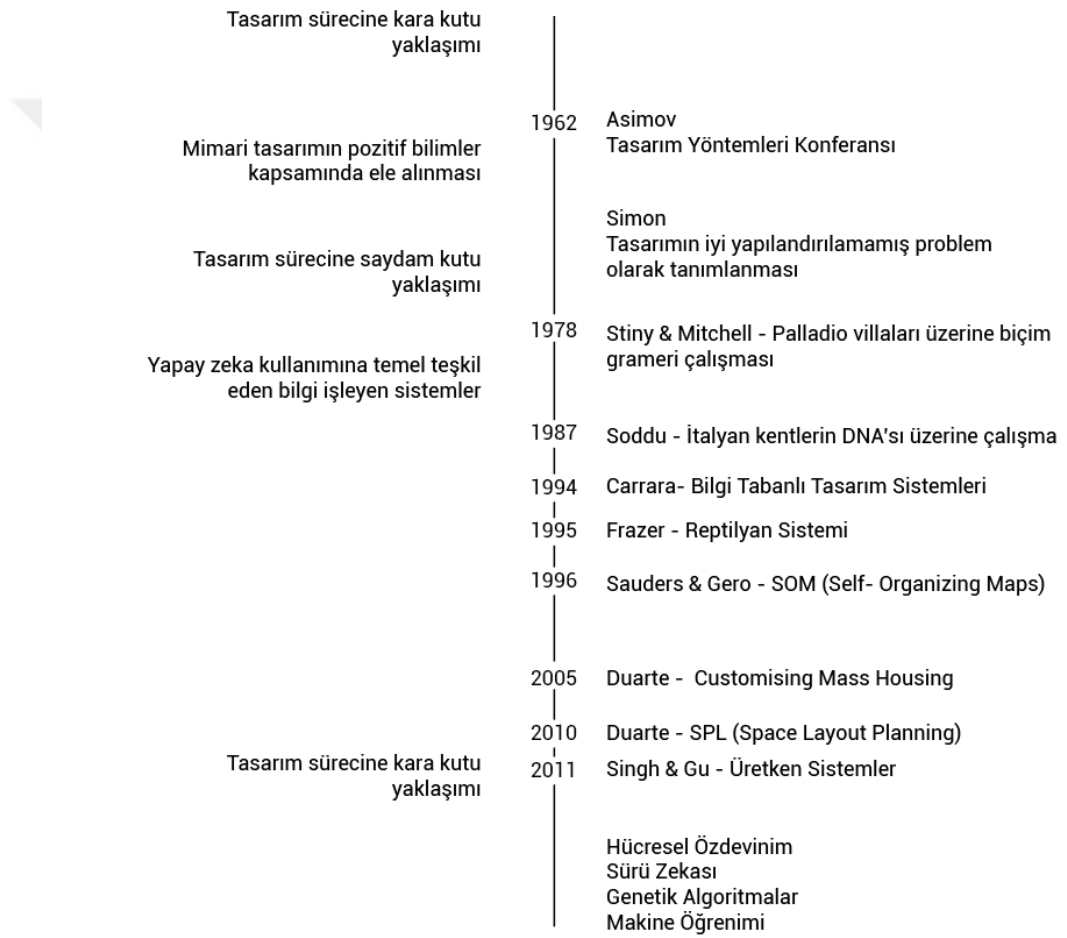
yaklaşımıyla soyut ifadelerden somut ürüne yönelik Duarte'nin Alvora Siza konutları üzerine yaptığı çalışma ön plana çıkmaktadır (Duarte, 2001). Mimari süreçlerin dijital ortamda temsili ve hesaplamalı tasarım yöntemlerinin mimari tasarıma entegrasyonunda Çağdaş ve Duarte'nin biçim grameri çalışmaları eklektik yaklaşımların çok ötesinde bulgular sunarak soyut tasarım ilişkilerinin dijitalleşmesi açısından sonrasında yapılan çalışmalara ışık tutmaktadır. Yapay zeka destekli mimari tasarım paradigmasını destekleyen hesaplamalı tasarım paradigmaları bölümünde bu konu daha kapsamlı ele alınacaktır.

2.3 Hesaplamalı Mimari Tasarım Süreçlerinde Yapay Zeka Araçları Kullanılmasında Öncü Olan Çalışmalar

Günümüzde, makine öğreniminin kullanımları, mevcut verilerin analizine odaklanmaktan yaratıcı kullanım ve sentezle ilgili uygulamalara doğru kaymaktadır. Metot oluşturma kapsamında yapay zeka ve tasarım ilişkisi tartışılırken tasarımcıların düşünce süreçleri aşamalara ayrılarak incelenmekte ve bu çalışmanın devamında ele alınan çalışmalarda bu süreçler formüle edilmektedir. Yapay zekanın tasarım süreçlerine nasıl entegre edilebileceği, bu ilişkileri anlama ve yeni ilişkiler üretme konusunda tasarım bilişi alanında ciddi çalışmalar yapılmaktadır. Tasarım süreci 1960'lara kadar kara kutu yaklaşımıyla belirsiz olarak nitelendirilmiş ve tanımlanmamış net bir süreç olarak açıklanamamıştır. Mimari bilgi ve araştırma alanlarının Asimov'un literatüre "tasarım bilimi" kavramını kazandırması ve Tasarım Yöntemleri Konferansı (1962) sonrası pozitivist bir yaklaşımla ele alınması, tasarım yöntemlerinin değerlendirilmesi ve tasarımın bilimsel bir şekilde ele alınmasının önünü açmaktadır (Arpak, 2012). Alan Turing'in geliştirdiği dijital bilgisayarlarla başlayan hesaplamalı tasarım kuramları tartışmaları sonucunda tasarım süreci ve tasarlama aktivitesi karar verme, problem çözme ve bilgi işleme gibi süreçler kapsamında ele alınmaktadır.

Simon, problemlerin iyi yapılandırılmış problemlerden yetersiz yapılandırılmış problemlere kadar bir ölçeği olduğuna ve bir problemin çerçevesi daraltıldıkça daha iyi tanımlanmış hale geldiğine dikkat çekmektedir. Tasarım problemi doğası gereği iyi yapılandırılmamış bir problemdir ve çözümüne giden süreçte öncelik problemin çerçevesinin daraltılmasına verilmektedir. Bu durumda problem çözme yöntemleri de problemin yapısına bağlıdır ve bunların hepsi problem alanının özelliklerinden

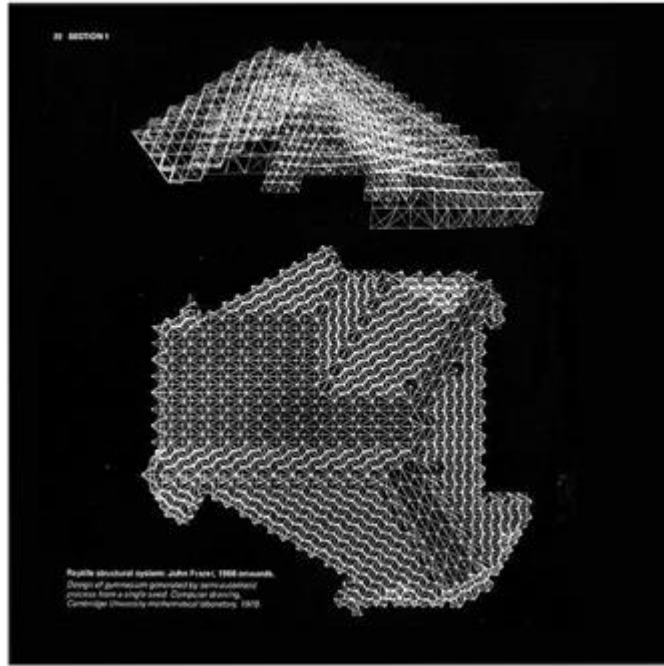
etkilenmektedir. Bir problemin tanımı ve sürecin nasıl ve hangi araçlarla analiz edileceğine yönelik ölçek oluşturduktan sonra, bir tasarım problemini çözüm aramak için daha iyi tanımlanmış parçalara ayırmak gerekmektedir. Bilgi sürecinde arama ve erişim süreçlerinin nasıl çalıştığını anlamak, mekan planlama problemlerini bir problem uzayında tam olarak tanımlanmamış bir problem olarak formüle etmek için bir temel ve arama stratejisi oluşturmaktadır.



Şekil 2.5: Yapay Zeka Destekli Tasarım Süreci paradigmasında temel alınan teorilerin ve çalışmaların tarihsel dizilimi.

Mimarlıkta makine öğrenimi yaklaşımlarının kullanımına ilişkin ilk araştırmalar, temel olarak tasarım oluşturma, şekil tanıma ve tasarım alanı araştırma ve sınıflandırma alanlarına odaklanmaktadır. 1987 yılında Soddu'nun ortaçağ İtalyan kentlerinin yapay DNAlarını oluşturarak üretken tasarım yaklaşımı tanımlamasıyla

başlayan süreç boyunca yapay zekanın tasarım aracı olarak kullanılması konusunda farklı yaklaşımlar geliştirilmektedir (Pena v.d., 2021). 1995 yılında Frazer, evrimsel süreçler ve doğanın morfogenezi ile analogiler kullanarak doğal formlardan ilham alan tasarımlar için teorik bir temel geliştirmektedir (Frazer, 1995). Morfogenez, şekil bulmanın tümevarım mantığına odaklanmakta ve görünümünden çok performansı vurgulamaktadır (Leach, 2009). Frazer, Reptilian System'i, başlangıçtaki bir "tohumdan" çok çeşitli yapılar üretebilen bir yapı seti olarak tanımlamaktadır. Bu sistemin geliştirilmesi, çözümlerin geliştiği tasarım gereksinimlerinden tohumun otomatik olarak yapılandırılması anlamına gelmektedir (Pena ve ark., 2021).



Şekil 2.6: Frazer'ın Sürüngen yapısal sistem tasarımına dair bir örnek (Frazer, 1966).

John Frazer'ın Sürüngen yapısal sistemi, bir mimari yapı oluşturmak için genetik algoritmayı kullanırken (Frazer, 1995), John Gero'nun 1996 özel sayısı "Bilgisayar Destekli Tasarımda Yapay Zeka: İlerleme ve Öngörü" (Gero 1996) daha sonra yönlendirilmiş temellere dayalı yeni tasarım süreçlerini tanımlamaktadır (Tamke v.d., 2018).

Vierlinger ve ekibi (2013) parametrik tasarımda yönlendirilmiş aramadan bir çözüm uzayını kapsamaya geçişi ele almaktadır. Tasarım oluşturma süreci içinde dönüşler, çoklu çözümler ve değişen koşullar gereksinimini ele almak için değişen problem

tanımları ve amaç fonksiyonları ile çalışan genetik algoritmaların bir uygulamasını tanımlamaktadır. Evrimsel sürecin kullanıcı rehberliği, tasarımcının çözümleri tercih edilen veya edilmeyen olarak işaretlemesine izin vererek ve o çevrede yeni tasarımlar arayarak gerçekleştirilmektedir (Tamke v.d., 2018).

Saunders ve Gero (1996), bir tasarım görevi sırasında ürünün ortaya çıkması problemini araştırmakta ve tasarım çözümünün bir temsilini kategorize ederek bir tasarımın yeniliğini tahmin etmek için Habituated Self Organizing Maps'ın kullanımını tanımlamaktadırlar. Tasarım probleminin çözümünün temsillerini, tasarım problemini ve tasarımın performansının bir değerlendirilmesini içeren tasarım durumunun bir profilini kategorize ederek tasarımın performansının yeniliğinin değerlendirilmesi için tasarım alanı araştırması bağlamında Kendi Kendini Düzenleyen Haritalar (SOM) kullanılmaktadır (Harding, 2016). Boyutsallık azaltmanın, proje kısıtlamalarının ve gereksinimlerinin hiper boyutlu girdilerini 3 boyutlu uzayda haritalayan mimarın çalışmasının bir temsili olarak görülebileceği savunulmaktadır.

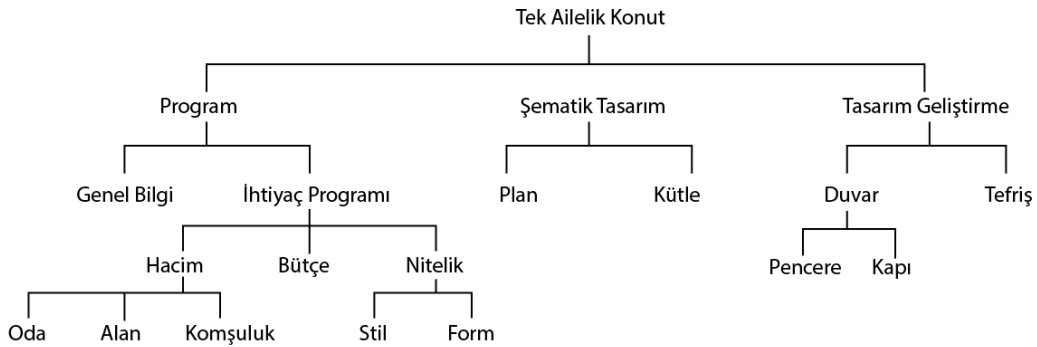
Hesaplamalı yöntemlerin tasarım sürecinde kullanımını bilgi temelli bir yaklaşımla araştırmayı mümkün kılmak için yapboz yaklaşımı ve problem çözümü yaklaşımını çıkış noktaları ve işleyişleri farklı temellerden gelse de bir arada kullanabilmek gerekmektedir. Bunun için de Carrara'ya göre tasarım süreci deneyimlere ve kümülatif bilgi birikimine dayalı ve bir hedefe yönelik araştırma olarak tanımlanarak analiz edilmelidir. Bu süreç sonunda tasarlanan ürün, belirlenen ihtiyaçlara cevap veren bir çözüm olarak tanımlanırken beklenen performans ve mekansal ihtiyaçlar hedefler olarak tanımlanmaktadır. Tasarım süreci de çözüm ve hedef arasında kurulan ilişkinin sosyal ve kültürel bağlamda gözlenen bir karşılığı olarak görülmektedir. İstekler ve ihtiyaçlar arasında, çözümün, tasarımın soyutlanması ve ihtiyaçların belirlenmesiyle tasarım süreci ilerlemektedir (Carrara v.d., 1994).

Hedefler çözüm gözetilerek isteklerin ve gerekliliklerin analitik ve tümdengelimci bir yaklaşımla tanımlanmasıyla belirlenmektedir. Çözümün doğası ihtiyaçların yapısı üzerinden belirlenmektedir. Tümevarımcı temellendirme süreciyle çözüme varılmakta, tümdengelimci bir yaklaşımla bu mantık analiz edilmektedir. Sezgiye ve tümevarımsal yaklaşımlara dayanan tasarım eylemleri hesaplama ile ikame edilemezken tümdengelimci yaklaşımlara dayalı tasarım süreçleri hesaplamalı

mimari tasarım ile gerçekleştirilebilmektedir. Bu yaklaşımı temellendirmek adına tasarım sürecinin bilişimsel modeli Carrara'nın çalışmasında ele alınmaktadır.

Bilgiye dayalı tasarım süreçlerinde Carrara yapıyı hacim ve fiziksel elemanlardan oluşan canlı bir organizma gibi bir metaforla ele almakta performans gereksinimlerini değişkenler olarak; bu değişkenleri karşılayabilen çözüm önerilerini de hiyerarşik, topolojik, geometrik ve fonksiyonel olarak şemalandırıp tanımlamaktadır.

90'ların ilk yarısında Carrara bütüncül bir yapı oluşturarak hesaplamalı tasarım sürecini tanımlamakta ve üzerinde tartışılabilir ve geliştirilebilir bir model oluşturmaktadır. Carrara'nın çalışmasında geliştirilen metot ile oluşturulmuş tek aile için tasarlanan konut projesinde amaç hiyerarşisi bu tez çalışması kapsamında gereksinimlerin ve mimari yapı elemanlarının temel sınıflandırma şeması olarak kabul edilmektedir.



Şekil 2.7 : Tek ailelik konut tasarımında amaç hiyerarşisi (Carrara, 1994).

90'larda Carrara'nın bilgiye dayalı tasarım süreci tanımından sonra hesaplamalı tasarım süreci üzerine yapılan Oxman'ın Dijital Tasarım Paradigmaları çalışması, yapay zeka destekli tasarım sürecini temellendirmek adına üzerinde durulması gereken bir kilometre taşı sayılmaktadır.

Oxman dijital tasarımın güncel üretim teknikleri ve tasarım metodolojilerine olan etkisi nedeniyle tasarıma dair teorilerin yeniden ele alınması gerektiğini düşünerek belirli tanımlarla modelleri sınıflandırmaktadır. Sınıflandırmanın temel sebebi güncel bir dijital tasarım modelinin temellendirilebilmesidir. Bu yeni model bugün de ihtiyaç duyulduğu gibi hem güncel teorik yapıya katkı sağlayan hem de beraberinde

getirdiği sorunları ve potansiyelleri aydınlatan bir içeriğe sahip olma niteliğini taşımaktadır. Konvansiyonel tasarımın yerini tamamen dijital tasarımın alıp almayacağı bazı kesimler tarafından soru işareti gibi algılansa da insanlık tarihine bakarak teknolojik gelişmelerin sosyolojik yapıyı ve üretim-tüketim alışkanlıklarını her zaman keskin bir şekilde etkilediği gözlemlenmektedir. Bu durumu ikilem olmaktan çıkarmak için dijital tasarımı genel bir çerçeve içinde tanımlamak ve teorik bir ajanda oluşturmak; üzerine yapılacak çalışmaları kolaylaştıran ve akademik temele oturmasını sağlayan bir adım olarak ele alınmaktadır.

Endüstriyel modernizm çağında tasarım yöntemleri, daha kapalı bir yaklaşıma sahipken dijital tasarım metodolojisi çoğunlukla tasarımın oluşumunu açık bir şekilde formülize edebilmekten geçmektedir. Bu yeni tasarım algısını farklılaştıran, egzotik formlar üretme kaygısının ötesinde; standartlaşmaya dayalı gelişen mimari tüketim alışkanlıklarıyla tektipleşen yapıli çevreye kütleli bireyselleştirme yoluyla anlamlı bir alternatif sunmasıdır.

Yapılan araştırmalar, konferanslar, açılan yarışmalar ve sergilerle ilerleyen süreç teknolojik gelişmelerle desteklenerek günümüze kadar evrimleşerek gelen dijital tasarımın ve tasarım dünyasına kattığı yeni kavramların ele alınması akademik dünyada yeni tartışma konularını da beraberinde getirmektedir. Bütün bu dönüşüm içinde tasarımcının rolünün, tasarım araçlarıyla ilişkisinin ve tanımının da değişmesi, tasarım süreci üzerine yapılan çalışmaların gerekliliğini arttırmaktadır. Dijital tasarım süreçlerinde geçmişte tasarımcıyla bağdaştırılamayacak bir özellik olarak tasarım araçlarının üretimi de tasarımcının görev tanımı altına girmektedir. Bu durum da tasarıma özel tasarım aracının üretilmesi ve hatta tasarım aracının tasarımcının etkileşimiyle başlayıp kendi kendine tasarımı üretiyor olmasına kadar bir nedensellik ilişkisi kurulmasını sağlamaktadır (Oxman, 2006). Oxman'ın araştırmasına göre artık bilgi, tasarımcıların yeni bir yapı malzemesidir. Bilginin kullanım şekillerinin çeşitlenmesiyle yeni çağda tasarım ve tasarım yöntemleri farklı bir boyut kazanmaktadır.

Oxman, Novel Concept in Digital Design çalışmasında dijital tasarımın kavramsal yapısını oluştururken DDNET örneğinden yola çıkarak temel ve yan kavramları, hesaplamalı tasarım modelleri ve yöntemlerini yeniden ele almaktadır. DDNET dijital tasarım alanını kavramsal bağlamda formülize etmek adına yapılan ilk haritalama çalışmasıdır (Oxman, 2006).

Bir araç ve tasarım ortamı olarak kağıttan ilk kopuş olan CAD modelleri, bilgiyi yeni bir tasarım girdisi olarak alan formasyon modelleri, biçim gramerleri ve evrimsel modellerle desteklenen üretken modeller ve son olarak tanımlanan farklı dış güçlere yetkinlik ölçütüyle oluşturulan performans modelleri hesaplamalı tasarım modelleri olarak incelenmektedir. Bunlarla beraber serbest form, permorfans, değişkenler ve morfogenesis temek kavramlar olmakla beraber formun ve üretim sürecinin malzemeyle ilişkisi yeni yapısalcı bir bakış açısıyla yorumlanarak dijital tasarım süreci için genel bir çerçeve çizilmektedir (Oxman, 2006). Bu çerçevede tanımlı kavramlar üzerinden örnekler incelenerek dijital bir tipoloji denemesi araştırılmaktadır. O dönemde her ne kadar modeller arası bir ayrıma gidilmiş olsa da teknolojinin ve tasarım paradigmalarının geldiği noktada bütünleşik bir model gözlemlenmektedir.

Dijital tasarımı oluşturan üretici süreçler dinamiktir ve son ürün olarak katı bir form tanımlayan hesaplamaları tasarım süreçlerine yönelik şekilci ve statik yaklaşımların tutarsızlığını göstermektedir. Oxman'ın çalışmasında yöntem olarak anahtar kavramlar, dijital modeller, metotlar bir araç olarak ele alınıp içerdikleri kavramlar kullanılarak proje özelinde bir tasarım yaklaşımı geliştirilmektedir. Bu durumda her yeni tasarım sorusunda benzersiz bir süreç üreterek ve bilgiyi de tasarım girdisi olarak kabul ederek özelleşmiş sonuçlara ulaşılmaktadır.

Dijital tasarımın kuramsal çerçevesi tartışılırken modernizmle gelen kitlesel üretim ve tektipleşmenin önüne geçmek adına kitlesel özelleştirme (mass-customizing) çalışmaları yapılan çalışmaların seyrini değiştirmektedir. Bu bağlamda Duarte'nin 2005 yılında yayınladığı toplu konutları Siza'nın Malagueira evleri için usavurumlu bir gramer ile özelleştirme çalışması dijital tasarım süreçlerinin bireysel tasarıma olanak sağlaması açısından önem arz etmektedir. Quinta da Malagueira, Alvaro Siza tarafından Portekiz'in güneyinde, Évora bölgesinde bir sosyal konut projesidir.

SAAL (The Ambulatory Support to Load Residents) isimli bir program oluşturulmakta; Alvaro Siza, Malagueria'yı SAAL kapsamında tasarlamaktadır. (1973-1977). Oluşturulan program kullanıcı-tasarımcı-inşa eden arasında ilişki kurmayı amaçlamaktadır (Duarte, 2005). Düşük gelirli kullanıcılar için 1200 konutu kapsayan bu çalışmada kullanıcılara kendi özelleşmiş ve benzersiz ev tipolojilerini oluşturma fırsatı sunulmaktadır. Duarte (MIT), Siza'nın yöntemini bilgisayar destekli tasarımla birleştirerek üretim sürecini devam ettirmektedir. Kitlesel

bireyselleştirilmiş konut tasarımı ve üretimini amaçlayan bu çalışmada ekonomik olarak karşılanabilir yüksek kaliteli konutların özelleştirilmesi hedef olarak belirlenmekte ve bu bağlamda kalite kullanıcı ihtiyaçlarının karşılanması olarak tanımlanmaktadır. Masraf kalemleri bilgisayar destekli sistemlerle kontrol edilmektedir.

Geleneksel tasarım yaklaşımlarında yüksek miktarda konut üretimi ele alındığında yapılan market analizleri üzerinden belirlenen tiplerin, tipolojilerin tekrarına dayalı bir tasarım yöntemi kullanılmaktadır. Duarte bu çalışmasında bireysel tasarlanmış konutlara ait özellikleri bilgisayar destekli sistemlerle toplu üretilmiş konut birimlerine atamaya çalışmaktadır. Bu sistem oluşturulurken konut çözümleri üreten etkileşimli bir program ile hızlı önörnekleme sağlanarak kullanıcıların web üzerinden sisteme erişimi sağlanmaktadır. Tasarlanan arayüzde kullanıcılara normalde bir mimarın sorabileceği ve kullanıcı gereksinimlerini netleştiren sorular yöneltilmekte ve bu sorular sonucunda aile üyelerinin kullanıcı profili, yaşam alışkanlıkları, istekleri, bütçeleri gibi veriler toplanmaktadır.

Duarte'nin çalışması belirli bir tarzda tasarımlar oluşturmak için kurallar sağlamaktadır. Alvaro Siza'nın tasarladığı Malagueira evleri bir vaka çalışması olarak kullanılarak tasarım dilbilgisini açıklamaktadır. Bilgisayar güdümlü şekil gramerlerinin kullanımı, mimari bir Turing testini geçmeye yakın olmasıyla bir başarı sağlamaktadır (Elezkurtaj ve Frank, 2000). Fakat planlar ancak iyi biçimlendirilmişlerse anlam taşımakta, bu da öğelerin açık bir şekilde tanımlanması ve sözdizimsel kurallara göre manipüle edilmesi anlamına gelmektedir (Elezkurtaj ve Frank, 2002). “Mimari tasarım, grafik üretimine ve stillerin taklit edilmesine indirgenemez” (Elezkurtaj ve Frank, 2000).

Duarte'nin usavurumlu gramer modelinde tasarım grameri ile belirli bir stilde tasarım üretebilmek adına kurallar dizisi oluşturulmuştur ancak biçim gramerinden farklı olarak program grameri ile kullanıcı verisi üzerinden tasarım taslağı oluşturulmuştur. Çalışmada toplanan verilerle oluşturulan tasarım kısıtları şeması ve program üzerinden bu kısıtları ve gereksinimleri karşılayan bir tasarım çözümü biçim gramerleri ile üretilmektedir. Bu çözümün de kabulünden sonra üretim için bilgisayar destekli sistemlerle imalat süreci başlamakta; fabrikasyon sürecinin sonunda da alana parçalar yollanarak birleştirme işlemleri yapılmaktadır. Duarte'nin bu çalışmasında baştan sona dijital entegrasyonun üst düzeyde olduğu ve iterasyondan ziyade

kullanıcıların demokratik katılımıyla da özelleştirilmiş ve bireyselleştirilmiş bir tasarım süreci gözlemlenmektedir (Duarte, 2005).

Tasarım çözümleri sunan etkileşimli programın modeli yapay zeka destekli tasarım süreci çalışmasında da ele alınan üç temel problem üzerinde durulmaktadır;

1. Simülasyon sorunu: Kullanıcı verisini aktararak tasarım ürününün kısıt ve gerekliliklerini belirlemek;
2. Üretim (generation) sorunu: Verilen bir stil çerçevesinde kurallara dayalı bir kompozisyon oluşturmak;
3. Optimizasyon sorunu: Tasarım gereksinimlerini konut çözümüne tercüme eden bir mekanizma üretmek (Duarte, 2005).

Bu tez kapsamında üretim sorununda ele alınan kurallara dayalı bir kompozisyon oluşturmak adına ihtiyaç duyulan kurallar dizisini sezgisel bir yöntemle elde edebilmek adına DCGAN algoritması kullanılarak bir öneri geliştirilmiştir. Bu yöntem ile bir stil üzerinden kural oluşturmak yerine çıkan sonuç kümesinin analizi ile gözlemlenen ilişkilerin kurallaştırılabilmesi için bir ön çalışma yapılmıştır.

Mekanlar arasında kurulan ilişkiler ve bu mekanlara atanmış fonksiyonlar bir araya gelerek döşeme planlarını oluşturmaktadır. Obje tabanlı ontolojik yaklaşımla yapıyı, odaları ve alanları içine alan bir obje olarak tanımlamak mümkündür. Lobos'un çalışmasında bu yaklaşımdan yola çıkarak bir hacmin obje olarak içindeki mekanların organizasyonunun otomatik üretiminin yapılması için şimdiye kadar yapılan araştırmalar, geliştirilen ticari amaçlı programlar incelenmekte ve bu programların oluşturulmasında genel tasarım kriterleri ve rasyonel kriterler baz alınarak döşeme planının algoritmalar tarafından üretilmesi denenmektedir. Bütün bu kriterlerin sağlanması mümkün olmamakla beraber planın oluşumu her ne kadar mekansal ilişki şemalarının aralarındaki diyalogtan ortaya çıkıyor gibi bir tanımdan hareketle araştırmalar yapılsa da aslında tasarım sürecinin bu noktası da hala nesnel olarak tanımlanamamaktadır. İncelenen çalışmalarda pratiğe dökülebilen programlar ve yaklaşımlar kendi kendilerine kullanılabilir ve nitelikli mimarlık sayılabilecek planlar üretememekte ancak yapılan tasarıma destekleyici bir yardımcı olabilmektedir. Space Layout Planning (SLP) programının mimari tasarıma entegrasyonu adına mimari plan üretimindeki rasyonel kriterler Lobos ve Donath tarafından belirlenmektedir. Yapay zeka destekli mimari tasarım paradigması

çerçevesinde rasyonel gereksinimler olarak aşağıdaki kriterler geliştirilerek dikkate alınmaktadır (Lobos ve Donath, 2010).

(a) Description					(b) Rule
	Main	Groups	Features	Elemental features	
V A R I A B L E	Constraints		Context	Lot	α_0
				Urban context	α_1
				Solar orientation	α_2
			Typology	Customization	α_3
				Users	α_4
				Bedrooms	α_5
				Quality	α_6
			Morphology	Housetype	α_7
				Floors	α_8
				Balconies	α_9
	Quality	Function	Spatiality	Capacity (dwelling)	α_{10-13}
				Capacity (spaces)	α_{10-13}
					$\alpha_{11} \rightarrow \alpha_{11} + \langle [\text{lavatory}, \emptyset, 0] \rangle$
					$\alpha_{13} \rightarrow \alpha_{13} + \langle [\text{ba}, \text{id}_{lv}, \emptyset, (\text{hygiene}), (\text{lavatory}, 80), (\text{isolated}, 100), (\text{q}_{level}, 0)] \rangle$
					$w_{lv}, h_{lv}, a_{lv}] >$
					$n_{bathrooms} = 2 \wedge q_{level} = \max \wedge n_{users} \in \{6, 7, 8, 9\}, \text{id}_{lv} = \max(\text{id}) + 1$
				Articulation (spaces)	α_{10-14}
					$\alpha_{14} \rightarrow \alpha_{14} + \text{sleeping}(\text{id}_{lv}, a_{lv})$
				Spaciousness (dwell. & spaces)	α_{15-16}
					$\alpha_{15} \rightarrow \alpha_{15} + \langle \text{available}, (0, -a_{lv}, 0, -a_{lv}), (0, 0, 0, 0), (0, -a_{lv}, 0, -a_{lv}), 0 \rangle$
					$\alpha_{16} \rightarrow \alpha_{16} + \langle \text{used}, (0, a_{lv}, 0, a_{lv}), (0, 0, 0, 0), (0, a_{lv}, 0, a_{lv}), -a_{lv} / a_{lv} + (a_{lv} / a_{lv} + a_{lv}) \rangle$
			Topology		α_{17}
					$\alpha_{17} \rightarrow \alpha_{17} + \langle [\text{id}_{lv}, \text{id}_{fl}, \text{on}, 100] \rangle$
		Aesthetics	Proportion		α_{22}
	Cost	Building			α_{24}
					$\alpha_{24} \rightarrow \alpha_{24} + a_{lv} \cdot \text{cm}2$
F I X E D	Floor dimensions		Width		β_1
			Height		β_2
			Area		β_3
					β_4
	Section dimensions		Floor thickness		β_5
			Floor height		β_6
	Cost				β_7
					$\beta_7 \rightarrow \beta_7, \text{cm}2 = \text{cost_m}2(\text{q}_{level}, \text{covered})$

Şekil 2.8: Gramer kurallarının içeriği (Duarte, 2005).

Lobos ve Donath bu çalışmasında kriterleri oluştururken daha önce yapılmış çalışmalardan notları derlemektedir. Bu çalışma kapsamında da Flemming'in uzman sistemleri, Stiny, Mitchell ve Duarte tarafından ele alınan biçim gramerleri, Gero ve Fraser'in üretken sistemleri önceki bölümlerde açıklanmaktadır.

Lobos ve Donath'ın oluşturduğu saydam kutu yaklaşımına göre mimari kat planı düzeni için rasyonel kriterler aşağıda bulunmaktadır;

(i) Güneş: Odalar güneşe göre en uygun yer ve yönlendirmeye göre yerleştirilmektedir. Amaç uzun süreli konaklamalarda en fazla sayıda odaya doğal aydınlatma sağlamaktır. Birim: vektör.

(ii) Görünümler: Mekânlar manzaraya en uygun yere ve yönlendirmeye göre yerleştirilmektedir. Amaç uzun süreli konaklama odalarına çevrenin en iyi manzarasını sunmaktır. Birim: vektör.

(iii) Erişilebilirlik: Ana caddenin girişi ile yapının ana girişi arasındaki mesafeye atıfta bulunmaktadır. Amaç binaya erişim mesafesini en aza indirmektir. Birim: m (metre).

(iv) İlgili İşlevler: İhtiyaç programının bazı işlevleri, diğerlerinden daha fazla ilişkilidir. Amaç hangi odaların yüksek, adil veya nadiren ilişkili olduğunu ve hangi odanın uzakta olması gerektiğini belirlemektir. Birim: faktör.

(v) Minimum mesafe: Amaç, hacimleri ve sirkülasyon alanlarını optimize etmek için odalar arasındaki minimum mesafeyi belirlemektir. Birim: m (metre).

(vi) Verimlilik (Sirkülasyon/Kullanılabilir Oran - Sirkülasyon): Sirkülasyon alanı ile toplam alanın karşılaştırılması sonucu kullanılabilir alandır. Amaç alanın büyük bir kısmını kullanım için ve küçük bir alanı sirkülasyon için tutmaktır. Birim: yüzde.

(vii) Verimlilik (Hacim/Kullanılabilir): Her mekanın hacminin kullanılabilir hacim ile karşılaştırılması sonucu bulunan orandır. Amaç hacmin çoğunu kullanım için ve daha az kullanılamaz durumda tutmaktır. Güneş ve havalandırma bu değişken üzerinde bir etkiye sahip olabilmektedir. Birim: Yüzde.

(viii) Boyut: Odanın boyutu (genişlik x uzunluk x yükseklik), bina tipolojisine (oteller, okullar, konutlar) göre bazı boyut modellerini ve standartlarını ifade etmektedir.

Donath'ın oluşturduğu tasarım paradigmasına göre oluşturulmuş mimari kat planı düzeni için genel kriterler aşağıda listelenmektedir.

(ix) Geometrik Kompozisyon: Hacimler bir geometrik forma (kare, daire, yay, dikdörtgenler, vb.) ve estetik amaçlara göre boyutlandırılarak gruplandırılmaktadır.

(x) Oran: Duvar dağılımı bir dikdörtgenin kenarlarını takip etmekte ve dikdörtgenin her iki tarafının uzunlukları sabit bir sayısal ilişki izlemektedir (örn: 1.6180339887). Ölçülebilir bir hiyerarşik ilişki sağladığı için kullanılmaktadır.

(xi) Form : Ching (1979), hacim dağılımlarının olası konfigürasyonlarını şu şekilde tanımlamaktadır: Doğrusal, Merkez, Avlu, U Şekli, L Şekli, Organik Şekil, Dini Şekiller.

(xii) Sürdürülebilirlik Kriterleri: Alan dağılımı ; çevre duvarlarında minimum yüzey, enerji tüketimi, yüzeylerde güneş kazancı, malzeme miktarı, hafif yük vb gibi sürdürülebilirlik kriterleri açısından optimum olmalıdır.

(xiii) Diğerleri: Ekonomik, yapısal ve manevi anlamlar (FengShui, Mapuches); inşaat teknikleri.

Dijital tasarım modelleri üzerine yapılan ilk çalışmalarda iyi tanımlanamayan tasarım problemlerinin bilgisayar ortamında temsil edilebilmesi için kara kutu yaklaşımından uzaklaşarak saydam kutu yaklaşımıyla iyi tanımlı problem olarak ele alınmakta ve bu sebeple tasarım sürecinin sübjektif alanları dahil olmak üzere formülize edilmektedir. Ancak uzman üretken sistemlerin geliştirilmesiyle beraber dijital tasarım süreçlerinde de tasarım problemi tekrar kara kutu yaklaşımıyla ele alınarak tasarım aktivitesinin semantik süreçleri de dijital olarak çalışılabilmektedir. Singh'e göre üretken sistemler; hücresel özdevinim, genetik algoritmalar, biçim grameri, L-sistemleri, sürü zekası olarak sınıflandırılmaktadır (Singh, 2012).

Yapay zeka destekli tasarım çalışmaları incelenirken evrimsel algoritmalar, yapay sinir ağları, fraktallar, sürü zekası ve hücresel özdevinim yöntemlerini içeren çalışmalar seçilmektedir (Pena v.d., 2021). Akıllı sistemler kapsamında bu çalışmada sürü zekası ve hücresel özdevinim üzerinde durulmakta ancak önerilen yapay zeka destekli tasarım paradigması içinde değerlendirilmemektedir.

Hücresel özdevinim

Hücresel özdevinim yöntemlerinin karakteristik özelliklerinin mimari tasarımda kısıtlar ve yarattığı olanaklar açısından nasıl uygulanabileceğine dair çalışmalar yapılmaktadır. Hücresel özdevinim komşuluk ilişkileri üzerinden tekrarlanan kurallarla, basit mekanizmalarla rahatça öngörülemeyen karmaşık sonuçlar, muğlak örüntüler oluşturmaktadır. Game of Life oyununda görüldüğü gibi mimaride de genelde bu yöntem başka disiplinlerden ödünç alınmış hücresel özdevinim modelleri kullanılarak yapının fiziksel karakteri üzerine çalışmalar yapılmaktadır (Herr, 2016).

Kuralların, hücre şekillerinin, ölçeğin, komşuluk ilişkilerinin ve hücre durumlarının adaptasyonunun hücresel özdevinim ile oluşturulan tasarım modellerinin bağlam açısından çeşitliliğini sağladığı açıkça görülmektedir (doğal aydınlatma, taşıyıcılık vb.). Yaygın olarak kullanılan hücresel özdevinim modelleri tasarımcıyla etkileşimi düşük bir süreç sunduğundan tasarımcı ile diyalogu arttırılmadığı sürece mimari tasarım açısından yetersiz bir araç olma tehlikesine sahip bir yöntem olarak görülmektedir. Işık, strüktür, uzamsal nitelikler, ölçek ve topoğrafya gibi mimari gereksinimleri karşılayan kuralların üretilmesi ihtiyacı Ford'un Atamaca Çölü'ndeki otel çalışmasında saptanmakta ve Conway'in oyunu temel alınarak mimari ile

ilişkilendirilmiş sonuçlar ve kural kümeleri oluşturulması hedeflenmektedir. Ancak karmaşık mimari sorunların kurallaştırılması hücrel özdevinim yöntemlerinin basit mekanizmalı doğasına uygun olmayabileceğinden Ford, Conway'in kuralları üzerinden çalışmalarına devam etmekte; kural setleri dışında hücrelerin mekansallaşabilmesi için farklı ölçeklerle denemeler yapılarak daha geniş hacimli birimlere ulaşılmaktadır. Bir yandan da topoğrafya ile ilişki kurabilen hücrel özdevinim modeli geliştirilmektedir. Boolean değeri taşıyan kamusal veya özel diye etiketlenmiş bireysel hücreler üreten kuralın eklenmesiyle sonuç ürünün mimari değerinin arttığı düşünülse de hücrel özdevinim yöntemi bir tasarım modeli olmaktan ziyade katılımcı tasarım sürecinde beyin fırtınasına elverişli; olasılıklardan oluşan bir veri tabanı oluşturarak mimara seçme ve değerlendirme fırsatı sunan yardımcı bir araç niteliği taşımaktadır (Herr, 2016).

Mimari tasarım sürecinin erken konsept aşamalarında bir eskiz yöntemi olarak hücrel özdevinim yöntemi ele alındığında olasılıklar üzerinden müdahale edilebilen ve cevap veren organik bir yapıya sahip olacağından tasarımcının bilişsel sürecine etkisi özelinde ilginç sonuçlar doğurabilecek bir potansiyel taşımaktadır. Tasarım yaparken tasarımcının bilişsel sürecinde gerçekleşen var olan durumu görmek; gördüğü üzerinden zihninde depolanan bir bilgiyi çağırarak; duruma uyarlamak; harekete geçip tasarım için bir hamle yapmak; yeniden gördüğü üzerinden eskizle diyalog kurarak bu süreci tekrarlamak aşamaları soyut bir kural dizisi oluşturmaktadır. Hücrel özdevinim modellerinde var olan basit kurallara göre çok daha karmaşık bir mekanizmaya sahip olan insan zihni ve bu bilişsel sürecin mimari tasarım gibi iyi tanımlı olmayan bir probleme yaklaşımını hücrel özdevinim modellerinin tasarım sorunları özelinde kullanımına yakınsamak eksik bir çerçeve çizmektedir. Bu nedenle yapılan çalışmalarda tasarımın otomatizasyonu ve bireyselleştirilmesi açısından literatürde tarihi bir değere sahip olsa da bu çalışma kapsamında hücrel özdevinim yöntemleri yapay zeka destekli tasarım süreci çerçevesinde ele alınmamaktadır.

Sürü zekası (otonom davranış örüntüleri)

Sürü zekası ve parçacık sürüsü optimizasyonuna (PSO) yönelik yaklaşımlar, böcek sürülerinin davranışlarından ilham almaktadır. Özellikle, bir arı sürüsü polen bulunma olasılığı yüksek olduğu için, çiçek yoğunluğunun en fazla olduğu bölgede polen aramaktadır. Aynı fikir, hesaplamada bir algoritma şeklinde uygulanarak

farklı optimizasyon ve arama sistemlerinde kullanılmaktadır (Pena v.d., 2021) . Vehlken'e göre, sürü zekası ve etmen tabanlı bilgisayar simülasyonu gibi tekniklerin kullanımı, mevcut mimarinin harekete odaklanmasına yol açmaktadır. Vehlken, analiz edilebilen ve değerlendirilebilen çok sayıda farklı durumla ilgili olarak, arzu edilen farklı geleceklere ilişkin çeşitli bakış açıları sunulacağını öngörmektedir (Vehlken, 2014).

Gelişmekte olan bu süreçte mimardan bir yazılım geliştiricisi veya tasarım bilişi uzmanı gibi davranmasını beklemek gerçekçi değildir. Ancak zamanla teknoloji alanında ortaya çıkan birçok buluş gibi yapay zeka araçları da kullanım kolaylığı açısından daha erişilebilir hale gelmektedir. Nasıl günümüzde 3D yazıcı kullanmak için elektronik mühendisi olmak gerekmiyorsa, yapay zeka araçlarını kullanmak için ileri düzeyde yazılım bilgisi gerekmeyeceği zamanlar da çok uzak değildir. Bu durumda önemli olan, mimarın yapay zeka araçlarını sıfırdan programlayabilecek kadar derinlemesine anlamaktan ziyade kendi pratiğini tanımlayabilmesi, kendi gramerini tanımlayarak mimari elemanları ve ilişkileri soyut bir şekilde dijital olarak ifade edebilmesidir.

Tasarım araçları mimari pratiğin nasıl ele alındığını, gerçekleştirildiğini ve nasıl öğretildiğini etkilemektedir. Durand'ın vurguladığı tarz temelli eğitimin ve mimari yaklaşımın tehlikesi, çağımızda dijital programların komutlarının ve algoritmaların potansiyeli dahilinde tasarım yapmak olarak kendini göstermektedir. Yalnızca tasarım programlarının potansiyeli dahilinde yapılan çalışmalar sonuca yansımakta ve tasarımcı için sağlıklı bir çerçeve tanımlayarak tektipleşme tehlikesini barındırmaktadır. Hesaplamalı tasarım süreçlerinin gelişimi dikkatle incelendiğinde, mimarın hızla gelişen teknoloji ve sürekli gelişen program ve güncellemeler karşısında kontrolü ele alabilmesi için kendi pratiğinin çerçevesini tanımlaması önem arz etmektedir.



3. ÜRETKEN ÇEKİŞMELİ AĞLAR VE MİMARİ TASARIM SÜREÇLERİNDE KULLANILACAK SİSTEMİ DESTEKLEYEN YAPILAR

Tasarım sürecinde olduğu gibi zeka için de kesinleşmiş evrensel bir tanım bulunmamaktadır. Belmann insan düşüncesiyle kurgulanmış aktivitelerin otomatize edilmesi olarak zekayı; McCarthy ise makinelerin insan beynine benzer şekilde modellenmesi olarak yapay zekayı tanımlamaktadır (McCarthy, 1956) (Belmann, 1978). Yapay zeka bilgisayar bilimlerinden tasarım alanına birçok farklı disiplinin ortak çalışma alanına dahil olmaktadır. Evrimsel algoritmaların geliştirilmesiyle beraber 20.yüzyılda yapay zeka alanında yapılan çalışmalar sadece teorik tartışmalar olmaktan çıkıp deneylerle geliştirilmektedir (Buchanan, 2005).

Shannon ve Turing'in 50'lilerde dijital satranç programıyla başlayan bu hareket 1970lerde geniş bellek kapasiteli bilgisayarlar üretilmesi ile doğal dilleri anlayan bilgisayar yazılımlarının geliştirilmesi üzerine odaklanmaktadır. İnsan gibi düşünen ve davranan bir bilgisayar arayışı içinde iken insan-makine iletişiminin kurgulanması ön plana çıkmaktadır. Doğal dil işleme, bilginin gösterimi; depolanması, otomatik us yürütme (bilgiyi kullanarak yeni sonuçlar üretilme), öğrenme (yeni koşullara adapte olarak kalıpları saptama), nesneleri algılamak adına görme ve nesneleri hareket ettirebilmek için robotik çalışmaları yapay zeka kapsamında devam etmektedir. İnsanlaşma yolunda çeşitlenen ve derinleşen bu yapay zeka algoritmalarının alt dallarında bulunan derin öğrenme ve makine öğrenmesi veri setleri ile algoritmaların eğitilerek geliştirilmesidir.

Geleneksel çalışan programlar iyi tanımlı problemlere kesin sonuçlar verirken, yapay zeka tabanlı programlar hüristik anlama yöntemlerini kullanarak iyi tanımlanamayan problemler için de bir çözüm aralığı üretebilmektedir.

Bu bölümde öncelikle GAN ve DCGAN algoritmalarının çalışma prensipleri incelenmekte sonrasında ise bu teknoloji yardımıyla yapılan çalışmalara yer verilmektedir.

3.1 Üretken Çekişmeli Ağlar

Makine öğrenimi, bir bilgisayar programının insan müdahalesi olmadan öğrenebileceği ve yeni verilere uyum sağlayabileceği bir yapay zeka (AI) alanıdır. Bütün makine öğrenimi algoritmaları yapay zeka iken bütün yapay zeka algoritmaları makine öğrenimi olarak tanımlanmamaktadır.

Makine öğrenimi metodlarından Variational Autoencoder (VAE) ve Generative Adversarial Network (GAN) derin öğrenme üretken modelleme algoritmalarının iki modern örneği olmakla beraber bu çalışma kapsamında Derin Evrimsel Üretken Çekişmeli Ağ (DCGAN) kullanılacaktır.

Makine öğrenimi ile ilgili olarak Ian Goodfellow ve ekibinin yaptığı çalışmalar sonucu geliştirilen Üretken Çekişmeli Ağ (Generative Adversial Network (GANs)); algoritmanın eğitimi için oluşturulan veri setiyle aynı istatistiklere sahip yeni veri üretmeyi öğrenebilmektedir. Bu durum sayesinde makine öğrenimi algoritmalarını yaratıcı süreçlerde kullanmak üzere denemeler yapılmasının önü açılmaktadır.

Üretken çekişmeli ağlar Ian Goodfellow ve grubu tarafından 2014 yılında NIPS konferansında tanıtılana kadar kullanılan öğrenme algoritmaları sınıflama, kümeleme gibi görevleri gerçekleştirebilmekteydi. Üretken Çekişmeli Ağları diğer öğrenme algoritmalarından ayıran ve tasarım disiplini üzerine yapılan çalışmalarda da kendine yer edinmesini sağlayan unsur, bu denetimsiz öğrenme algoritmasının yaratıcılık özelliğinin de bulunmasıdır.

GAN modeli birbiri ile sürekli bağlantılı olarak çalışan ayırt edici (discriminator) ve üretici (generator) olarak adlandırılan iki farklı yapay sinir ağ yapısından oluşur. Bu model üreticide örnek veri setinden üretilen imajlar ayırt edici modül tarafından kaynak veri seti ile karşılaştırılarak imajı gerçek ya da sahte oluşuna göre ayırmaktadır

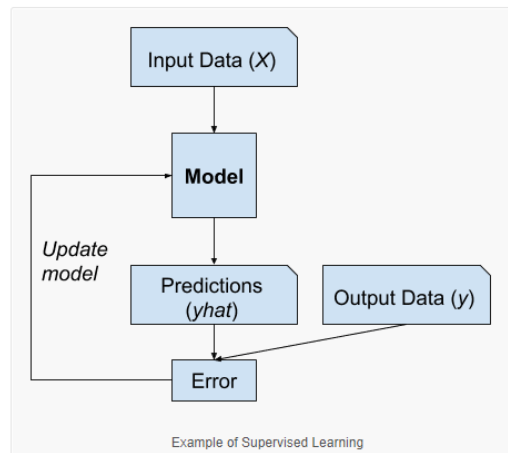
Üretken Çekişmeli Ağlar (GAN), evrimsel sinir ağları gibi derin öğrenme yöntemlerini kullanan üretken modellemeye yönelik bir yaklaşımdır. Üretken modelleme, modelin orijinal veri kümesinden çıkarılmış olabilecek yeni örnekler oluşturmak veya çıktı almak için kullanılabilecek şekilde girdi verilerindeki düzenlilikleri veya örüntüleri otomatik olarak keşfetmeyi ve öğrenmeyi içeren makine öğreniminde denetimsiz bir öğrenme görevidir.

GAN'lar, problemi yeni örnekler oluşturmak için eğitilen oluşturucu model ve örnekleri gerçek olarak sınıflandırmaya çalışan ayırmacı modelden oluşan iki alt modelle denetimli bir öğrenme problemi olarak çerçeveleyerek üretken bir modeli eğitmenin akıllıca bir yoludur. İki model, sıfır toplamlı bir oyunda, çekişmeli olarak, ayırmacı model yaklaşık yarı yarıya kandırılana kadar birlikte eğitilmekte, bu süreç sonunda üretici modeli makul örnekler üretme yetisini kazanmaktadır.

GAN'lar, özellikle yaz fotoğraflarını kışa veya güne çevirmek gibi görüntüden görüntüye çeviri görevlerinde, medikal görüntü işleme ve hastalık tespiti çalışmalarında, çeşitli mühendislik alanlarında gerçekçi örnekler oluşturma yeteneklerinde kullanılan üretken yapay zeka modelleridir (url-1).

3.1.1 Denetimli (Supervised) ve Denetimsiz (Unsupervised) Öğrenme Modelleri

Tipik bir makine öğrenimi probleminde veri seti içinde bulunan örüntüleri keşfedebilmek için tahmin yapmaya dayalı modeller kullanılmaktadır. Bu, her biri girdi değişkenleri (X) ve çıktı sınıfı etiketleri (y) olan, örnekler adı verilen birden çok veriden oluşan; bir modeli eğitmek için kullanılan bir eğitim veri kümesi gerektirir. Bir model, girdi örnekleri göstererek, çıktıları tahmin etmesini sağlamak üzere ve çıktıları beklenen çıktılarına daha çok benzetmek amacıyla modeli düzelterek eğitilmektedir. Modelin bu düzeltmesine genellikle denetimli öğrenme adı verilmektedir (Murphy, 2012).



Şekil 3.1: Denetimli öğrenme modeli (Url-1).

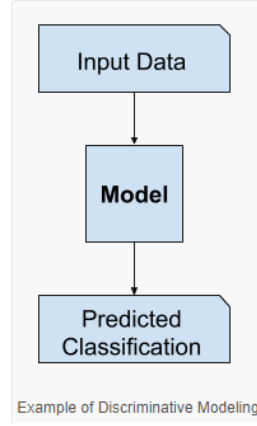
Modele yalnızca girdi değişkenlerinin (X) verildiği ve problemin herhangi bir çıktı değişkenine (y) sahip olmadığı başka bir öğrenme paradigması da bulunmaktadır. Girdi verilerindeki kalıpların çıkarılması veya özetlenmesiyle bir model oluşturulmaktadır. Model hiçbir şey öngörmediği için modelde herhangi bir düzeltme bulunmamaktadır.

“İkinci ana makine öğrenimi türü, tanımlayıcı veya denetimsiz öğrenme yaklaşımıdır. Burada bize yalnızca girdiler verilir ve amaç verilerde “ilginç kalıplar” bulmaktır. Bu çok daha az iyi tanımlanmış bir problemdir, çünkü ne tür örüntüler arayacağımız bize söylenmemektedir ve kullanılacak bariz bir hata ölçüsü yoktur (y tahminimizi bir a için karşılaştırabildiğimiz denetimli öğrenmenin aksine gözlenen değere x verilir).” (Murphy, 2012).

Bu düzeltme eksikliğine denetimsiz öğrenme denilmektedir. Denetimsiz öğrenme sorunlarının örnekleri arasında K-ortalamalar ve Üretken Çekişmeli Ağlar gibi kümeleme ve üretici modelleme yer almaktadır. Bu çalışma kapsamında verilerde aranan ve Murphy’nin “ilginç kalıplar” olarak adlandırdığı örüntüler mimari tasarım problemlerinde tanımlanamayan ancak örneklerle soyut bir şekilde aktarılabilen tasarım ilişkileri olarak ele alınmaktadır.

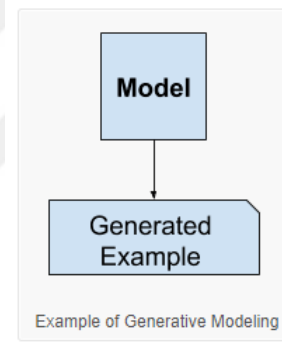
3.1.2 Ayırmacı (Discriminative) ve Üretken (Generative) Öğrenme Modelleri

Denetimli öğrenmede, girdi değişkenlerine bir sınıf etiketini tahmin etmek için bir örnek verilen model geliştirmekle ilgilenilmektedir. Bu tahmine dayalı modelleme görevine sınıflandırma adı verilmektedir. Sınıflandırma, geleneksel olarak ayırmacı modelleme olarak da adlandırılmaktadır (Bishop ve Nasrabadi, 2006). Bunun nedeni, bir modelin sınıflar arasında girdi değişkenlerinin örneklerini ayırt etmesi gerekmekte; belirli bir örneğin hangi sınıfa ait olduğunu seçmekte veya karar vermektedir.



Şekil 3.2: Ayırıcı öğrenme modeli (Url-1)

Alternatif olarak, girdi değişkenlerinin dağılımını özetleyen denetimsiz modeller, girdi dağılımında yeni örnekler oluşturmak veya oluşturmak için kullanılabilir. Bu nedenle, bu tür modeller üretken modeller olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 3.3: Üretken öğrenme modeli (Url-1).

Örneğin, tek bir değişken, Gauss dağılımı veya çan şekli gibi bilinen bir veri dağılımına sahip olabilmekte; üretken bir model, bu veri dağılımını özetleyerek daha sonra girdi değişkeninin dağılımına makul bir şekilde uyan yeni değişkenler oluşturmak için kullanılabilir.

3.1.3 Üretken Çekişmeli Ağ Modeli : Üretici ve Ayırıcı Model

Üretken Çekişmeli Ağlar veya GAN'lar, derin öğrenme tabanlı üretken bir modeldir.

GAN mimarisi ilk olarak 2014 yılında Ian Goodfellow ve ark. “Üretken Çekişmeli Ağlar ” isimli çalışmada literatüre kazandırılmaktadır. Daha kararlı modellere imkan sağlayan Deep Convolutional Generative Adversarial Networks veya DCGAN adı verilen standart bir yaklaşım daha sonra Alec Radford ve diğerleri tarafından 2015

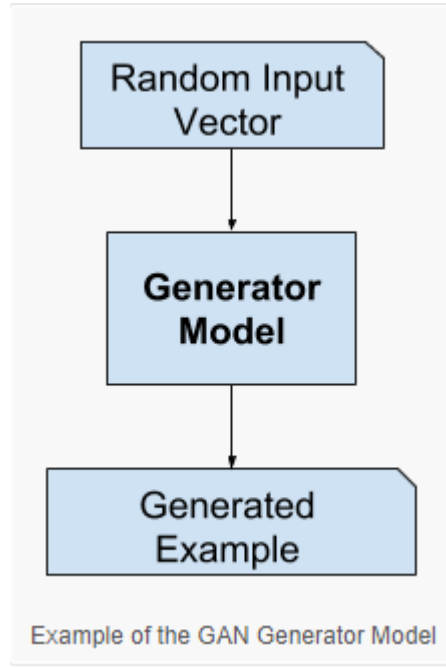
tarıhlı “Derin Evrişimli Üretken Çekişmeli Ağlar ile Denetimsiz Temsil Öğrenmesi” başlıklı makale ile tanıtılmaktadır. Günümüzde çoğu GAN bir şekilde DCGAN mimarisine dayanmaktadır (Goodfellow, 2016).

GAN model mimarisi yeni örnekler oluşturmak için bir üretici modeli ve üretilen örneklerin gerçek veya üretici model tarafından oluşturulan sahte örnek olup olmadığını sınıflandırmak için bir ayırıcı model olmak üzere iki alt model içermektedir. Üretici model problem alanından yeni makul örnekler oluşturmak için kullanılan modeldir. Ayırıcı model ise örnekleri jeneratörün ürettiği oluşturulmuş alandan mı yoksa gerçek örneklerin bulunduğu alandan mı olduklarına dair sınıflandırmak için kullanılan modeldir. Üretken Çekişmeli Ağlar, üretici ağın bir rakiple rekabet etmesi gereken bir oyun teorisi senaryosuna dayanmaktadır. Üretici ağı doğrudan örnekler üretirken rakibi olan ayırıcı ağ, eğitim verilerinden alınan örnekler ile üreticiden alınan örnekler arasında ayırım yapmaya çalışmaktadır (Goodfellow, 2016).

Üretici modeli

Üretici modeli, girdi olarak sabit uzunlukta rastgele bir vektör olarak etki alanında bir örnek oluşturmaktadır. Vektör, bir Gauss dağılımından rastgele çekilerek üretici süreçte veri seti oluşturmak için kullanılmaktadır. Eğitimden sonra bu çok boyutlu vektör uzayındaki noktalar, problem alanındaki noktalara karşılık gelen, veri dağılımının sıkıştırılmış bir temsilini oluşturmaktadır. Bu vektör uzayına gizli uzay veya gizli değişkenlerden oluşan bir vektör uzayı denmektedir. Gizli değişkenler bir etki alanı için önemli olan ancak doğrudan gözlemlenemeyen rastgele değişkenlerdir. (Goodfellow, 2016).

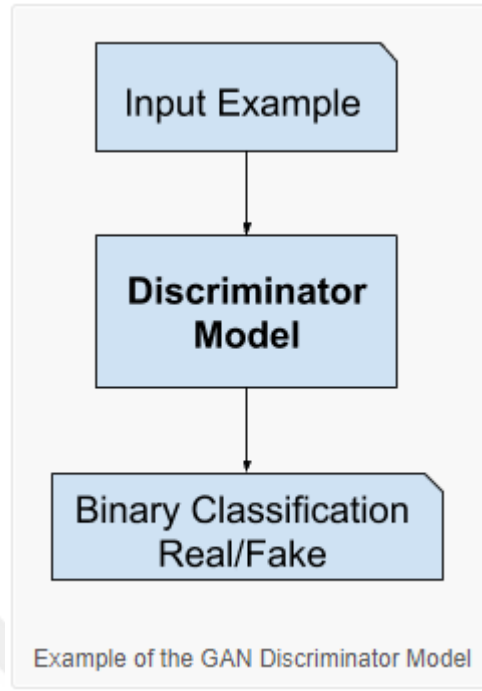
Gizli alan, girdi verisi dağılımı gibi gözlemlenen ham verilerin sıkıştırılmasını sağlamaktadır. GAN'lar söz konusu olduğunda, üretici modeli, seçilen bir gizli uzaydaki noktalara anlam atfetmekte, böylece gizli uzaydan çizilen yeni noktalar üretici modeline girdi olarak sağlanabilmekte ve yeni farklı çıktı örnekleri oluşturmak için kullanılmaktadır. Bu sayede makine öğrenimi modelleri, görüntülerin, müziğin ve hikayelerin istatistiksel gizli alanını öğrenebilmekte ve daha sonra bu alandan örnek olarak modelin eğitim verilerinde gördüğüne benzer özelliklere sahip yeni sanat eserleri yaratabilmektedir (Chollet, 2017).



Şekil 3.4: GAN Üretici öğrenme modeli (Url-1).

Ayırıcı modeli

Ayırıcı model, etki alanından girdi (gerçek veya oluşturulmuş) olarak bir örnek alarak gerçek veya sahte (oluşturulmuş) ikili sınıf etiketini tahmin etmektedir. Gerçek örnekler eğitim veri kümesinden, üretilen örnekler ise üretici modelden alınmaktadır. Bazen üretici model, problem alanındaki örneklerden özellikleri etkili bir şekilde çıkarmayı öğrendiği için yeniden kullanılabilir. Öznetelik çıkarma katmanlarının bir kısmı veya tamamı, aynı veya benzer girdi verileri kullanılarak transfer öğrenme uygulamalarında kullanılabilir. Bu sayede ayırıcı modeller tarafından oluşturulan öznetelik katmanları mimari bilgi aktarımı konusunda kümülatif bilgi arşivinin araçsallaşması potansiyelini taşımaktadır.



Şekil 3.5: GAN Ayırıcı öğrenme modeli (Url-1).

3.1.4 Üretken Çekişmeli Ağ (GAN) Modelinin İki Oyunculu Çalışma Mantığı

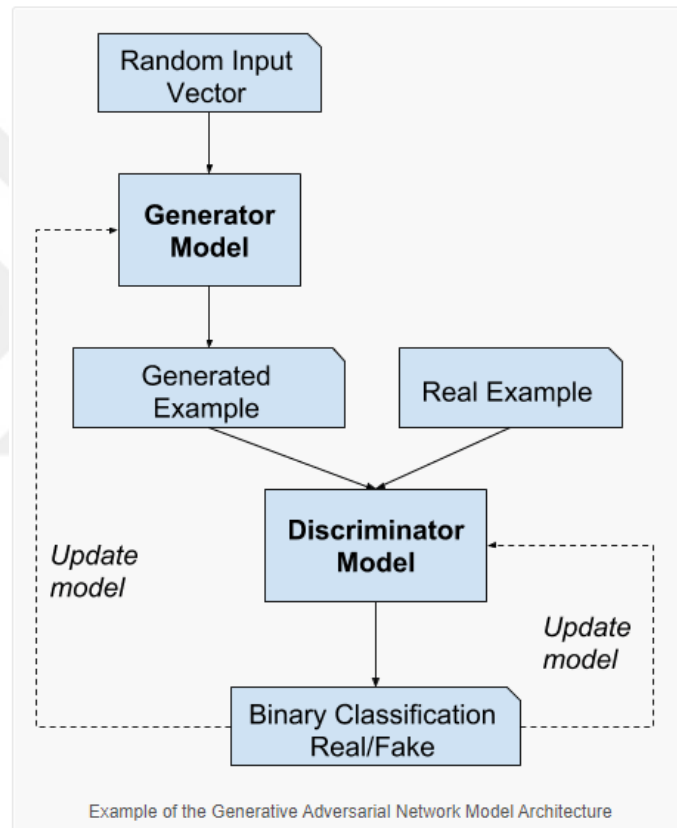
Üretken modelleme, denetimsiz bir öğrenme sorunudur. Ancak GAN mimarisinin akıllı bir özelliği, üretici modelin eğitiminin denetimli bir öğrenme sorunu olarak çerçevelenmesidir. Üretici ve ayırıcı modeli birlikte eğitilmektedir. Oluşturucu bir grup numune üretmekte ve bunlar, alandan gerçek örneklerle birlikte ayırıcı modele sunulup gerçek veya sahte olarak sınıflandırılmaktadır. Ayırıcı bir sonraki turda (epoch) gerçek ve sahte örnekleri ayırt etmede daha iyi olması için güncellenmekte ve üretici, oluşturulan örneklerin ayırıcı modeli ne kadar iyi kandırıp kandırmadığına bağlı olarak güncellenmektedir.

“Üretici bir kalpazan gibi, sahte para kazanmaya çalışan, ayırıcı ise polis gibi, meşru olmayan paraya izin vermeyen ve sahte parayı yakalamaya çalışan olarak düşünülebilir. Bu oyunda başarılı olmak için, kalpazan gerçek paradan ayırt edilemeyen para kazanmayı öğrenmeli ve üretici model, eğitim verileriyle aynı dağıtımdan alınan örnekler oluşturmayı öğrenmelidir.” (Goodfellow, 2016).

Bu şekilde iki model birbiriyle rekabet etmekte, oyun teorisi anlamında rakip olmakta ve sıfır toplamı bir oyun oynamaktadır. Bu durumda sıfır toplam, ayırıcı gerçek ve sahte örnekleri başarıyla tanımladığında, ödüllendirildiği veya model parametrelerinde herhangi bir değişikliğe gerek olmadığı; üreticinin ise model

parametrelerinde büyük güncellemelerle cezalandırıldığı anlamına gelmektedir. Alternatif olarak, üretici ayırıcıyı kandırıldığında ödüllendirilmekte veya model parametrelerinde herhangi bir değişiklik yapılması gerekmemekte, ancak ayırıcı cezalandırılmakta ve model parametreleri güncellenmektedir.

Eğitimin sonunda, üretici her seferinde giriş etki alanından mükemmel kopyalar üretmekte ve ayırıcı farkı söyleyemeyerek her durumda "emin değilim" (örneğin gerçek ve sahte olarak tanımlanma ihtimali için %50 sonucunu vererek) tahmininde bulunmaktadır. Ancak kullanışlı bir Üretken Çekişmeli Ağ modeli için bu doğruluk payının %100'e ulaşmasına gerek duyulmamaktadır.

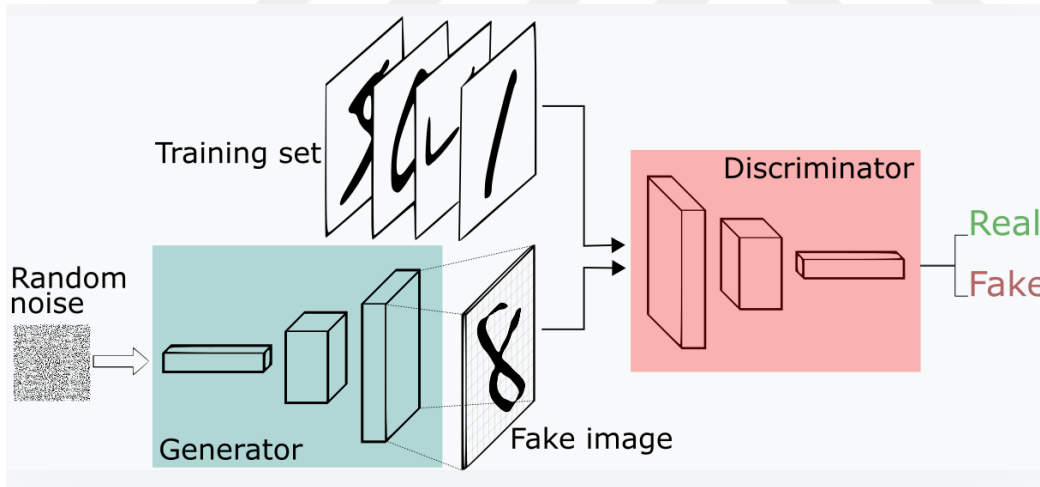


Şekil 3.6: GAN Modeli (Url-1).

3.1.5 Derin Evrimsel Üretken Çekişmeli Ağ (DCGAN)

GAN'lar tipik olarak görüntü verileriyle çalışmakta; üretici ve ayırıcı modeller olarak Evrimsel Sinir Ağlarını (CNN'leri) kullanmaktadır. Görüntü verilerinin modellenmesi, üreticiye girdi olan gizli alanın, modeli eğitmek için kullanılan görüntü veya fotoğraf kümesinin sıkıştırılmış bir temsilini sağladığı anlamına gelmektedir. Ayrıca, oluşturucunun, model geliştiricileri veya kullanıcıları tarafından kolayca görüntülenebilen ve değerlendirilebilen bir çıktı sağlayan yeni görüntüler

veya fotoğraflar oluşturduğu anlamına gelmektedir. Bu çalışma kapsamında GAN'ın alt modellerinden biri olan Derin Evrişimsel Üretken Çekişmeli Ağ kullanılmaktadır (Deep Convolutional GAN (DCGAN)). DCGAN, sırasıyla ayırıcı ve üreticide açıkça evrişimsel ve evrişimsel-devrik katmanları kullanması dışında yukarıda açıklanan GAN'ın doğrudan bir uzantısı olarak tanımlanmaktadır (Radford v.d., 2015). Derin Evrişimli Üretken Düşman Ağları ile Denetimsiz Temsil Öğrenme makalesinde, ayırıcı, adımli evrişim katmanlarından, toplu norm katmanlarından ve LeakyReLU aktivasyonlarından oluşmaktadır. Giriş, 3x64x64 giriş görüntüsüdür ve çıkış, girişin gerçek veri dağılımından geldiğine dair ölçülebilir bir olasılıktır. Üretici, evrişimli devrik katmanlardan, toplu norm katmanlarından ve ReLU aktivasyonlarından oluşmaktadır. Giriş, standart bir normal dağılımdan çizilen gizli bir vektör z 'dir ve çıkış 3x64x64 RGB görüntüsüdür. Adımlı konv-devrik katmanlar, gizli vektörün bir görüntü ile aynı şekile sahip bir hacime dönüştürülmesine izin verir. Radford'un çalışmasında ayrıca optimize edicilerin nasıl kurulacağı, kayıp fonksiyonlarının nasıl hesaplanacağı ve model ağırlıklarının nasıl başlatılacağı hakkında açıklamalar yer almaktadır (Radford v.d., 2015).



Şekil 3.7 : DCGAN Modeli (Url-1).

3.1.6 Kütüphane ve Modeller

Hesaplama gücündeki artışın yanı sıra algoritmik tabanın TensorFlow, Keras, Caffe, CNTK, Accord.NET ve daha fazlası gibi genel kullanıma açık kitaplıklara olgunlaşması, ayrıca bu kaynakların üzerine inşa edilen hizmetler, örneğin: Microsoft Azure, Amazon Machine Learning ve Google Cloud Platform, diğer alanlarda ve

mesleklerde makine öğrenimi tabanlı uygulamaların hızla yaygınlaşması için bir temel sağlamaktadır (Tamke, 2018).

3.2 Veri

3.2.1 Veri Çoğaltma

Bilgisayarla görme (computer vision) gibi alanlarda derin öğrenme yöntemlerinin kullanımındaki birçok büyük ilerlemeden biri, veri çoğaltma adı verilen bir tekniktir. Veri çoğaltma, daha iyi performans gösteren modellerle sonuçlanmakta; hem model becerisini arttırmakta hem de düzenlileştirme etkisi sağlayarak genelleme hatasını azaltmaktadır. Modelin üzerinde eğitildiği girdi problemi alanından yeni, yapay ancak makul örnekler oluşturarak çalışmaktadır. Teknikler, eğitim veri kümesindeki mevcut görüntülerin kırpma, çevirme, yakınlaştırma ve diğer basit dönüşümlerini içeren görüntü verilerini oluşturmaya odaklanmaktadır. Başarılı üretken modelleme, veri çoğaltma için alternatif ve potansiyel olarak daha alana özgü bir yaklaşım sağlamaktadır. Veri çoğaltma, üretken modellemenin basitleştirilmiş bir versiyonu olarak kullanılmaktadır (Hastie, 2016).

Karmaşık alanlarda veya sınırlı miktarda veri içeren alanlarda, üretken modelleme, modelleme için daha fazla eğitime giden bir yol sağlamaktadır. Mimari tasarım sürecinde kullanılacak algoritmaları eğitmek için oluşturulan eğitici veri kümelerinde gerekli veri kümesi büyüklüğüne ulaşabilmek için veri çoğaltma yöntemleri önem taşımaktadır.

GAN'ların yüksek boyutlu verileri modelleme, eksik verileri işleme konusundaki başarılı yetenekleri ve çok modlu çıktılar veya birden çok makul yanıt sağlama kapasitesi, veri çoğaltma yöntemleri ile desteklendiğinde mimari araştırmalar için güçlü bir araç haline gelmektedir.

3.2.2 Veri Kazıma

Veri kazıma web sitelerinden veri çıkarma işlemi anlamına gelmektedir. Bu çalışma kapsamında özelleştirilmiş bir programdan ziyade Python dili ile veri kazıma yöntemi ele alınmaktadır. Veri toplama işlemi otomatikleştirilerek makine öğrenimi algoritmaları için toplanması gereken yüksek miktarda veri, daha kısa sürede toplanabilmekte ve sınıflandırılabilir. Bu sebeple veri kazıma yapay zeka destekli mimari tasarım süreci çalışmalarında önem arz etmektedir.

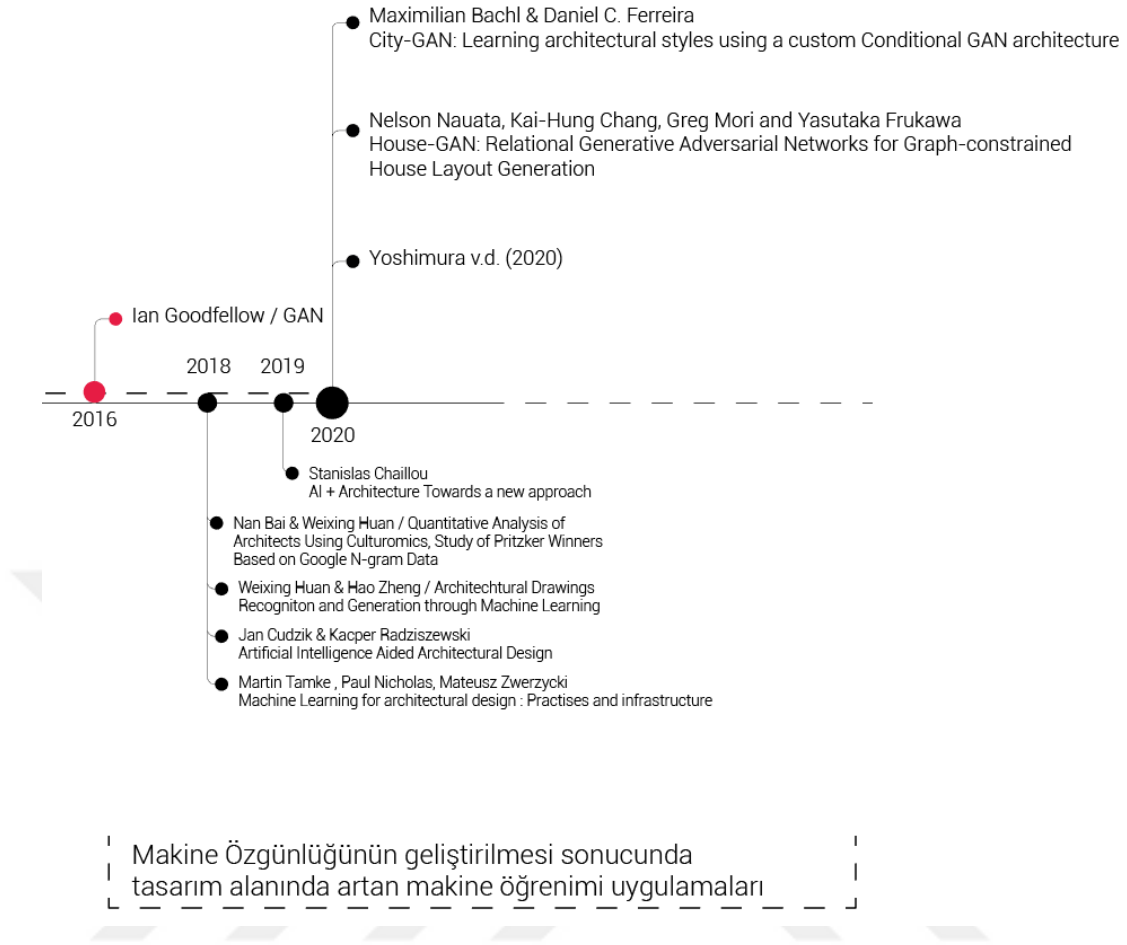
Web siteleri HTML gibi metin tabanlı biçimlendirme dilleri ile oluşturulmakta ve düzenlenmektedir. Web sitesinin içeriğini tanımlayan biçimlendirme dillerinde etiketler bulunduğu için HTML ile oluşturulmuş bir web sitesinin içeriğini indirerek istenilen verilerin ayrıştırılması yöntemi kullanılmaktadır. Python dili ile oluşturulmuş BeautifulSoup kütüphanesi XML ve HTML dosyalarını indirmek, düzenlemek ve ayırt etmek için kullanılmaktadır.

Yaygın kullanımı bir web sitesindeki bütün linkleri sıralayarak, linklere tek tek ulaşp içeriğine ulaşarak hedeflenen veri kümesinin indirilmesidir.

3.3 Üretken Çekişmeli Ağ Kullanılarak Yapılmış Güncel Çalışmalar

Pena ve ekibi mimari tasarımda otomatizasyon çalışması adı altında yapay zeka ile yapılan mimari çalışmaları şu kategorilere ayırmaktadır; Tasarım Araştırmaları, Morfogenesiz, Yapı Formu, Çatı Formu, Cephe Tasarımı, Layout Tasarımı, Plan (Pena v.d., 2021).

Bu çalışma kapsamında incelenen araştırma projeleri mimari tasarımda form arama ve tasarım süreçlerinin erken aşamalarını kapsayan çalışmalar arasından seçilmektedir. Sürdürülebilir hesaplamalı tasarım yöntemleri ve tasarımın optimizasyonu üzerine yapay zeka ve makine öğrenimi teknikleri ile yapılmış çalışmalar bu araştırmanın kapsamının dışında kalmaktadır. İncelenen araştırmalar atıf sayısı ve kendisinden sonra yapılan araştırmalara sağladığı katkı ve öncül, özgün olup olmaması kriterleri göz önüne alınarak seçilmiştir.

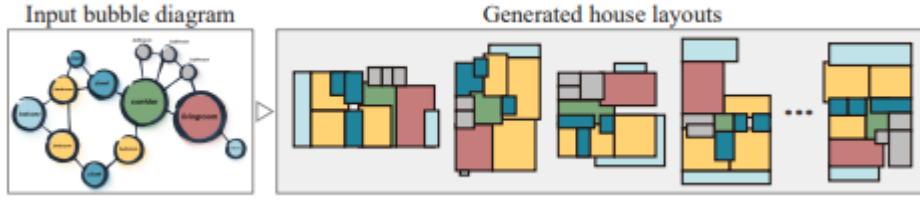


Şekil 3.8: Üretken Çekişmeli Ağ kullanılarak yapılmış güncel çalışmalar.

Mimari plan algılama ve üretme

2018 yılında Zheng ve Huang tarafından yapılan araştırmada bir GAN türü olan Pix2Pix algoritması ile mimari plan üretimi ele alınmaktadır. Burada algoritma planın algılanması ve üretimi üzerine eğitilmiş, mimari plan imajları GAN modeli tarafından işlenerek mimari planda yer alan mekanlar fonksiyonlarına ve sınırlarına göre renklendirilmiş ve ayrılmıştır. Eğitim kümesinde yer alan imajlar emlak sitelerinden veri kazıma yöntemi ile elde edilmiştir (Zheng v.d.,2018).

Bir başka çalışmada balon diyagramlardan hangi fonksiyonun nerede olacağı önceden tasarımcı tarafından belirlenerek konut plan şeması üretilmektedir. HouseGAN algoritması ile yapılan bu çalışmada sınırlar önceden belirlenerek gerekli yere duvar atanması sonucunda konut plan şemaları elde edilmektedir (Nauata v.d., 2020).



Şekil 3.9: HouseGAN Modeli (Nauata,2020).

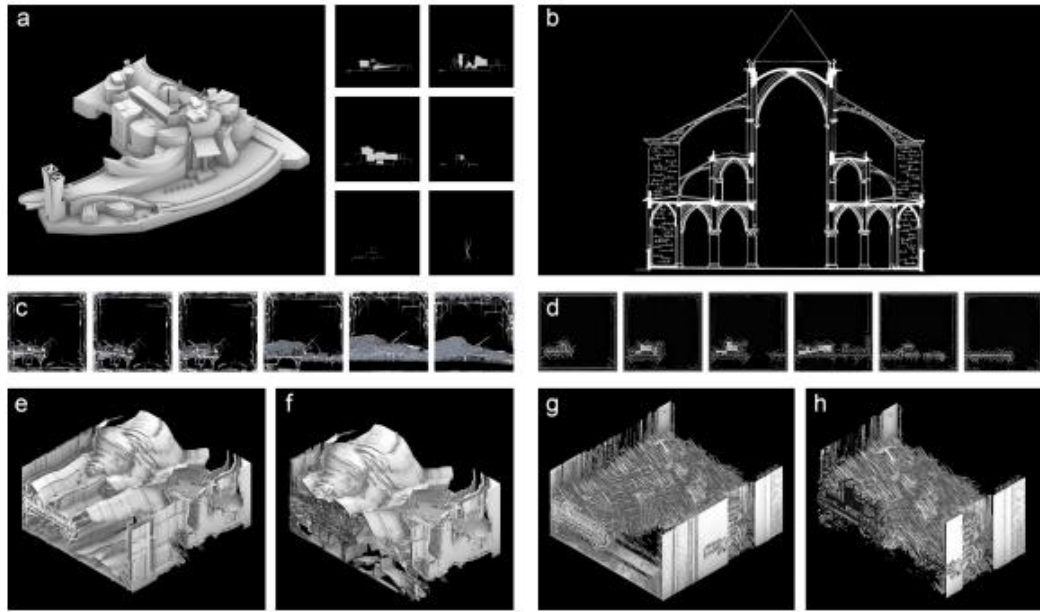
Sınıflandırma

Yoshimura, Cai, Wang ve Ratti yayınladıkları makalede, farklı mimarların mimari tasarımları arasındaki görsel benzerlikleri ölçmek için derin öğrenme ve bilgisayarla görü (computervision) alanlarında en son teknikleri uygulamaktadır. Sanal doku yöresinden kazınmış mimari eser imajlarının koleksiyonundan oluşan bir veri seti kullanarak, önce 34 farklı mimara ait işleri sınıflandırmada %73 doğruluk elde edebilen bir derin evrişimsel sinir ağı (DCNN) modeli eğitilmektedir. Eğitimli DCNN modelindeki ağırlıkları inceleyerek, model tarafından dolaylı olarak öğrenilen mimarlar arasındaki görsel benzerlikleri nicel olarak ölçülebilmektedir. Bu ölçüyü kullanarak, benzer olduğu belirlenen mimarları kümelemekte ve bulguları mimarlık tarihçileri ve teorisyenleri tarafından yapılan geleneksel sınıflandırmayla karşılaştırmaktadırlar. Mimari tasarımlardan oluşan kümelenmeler mimarlık tarihindeki geleneksel görüşleri dikkate değer biçimde desteklemekte ve öğrenilen mimari özellikler, geleneksel mimari tasarım anlayışıyla da uyumlu bulunmaktadır. Bu çalışmayla birlikte mimari sınıflandırma konusunda eğitilmiş bir algoritma gözlemlenmekte, mimari tasarımları tamamen görsel görünümüne dayalı olarak bilgisayarla görme teknikleri aracılığıyla sınıflandırmayı önermektedir. Sorulan soru, son teknoloji derin öğrenme tekniklerinin her bir mimarın ayırt edici tasarım özelliklerini tanımlayıp, mimarlık tarihçileri ve teorisyenlerinininkine benzer bir şekilde kümeleyip tanımlayamayacağıdır. Böylece yapay zekanın modern ve çağdaş mimarideki tasarımları sınıflandırma yeteneğini göstermektedirler (Yoshimura v.d., 2020). Makine öğrenmesi ile içsel olarak öğrenilen ayırıcı faktörlerin çalışma sonunda mimarlık araştırmacılarını da aydınlatması beklenmektedir. Makine gözü tabanlı sınıflandırma, mimari tasarım anlayışımızı geliştirmek için sonuç ürün olarak bilgi sunmaktadır.

Stil transferi

Yapay zeka destekli mimari tasarım alanında yapılan ve öne çıkan çalışmalar arasında Chaillou'nun stil transferi ve plan şeması üreten çalışması GAN algoritmalarının mimari tasarım alanındaki potansiyelini vurgulayan öncü araştırmalar arasındadır (Chaillou, 2019). Ancak Durand'ın da vurguladığı gibi mimari tasarımı belirli bir stilin kalıpları içerisinde değerlendirmek yetersiz bir yaklaşımdır. Stil transferi üzerine yapılan çalışmalar belirli bir veri setini modern stilden rönesans stiline çevirmek gibi örneklenebilecek eklektik yaklaşımlar barındırmaktadır.

Zhang ve ekibinin 2020 yılında yaptıkları araştırmada üç boyutlu modeller arasında da stil transferi sağlanmıştır (Zhang, 2020). Bu çalışmada da eklektik sonuçlar dışında bir bulguya rastlanmamaktadır.



Şekil 3.10: 3B modeller arası stil transferi (Zhang,2020).

FrankenGAN algoritması ile cephe fotoğraflarından, CityGAN algoritması ile şehir fotoğrafları üzerinden stil transferi sağlanan araştırmalar da mevcuttur (Bachl, 2020) (Ferreria, 2020).

Plan ve kesit üzerinden 3 boyutlu model üretimi

Hang Zhang ve ekibinin çalışmasında belirli bir plan ve kesit kümesi üzerinden veri çoğaltma yöntemleri ile çoğaltılmış eğitim seti ile plan ve kesitler üretilmektedir. Üretilen kesit ve planlar GAN algoritması dışında birleştirilerek üç boyutlu modeller elde edilmektedir (Zhang, 2019). Bu çalışma GAN algoritması ile plan şeması ve kesit üretimi gerçekleştirildiği için ön plana çıkmaktadır ancak üç boyutlu formların üretimi GAN algoritmaları ile değil CAD programlarında birleştirilerek sağlandığı için yapay zeka destekli bir üç boyutlu model üretimi söz konusu değildir.



4.DERİN EVRİŞİMSEL ÜRETKEN ÇEKİŞMELİ AĞ DESTEKLİ TEK AİLELİK KONUT TASARIM MODELİ ÖNERİSİ

4.1 Model ve Sistemi Hazırlama Aşaması

Önceki bölümlerde incelenen tasarım modelleri sonucunda önerilen tasarım modeli literatür araştırması (ön tasarım araştırması), yapının ihtiyaç programını oluşturma, şematik tasarım ve tasarım geliştirme olmak üzere dört bölümde ele alınmaktadır (Şekil 4.1).

Yapının inşaatının bitişine kadar ve hatta kullanıcıyla ilişki kurduğu aşamalarda bile tasarımında değişiklikler yapılmaktadır. Önerilen modelde ilk aşama olarak ihtiyaç programından da önce tipolojiye yönelik ön tasarım araştırması öngörülmektedir.

Ön tasarım aşamasında seçilen tipolojiye dair daha önce gerçekleştirilmiş tasarımlar, tipolojiye dair güncel tartışmalar ve yaklaşımlar, yapının lokasyonuna bağlı olarak çevresi, bulunduğu yerdeki toplumun sosyo-ekonomik yapısı ve kullanıcı profiline bağlı olarak yapının tasarım kriterlerinin belirlenmesi gibi aşamalar bulunmaktadır. Bu ön tasarım aşamasında mimarlar hem seçilen tipolojiyi anlamak adına araştırmalar yaparken hem de ihtiyaç programını da gözden geçirerek tasarımın erken eskizlerini oluşturmaya başlamaktadırlar.

Önerilen tasarım modelinde ikinci aşama ihtiyaç programının netleştirilmesidir. Bu aşamalar mimari tasarım sürecinde kronolojik olarak her zaman birbirini takip etmemekle birlikte zaman zaman iç içe geçerek ve zaman zaman ileri-geri gidilerek gerçekleştirilmektedir. İkinci adım olan ihtiyaç programının belirlenmesinde istenen tasarıma dair genel bilgiler edinilerek bir çerçeve çizilir. Bu adımda hem yapının fiziksel gereksinimleri hem de form ve niteliğine dair bağlamsal özelliklerinin mimarlar tarafından anlaşılması hedeflenir. İhtiyaç programı belirlendikten sonra ve gerekli ön tasarım araştırmaları yapıldıktan sonra istenen tasarımın kabaca nasıl bir yer kaplayacağı ve öznitelikleri hakkında kararlar eskiz, model, maket, CAD ve 3B programları ile yapılan çalışmalar ile belirlenmektedir. Bu tez kapsamında bu iki

aşama ile ilişkili üretilen imajlar ve fikirler mimari tasarım sürecinin erken aşamasında üretilen eskizler olarak ifade edilmektedir. Önerilen tek ailelik konut tasarım algoritması ile bu iki aşamayı destekleyecek ve erken mimari eskizlerin üretilmesinde asistanlık yapacak bir araç üretilmektedir.

Tek aile için konut tasarım modelinde ele alınan üçüncü ve dördüncü adımlar bu tez kapsamında deneylere dahil edilmemektedir. Ancak bütünleşik bir tasarım süreci kurgusu açısından bu modelin kapsamında şematik tasarım ve uygulama-tasarım geliştirme adımları da ele alınmaktadır. Tasarım sürecinin erken aşama eskizleri, kullanıcı ihtiyaçları, lokasyon ile kurulan fiziksel ve sosyo-ekonomik, bağlamsal ilişkiler üzerine çalışılırken yine iç içe bir süreç olarak yapının şematik tasarımı yani final adıma yönelik yapının neredeyse kesin ölçüleriyle nasıl olacağına dair çalışmalar yapılmaktadır. Şematik tasarım aşamasında plan, kesit, cephe tasarımı bütünleşik bir şekilde ele alınırken bir yandan yapının kütesine , doluluk-boşluk oranlarına, araziye fiziksel yerleşimine, peyzajına, malzeme seçimine dair önemli kararlar verilmektedir.

Önerilen modelde pencere boyutları, duvar kalınlıkları, döşeme tipleri, iç mekanda mobilyaların ve fonksiyonların ilişkileri gibi birçok konu uygulama ve tasarım geliştirme aşamalarında da ele alınmaktadır. Yapının tasarım sürecinde son aşaması olarak uygulama ve tasarım geliştirme aşaması ele alınmaktadır. Bu aşama şematik tasarım aşamasıyla iç içe ve bazen ileri-geri gidilerek ele alınmaktadır. Yapının uygulama ve tasarım geliştirme aşamasında şematik plan aşamasında net olarak ele alınmayan veya muğlak kararlar verilen konular netleştirilmektedir. Uygulama ve tasarım geliştirme aşamasında yapının gerçekleştirilebilmesi için statik, mekanik, elektrik gibi diğer disiplinlerle birlikte yapılan çalışmalarda yer yer tasarım kararlarına dair değişiklikler uygulanmaktadır. Bütünleşik bir tasarım modelinde ön tasarım araştırmasından uygulama ve tasarım geliştirme aşamasına kadar her adımda verilen kararlar yapının tasarım sürecine dahil edilmektedir.

Bu tez kapsamında tasarım öncesi araştırma ve ihtiyaç programı aşamalarıyla ilişkili ve hatta şematik tasarım aşamasının başlangıcı sayılabilecek tasarım sürecinin erken aşamalarında oluşturulan mimari eskizlere destek imajlar üretebilecek bir algoritma önerilmektedir.

Yapının ihtiyaç programını oluşturma kapsamında kullanıcı gereksinimleri, fiziksel gereksinimler gibi girdiler somut bir şekilde ifade edilebilmektedir. Ancak literatür

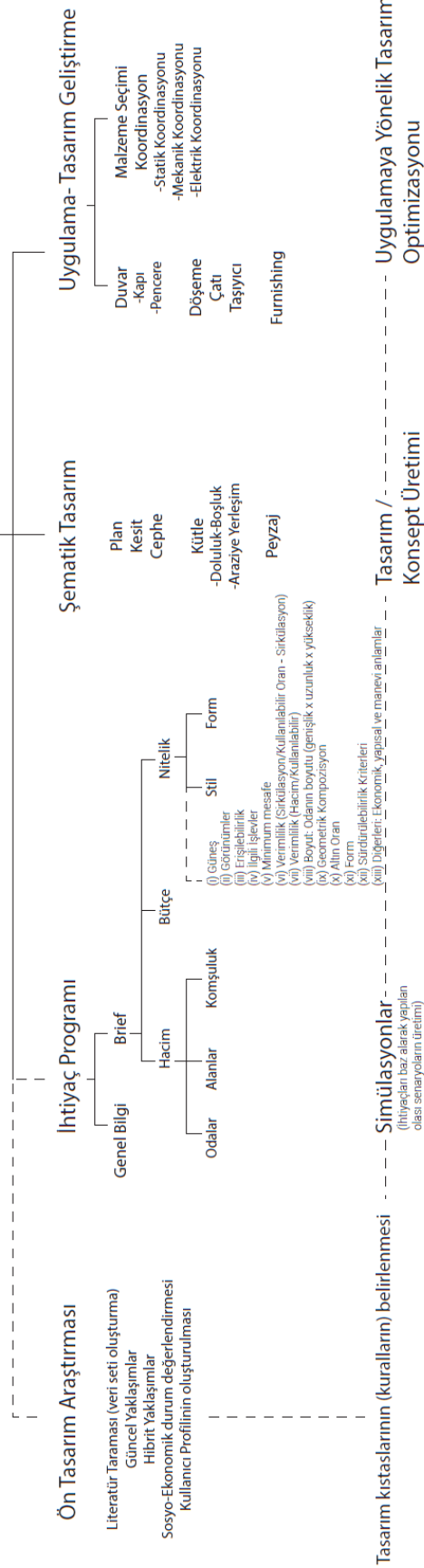
araştırmasından çıkarılan sonuçlar tasarımcının tasarım yaklaşımlarını şekillendirdiğinden bu semantik deneyimi dijital bir şekilde temsil etmek için GAN algoritmaları uygun bulunmaktadır. Önerilen bu bütünleşik süreçte hem bilgiye hem deneyime hem de kısıtlara dayalı bir tasarım süreci oluşturulmaktadır.

Bu çalışma kapsamında çağdaş yerel Türk mimari konut tipolojisinden örnekler seçilmektedir. Yapılan seçimlerin sübjektif olmaması açısından Vitra Çağdaş Mimarlık Dizisinin akademi ve sektörcü güvenilir danışmanları ve seçici kurulları tarafından onaylanarak hazırlanmış Konut Yapıları cildinde yer alan projeler öğretici veri kümesi olarak seçilmektedir. Vitra Çağdaş Mimarlık Dizisi'nin 5 numaralı Konut Yapıları cildinden seçilen projelerin planları, kesitleri ve cephe fotoğrafları internetten ve cildin kendisinden analog olarak ve veri kazıma yöntemleri ile toplanmaktadır. Pycharm ortamında BeautifulSoup kütüphanesi kullanılarak toplanan veriler düzenlenmektedir. Bir sonraki aşamada toplanan örnekler veri çoğaltma yöntemleri (kırpma, döndürme vb) ile çoğaltılarak eğitici veri seti oluşturulmaktadır.

Tez kapsamında yapılan deney için seçilen yapıların ilk aşamada planları, ikinci aşamada cephe fotoğrafları ile algoritma eğitilmekte, çıkan sonuçlar üzerinden mimari tasarımın erken aşamasında temel olarak kullanılabilecek bir veri seti üretilmesi hedeflenmektedir. Bu araştırma kapsamında kritik görülen GAN'ların iterasyondan ziyade özgünlük ve yaratıcılık bağlamında ele alınması koşulu ile eğitim sonucu üretilen verileri birebir kullanmaktan ziyade bu verilerden bir kural dizisi oluşturulmuştur. Daha sonra yapılacak araştırmalarda biçim grameri ve GAN algoritmalarının bir arada kullanılabilmesine olanak sağlayan bir kural dizisi üretilmesi için zemin hazırlanmaktadır.

Ön görülen tasarım modelinin şematik tasarım ve tasarım geliştirme basamaklarında biçim gramerleri ve makine öğrenimi ile elde edilebilecek topolojik ilişkiler, fonksiyonların yerleştirilmesi, plan şeması çalışması, cephe hiyerarşisi ve ritim üzerine çalışmalar, form arayışı çalışmaları, çatı formu çalışması, vaziyet planına yerleşme çalışmaları, malzeme denemeleri gibi çalışmalar yapılan araştırmalarda gözlemlenmektedir (Pena v.d., 2021). Bu çalışma kapsamında öncelikle plan şemaları ile DCGAN algoritması eğitilerek sonuçlar değerlendirilecektir. İkinci aşamada ise cephe fotoğrafları ile DCGAN algoritması eğitilerek iki farklı deney yapılacaktır.

Tek Aile İçin Konut Tasarım Modeli



Şekil 4.1: Önerilen tek ailelik konut için yapay zeka destekli tasarım modeli.

4.2 Derin Evrimsel Üretken Çekişmeli Ağ Destekli Tek Ailelik Konut Tasarımı

DCGAN algoritması ile oluşturulan yapay zeka modelinde ilk adım olarak kütüphaneler ve ortam (environment) kurulmuş, ikinci adımda model içinde yer alan üretici ve ayırıcıya ait parametreler yerleştirilmiş ve optimizasyonu sağlanmış, üçüncü adımda kullanılacak veri setinin boyutlandırılması ve organizasyonu yapılmış, dördüncü ve son adımda ise modelin eğitimi gerçekleştirilmiştir.

DCGAN ile imajların içindeki pikseller gruplandırılarak ve geriye yayılım işlemleri sırasında konvolüsyon katmanları kullanılarak üretici ve ayırıcı eğitilmiştir. Bu özellik sayesinde GAN algoritmalarına göre çok daha fazla hızlı sonuç verebilmektedir. Bu çalışma kapsamında modelin düşük bilgisayar gücü ile hızlı sonuç alması hedeflenmiştir. Bu sebeple yapay zeka modelinin oluşturulmasında DCGAN algoritması seçilmiştir.

Jupyter Notebook ortamında oluşturulmuş DCGAN modelinde eğitici veri seti üzerinden aşağıda gösterilen parametrelerle deneyler yapılmıştır. GAN çalışmalarında yoğunlukla kullanılan Google Co-lab ortamı kısıtlı ekran kartı kullanım süresi sebebiyle seçilmemiştir.

Model oluşumunda ilk adım olarak Google'ın açık kaynaklı tensorflow kütüphanesi başta olmak üzere matplotlib, numpy ve torch kütüphaneleri kullanılmıştır.

İkinci adımda modelin çalışması ve optimizasyonu için gerekli parametreler, özellikleri ve optimizasyon algoritmaları saptanmıştır. Bu modelde eğitim süresini kısaltma özelliği sebebiyle Adam optimizasyon algoritması seçilmiştir. Başlangıç olarak öğrenme katsayısı 0,002 seçilmiştir. Epoch sayısı yani öğrenme tekrarı deneyler içerisinde giderek artırılarak sonuç veri setinin doğruluk katsayısı yani üreticinin ayırıcıyı kandırma oranı artırılmıştır. Bu aşamada problemin kendisine ve kullanıcının istediğine göre ayarlanabilen ve sonucu etkileyen harici parametrelere hiperparametreler denir. Sinir ağı hiperparametreleri, ağın nasıl çalıştığını şekillendirerek algoritmanın doğruluğunu ve geçerliliğini belirlemektedir.

Hiperparametreler henüz çözülememiş bir konudur. Hiperparametreleri optimize etmenin analog deneme yanılma yöntemlerinden karmaşık algoritmik çözümlere ulaşan çeşitli yolları bulunmaktadır ancak bu alanda hangi yöntemlerin hangi konuda ne kadar işe yaradığı konusunda bir fikir birliğine varılamamaktadır.

Bu tez kapsamında oluşturulan DCGAN algoritmasında Batch (paket boyutu), imaj boyutu, çalışılan renk kanalı sayısı, z latent vektörünün boyutu, üretici ve ayırıcıda bulunan özellik haritalamalarının katsayıları (ngf, ndf), öğrenme katsayısı 8lr), Adam optimizasyon algoritması için Betal hiperparametresi bulunmaktadır (Şekil 4.2.1).

```
# Root directory for dataset
dataroot = "~/data/"

# Number of workers for dataloader
workers = 2

# Batch size during training
batch_size = 128

# Spatial size of training images. All images will be resized to this
# size using a transformer.
image_size = 64

# Number of channels in the training images. For color images this is 3
nc = 3

# Size of z latent vector (i.e. size of generator input)
nz = 100

# Size of feature maps in generator
ngf = 64

# Size of feature maps in discriminator
ndf = 64

# Number of training epochs
num_epochs = 5

# Learning rate for optimizers
lr = 0.0002

# Betal hyperparam for Adam optimizers
betal = 0.5

# Number of GPUs available. Use 0 for CPU mode.
ngpu = 1
```

Şekil 4.2 : oluşturulan DCGAN modelinin giriş parametreleri.

Üçüncü adımda oluşturulan veri seti yeniden boyutlandırılarak yüklenmiş ve hangi cihazda modelin ne şekilde çalıştırılacağına karar verilmiştir. Parametreler tamamlandıktan sonra ayırıcı ve üretici modelleri oluşturulmuştur. Bu modelde üretici için temel olarak ReLU ve çıkış katmanında çıkış değerlerini 1’den -1’e kadar ölçekleyen Tanh aktivasyon fonksiyonları seçilmiştir. Ayırıcıda ise temel algoritma olarak LeakyReLU ve çıkış olarak Sigmoid fonksiyonları seçilmiştir. Üretici ve ayırıcı arasındaki başarı oranlarını kıyaslamak için BCELoss fonksiyonu

kullanılmıştır. Gerçek imajlar 1 ile sahte (üretilmiş) imajlar 0 ile etiketlenerek Loss fonksiyonu tarafından işlenmiş ve matplotlib kütüphanesi ile bu sonuçların arasından farkın yani modelin başarısının grafiği oluşturulmuştur.

Dördüncü ve son adımda modelin eğitimi gerçekleştirilmiş ve sonuçlar yine matplotlib kütüphanesi ile yazdırılarak gerçek imajlar, üretilen imajlar ve modelin başarı grafiği elde edilmiştir.

Model;

- Kütüphanelerin yüklenmesi,
- Parametrelerin belirlenmesi,
- Veri setinin yüklenmesi ve düzenlenmesi,
- Üretici parametrelerinin belirlenmesi,
- Üreticinin oluşturulması,
- Ayırıcı parametrelerinin belirlenmesi,
- Ayırıcının oluşturulması,
- BCEloss fonksiyonu, latent vektörlerinin parti boyutlarının (batch size) ayarlanması, Adam optimizasyonu algoritmasının üretici ve ayırıcı için ayarlanması,
- Eğitim,
- Sonuçların grafiklerinin yazdırılması, sonuç setinden ve eğitim setinden örneklerin yazdırılması,
- Sonuç setinin etiketlenerek kaydedilmesi aşamaları ile kurgulanmıştır.

Oluşturulan DCGAN modeli kullanılarak iki farklı deney tasarlanmıştır.

Deney 1:

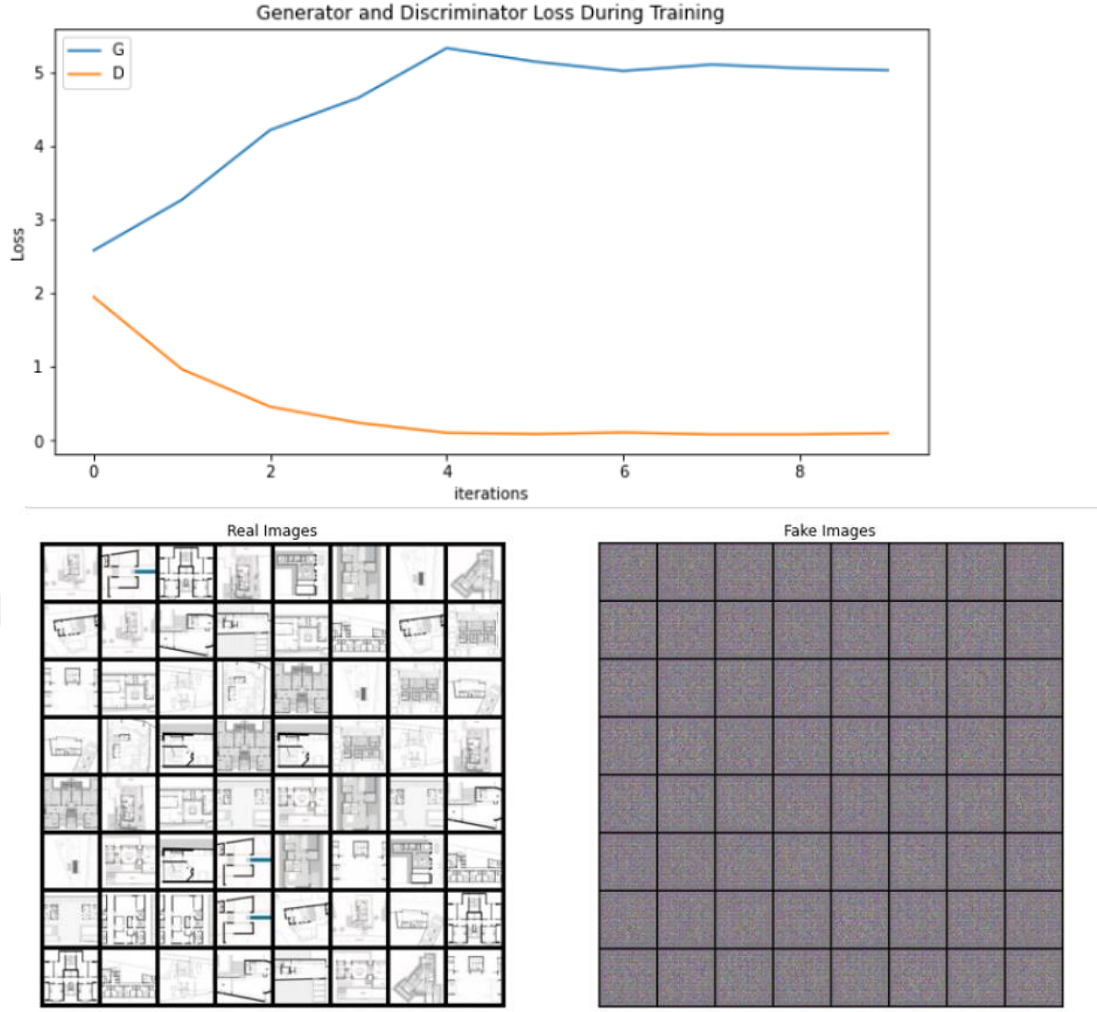
İlk aşamada 14 farklı projeden elde edilen planlar veri çoğaltma yöntemleri ile çoğaltılarak toplamda 1500 adet 64 piksellik ve renkli jpeg dosyasından oluşan eğitim seti hazırlanmıştır. Nvidia GTX 960M ekran kartı, intel i7 işlemci ile kurulu donanımda yapılacak olan eğitim çalışmalarının kabul edilebilir bir sürede tamamlanması açısından eğitim setinin çözünürlüğü ilk aşamada 64x64 pixel olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla girdi sayısı her bir imaj için 64x64x3 yani 12.288 dir.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda yüksek bilgisayar gücüne sahip bir sistemde bu çalışmada oluşturulmuş veri setinin yüksek çözünürlüklü hali kullanılarak daha detay odaklı çalışmalar yapılması önerilmektedir. Bu deney kapsamında detaylı sonuçlardan ziyade sürecin iyileştirilmesi yönünde eksikliklerin saptanması hedeflenmektedir.

Üretici model sahte imajlar üretmektedir. Ayırıcının üreticinin ürettiği sahte imajları tahmin edememe yani kayıp oranı ve ayırıcının gerçek eğitim seti üzerindeki kayıp oranı hesaplanarak toplanır ve bu değer `real_loss` olarak adlandırılır. `Real_loss` burada ayırıcının hata oranını temsil etmektedir. Ayırıcının eğitimi ilk eğitim turundan sonra ağırlıkların tekrar hesaplanarak optimize edilmesiyle yani geri yayılımın gerçekleştirilmesiyle devam eder ve ikinci eğitim turuna geçilir.

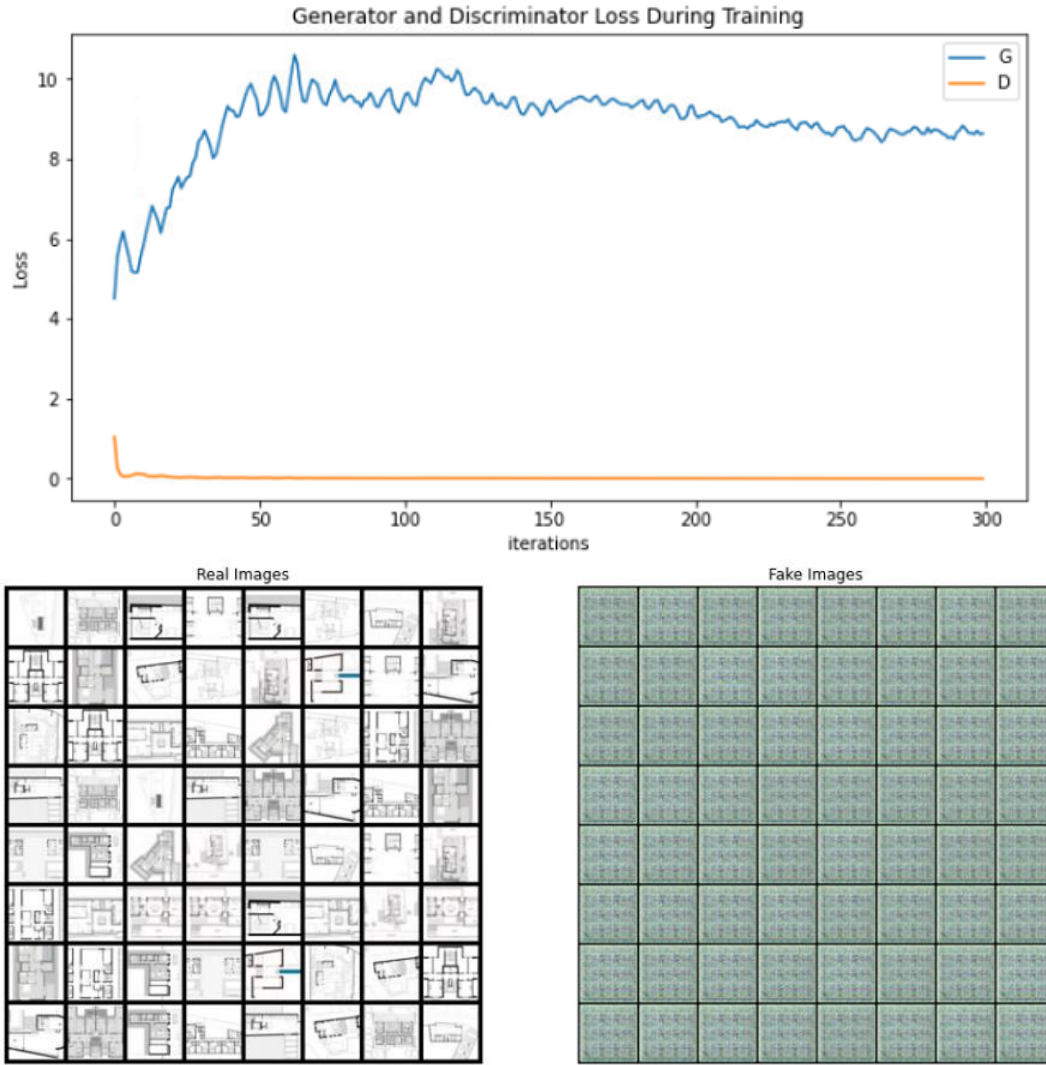
Üretici sahte imajlar ürettikten sonra ayırıcının bu sahte imajları tahmini üzerindeki kayıp değer `fake_loss` olarak adlandırılmaktadır. `Fake_loss` hesaplanırken algoritma etiketleri çevirerek kullanmaktadır. Ağırlıkların tekrar atanması ve optimizasyon işlemi bu `real_loss` değeri ile `fake_loss` değeri hesaplanarak yapılmaktadır. Grafiklerde görülen ayırıcının ve üreticinin kayıp oranları modelin başarısını temsil etmektedir.

`Fake_loss` ve `Real_loss` değerlerinin toplamı `loss_total` (`d_loss`) olarak adlandırılmaktadır. Bu deney esnasında çeşitli hiperparametreler değiştirilerek adımlar tekrarlanmıştır. Hiperparametreler arasından öne çıkan öğrenme katsayısı düşürüldüğünde modelin öğrenme hızının arttığı ancak başarısının düşük olduğu gözlemlenmiştir.



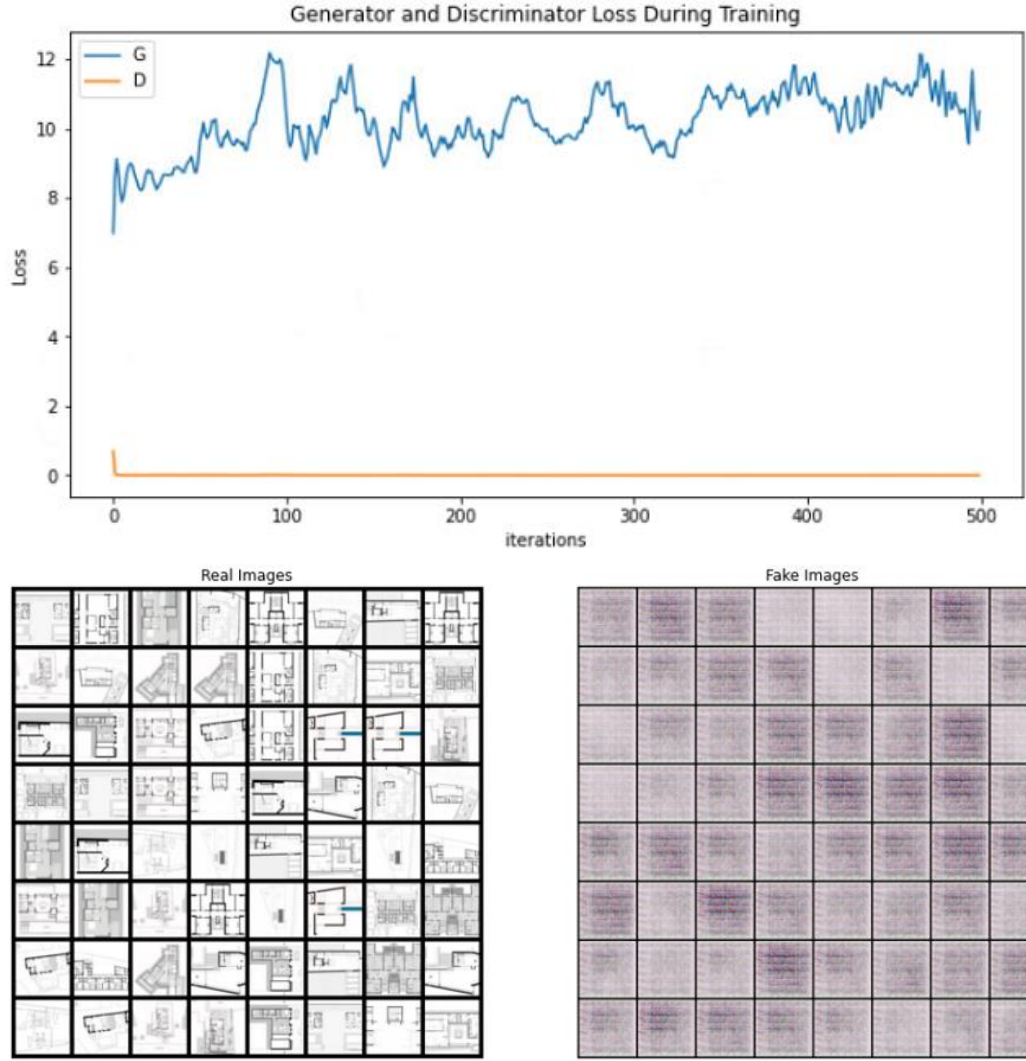
Şekil 4.3: 5 epoch ile yapılan deneme sonuçları.

Deneyin ilk adımında bütün parametreler sabit tutularak 5 eğitim turu ile algoritma eğitildiğinde beklendiği üzere anlamlı bir sonuç elde edilmemiştir (Şekil 4.3). Bu aşamada gözlemlenen, modelin çalışıp çalışmadığı, parametreler modeli zorlamayacak değerlerde iken eğitim süresinin ne kadar olduğu gibi kıyaslanabilecek başlangıç değerlerini elde etmektir. Bu adım 38 saniye sürmüş olup, bütün hiperparametreler yukarıda bahsedilen başlangıç değerlerine sahiptir (Şekil 4.2).



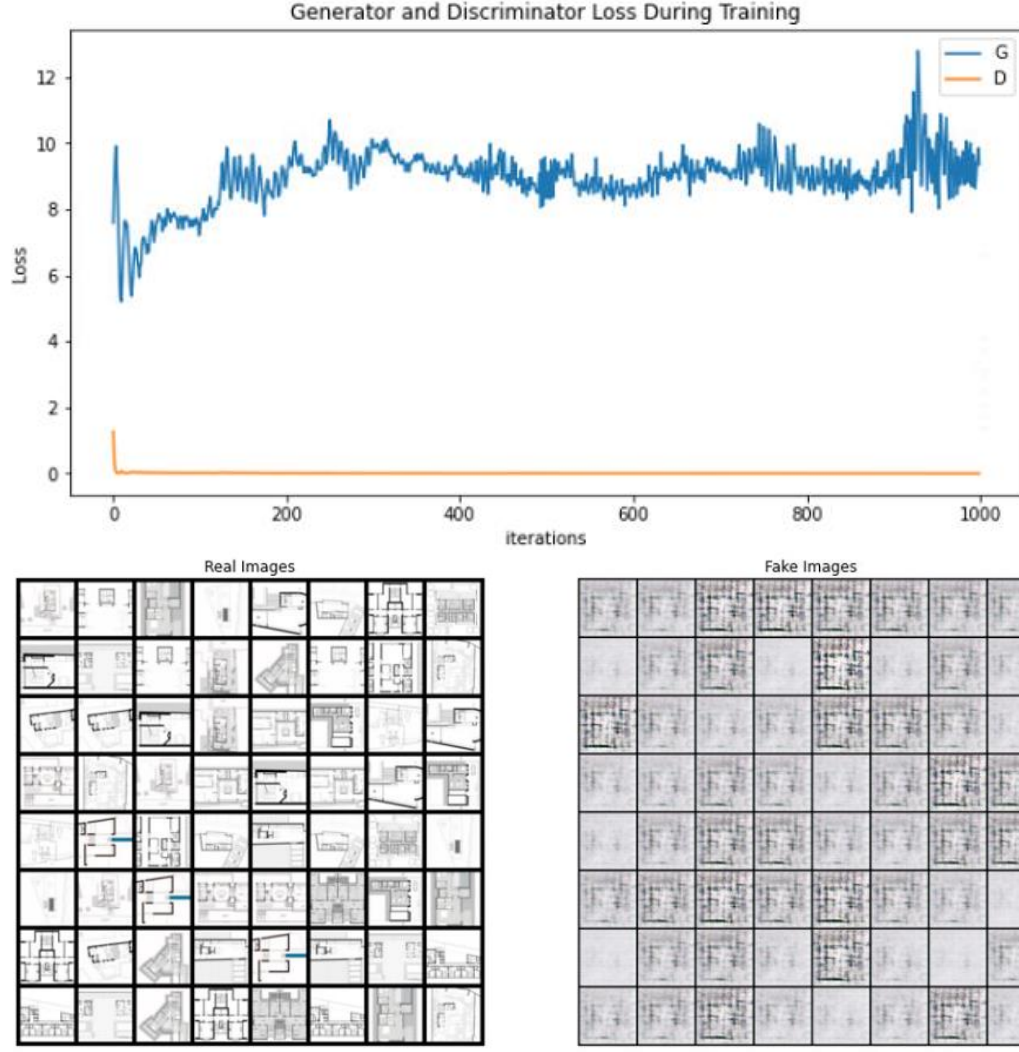
Şekil 4.4 : 300 epoch ile yapılan deneme sonuçları.

Modelin anlamlı çıktılar üretebilmesi için bu deney kapsamında belirli bir eşik değeri olduğu gözlemlenmiştir. 300 eğitim turuna (epoch) kadar yapılan denemelerde anlamlı sonuç alınamamıştır. (Şekil 4.4).



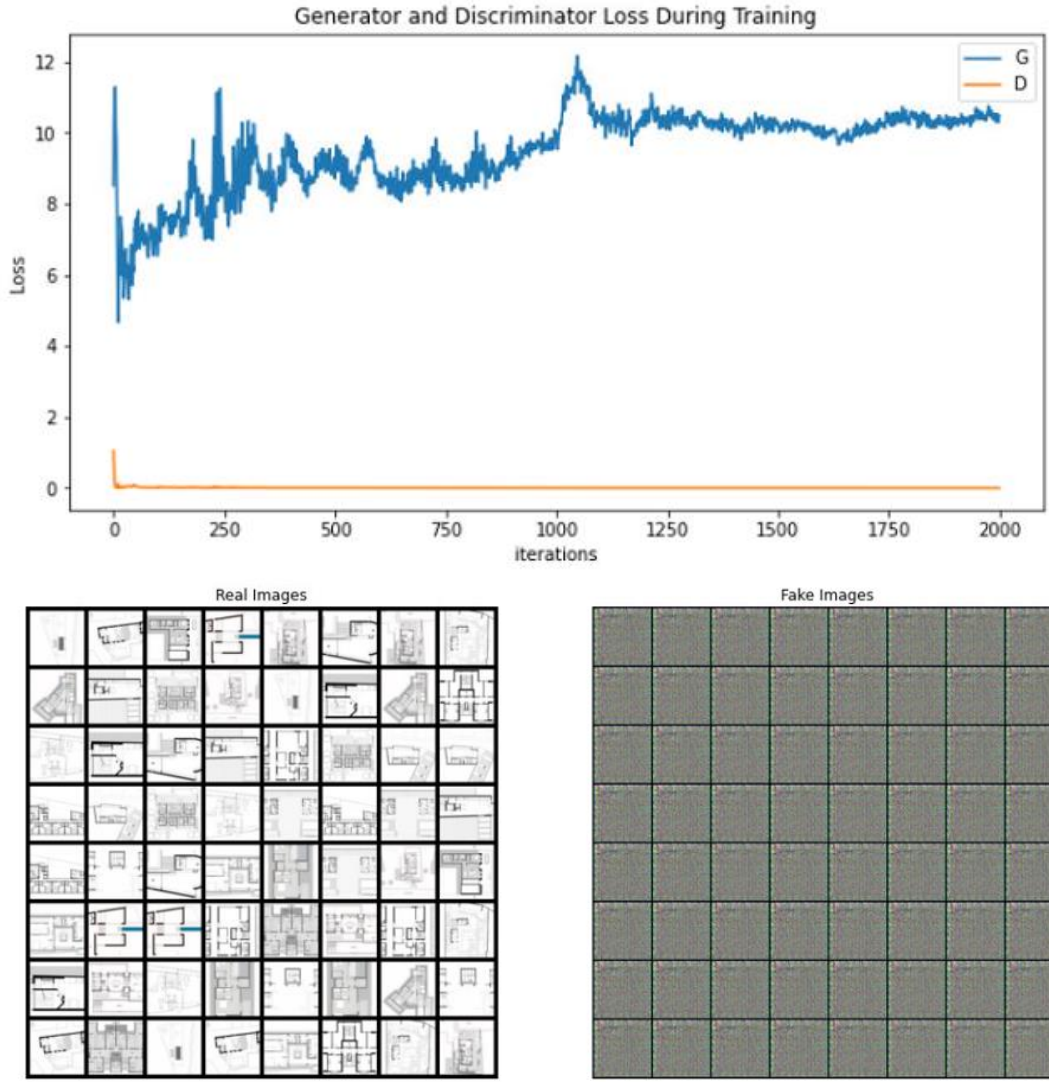
Şekil 4.5: 500 epoch ile yapılan deneme sonuçları.

Diğer parametreler sabit tutularak 500 eğitim turu (epoch) ile algoritma tekrar eğitildiğinde belirgin sonuçlar elde edilemese de gruplanan piksellerin daha belirginleştiği ön plana çıkmıştır (Şekil 4.5).



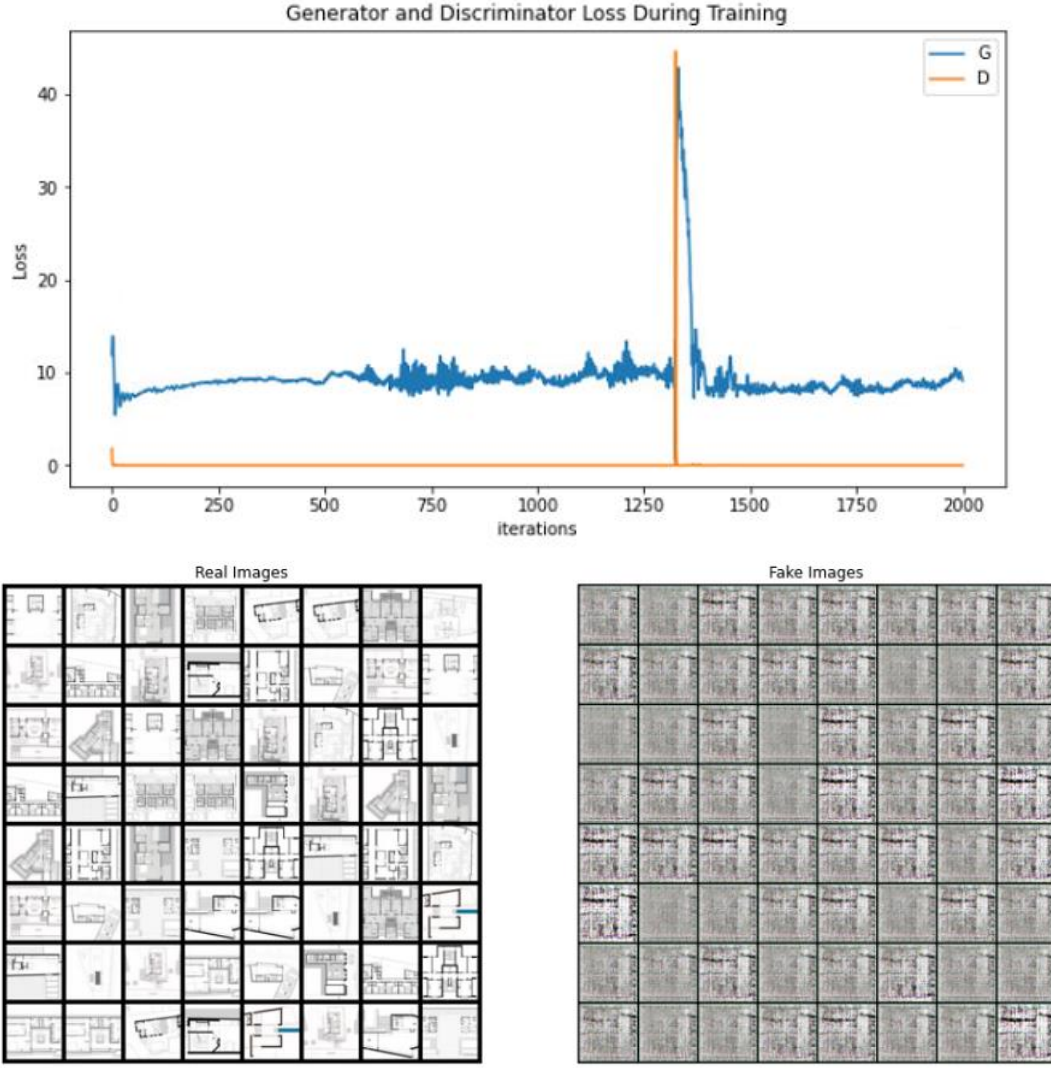
Şekil 4.6 : 1000 epoch ile yapılan deneme sonuçları.

1000 eğitim turu gerçekleştirilerek 48 dakika eğitim süresi ile yapılan deneme sonucu üretilen imajlarda çizgilerin belirginleştiği saptanmıştır (Şekil 4.6). Daha anlamlı sonuçlar elde edebilmek adına bir sonraki adımda farklı parametrelerin değerlendirilmesine karar verilmiştir



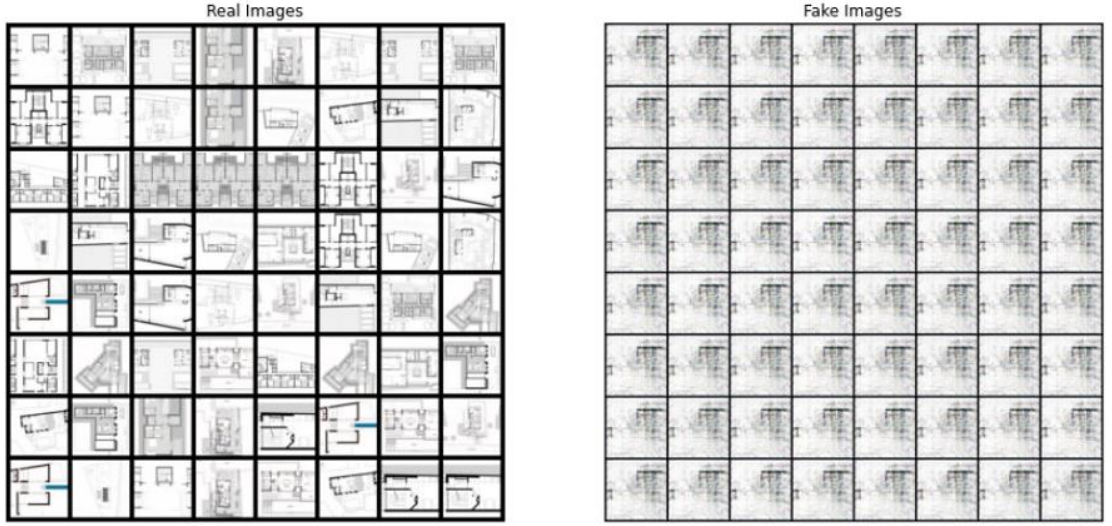
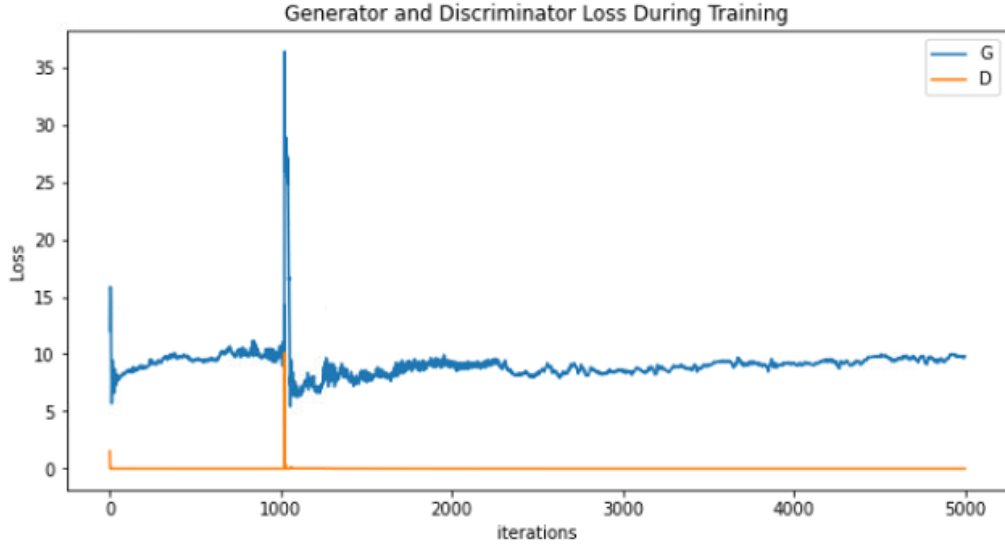
Şekil 4.7 : 2000 epoch ve 5000 batch ile yapılan deneme sonuçları.

Bu adımda batch boyutu arttırılmış ancak hız faktörünü dengelemek için öğrenme katsayısı düşürülmüştür. Yaklaşık bir saat süren eğitim sonucunda öğrenme katsayısının düşük olması nedeniyle anlamlı sonuçlar elde edilememiştir (Şekil 4.7). Batch boyutunun arttırılması her turun (epoch) daha uzun sürmesine sebep olmuştur. Bu adımda algoritma 5000 girdilik paketleri tek tek değerlendirip bir sonraki adıma geçmektedir. Ancak tur (epoch) süresinin kısa olması adına öğrenme katsayısı düşürülerek öğrenme hızı sabit tutulmuştur.



Şekil 4.8: 2000 epoch ve 50000 batch ile yapılan deneme sonuçları.

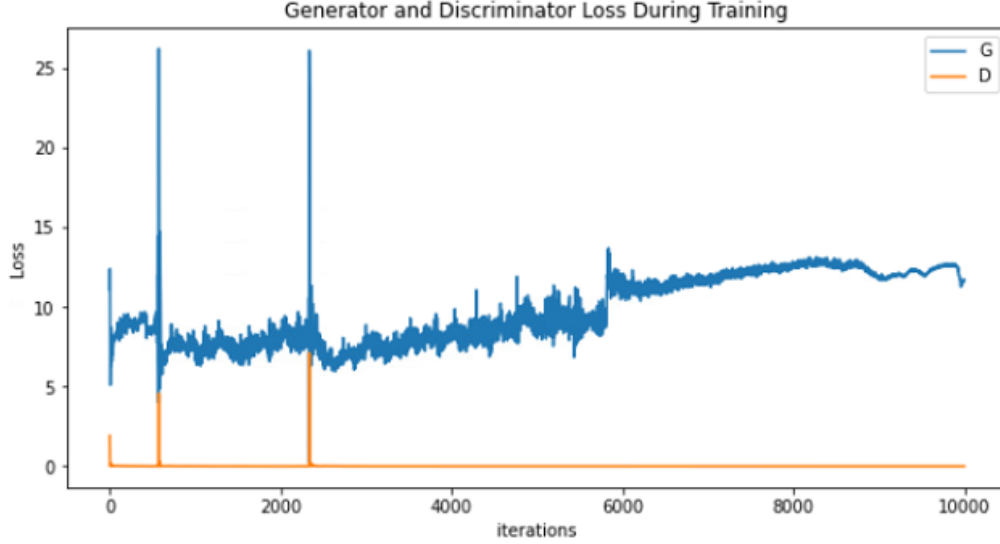
2000 epoch ve 5000 batch değerleri sabit tutularak öğrenme katsayısı 2 katına çıkarıldığı zaman daha anlamlı sonuçlar elde edilmiş ve grafikten (Şekil 4.8) gözlemlenebildiği üzere d_loss değeri düşük kalarak modelin başarısının arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Ancak eğitim süresi 138 dakika sürmüştür. Elde edilen sonuçların hala kullanılabilir olmaması ve eğitim süresinin kısaltılması amacıyla deneye devam edilmiştir.



Şekil 4.9: 5000 epoch ve 50000 batch ile yapılan deneme sonuçları.

5000 epoch ve 50000 batch boyutu ile yapılan bu adıma optimizasyon algoritmalarının katsayıları minimuma çekilerek öğrenme katsayısı bir önceki adımla sabit tutulmuştur. Optimizasyon algoritmalarının katsayılarının düşürülmesi ile bir önceki adıma göre daha anlamlı sonuçlar elde edilse de hala kullanılabilir bir veri seti üretilmemiştir (Şekil 4.9). Bu aşamada veri setinin genişletilmesi ve daha benzer girdilerden oluşturulmuş bir veri seti kullanılması gerektiği çıkarımı yapılmıştır. Eğitici veri setini oluşturan her bir imajın pikselleri bir diğerine ne kadar benzer olursa algoritmanın bu imajları üretmesi ve ayırması daha kolay olacağı için eğitim süresinin de daha kullanılabilir bir zaman dilimini geçmeyeceği düşünülmüştür. Bu çıkarımdan sonra veri setini sabit tutarak daha fazla epoch ile öğrenme yapıldığı takdirde hem sonuç ürün hem de konvolüsyon katmanlarında üretilen verilerin

incelenmesi için 10000 tur ve 50 batch boyutu kullanılarak ve diğer hiperparametreler sabit tutularak algoritma eğitilmiştir. Eğitim süresi yaklaşık 120 dakikadır.

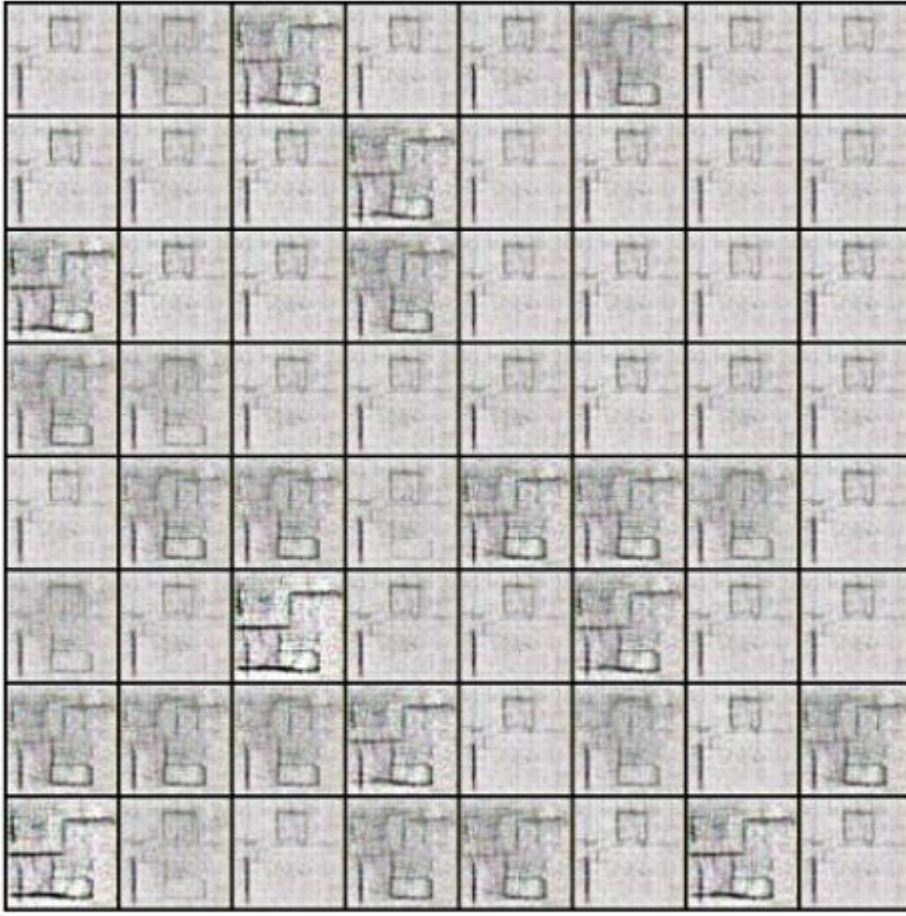


Şekil 4.10: 10000 epoch ve 50 batch ile yapılan deneme sonucu ayırıcı ve üreticinin kayıp grafiği.

Grafikten de (Şekil 4.10) anlaşılabildiği üzere belirli bir öğrenme aşamasından sonra algoritma öğrenme doygunluğu olarak adlandırabileceğimiz bir eşiğe ulaşmakta ve kayıp oranı artabilmektedir. Konvolüsyon katmanlarında elde edilen sonuçlar incelendiğinde süreç içerisinde çizgilerin belirginleştiği, yer yer mekanların okunabildiği daha anlamlı imajlar üretilmiştir (Şekil 4.11, Şekil 4.12, Şekil 4.13, Şekil 4.14, Şekil 4.15, Şekil 4.16).



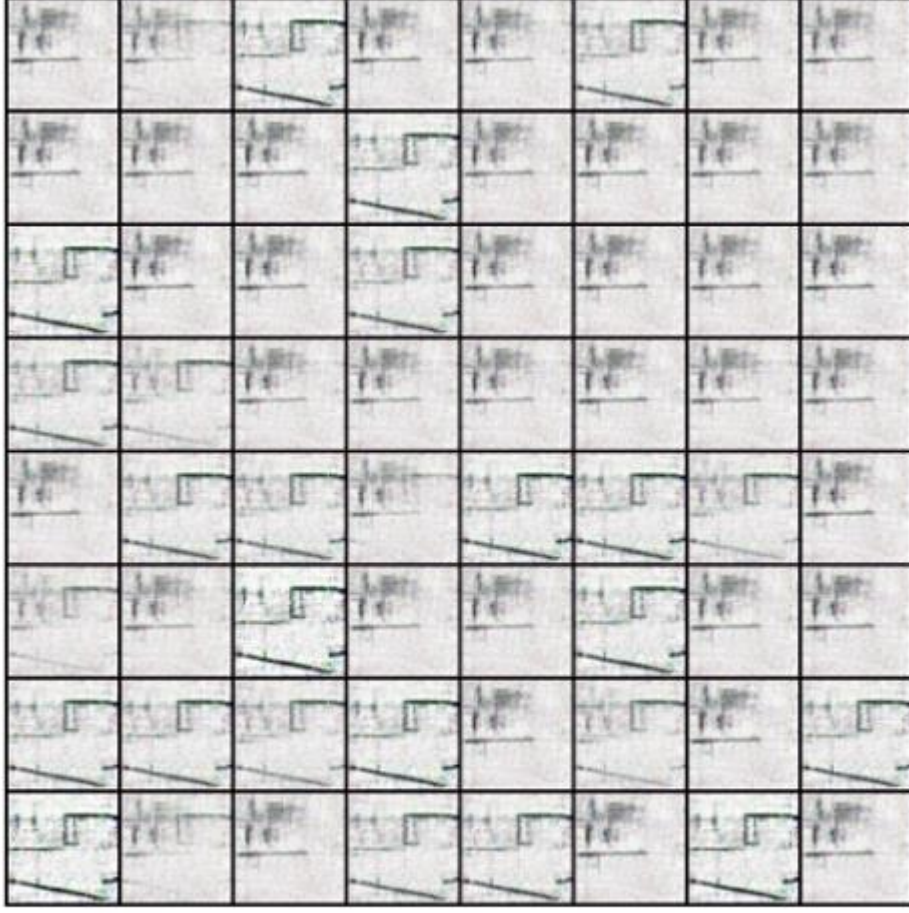
Şekil 4.11: 10000 epoch ve 50 batch ile yapılan deneme sırasında konvolüsyon katmanında üretilen imajlar.



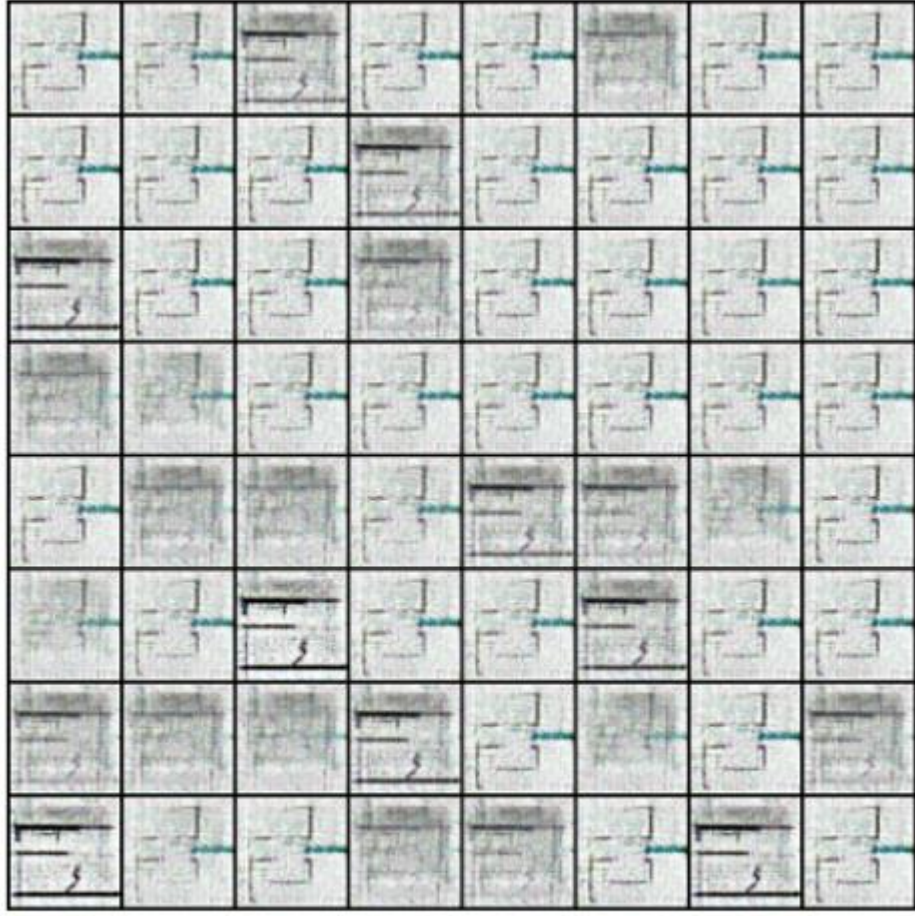
Şekil 4.12: 10000 epoch ve 50 batch ile yapılan deneme sırasında konvolüsyon katmanında üretilen imajlar.



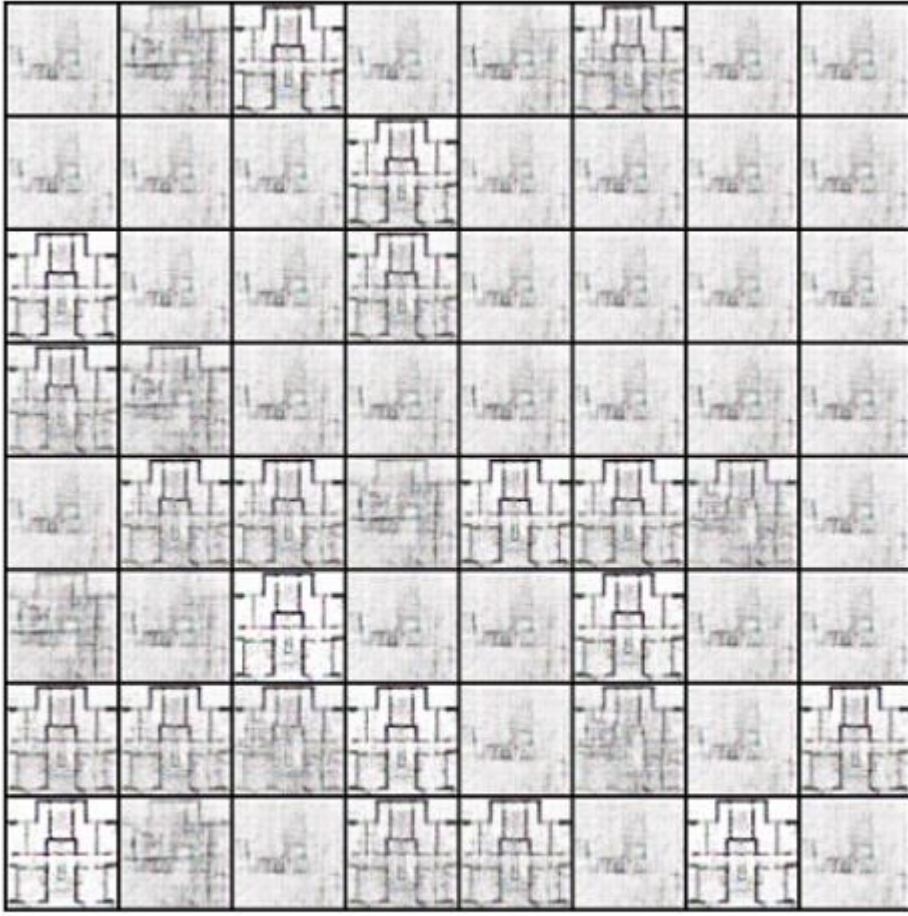
Şekil 4.13: 10000 epoch ve 50 batch ile yapılan deneme sırasında konvolüsyon katmanında üretilen imajlar.



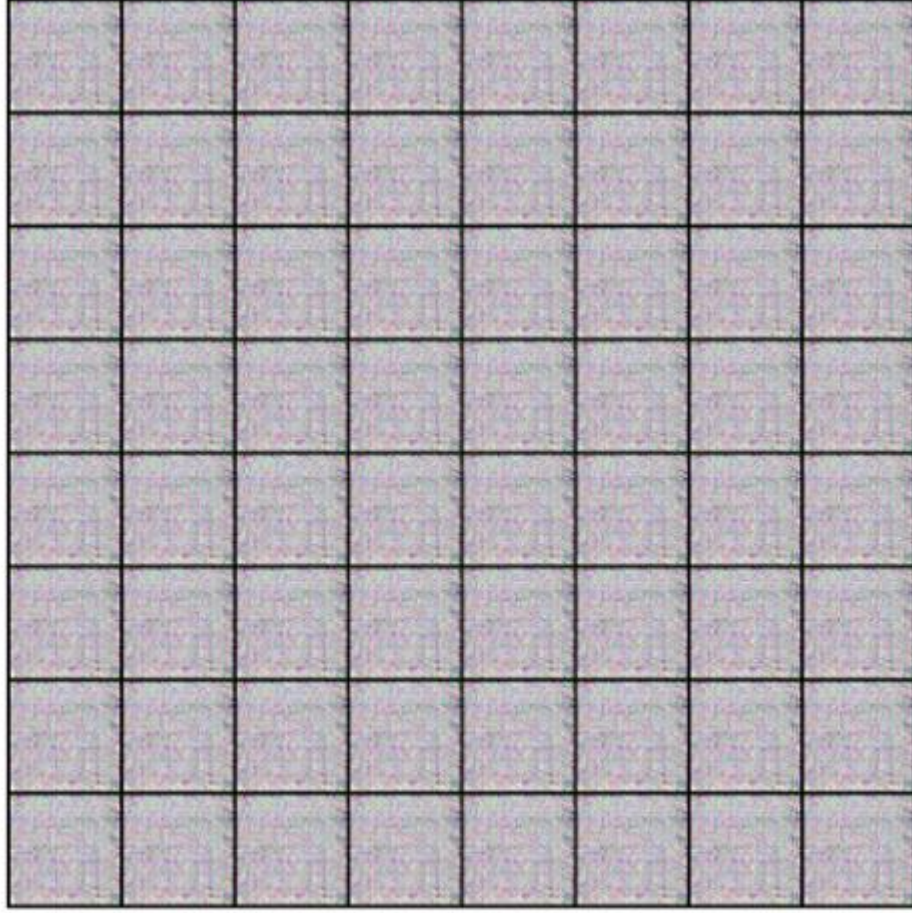
Şekil 4.14: 10000 epoch ve 50 batch ile yapılan deneme sırasında konvolüsyon katmanında üretilen imajlar.



Şekil 4.15: 10000 epoch ve 50 batch ile yapılan deneme sırasında konvolüsyon katmanında üretilen imajlar.

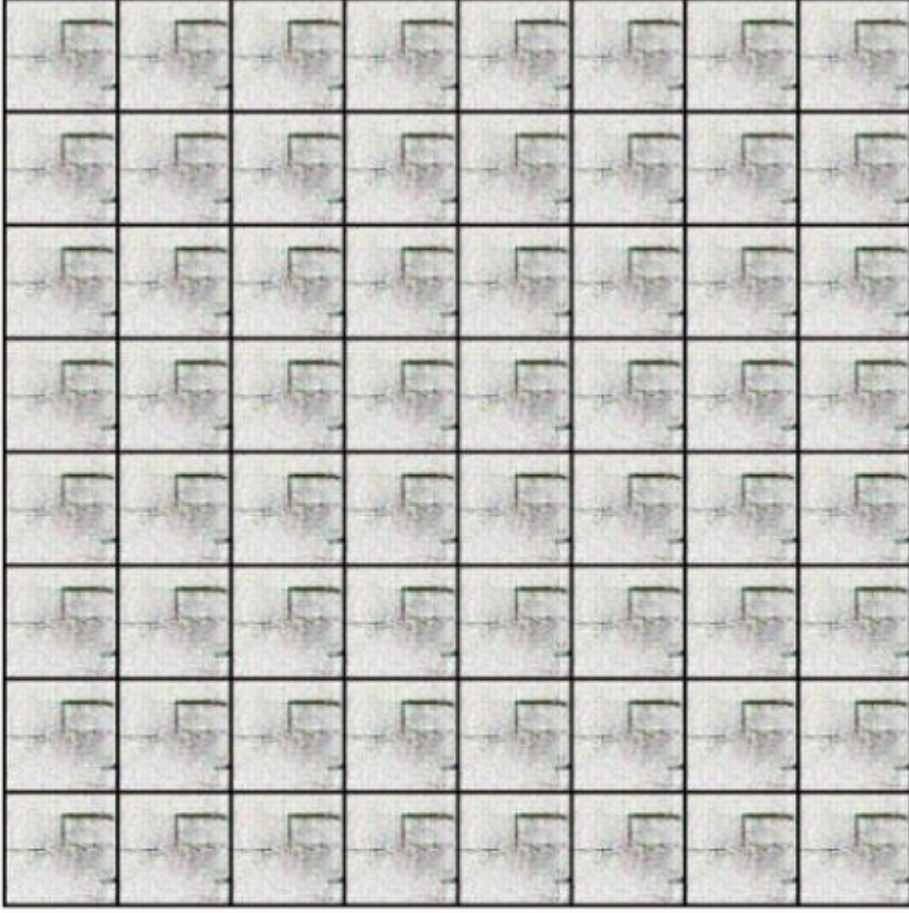


Şekil 4.16: 10000 epoch ve 50 batch ile yapılan deneme sırasında konvolüsyon katmanında üretilen imajlar.



Şekil 4.17: 10000 epoch ve 50 batch ile yapılan deneme sırasında konvolüsyon katmanında üretilen imajlar.

Şekil 4.17’da belirtilen konvolüsyon katmanında deneyin genelinde gözlemlenen önemli bir bulguya ulaşılmıştır. Algoritmanın öğrenme doygunluğu aşıldığı zaman, yani öğrenme sürecinden sonra belirli bir adımda artık her piksel karşılığında anlamsız sonuçlar verildiği zaman sonraki katmana aktarılan veriler sonucu olumsuz etkilemiştir. Buradan çıkarılacak sonuç, bir model ne kadar eğitilirse yani epoch sayısı ne kadar fazla ise sonuç o kadar başarılıdır denemez. Modelin eğitimi sırasında ideal bir epoch sayısı bulunması gerekmektedir. Bu model ve bu eğitim seti ile 100000 epoch ideal bir sayıyı temsil etmemektedir.



Şekil 4.18:10000 epoch ve 50 batch ile yapılan deneme sonucunda üretilen imajlar.

Şekil 4.18’de de görüldüğü gibi sonuç ürün konvolüsyon katmanlarında üretilen veri setinden daha anlamsızdır.

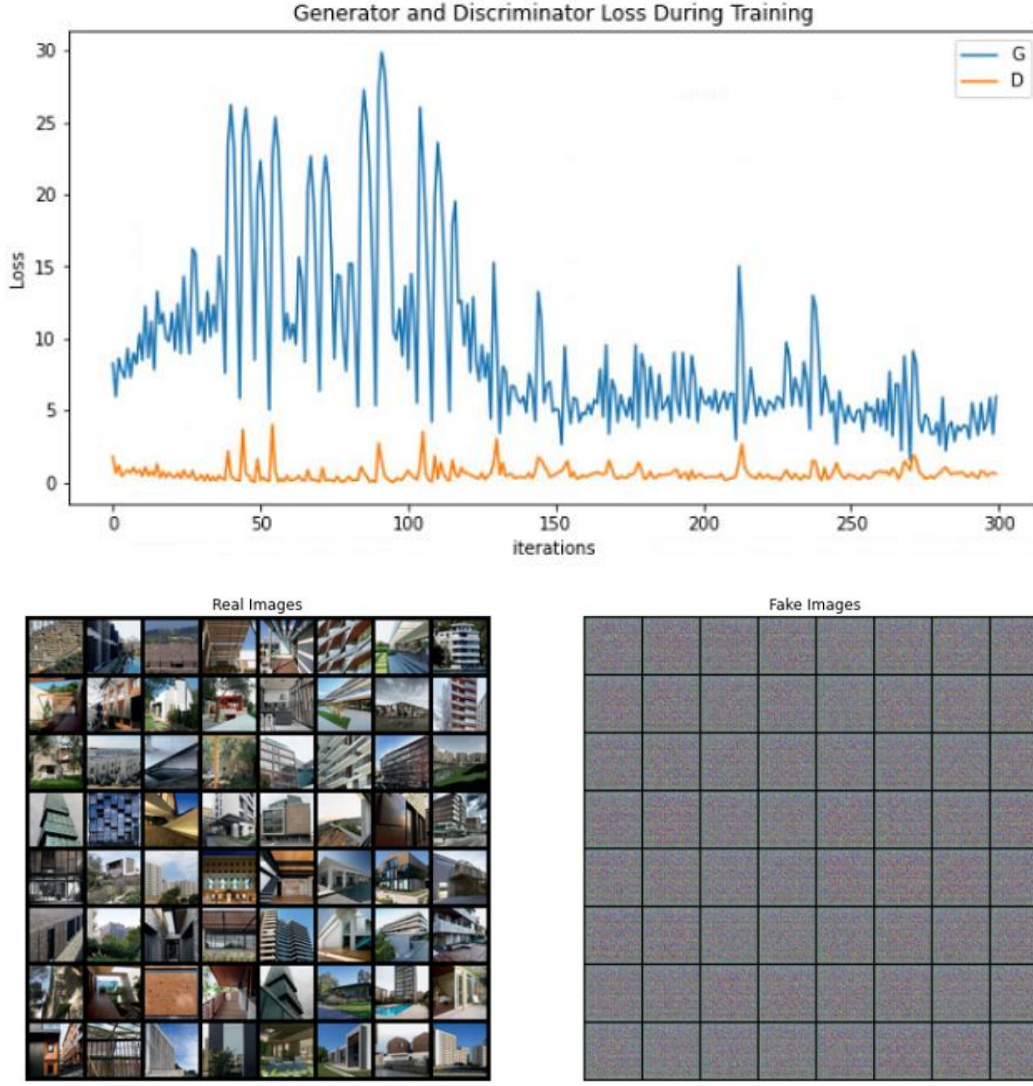
İlk deney sonucunda eğitim setinin batch boyutu ve epoch sayısı artırılarak düşük çözünürlükte bile plana yakın imajlar elde edilebilmektedir. Modelin başarı oranını arttırabilmek için plan şemalarının sınırlarının birbirine yakın örneklerden seçilmesi önerilmektedir. Deney 1 sonucu oluşturulan DCGAN modelinin kullanım alanını geliştirmeye yönelik bulgular şunlardır:

1.Veritoplama aşamasında planları olduğu gibi kullanmak yerine plan sınırları soyutlanarak fonksiyonların birbirleri ile ilişkilerinin DCGAN algoritması ile üretilmesi mümkündür.

2. Duvar, kapı ve pencere ilişkileri için her alan için ayrı ayrı yalnızca duvarların doluluk boşluk oranlarını belirten bir veri seti ile bu konuda bir kural grubu oluşturabilecek veri seti üretmek DCGAN algoritması ile mümkündür.

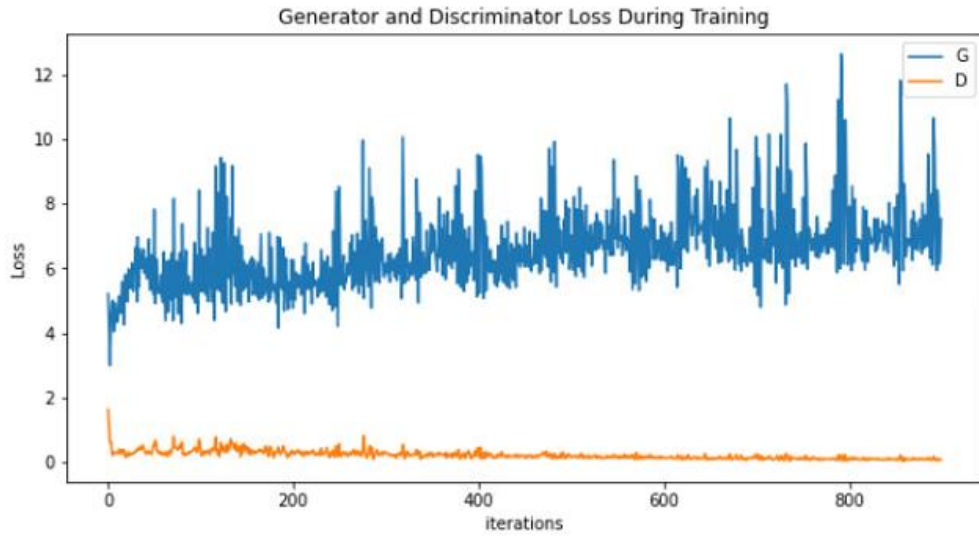
Deney 2:

Deney 1’de de kullanılan seçilmiş 14 projeden elde edilen cephe fotoğrafları veri çoğaltma yöntemleri ile çoğaltılarak toplamda 2000 jpeg dosyasından oluşan eğitim seti hazırlanmıştır. Nvidia GTX 960M ekran kartı , intel i7 işlemci ile kurulu donanımda yapılacak olan eğitim çalışmalarının kabul edilebilir bir sürede tamamlanması açısından eğitim setinin çözünürlüğü ilk aşamada 64x64 pixel olarak belirlenmiştir. İlk deneyden farklı olarak bu modelde RGB değerlerinin ayrıca ele alınarak renkli sonuç elde edilebilmesi için üç farklı renk kanalı kullanılmış ve bu kanalların ağırlıkları ayrı ayrı belirlenmiştir.



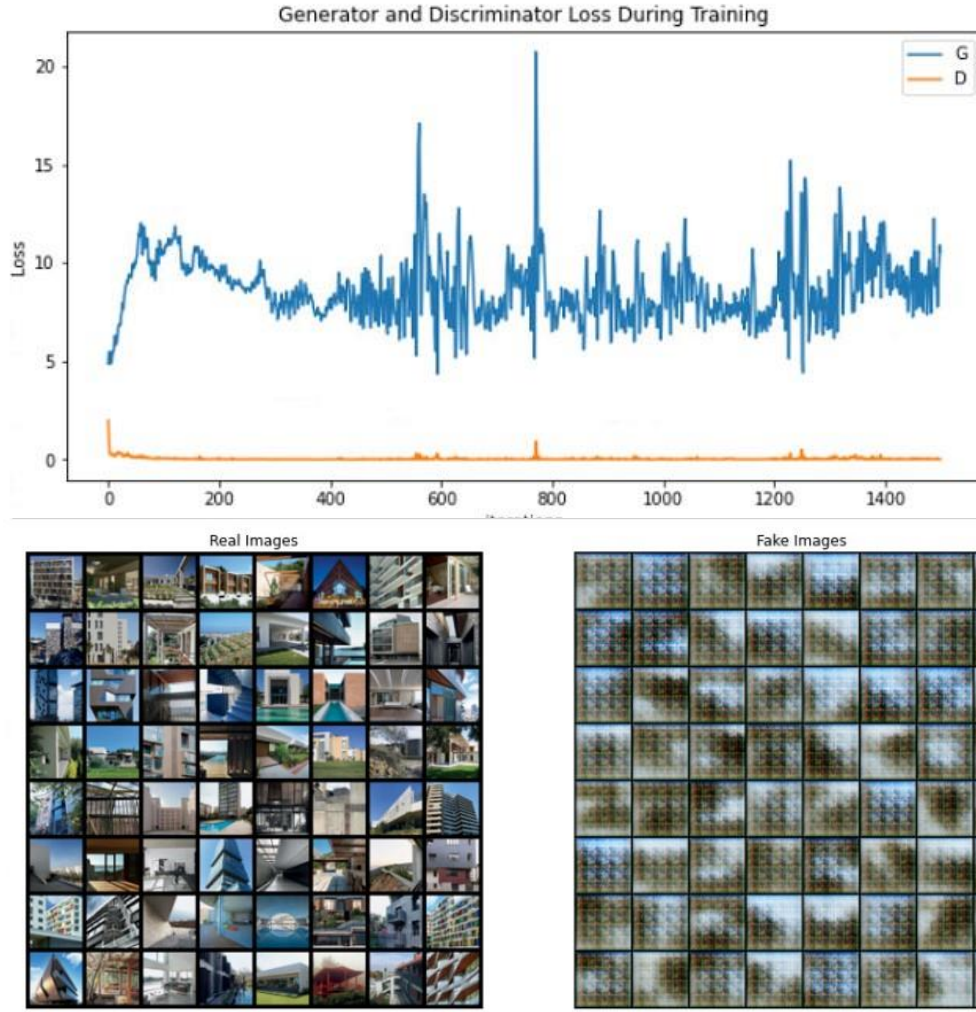
Şekil 4.19: 5 epoch ve 50000 batch ile yapılan deneme sonuçları.

Deneyin ilk adımında bütün parametreler sabit tutularak 5 eğitim turu ile algoritma eğitildiğinde beklendiği üzere anlamlı bir sonuç elde edilmemiştir (Şekil 4.19). Bu aşamada gözlemlenen modelin çalışıp çalışmadığı, batch boyutu dışındaki parametreler modeli zorlamayacak değerlerde iken eğitim süresinin ne kadar olduğu gibi kıyaslanabilecek başlangıç değerlerini elde etmektir. Deney 1’den farklı olarak batch boyutu deney 2’ de ilk adımdan itibaren yüksek tutulmuştur. Bu adım 2 dakika sürmüş olup, bütün hiperparametreler modelin hazırlık aşamasında bahsedilen başlangıç değerlerine sahiptir (Şekil 4.2).



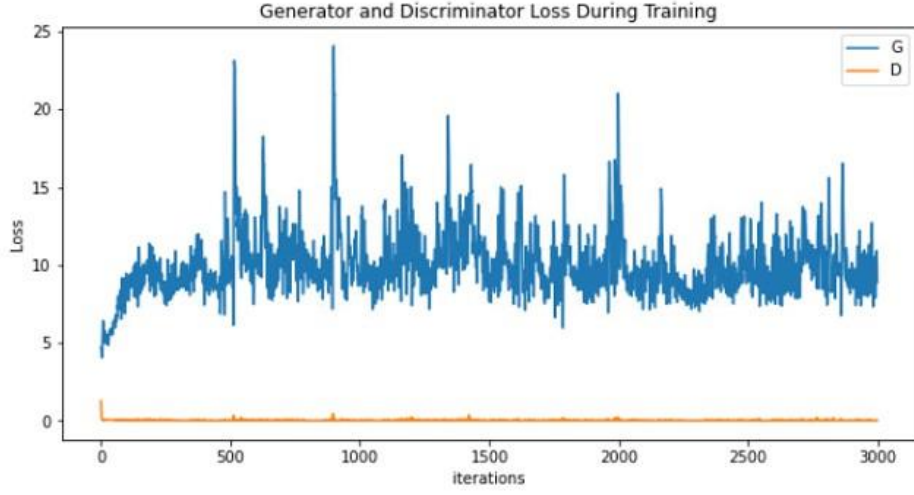
Şekil 4.20 : 300 epoch ve 50000 batch ile yapılan deneme sonuçları.

Deney 1 ile kıyaslandığında cephe fotoğrafları ile ve üç renk kanalı kullanılarak eğitilmiş algoritmada 300 eğitim turu sonrası alınan sonuçlar daha anlamlıdır (Şekil 4.20). Hiperparametreler deney 1’de ulaşılan sonuçlara göre düzenlenmiş, batch boyutu dışında öğrenme katsayısı ve imaj çözünürlüğü de bir önceki deneyde keşfedilen bulgulara göre ayarlanmıştır. Bu adımda peyzaj elemanları, gökyüzü ve yapıları oluşturan piksellerin gruplandığı gözlemlenebilmiştir.



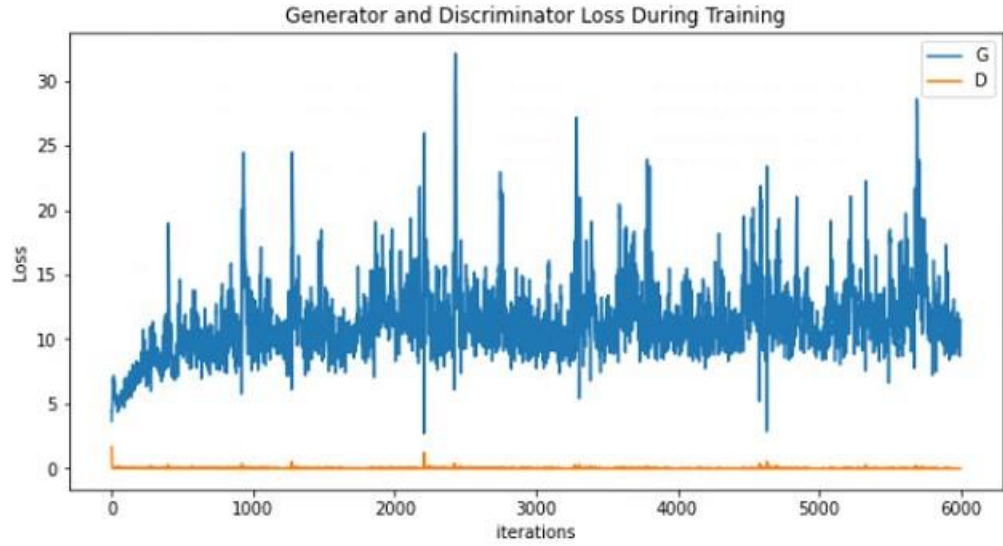
Şekil 4.21: 500 epoch ve 50000 batch ile yapılan deneme sonuçları.

500 eğitim turu sonucunda piksellerin gruplanması gözlemlenmekle beraber çözünürlüğün arttığı bulgusuna ulaşılmıştır (Şekil 4.21).



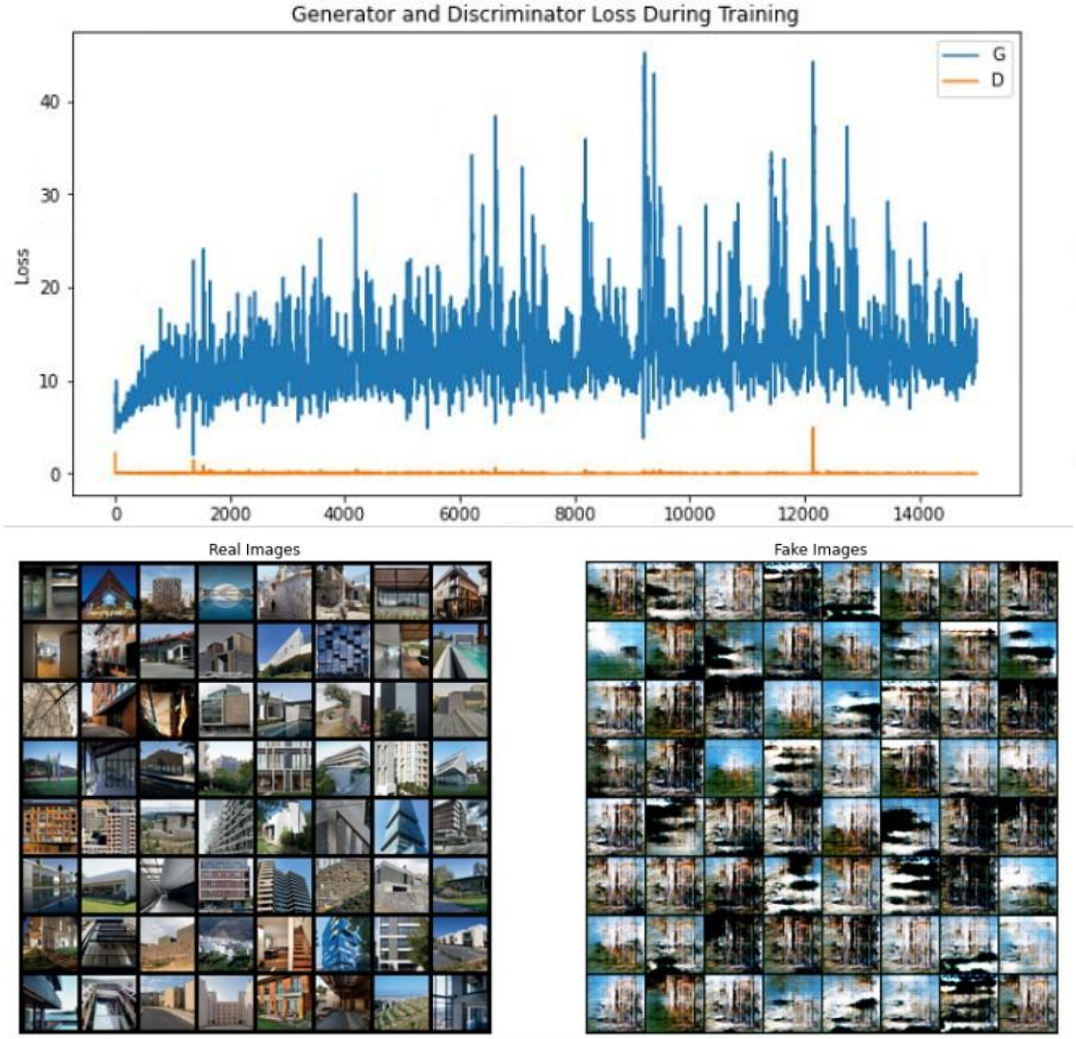
Şekil 4.22: 1000 epoch ve 50000 batch ile yapılan deneme sonuçları.

1000 eğitim turu sonucunda 500 eğitim turuna göre çözünürlüğün ve detay seviyesinin arttığı bulgusuna ulaşılmıştır (Şekil 4.22).



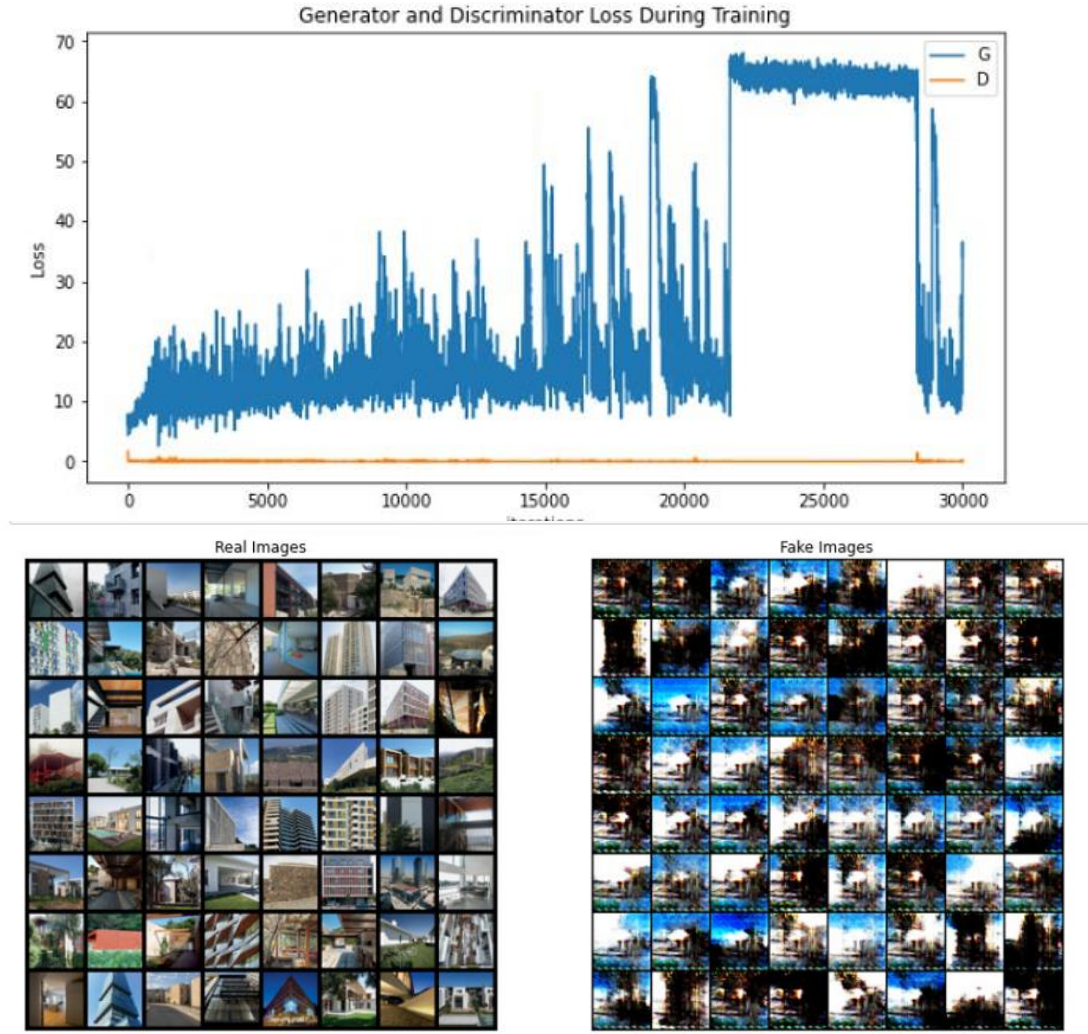
Şekil 4.23: 2000 epoch ve 50000 batch ile yapılan deneme sonuçları.

2000 eğitim turu ile yapılan denemede çözünürlüğün arttığı, üretici ve ayırıcı kayıplarının ise azaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.23).



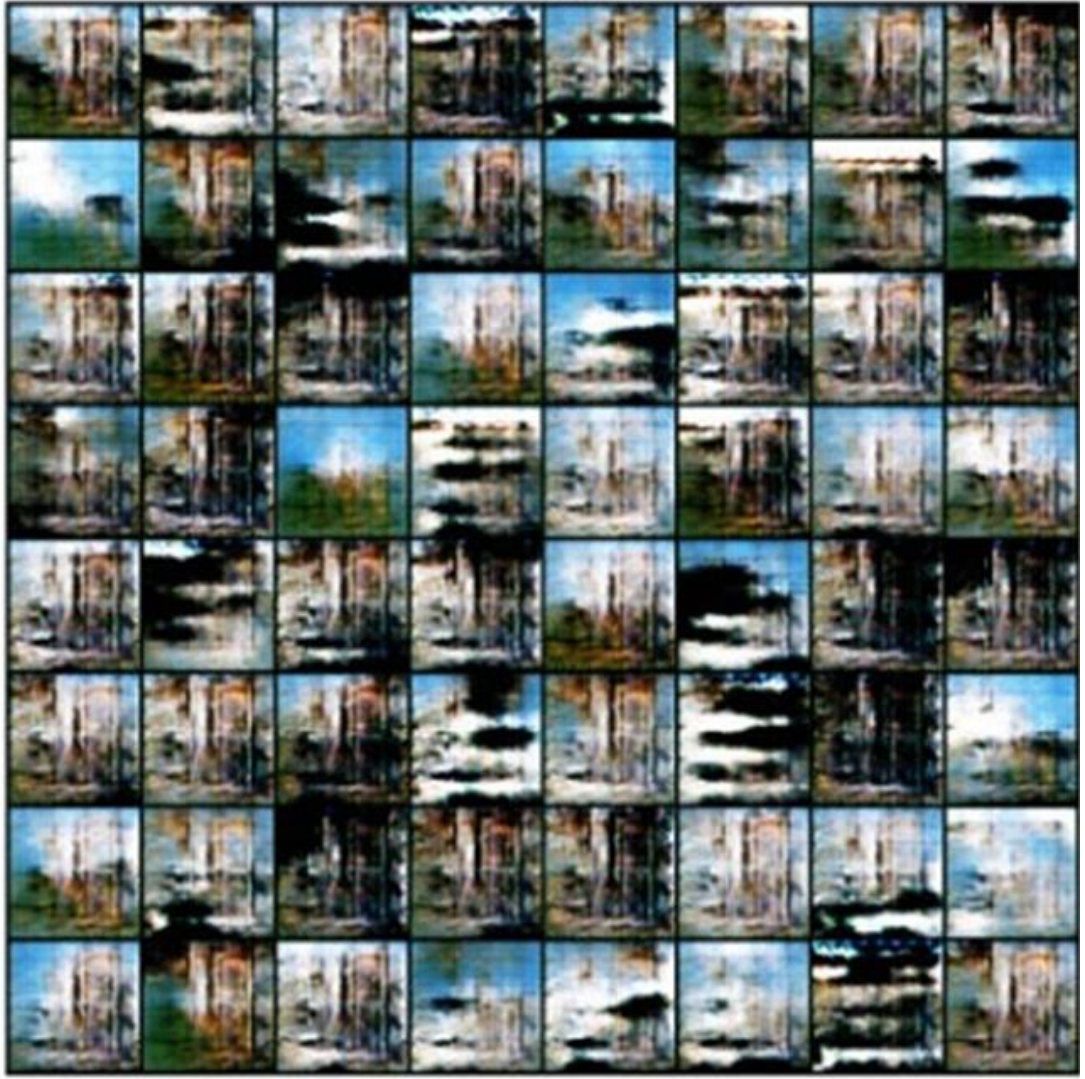
Şekil 4.24: 5000 epoch ve 50000 batch ile yapılan deneme sonuçları.

5000 eğitim turu ile yapılan denemede kat hizalarının anlaşılabilirdiği sonuçlar elde edilmiştir. Bu eğitim yaklaşık 145 dakika sürmüştür. (Şekil 4.24).



Şekil 4.25: 10000 epoch ve 50000 batch ile yapılan deneme sonuçları.

İkinci deney sonucunda eğitim setinin batch boyutu ve eğitim turu (epoch) sayısı artırılarak düşük çözünürlükte yapıların formuna dair çıkarımda bulunmak mümkündür. 5000 Epoch sayısı ile yaklaşık 145 dakika süren eğitim sonucunda üretilmiş imajlarda yapıların balkon çıkımları ve ışık gölge ilişkilerine dair çok genel çıkarımlar yapmak mümkündür (Şekil 4.25). Yüksek bilgisayar gücüne sahip bir sistemde eğitilmiş bir algoritma ile yapının kütesine ve malzemelere dair çıkarımlarda bulunmanın mümkün olacağı düşünülmüştür.



Şekil 4.26: Üreticiden alınmış örnek imajlar.

4.4 Sonuçların Değerlendirilmesi

Kullanıcının veri setini inceleyerek yaptığı çıkarımlar ile sadece üretilen veri setine bakılarak yapılan çıkarımlar kıyaslandığında açıkça görülmektedir ki hala mimari tasarım erken aşamasında GAN kullanımı adına yapılması gereken birçok araştırma bulunmaktadır. Kapsamlı bir tasarım süreci modelinde planların, kesitlerin ve cephelerin incelenmesi; kütlenin kendi çevresiyle olan ilişkisi, form ile ilişkili belirli kriterler, fiziksel gereksinimler ve kullanıcı ihtiyaçları parametreleri tanımlanmalı ve bu bağlamda oluşturulan kurallar çerçevesinde bir üretici mekanizma tasarlanmalıdır. Bu çalışma kapsamında detaylı bir modelin ön aşaması olarak modelin mimari tipoloji üzerine eğitimi kapsamında deneyler yapılmıştır. Kısıtlı bir veri seti ve kısıtlı

bilgisayar konfigürasyonu kullanılarak yapılan bu deneylerin amacı gelecekte yapılacak çalışmalar için bir zemin önermektir. Seçilen veri setinin hazırlanma aşamasında benzer açılardan çekilmiş cephe fotoğraflarının gruplandırılması, gökyüzü, peyzaj ve çevrede bulunan elemanların soyutlanarak düzenlenmesi, benzer sınırlara sahip planların seçilmesi düşük konfigürasyonlu bilgisayarlarda yapılacak çalışmalar ve eğitim süresi için önem arz etmektedir. Fakat sınırlı bir veri seti ve düşük bilgisayar gücü ile bile iki saati aşmayan eğitim süreleri algoritmanın optimizasyonu ile başarılabilmektedir.

Bu deneyler sonucunda elde edilen bulgular veri setinin hazırlık aşaması ile ilgili ipuçları sağlamaktadır. Deney 1’de görüldüğü üzere daha anlamlı sonuçlar elde edebilmek için veri setinde bulunan imajların birbirine anahatları ile benzemesi süreci kolaylaştıracaktır. Veri setinin hazırlık aşamasında deney 1’deki gibi plan üzerinden bir çalışma yapılırken, planın içindeki tefrişleri silmek, peyzaj elemanlarını bütün planlarda aynı dil ile ifade etmek, planların ölçeği ve diğer mimari temsillerin aynı dilde olması önem taşımaktadır. Bu çalışmada olduğu gibi Çağdaş Türk mimarisinde tek ailelik konut tipolojisi üzerine bir yapay zeka destekli algoritma eğitimi yapılırken algoritma için anlamlı gelmesi adına hazırlanacak olan veri setindeki planların yeniden dijital olarak ifade edilmesi gerekmektedir. Mimari ürünlerin dilbirliği, algoritma eğitimi için deney 1’de de görüldüğü üzere çok büyük önem arz etmektedir.

Deney 2’ de görece daha anlamlı bulgular elde edilebilmesi de yine imaj benzerlikleri ile ilişkilidir (Şekil 4.26). Yapay zeka algoritmaları temelde bu imajlar içerisindeki piksellerin birbirleri ile olan ilişkileri üzerinden örüntüler çıkararak çalıştığı için veri setinde kullanılan imajların temsil benzerliği önem taşımaktadır. Cephe fotoğrafları ile yapılan deney 2’de peyzaj, gökyüzü, kat hizaları gibi sonuçların okunabildiği sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçların daha detaylı ve daha kısa eğitim süreleri ile elde edilebilmesi adına eğitim için kullanılan veri setinde imajların renklerinin önceden dilbirliği açısından elden geçirilmesi, peyzaj elemanlarının, gökyüzünün ve gruplandırılacak diğer elemanların renklerinin düzenlenmesi algoritmanın başarı oranını arttıracaktır.

4.5 Kısıtlar, Zorluklar, Gelecek Çalışmalar

Kullanıcı tarafından daha ulaşılabilir ve kullanılabilir bir yapay zeka asistanı üretmek için bir yöntem olarak kullanıcının yazılımla ilişkisinin zayıf olabileceği kriteri göz önüne alınıp bir arayüz oluşturulabilir. Ancak bu arayüzler algoritma kullanımının statik bir hale dönüşmesine neden olmaktadır. Algoritmayı oluşturan kişinin belirlediği parametreler arayüzde belirtildiği takdirde bile yine kullanılan aktivasyon fonksiyonları ve çıkış fonksiyonları değiştirilemez duruma gelecektir.

Yapay zeka asistanlığında mimari tasarım sürecinin erken aşamalarını deneyimlemek ve bu bağlamda bir deney oluşturmak adına karşılaşılan ilk zorluk yazılım bilgisi kısıtıdır. Tasarımcıların yazılım konusunda birikimi kısıtlı olduğu için her ne kadar yapay zeka algoritmalarının kullanımı çok yaygınlaşmış da olsa nereden başlamak gerektiği, uygun ortamın bulunması ve kütüphanelerin birbirleri ile çalışabilecek duruma getirilmesi karmaşık bir süreçtir. Deneyin hazırlık aşamasında bahsedildiği gibi algoritmanın hazırlanması ortama ulaşım kolaylığı açısından Google Colab platformunda gerçekleştirilmiştir. Ancak bu ortamın seçilmesine kadar geçen süreçte Pycharm ortamında python dili ile egzersizler yapılmış; kütüphanelerin uyum sorunu (dependency problemi) ve ortam hazırlamak (environment) gibi kavramlar öğrenilmiş ve bu konularda karşılaşılan problemler süreç içinde çözülmüştür. Her tasarımcının bütün bu süreçleri öğrenmesini beklemek gerçekçi olmadığı için yapay zeka algoritmalarının kolaylıkla kullanılabilmesi için bir arayüz ihtiyacı ya da tasarımcılara odaklı özelleştirilmiş bir yapay zeka destekli tasarım süreci eğitiminin eksikliği gözlemlenmiştir. Google Colab'te yapılan çalışmalarda GPU kullanım süresi kısıtı söz konusu olduğu zaman Jupyter Notebook ortamında deneyler gerçekleştirilmiştir. Yapay zeka modelinin oluşturulması ve çalıştırılabilmesi sonucunda imajların çözünürlüğü, imajların doğru şekilde etiketlenmesi ve kaydedilmesi gibi problemler gündeme gelmektedir. Bütün bu problemler araştırılıp uygun kütüphaneler kullanılarak çözüme ulaşıldığında deneylerin tekrarlanması için gereken süre ve bilgisayar gücü yine bir kısıtı gündeme getirmektedir. Gelecek çalışmalara temel niteliği oluşturması hedeflenen bu yapay zeka modelinin, ulaşılabilir ve kullanılabilir olması için yüksek bilgisayar gücü kullanmamak prensip olarak alınıp eğitim sürelerini düşürmek için deneylerde algoritmadaki hiperparametrelerin optimizasyonu yöntem olarak seçilmiştir. Kısmen anlamlı

sonuçlar üretilse de kullanılabilir bir sonuç ürün kümesine ulaşabilmek için veri setinin hazırlık aşamasına dair öneriler ve bulgular deney sonucunda saptanmıştır.

Bu tez kapsamında üretilen DCGAN algoritması modeli düşük bilgisayar gücü ile ortam (environment) kurulumunu gerektirmeyecek şekilde Google Colab'te herhangi bir yazılım bilgisi olmadan sadece hiperparametreleri ve fonksiyonları değiştirerek modelin güncellenmesine olanak veren bir yapıda olduğu için tasarımcılara kolay kullanım fırsatı sunmaktadır. Modelin ayrıca tek renk kanalı ve üç renk kanalı kullanılabilecek esneklikte oluşturulmuş olması hem cephe fotoğrafları hem de teknik çizim temsilleri kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda detaylı ve temsil dilbirliği olan veri setleri hazırlanarak ve DCGAN algoritması modeline yeni modüller eklenerek kapsamlı bir yapay zeka asistanı oluşturulabilir.

Gelecek alışmalarda DCGAN algoritması gibi pikseller arası örüntüleri keşfeden modüllerin yanısıra vektörler arası örüntüleri keşfeden algoritmaların eklenmesi, modelin ürettiği bulguların teknik çizim aşamasında kullanımı açısından kolaylık sağlayacaktır. Aynı şekilde şimdiye kadar DCGAN ve GAN algoritmaları ile yapılmış 3B çalışmalarda iki boyutlu çıktılar yeni bir adımda ve başka bir arayüz yardımıyla üç boyutlu çizim programlarında üretilmektedir. Üç boyutlu modelleri eğitim kümesi olarak kullanılabilecek ve sonuç ürün olarak üç boyutlu modellerden oluşan bir veri seti üreten algoritmaların bu modele eklenmesi, tasarım sürecinin erken aşamalarını oldukça hızlandıracak ve tasarım niteliğini eşitlendirebilecek bir buluş olacaktır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapay Zeka teknolojilerinin mimari tasarımın erken aşamalarında kullanılması alanında bu yeni gelişen teknolojileri öğrenmek ve teknik altyapısını deşifre etmekten ziyade asıl problem algoritmaların eğitimidir. Bu problem de ister istemez mimari tasarım süreci nasıl öğretilir, nedir, nasıl ifade edilir gibi soruları gündeme getirmektedir. Bu noktada yapay zeka destekli mimari tasarım süreci araştırılırken dikkate alınması gereken ilk konu mimari tasarım paradigmasının tanımlanması ve iyi yapılandırılmış bir problem haline getirmek üzere sürecin parçalara ayrılıp analiz edilmesidir. Mimarlık üzerine tarih boyunca araştırmacılar, mimarlar, mimarlığın nasıl olması gerektiği, elemanlarının neler olduğu, niteliği, stili, dönemi üzerine tanımlar yapmak üzere çalışmakta ve günümüzde mimarlık pratiğini ve mimari akademik bilgi birikimini oluşturmaktadırlar. Bilgisayar biliminin gelişimiyle pozitif bilimler alanında kendine tanımlı bir alan yaratabilen tasarım bilimi, yapay zeka algoritmalarının geliştirilmesiyle tasarım sürecinin karanlıkta kalmış bölümlerini aydınlatabilmekte ve insanoğulunun henüz karşılaşmadığı özgünlükte tasarımlar üretmenin önünü açmaktadır.

Bu tez çalışması gelecekte yapılacak tek ailelik konut tasarımı çalışmaları için DCGAN algoritması destekli bir tasarım modeli önermektedir. DCGAN algoritmaları ile geliştirilecek çok katmanlı sistemler ile tasarımın erken aşamalarında hesaplamalı tasarım yöntemlerinin kullanımının artacağı beklenmektedir. Bu hızlı öğrenme ve hızlı tüketme döngüsü içinde mimari tasarım kuramlarının ve tasarım çerçevelerinin de yeniden tanımlanması yapılacak çalışmaların niteliği açısından önem arz etmektedir. Düşük bilgisayar kapasitesi ile bile bir DCGAN modeli oluşturmak oldukça kolaylaşmakta zamanla mimarlık eğitiminde bile makine öğrenimi teknolojilerinin önemli bir rol alması beklenmektedir. Bu beklenti ve yüksek potansiyel içinde eklektik çözümlerden ziyade mimari tasarımın semantik aşamalarının, soyut ilişkilerinin stilden daha fazla önem arz ettiğini dikkate alarak hızlı çözümlerden kaçınmak gerekmektedir.

Bu çalışmada yapılan deneylerde gözlemlendiği üzere, algoritma oluşturma sürecinin yanı sıra veri seti seçimi ve hazırlanması zaman ve özen gerektiren bir aşamadır. Tasarımcının yapay zeka destekli mimari tasarım sürecinde kontrolünün en yüksek olduğu aşama veri seçimi ve üretilen verilerin değerlendirilmesidir. Kendi ilhamını programlamak olarak da nitelendirilebilen bu yöntem ilerleyen tasarım aşamalarında kullanıcı gereksinimleri, bütçe gibi rasyonel parametrelerin de eklenmesi ile önerilebilecek bütüncül bir tasarım paradigmasının ilk basamağını oluşturmaktadır.

Bütüncül bir tasarım modelinin tipoloji araştırmaları basamağında değerlendirilerek kurgulanan bu model ve deneyler gelecekte yapılacak çalışmalar için bir yol haritası ve esnek bir tasarım aracı önermektedir. Tasarımcılar tarafından kullanım kolaylığı sağlamak amacıyla Google Colab gibi kurulum gerekmeyen ortamlarda kullanılabilen, parametrelerin rahatça değiştirilebileceği bir yapıda kurgulanmakta ve en önemli yüksek bilgisayar gücü gerektirmeyecek optimizasyon algoritmaları ile uygun hiperparametreler model ile birlikte bu tez kapsamında önerilmektedir. Bu modele eklenecek modüllerle bütüncül bir yapay zeka asistanı geliştirilmesi mümkündür. Gelecekte vektörler arası örüntüleri keşfeden ve üç boyutlu model setlerini eğitici veri seti olarak işleyebilecek modüllerle beraber çok daha özgün ve ucu açık araştırmalar yapılması olasıdır.

Öngörülen bütüncül tasarım süreci ve yapay zeka modelinin ilk basamağı olarak bu çalışma kapsamında önerilen DCGAN modeli, mimari sınıflandırma ve tanımlama, mimari bilginin aktarımı ve mimari bilginin pozitif bilimler kapsamında ele alınması gibi önemli kriterler dikkatlice incelenerek oluşturulmuştur. Yazılımcılar tarafından geliştirilen araçların tasarımcılar tarafından olduğu gibi kullanılması özellikle GAN algoritmaları ile yapılan çalışmaların stil transferi ekseninde yoğunlaşmasına sebep olmaktadır. Ancak geliştirilen araçlar tasarımcılar tarafından yorumlanarak şekillendirildiğinde ve mimari tasarım sürecinin gelişimi dikkate alınarak bu sürece entegre edildiğinde GAN algoritmaları oldukça büyük bir potansiyel taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Ahmad, A. R., Basir, O. A., Hassanein, K., & Imam, M. H.** (2004). Improved placement algorithm for layout optimization. *In Proc. of the 2nd Int'l Industrial Engineering Conf.(IIEC'04)*.
- Aish, R., & Woodbury, R.** (2005, August). Multi-level interaction in parametric design. *In International symposium on smart graphics (pp. 151-162)*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Aish, R.** (2013). First build your tools. *Inside Smartgeometry: Expanding the Architectural Possibilities of Computational Design*, 36-49.
- Alberti, L. B.** (1955). *Ten Books on Architecture*, translated by Giacomo Leoni, London (first English publication 1726.)
- Alexander, C.** (1977). *A pattern language: towns, buildings, construction*. Oxford University Press.
- Alexander, C.** (1968). *Pattern Language*, Oxford.
- Antonio.H.** (1969) J.N.L. Durand's Architectural Theory: A Study in the History of Rational Building Design. *Perspecta*, Vol. 12, pp. 153-160.
- Arpak, A.** (2012) Tasarım Yöntemleri Hareketi: 1960'larda Pozitivist Ve Fenomenolojik Modeller Ile Tasarımın Rasyonalizasyonu (Ussallaştırılması), *Dosya 29 Mimarlar Odası Ankara Şubesi*
- Asimow, M.** (1962). *Introduction to Design*, Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall.
- Bellman, R.** (1978). *An introduction to artificial intelligence : can computers think?*. San Francisco: Boyd & Fraser Pub. Co.
- Benevolo, L.** (1985). *History of Modern Architecture. 2 Volumes*, Cambridge. MA: The MIT Press (Originally published in Italian: Storia dell'architettura Moderna, in 1960)
- Bishop, C. M., & Nasrabadi, N. M.** (2006). *Pattern recognition and machine learning* (Vol. 4, No. 4, p. 738). New York: Springer.
- Botazzi, R.** (2018). *Digital Architecture Beyond Computers*, Bloomsbury.
- Buchanan, B. G.** (2005). A (very) brief history of artificial intelligence. *Ai Magazine*, 26(4), 53-53.
- Carrara, G., & Kalay,Y., & Novembri, G.** (1994). Knowledge based computational support for architectural design, *Automation in Construction Volume 3, Issues 2–3, July 1994, Pages 157-175*

- Chaillou, S.** (2019). *AI + Architecture Towards a new approach*, Harvard GSD, Thesis.
- Chambers, W.** (1825). *A Treatise on the Decorative Part of Civil Architecture*. London: Priestly and Weale, (originally L. Haberdorn, 1759).
- Choay, F.** (1979). "Alberti and Vitruvius," *Architectural Design*, Profile no 21. 1979, pp.26-35.
- Chollet, F.** (2017) *Python ile Derin Öğrenme*
- Colquhoun, A.** (1985). *Essays in Architectural Criticism. Modern Architecture and Historical Change*. Preface by Kenneth Frampton (origin in 1981).
- Curtis, W. J. R.** (1982). *Modern Architecture Since 1900*. Oxford: Phaidon Press.
- Çağdaş, G.** (1996). A shape grammar: The language of traditional Turkish houses. *Environment and Planning B: Planning and Design*. 23. 443-464. 10.1068/b230443.
- Damisch, H.** (1979) "The Column and the Wall," *Architectural Design*, Profile no 21. 1979, pp.18-25.
- Deutsch, R.** (2012). *Data-Driven Design & Construction*, Wiley.
- Dreyfus, H.** (1966). *What computer can not do*.
- Lobos, D. & Donath, D.** (2010) The problem of space layout in architecture: A survey and reflections. *Arquitetura Revista*. 6. 136-161. 10.4013/arq.2010.62.05.
- Dorst & Cross.** (2001). *Creativity in the Design Process: Co-Evolution of Problem-Solution*.
- Duarte, J.** (2001). *Customizing mass housing: A discursive grammar for Siza's Malagueira Houses*, PhD Thesis, MIT, Cambridge, U.S.A
- Durand, J. N. L.** () *Précis of the lectures on architecture*, introduction by Antoine Picon; translation by David Britt. Los Angeles: The Getty Research Inst., 2000. (First work originally published in French, *Précis des leçons d'architecture données à l'Ecole polytechnique*, Paris: J. Durand, 1802-1805. 2nd work originally published: *Partie graphique des cours d'architecture faits à l'Ecole royale polytechnique depuis sa réorganisation*. Paris : J. Durand, 1821.)
- Durand, J. N. L.** (). *Recueil et parallèle des édifices de tout genre, anciens et modernes : remarquables par leur beauté, par leur grandeur, ou par leur singularité, et dessinés sur une même échelle*. Princeton: Princeton Architectural Press, 1981. (Paris, 1830? 1801?).
- Eastman, C. M.** (1960). *Cognitive Processes and Ill-Defined Problems: A Case Study from Design*. *International Joint Conference on Artificial Intelligence* (pp. 669-690). Washington D.C: Institute of Physical Planning Carnegie-Mellon University
- Eastman, C. M.** (1973). Automated space planning. *Artificial intelligence*, 4(1), 41-64.

- Elezkurtaĵ, T.; Franck, G.** 2000. Algorithmic Support of Creative Architectural Design, European Computer Aided Architectural Design And Education, 18, Proceedings... Weimar, 2000, p. 309-312.
- Flemming, U. & Coyne, R. & Glavin, T. & Rychener, M.** (1986) A Generative Expert System for the Design of Building Layout Version 2. *Artificial Intelligence in Engineering: Design*. editor. John J. Gero. Elsevier (Computational Mechanics Publications), 1988. PP. 445-464 : ill. includes bibliography.
- Forty, A.** (2000). Words and buildings: A vocabulary of modern architecture. Thames & Hudson.
- Frampton, K.** (1980). *Modern Architecture. A Critical History*. London: Thames and Hudson Ltd.
- Frampton, K.** (1995) *Studies in Tectonic Culture. The Poetics of Construction in Nineteenth and Twentieth Century Architecture*. Cambridge MA: The MIT Press.
- Frazer, J.** (1995) *An Evolutionary Architecture*, Architectural Association Publications
- Gero, J.** (1996). Artificial intelligence in computer-aided design: Progress & Prognosis. *Computer-Aided Design* 28(3):153-154.
- Goldschmidt, G.** (2005) How good are good ideas? Correlates of design activity , *Design Studies* 26(6):593-611 DOI:10.1016/j.destud.2005.02.004
- Goodfellow, I.; Pouget-Abadie, J.; Mirza, M.; Xu, B.; Warde-Farley, D.; Ozair, S.; Courville, A.; Bengio, Y.** (2014). *Generative Adversarial Nets*. *Adv. Neural Inf. Process. Syst.* (2672–2680)
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A.** (2016). Deep learning. MIT press
- Goodfellow, I.** (2016) Improved Techniques for Training GANs, NIPS2016
- Grason, J.** (1971) An approach to computerized space planning using graph theory. *In Proceedings of the 8th Design automation workshop (pp. 170-178)*. ACM.
- Harding, J.** (2016). Dimensionality Reduction for Parametric Design Exploration. 10.3218/3778-4_19.
- Hart, H. & Hichs, P., & Serlio, S. (1996).** *Sebastiano Serlio On Architecture*. Translated by Vaughan Hart and Peter Hicks, New Haven: Yale University Press. Serlio, Sebastiano. Perspective, 1545
- Hastie, T.** (2016) *İstatistiksel Öğrenmenin Unsurları*, Springer
- Hays, K. M.** (2010). Architecture's Desire. *Reading the Late Avant-Garde*. Cambridge MA: The MIT Press.
- Hermann, W.** (1973) The Theory of Claude Perrault. London : Zwemmer.
- Hernandez, A.** (1969) J.N.L. Durand's Architectural Theory: A Study in the History of Rational Building Design. *Perspecta*, Vol. 12, pp. 153-160.
- Hitchcock, H. & Johnson, P.** (1932) *The international style: architecture since 1922*. The museum of modern art, New York

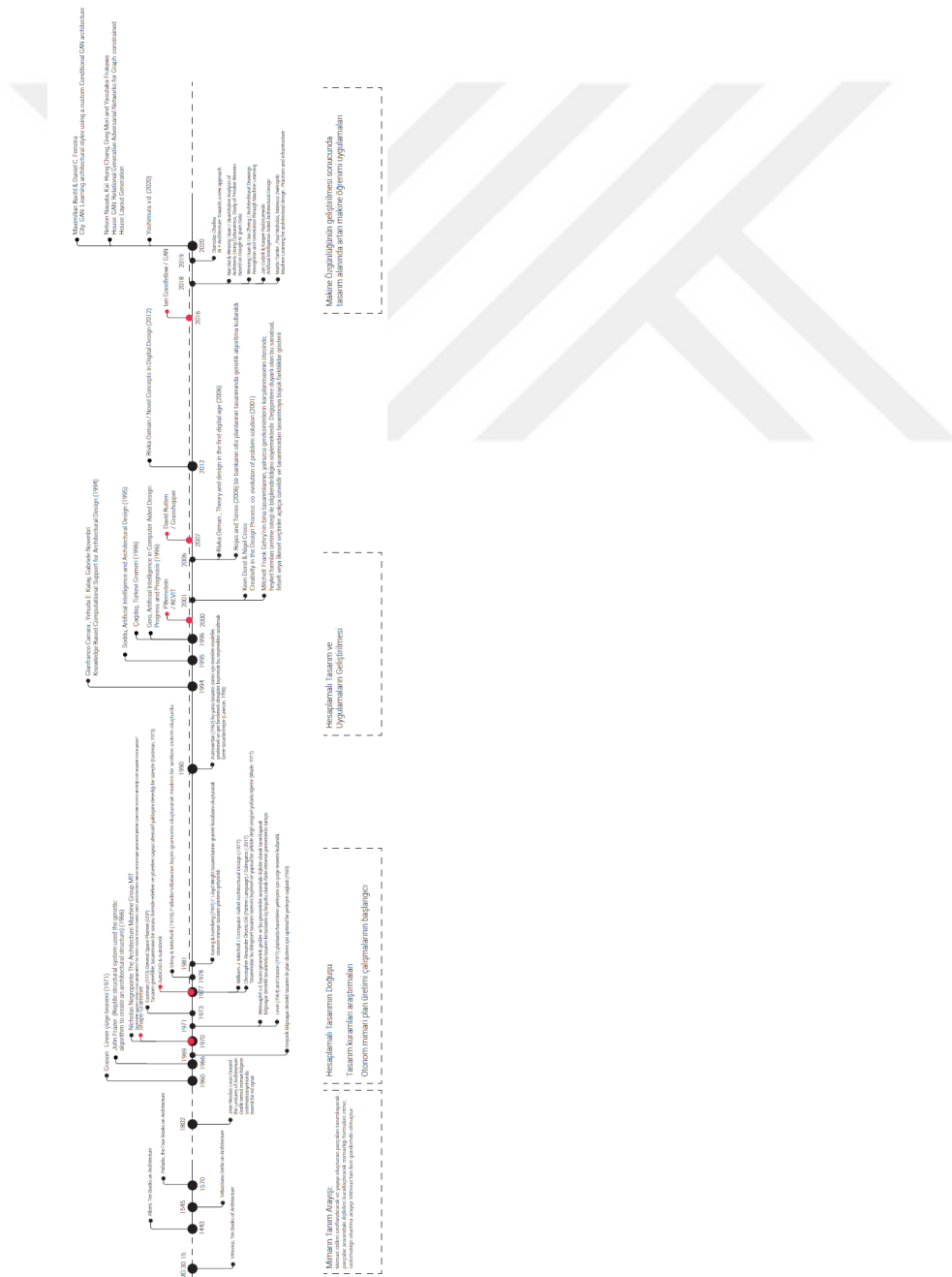
- Huang, W., & Zheng, H.** (2018). Architectural drawings recognition and generation through machine learning. In Proceedings of the 38th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture, Mexico City, Mexico.
- Koh, I. C. B.** (2019). Architectural Sampling: A Formal Basis for Machine-Learnable Architecture (No. THESIS). EPFL.
- Koh, I.; Amorim, P.; Huang, J.** (2019) Machinic Design Inference: From Pokemon to Architecture—A Probabilistic Machine Learning Model for Generative Design using Game Levels Abstractions. In *Computer-Aided Architectural Design, Proceedings of the 18th International Conference, CAAD Futures 2019, Daejeon, Korea, 26–28 June 2019*; Ji-Hyun, L.; Ed.. Springer: Berlin/Heidelberg, Germany
- Koning, H., & Eizenberg, J.** (1981). The language of the prairie: Frank Lloyd Wright's prairie houses. *Environment and planning B: planning and design*, 8(3), 295-323.
- Krejcirik, M.** (1969). Computer-aided plant layout. *Computer-Aided Design*, 2(1), 7-19.
- Kurzweil, R.** (2005) *The Singularity is Near when humans transcend biology* , Penguin Books
- Laugier, M. A.** (1962). Essai sur l'architecture, (originally in) Paris: Duchesne, 1753.
- Lawson, B.** (2005). How Designers Think: The Design Process Densified.
- Leach, N.** (2009). Digital Morphogenesis. *Architectural Design* 79, John Wiley & Sons, New York, USA, 2009, pp. 32–37, no. 4.
- Levin, P. H.** (1964). Use of graphs to decide the optimum layout of buildings. *The Architects' Journal*, 7, 809-815.
- Mahmoodi, A.S.** (2001). The design process in architecture : a pedagogic approach using interactive thinking.
- Martinez, N.** (2016). Suggestive Drawing Among Human&AI, Harvard GSD, Thesis.
- McCarthy, J.** (1956). *The inversion of functions defined by Turing machines*. Automata studies, 177-181.
- Middleton, R.** (1959) "Jacques François Blondel and the 'Cours d'Architecture'" *Journal of the Society of Architectural Historians*. Dec., 1959, Vol. 18, Issue 4, p140-148.
- Mitchell, W. J.** (1990). *The Logic of Architecture: Design, Computation, and Cognition* (1st. ed.). MIT Press, Cambridge, MA, USA.
- Mitchell, W. J.** (2001). Roll over Euclid: how Frank Gehry designs and builds. Frank Gehry, Architect, 352-363
- Morgan, M.H.** (1960) *Vitruvius : the ten books on architecture*, Dover Publications, New York
- Murphy, K.** (2012) *Machine learning a probabilistics perspective*, The MIT Press Cambridge, Massachusetts

- Nauata, N., Cahng, K.H., Cheng, C.Y., Mori, G., Furukawa, Y.** (2020) House-GAN : Relational Generative Adversarial Networks for Graph-constrained House Layout Generation
- Nagy, D., Lau, D., Locke, J., Stoddart, J., Villaggi, L., Wang, R., ... & Benjamin, D.** (2017, May). Project Discover: An application of generative design for architectural space planning. In *Proceedings of the Symposium on Simulation for Architecture and Urban Design* (p. 7). Society for Computer Simulation International
- Negroponte, N.** (1970). *The Architectural Machine: Toward a More Human Environment*.
- Negroponte, N.** (1975). *Architecture Machine*, MIT Press.
- Negroponte, N.** (1976). *Soft Architecture Machines*, MIT Press
- Newton, D.** (2019). Generative deep learning in architectural design. *Technology|Architecture+ Design*, 3(2), 176-189.
- Onians, J.** (1988). *Bearers of meaning: the Classical orders in Antiquity, the Middle Ages, and the Renaissance*, Princeton: Princeton University Press.
- Oxman, R.** (2006). Theory and design in the first digital age. *Design studies*, 27(3), 229-265.
- Pena, M.L., Carballal, A., Rodriguez-Fernandez, N., Santos, I., & Romero, J.** (2021). Artificial intelligence applied to conceptual design. A review of its use in architecture. *Automation in Construction*, 124, 103550.
- Perrault, C.** (1993) *Ordonnance for The Five Kinds of Columns After the Method of the Ancients*, Introduction by Alberto Perez-Gomez; translation by Indra Kagis McEwen, Santa Monica: Getty Center, (originally in French Paris, 1683 *Ordonnance des cinq espèces des colonnes*).
- Peters, N.** (2017). *Enabling Alternative Arch: Collaborative Frameworks for Participatory Design*, Harvard, Thesis.
- Radford, A., Metz, L., & Chintala, S.** (2015). Unsupervised representation learning with deep convolutional generative adversarial networks. *arXiv preprint arXiv:1511.06434*.
- Rossi, A.** (1984). *The architecture of the city*. Cambridge MA: The MIT Press.
- Rowe, C.** (1996). *As I Was Saying. Recollections and Miscellaneous Essays. Volume 1*, Edited by Alexander Caragone. Cambridge MA: The MIT Press.
- Ruskin, J.** (2001). *The Seven Lamps of Architecture*. London: Electric Book Co., c2001. (original in London, 1849).
- Rykwert, J., & Schezen, R.** (1999). *The palladian ideal*. New York: Rizzoli.
- Semper, G.** (1989). *The Four Elements of Architecture and Other Writings*. Translated by Harry F. Mallgrave and Wolfgang Herrmann, Cambridge: Cambridge University Press. (Originally published in German in 1851).
- Singh, V., & Gu, N.** (2012) Towards an integrated generative design framework, *Design Studies Vol.33 No.2*

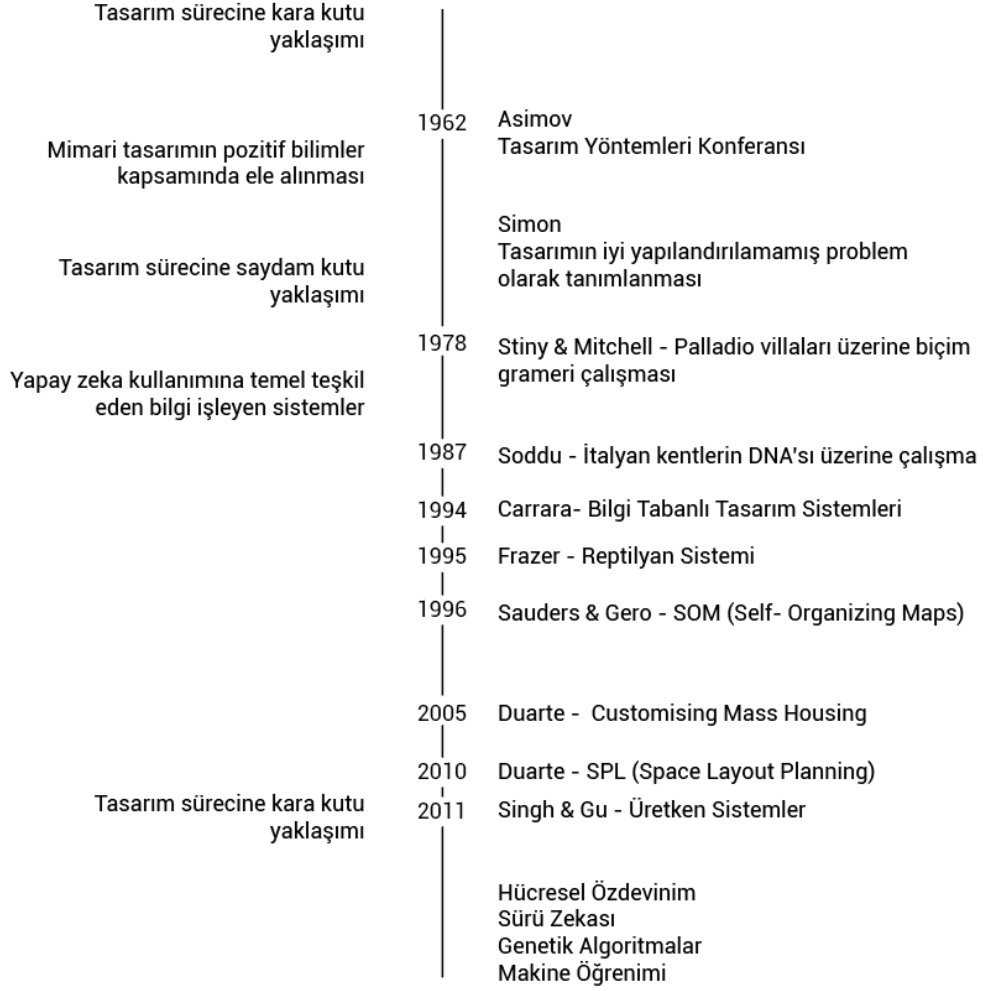
- Simon, H. A.** (1973). The Structure of Ill Structured Problems. *Artificial Intelligence* 4, 181-201.
- Steenenson, M. W.** (2017). AI: How Designers and Architects Created the Digital Landscape.
- Stiny, G., & Mitchell, W. J.** (1978). The palladian grammar. *Environment and planning B: Planning and design*, 5(1), 5-18.
- Summerson, J.** (1963) *The Classical Language of Architecture*. London: BBC
- Tafuri, M. & Dal, C. F.** (1986). Modern Architecture. 2 Volumes, New York: Electa/Rizzoli, 1986. (Originally published in Italian, in 1976).
- Tamke, M., Nicholas, P., & Zwierzycki, M.** (2018). Machine learning for architectural design: Practices and infrastructure. *International Journal of Architectural Computing*, 16(2), 123-143.
- Tzonis, A.** (1986) Liane Lefaivre. Classical Architecture. *The Poetics of Order*. Cambridge MA: The MIT Press
- Vehlken, S.** (2014) Computational swarming: A cultural technique for generative architecture, in: *Footprint*, pp. 9–24.
- Viollet-le-Duc, E. E.** (1990). *Entretiens sur l'architecture*. Paris, 1863-1872.
- Wade, J. W.** (1977). *Architectural problems und purposes: architectural design as a basic problem solving process*. John Wiley & Sons
- Weinzapfel, G., Johnson, T. E., & Perkins, J.** (1971, June). IMAGE: an interactive computer system for multi-constrained spatial synthesis. In *Proceedings of the 8th Design Automation Workshop* (pp. 101-108). ACM
- Wittkower, R.** (1974) *Palladio and English Palladianism*, New York: Thames & Hudson
- Woodbury, R.** (2010) *Parametrik Tasarımın Öğeleri (Elements of Parametric Design)*, New York: Routledge
- Yoshimura, Y., Cai, B., Wang, Z., Ratti, C.** (2020) Deep Learning Architect: Classification for Architectural Design through the Eye of Artificial Intelligence
- Zhang, H.** (2019). 3D Model Generation on Architectural Plan and Section Training through machine learning. *Technologies*, 7(4), 82. <https://doi.org/10.3390/technologies7040082>
- Zhang, H.** (2020). 3D Architectural Form Style Transfer Through Machine Learning, *CAADRIA*
- Zhu, J., Park, T., Isola, P., Efros, A.** (2017) Unpaired Image-to-Image Translation using Cycle-Consistent Adversarial Networks, <https://doi.org/10.48550/arXiv.1703.10593>
- Url-1** <<https://machinelearningmastery.com/what-are-generative-adversarial-networks-gans/>> erişim tarihi 18.05.2019

EKLER

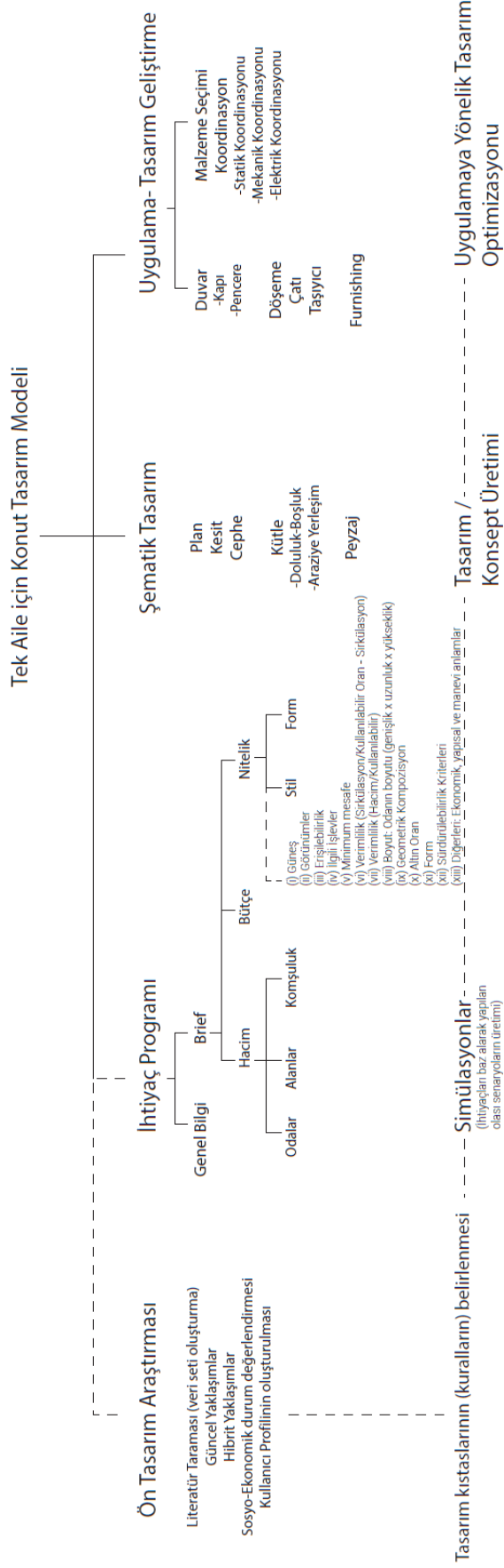
EK A : Yapay Zeka Destekli Tasarım Süreci kapsamında incelenen çalışmaların tarihsel dizilimi



EK B : Yapay Zeka Destekli Tasarım Süreci paradigmasında temel alınan teorilerin ve çalışmaların tarihsel dizilimi



EK C: Önerilen tek ailelik konut için yapay zeka destekli tasarım modeli



EK D : Sözlük

Aktivasyon Fonksiyonu: Yapay sinir ağlarında bulunan gizli katmanlarda girdi olan x , w ağırlık katsayısı (weight) ile çarpılır ve ardından b (bias) ile toplanır. Aktivasyon fonksiyonun amacı w ve b değerlerini ayarlamaktır. ReLu, Softmax gibi fonksiyonlar aktivasyon fonksiyonlarıdır.

Autoencoder: Sıkıştırma işlemleri için kullanılmaktadır. Yapay sinir ağlarında kullanılan katmanlar arasında dar geçit (bottleneck) oluşturulmaktadır. Latent alanda en az nöronun olduğu yerler bu dar geçitlerdir. Ancak veri sıkıştırıldığı için bu dar geçitlerde kayıplar yaşanmaktadır. Denetimli öğrenme modellerinde kullanılır ve veriler etiketli değildir.

Batch (Paket): Girilen inajların sekansı yani paket boyutudur. Algoritmanın hızını etkiler. Paket büyüklüğü arttıkça algoritmanın başarısı artar ancak hızı azalır.

BS4 (beautifulsoup) : Verisini temizlemek ve düzenlemek için kullanılır.

CUDA: GPU için NVIDIA'nın sunduğu C programlama dili üzerinde eklenti olarak kullanıma sunulan bir mimari ve teknolojidir. PathScale tabanlı bir C derleyicisi ve C ile yazılmış algoritmaların GPU üzerinde çalışmasını sağlayan geliştirme araçları kümesidir

Derin Öğrenme: Üst düzey performansı öğrenmek için birden çok yığılmış işlem birimi katmanını kullanan bir makine öğrenimi algoritması sınıfı

Epoch: Öğrenme adımının tekrarlanma sayısı, tur.

Hiperparametre: Ne olması gerektiği, modeli tasarlayan kişiye bırakılmış, probleme, veri setine göre değişiklik gösteren parametreler hiper-parametre (hyperparameters) olarak adlandırılmaktadır. Derin ağ modellerinde seyreltme (dropout) değerine, katman sayısına, nöron sayısına modeli tasarlayan kişi karar vermektedir. Genelde bu parametreler için hangi tercihte bulunulacağı başlangıçta açık ve kesin değildir; problem ve veri seti gibi etmenlere göre değişiklik göstermektedir.

Loss (Cost) Fonksiyonu: Tahmin edilen değer gerçek değerden ne kadar uzak olduğunu hesaplayan fonksiyondur. Yapay zeka modellerinde bu fonksiyondan çıkan değer modelin başarılı olması için küçük olması gerekmektedir. Cross Entropy Loss fonksiyonu ile ise gerçek değerden hesaplanan değer çıkarılarak aradaki farkın karesi alınarak ne kadar sapma olduğu hesaplanmaktadır.

Makine öğrenimi: Sunulan veri seti içinde ilişkileri en iyi tanımlayan fonksiyonu bulmak için arama süreci.

MatPlotLib: Matplotlib iki boyutlu grafik çizimleri elde etmek için kullanılan bir kütüphanedir. Çeşitli formatlarda ya da interaktif ortamlarda kaliteli çıktıları (grafikler) üretmek için kullanılmaktadır.

Nöron: Yapay sinir ağlarında katmanlar nöronlardan oluşur. Her bir nöron sıfır ile bir arasında bir değer tutmaktadır. 28*28 piksel boyutlarında bir imajda 784 nöron bulunmaktadır. Her bir nöron gri skalada o pikselin değerine karşılık bir rakam tutmaktadır.

Optimize edici algoritmalar ve sinir ağı momentumu: SGD, Momentum, Adam, NAG, Adagrad, Adadelta, Rmsprop gibi algoritmalar üretici ve ayıracıyı optimize

etmek için kullanılmaktadır. Bir sinir ağı eğitildiğinde, model için optimum ağırlıkları belirlemek için optimize edici adı verilen bir algoritma kullanır. Temel seçenek Stokastik Gradyan İniş'tir (Stochastic Gradient Descent), ancak başka seçenekler de vardır. Diğer bir yaygın algoritma, bir ağırlık güncellendikten sonra bekleyerek ve bir delta miktarı kullanarak ikinci kez güncelleyerek çalışan Momentum'dur. Bu, salınım riskini azaltarak eğitimi kademeli olarak hızlandırır.

Pekiştirmeli Öğrenme: Ödüllendirilmek için bir ortamda nasıl davranması gerektiğine dair bir politika öğrenme şekli. Amazon yarış robotlarında (aws deepracer, robot ve v3 union ml demo) kullanılmaktadır.

PIL & Pillow: Görüntü işlemek için kullanılan kütüphanelerdir. Yüklenen kütüphanelerin birbirleri ile farklı sürümlerinde uyumlu çalışma problemleri (dependency) gerçekleştiği zamanlarda matplotlib gibi kütüphanelere muadil olarak kullanılmaktadır.

Pickle: Üretilen sonuçları kaydetme işlemleri için kullanılan kütüphanedir.

Plotly: Web tabanlı görselleştirme için kullanılan kütüphanedir. Karmaşık grafiklerin kolayca oluşturulmasına olanak sağlar. Etkileşimli web uygulamalarında çalışmaya dayalıdır. Oldukça iyi görselleştirmeleri arasında kontur grafikleri, üç boyutlu araziler ve 3B grafikler bulunur. Sunduğu API'ler (araçlar) ile bazı yazılım dillerinde görselleştirme imkanı sağlar. Python da bu diller arasındadır. Web sitesinde, bir dizi sağlam, kullanıma hazır grafik bulunmaktadır. Plotly kullanmak için API anahtarı edinilmesi gerekmektedir.

PyTorch: Facebook'un açık kaynak yapay zeka algoritmalarını barındıran kütüphanesidir. Ancak bu çalışma kapsamında tensorflow kullanılmaktadır.

ReLU Katmanı: Konvolüsyon işleminden sonra ReLu aktivasyonu kullanılır. Aktivasyon fonksiyonları performans için önemlidir. Sinir ağına evet ya da hayır benzeri bir çıktı vermesini sağlar. Elde edilen değer fonksiyona bağlı olarak 0 ya da 1 veya -1 ya da 1 arasına sıkıştırır.

SciPy: SciPy mühendislik ve bilimsel çalışmalara yönelik bir kütüphanedir. Lineer cebir, optimizasyon, istatistik için modüllere sahiptir. SciPy kütüphanesinin ana işlevselliği NumPy üzerine inşa edilmiştir. Dizileri NumPy'nın önemli ölçüde kullanımını sağlar. Sayısal entegrasyon, optimizasyon ve diğer birçok özel alt modülü ile verimli sayısal işlemler sağlamaktadır. Basit ve efektif bir görselleştirme oluşturmak için SciPy Stack çekirdek paketleri de kullanılmaktadır.

Seaborn & Bokeh : Görselleştirme kütüphaneleridir

Sinir ağı öğrenme oranı (learning rate) : Geri yayılım (backpropagation) algoritmasının gradyan inişini ne kadar hızlı gerçekleştirdiğini ifade etmektedir. Daha düşük bir öğrenme oranı, ağı daha hızlı eğitilmesini sağlar ancak minimum kayıp işlevinin eksik olmasına neden olabilmektedir.

Yapay Sinir Ağı: Lineer olmayan davranışları tanımlamak için insan beyninden oluşturulmuş ve katmanlardan oluşan ağlara verilen isim. Yapay sinir ağları giriş katmanı, birden fazla gizli katman ve çıkış katmanı ve bu katmanlar arası ilişkilerden oluşmaktadır.

Geriye Yayılım (Back Propagation): Yapay sinir ağlarının ne şekilde öğrendiğinin arkasında yatan asıl algoritma geriye yayılımdır. Derin öğrenmede parametrelerin güncellenmesi geriye yayılım işlemi ile yapılmaktadır. Geriye yayılım işleminde bu güncelleme işi zincir kuralı (chain rule) olarak adlandırılan geriye doğru türev olarak

farkın bulunması ve bulunan farkın değerin öğrenme oranı (learning rate) parametresiyle çarpılması ve çıkan sonucun ağırlık (weight) değerlerinden çıkarılarak yani ağırlık değerin hesaplanması ile yapılmaktadır.

DCGAN algoritmalarında geriye yayılım aşamasında algoritmanın hızını arttırmak için konvolüsyon işlemi yapılmaktadır. Konvolüsyon işleminde imajda bulunan belirli pikseller gruplanarak bir nöron tarafından temsil edilmektedir.

TensorFlow: Yapay zeka algoritmaları geliştirmek için kullanılan nesne tanımlama, konuşma tanıma vb modelleri barındıran ve tensor veri tipi ile çalışan GOOGLE tarafından geliştirilmiş kütüphane.

Theano: Numpy benzeri dizi ve serilerle çalışma imkanı sunan kütüphanedir. Kütüphane ayrıca CPU ve GPU kullanımını optimize ederek hesaplama performansını daha hızlı hale getirir.

Scrapy: Uygulamaların crawl (arama motoru) edilmesinde kullanılır. Diğer adıyla spider bot olarak bilinir. Web uygulamalarındaki URL veya iletişim bilgileri gibi yapısal verileri toplamak için kullanılır. Temelde scraping (web kazıma) için geliştirilmiştir. Ancak genel amaçlı crawler'lar (arama motorları) gibi davranma yeteneği ve API'lardan veri toplama gibi özellikleri gibi gelişmiş yapıları da barındırmaktadır.

Tümleşik Geliştirme Ortamı (Integrated Development Environment) (IDE) : Pycharm, Google Colab, Jupyter Notebook, Visual stüdyo gibi yazılımın geliştirildiği medyumlara verilen ad.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Melis Dağ

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2017, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER :

- Temmuz 2013 / IFAC , Parametric Landmark Workshop, Tasarımcı
- 2013 / Bozcaada Rammed Earth Workshop , Katılımcı
- 2015/ Arredemento 2015/09 no:293 ‘Bozcaada’da Toprakla Oynamak’ , Eş Yazar
- Mayıs 2017 - Eylül 2017 / Melike Altınışik Mimarlık, Ofis stajı, İstanbul
- 2017-2018 / Tigris Design, Mimar & Araştırmacı, İstanbul
- 2019-2020 / TECE Mimarlık, Mimar, İstanbul
- 2020-2021 / RADIOLOGICS, Mimar & Araştırmacı , İstanbul
- Nisan 2021- Ekim 2021 / Avcı Mimarlık, Mimar, İstanbul

