

T.C.

İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

MİMARİ GÖRSELLEŞTİRME ARAÇLARINDA YAPAY ZEKÂ
KULLANIMININ İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nuri Efe ŞENEL

1700003059

Anabilim Dalı: Mimarlık

Program: Mimari Tasarım

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Evren Burak ENGİNÖZ

EYLÜL 2024

T.C.
İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

MİMARİ GÖRSELLEŞTİRME ARAÇLARINDA YAPAY ZEKÂ
KULLANIMININ İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Nuri Efe ŞENEL
1700003059

Anabilim Dalı: Mimarlık

Program: Mimari Tasarım

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Evren Burak ENGİNÖZ

Jüri Üyeleri: Dr. Öğr. Üyesi Altuğ SARIYAR

Dr. Öğr. Üyesi Nevzat Ömer SAATÇIOĞLU

EYLÜL 2024

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, mimari tasarımda yapay zekâ uygulamalarının kullanımı incelenmiştir. İncelemeler sonucunda, görselleştirme için kullanılan yapay zekâ uygulamaları ve dijital araç olarak kullanılan mimari görselleştirme programları bulanık mantık yapay zekâ türü kullanılarak MATLAB aracı ile nice olarak karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmanın ilerleme süresince yardımlarını esirgemeyen saygıdeğer eğitimci Prof. Dr. Evren Burak Enginöz'e, İstanbul Kültür Üniversitesi Mimarlık Enstitüsü öğretim üyelerine, bana desteğini asla esirgemeyen aileme ve arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
DENKLEM LİSTESİ	xiii
SİMGELER	xv
ÖZET	xvi
ABSTRACT	xvii
1.GİRİŞ	1
2. MİMARİ TASARIMDA KULLANILAN ARAÇLARININ İNCELENMESİ 9	
2.1 Mimari Tasarımda Yer Alan Aşamalar	9
2.2 Mimari Tasarım Araçlarının Yer Aldığı Aşamalar Ele Alınarak Tarihsel Süreç İçerisindeki İlişkilerinin İncelenmesi/Değerlendirilmesi	10
2.3 Mimari Tasarım Geleneksel Araçlarının İncelenmesi	13
2.3.1 Kâğıt ve Kalem Yöntemi	13
2.3.2 Maket Yöntemi	14
2.4 Mimari Tasarım Dijital Araçlarının İncelenmesi	15
2.4.1 Piksel Tabanlı Dijital Araçlar	15
2.4.2 Vektör Tabanlı Dijital Araçlar	15
2.4.3 Üç Boyutlu Modelleme ve Görselleştirme Tabanlı Mimari Tasarım Dijital Araçları	16
2.4.4 BIM Tabanlı Mimari Tasarım Dijital Araçları	20
2.5 Mimari Tasarım Yapay Zekâ Araçlarının İncelenmesi	22
2.5.1 Yapay Zekâ Tabanlı Mimari Tasarım Dijital Araçları	23

2.5.2 Proje Özelinde Oluşturulan Mimari Tasarım Yapay Zekâ Dijital Araç Örneklerinin İncelenmesi.....	34
2.6 Bölüm Sonucu	53
3. YAPAY ZEKÂ KAVRAMI	54
3.1 Yapay Zekâ Nedir?	55
3.1.1 Yapay Zekânın Avantajları.....	56
3.1.2 Yapay Zekânın Dezavantajları.....	56
3.1.3 Yapay Zekânın Kullanım Alanları.....	57
3.2 Yapay Zekâ Yaklaşım Biçimleri	58
3.1.1 İnsan Gibi Düşünen Sistemler	58
3.1.2 İnsan Gibi Davranan Sistemler.....	58
3.1.3 Rasyonel Düşünen Sistemler	59
3.1.4 Rasyonel Davranan Sistemler.....	59
3.3 İşlevselliklerine Göre Yapay Zekâ Türleri	60
3.4 Teknolojisine ve Kullanım Alanına Göre Yapay Zekâ Türleri	62
3.4.1 Makine Öğrenimi (Machine Learning – ML).....	63
3.4.2 Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks – ANN).....	66
3.4.3 Derin Öğrenme (Deep Learning).....	70
3.4.4 Evrimsel Algoritmalar (Evolutionary Algorithms).....	74
3.4.5 Uzman Sistemler (Expert Systems)	75
3.4.6 Doğal Dil İşleme (Natural Language Processing – NLP)	76
3.4.7 Görüntü İşleme (Computer Vision – CV)	78
3.4.8 Bulanık Mantık (Deep Learning).....	82
3.5 Bölüm Sonucu	85
4. ALAN ÇALIŞMASI: FOTOGERÇEKÇİ GÖRSELLEŞTİRME ARAÇLARI VE YAPAY ZEKÂ GÖRSELLEŞTİRME ARAÇLARININ NİCEL OLARAK BULANIK MANTIK DEĞERLENDİRME YÖNTEMİYLE FIS EDITOR KULLANILARAK KARŞILAŞTIRILMASI	87

4.1 Fotogerçekçi Görselleştirme Araçları ve Yapay Zekâ Görselleştirme Araçlarının Karşılaştırmasında Kullanılacak Yöntemlerin Açıklanması	91
4.1.1 Bulanık Mantık Araçlarının ve Kümelerinin İncelenmesi.....	91
4.1.2 Bulanık Mantık Yapay Zekâ Türü ile FIS Editör Kullanımının Daha Önce Yapılmış Olan Örnek Çalışma Üzerinden İncelenmesi.....	92
4.1.3 Fotogerçekçi Görselleştirme Araçları ve Yapay Zekâ Görselleştirme Araçlarının Karşılaştırması için Gereken Bulanık Mantık Yapay Zekâ Sisteminin Oluşturulması.....	96
4.1.4 Fotogerçekçi Görselleştirme Araçları ve Yapay Zekâ Görselleştirme Araçlarının Karşılaştırılması İçin Kullanılacak Olan Modellemenin ve Görüntülerin Oluşturulması	111
4.1.5 Prompt Komutlarının Oluşturulması	115
4.2 Fotogerçekçi Görselleştirme Araçları ve Yapay Zekâ Görselleştirme Araçlarının Karşılaştırmasında Kullanılacak Olan Dijital Araçların Belirlenmesi.....	116
4.2.1 Alan Çalışmasında Kullanılacak Fotogerçekçi Görselleştirme Araçlarının Belirlenmesi	117
4.2.2 Alan Çalışmasında Kullanılacak Yapay Zekâ Görselleştirme Araçlarının Belirlenmesi	117
4.3 Fotogerçekçi Görselleştirme Araçları ve Yapay Zekâ Görselleştirme Araçlarının Sayısal Erişilebilirlik ve Kullanım Özelliklerinin İncelenmesi .	118
4.3.1 Fotogerçekçi Görselleştirme Araçlarının Sayısal Erişilebilirlik ve Kullanım Özellikleri Parametre Değerlerinin Tespit Edilmesi.....	119
4.3.2 Yapay Zekâ Görselleştirme Araçlarının Sayısal Erişilebilirlik ve Kullanım Özellikleri Parametre Değerlerinin Tespit Edilmesi.....	132
4.4 Fotogerçekçi Görselleştirme Araçları ve Yapay Zekâ Görselleştirme Araçlarının Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametre Değerlerinin Tespit Edilebilmesi için Araçlar Tarafından Görsellerin Oluşturulması ve İncelenmesi.....	133
4.4.1 Fotogerçekçi Görselleştirme Araçları ile Görsellerin Oluşturulması ve İncelenmesi	133

4.4.2 Yapay Zekâ Görselleştirme Araçları ile Görsellerin Oluşturulması ve İncelenmesi	146
4.5 Alan alışmasında Elde Edilen Bulgular ile Parametrelerin Hesaplanması	168
4.5.1 Sayısal Erişilebilirlik Parametrelerinin Hesaplanması	169
4.5.2 Kullanım zellikleri Parametresinin Hesaplanması.....	172
4.5.3 Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametresinin Hesaplanması	175
4.6 Alan alışmasından Elde Edilen Bulgular Kullanılarak Genel Sonuç Değerlerinin Tespit Edilmesi.....	178
4.7 Bölüm Sonucu	181
5. SONUÇ.....	184
KAYNAKÇA	187
EKLER.....	196
EK 4.1 Karşılaştırmada Kullanılacak Olan Parametrelerin FIS Editor Kullanılarak Detaylı Olarak Oluşturulması.....	196
EK 4.2 Sayısal Erişilebilirlik Parametre Değerlerinin Kurallarının Detaylı Olarak Oluşturulması	206
EK 4.3 Kullanım zellikleri Parametre Değerlerinin Kurallarının Detaylı Olarak Oluşturulması	213
EK 4.4 Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametre Değerlerinin Kurallarının Detaylı Olarak Oluşturulması.....	215
EK 4.5 Genel Sonuç Parametre Değerlerinin Kurallarının Detaylı Olarak Oluşturulması	218

KISALTMALAR

GAN	: Generative Artificial Intelligence (Üretken Çekişmeli Ağlar)
CGAN	: Conditional GAN (Koşutlu Üretken Çekişmeli Ağlar)
IGAN	: Improved GAN (Geliştirilmiş Üretken Çekişmeli Ağlar)
AI	: Artificial intelligence (Yapay Zekâ)
YZ	: Yapay Zekâ
BIM	: Bina Bilgi Yönetimi

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Mimari Tasarımda Kullanılan Yapay Zekâ Araçlarının İncelenmesi	24
Tablo 2.2 Site Planlama Modeli Aracında FIS Editör ile D Girdi Değerlerinin İşlenmesi (Öztürk & Şahin, 2018)	43
Tablo 2.3 Site Planlama Modeli Aracında FIS Editör ile N Girdi Değerlerinin İşlenmesi (Öztürk & Şahin, 2018)	44
Tablo 2.4 Site Planlama Modeli Aracında FIS Editör ile V Girdi Değerlerinin İşlenmesi (Öztürk & Şahin, 2018)	45
Tablo 3.1 Yapay Sinir Ağları Elemanlarının, Sinir Sisteminde Karşılıkları (Öztürk & Şahin, 2018)	67
Tablo 4.1 Sayısal Erişilebilirlik Parametrelerinin Dereceleri.....	105
Tablo 4.2 Kullanım Özellikleri Parametrelerinin Dereceleri.....	106
Tablo 4.3 Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametrelerinin Dereceleri	107
Tablo 4.4 Tüm Sonuç Parametre Dereceleri.....	109
Tablo 4.5 Karşılaşmada Yer Alan Tüm Parametre Dereceleri.....	110
Tablo 4.6 Fotogerçekçi Görselleştirme Araçları ve Yapay Zekâ Görselleştirme Araçlarının Karşılaştırılması için Kullanılacak Modelleme Aracının Seçimi.....	112
Tablo 4.7 Fotogerçekçi Görselleştirme Araçlarının Sayısal Erişilebilirlik ve Kullanım Özelliklerinin İncelenmesi	119
Tablo 4.8 Yapay Zekâ Görselleştirme Araçlarının Sayısal Erişilebilirlik Özelliklerinin İncelenmesi	132
Tablo 4.9 V-Ray Aracı Kullanılarak Görselleştirme İşlemlerinin Gerçekleştirilmesi	134
Tablo 4.10 Enscape Aracı Kullanılarak Görselleştirme İşlemlerinin Gerçekleştirilmesi	136
Tablo 4.11 Lumion Aracı Kullanılarak Görselleştirme İşlemlerinin Gerçekleştirilmesi	138

Tablo 4.12 Unreal Engine Aracı Kullanılarak Görselleştirme İşlemlerinin Gerçekleştirilmesi	140
Tablo 4.13 Twinmotion Aracı Kullanılarak Görselleştirme İşlemlerinin Gerçekleştirilmesi	142
Tablo 4.14 D5 Render Aracı Kullanılarak Görselleştirme İşlemlerinin Gerçekleştirilmesi	145
Tablo 4.15 Mnml AI Yapay Zekâ Aracı Kullanılarak Görselleştirme İşlemlerinin Gerçekleştirilmesi	150
Tablo 4.16 Prome AI Yapay Zekâ Aracı Kullanılarak Görselleştirme İşlemlerinin Gerçekleştirilmesi	153
Tablo 4.17 Evolverlab Veras Yapay Zekâ Aracı Kullanılarak Görselleştirme İşlemlerinin Gerçekleştirilmesi	156
Tablo 4.18 LookX AI Yapay Zekâ Aracı Kullanılarak Görselleştirme İşlemlerinin Gerçekleştirilmesi	158
Tablo 4.19 Arko AI Yapay Zekâ Aracı Kullanılarak Görselleştirme İşlemlerinin Gerçekleştirilmesi	161
Tablo 4.20 Renovate AI Yapay Zekâ Aracı Kullanılarak Görselleştirme İşlemlerinin Gerçekleştirilmesi	164
Tablo 4.21 Visoid Yapay Zekâ Aracı Kullanılarak Görselleştirme İşlemlerinin Gerçekleştirilmesi	166
Tablo 4.22 Araçlara Ait Sayısal Erişilebilirlik Bilgileri	169
Tablo 4.23 Araçlara Ait Sayısal Erişilebilirlik Sonuç Değerleri	170
Tablo 4.24 Araçlara Ait Sayısal Erişilebilirlik Bulanık Mantık Sonuç Değerleri ...	171
Tablo 4.25 Araçlara Ait Kullanım Özellikleri Bilgileri ve Sonuç Değerleri+	173
Tablo 4.26 Araçlara Ait Kullanım Özellikleri Bulanık Mantık Sonuçları.....	174
Tablo 4.27 Araçlara Ait Görüntü Oluşturma ve İşleme Bilgileri ve Değerleri.....	176
Tablo 4.28 Araçlara Ait Görüntü Oluşturma ve İşleme Bulanık Mantık Sonuçları	178
Tablo 4.29 Yapay Zekâ Görselleştirme Araçlarının, Güncellenmiş Bulanık Mantık Değerleri.....	179
Tablo 4.30 Fotogerçekçi Görselleştirme Araçları ve Yapay Zekâ Görselleştirme Araçlarının Karşılaştırılmasında Elde Edilen Bulanık Mantık Sonuç Değerleri	179
Tablo 4.31 Araçlara Ait Görüntü Oluşturma ve İşleme Bulanık Mantık Sonuç Değerleri.....	180

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Kâğıt ve Kalem Kullanılarak İki Boyut Çizim Yöntemi ile Oluşturulan Plan, Kesit ve Görünüş Örneği.....	14
Şekil 2.2 Kâğıt ve Kalem Kullanılarak Üç Boyut Çizim Yöntemi ile Oluşturulan Perspektif Çalışma Örneği	14
Şekil 2.3 Maket Çalışma Örneği.....	14
Şekil 2.4 Sketchup Modelleme Programının Arayüzü.....	16
Şekil 2.5 3Ds Max Modelleme Programının Arayüzü.....	17
Şekil 2.6 Rhinoceros 3D Modelleme Programının Arayüzü	18
Şekil 2.7 Revit Programının Arayüzü	21
Şekil 2.8 Archicad Programının Arayüzü	21
Şekil 2.9 Allplan Programının Arayüzü.....	22
Şekil 2.10 Mimari Çizimleri Tanıma ve Oluşturma Aracında Planlar üzerinden Tanıma (Recognition) ve Oluşturma (Generation) İşlemleri (Huang & Zheng, 2018).....	35
Şekil 2.11 Mimari Çizimleri Tanıma ve Oluşturma Aracında Kat Planı, Etiketlenmiş Plan ve Etiketler (Huang & Zheng, 2018)	35
Şekil 2.12 Mimari Çizimleri Tanıma ve Oluşturma Aracında Tanıma İşlemi Sonucu (Huang & Zheng, 2018).....	36
Şekil 2.13 Mimari Çizimleri Tanıma ve Oluşturma Aracında Oluşturma İşlemi Sonucu (Huang & Zheng, 2018).....	37
Şekil 2.14 Tuvalet ve Mutfakların Detaylı İşlemi Sonucu (Huang & Zheng, 2018). 37	
Şekil 2.15 Burulma Düzensizliği (Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı, 2018). 38	
Şekil 2.16 DK Asistanı Aracının Oluşum Süreci Ön İşlemi (Bingöl vd., 2020)	39
Şekil 2.17 DK Asistanı Aracının Düzenli Plan Şemaları (Bingöl vd., 2020)	39
Şekil 2.18 DK Asistanı Aracının Düzensiz Plan Şemaları (Bingöl vd., 2020).....	40
Şekil 2.19 DK Asistanı Aracının, Düzensiz Taşıyıcı Sistemli Planlar için Verdiği Yanıt (Bingöl vd., 2020)	40

Şekil 2.20 DK Asistanı Aracının, Düzenli Taşıyıcı Sistemli Planlar için Verdiği Yanıt (Bingöl vd., 2020)	41
Şekil 2.21 Site Planlama Modeli Aracında Kıbrıs Sitesi Yerleşim Planı (Google Maps, t.y.).....	42
Şekil 2.22 Site Planlama Modelinde Sonuç Değerleri (Çekmiş, 2016).....	46
Şekil 2.23 Mimari Tarzların Tahmini Aracı Veri Seti (Öztürkoğlu, 2023)	48
Şekil 2.24 Mimari Tarzların Tahmini Aracında Roboflow Platformunda Veri Etiketleme (Öztürkoğlu, 2023)	49
Şekil 2.25 Mimari Tarzların Tahmini Aracında Roboflow Platformuna Yüklenen Veriler (Öztürkoğlu, 2023).....	49
Şekil 2.26 Mimari Tarzların Tahmini Aracında Sonuçlar (Öztürkoğlu, 2023)	49
Şekil 2.27 Kiriş Türü Sınıflandırılması (Ünlü, Demir & Kaya, 2023)	50
Şekil 2.28 Mesnet Konum Optimizasyonu Aracında Akış Diyagramı (Ünlü, Demir & Kaya, 2023).....	51
Şekil 3.1 Teknolojisine ve Kullanım Alanına Göre Yapay Zekâ Türlerinin Birbirleriyle Oluşturduğu Bağlantı	62
Şekil 3.2 Makine Öğrenmesinin Basitleştirilmiş Çalışma Diyagramı (Turhost, 2021)	63
Şekil 3.3 Denetimli Makine Öğrenmesinin Çalışma Diyagramı (Turhost, 2021)	64
Şekil 3.4 Denetimsiz Makine Öğrenmesinin Çalışma Diyagramı (Turhost, 2021)...	64
Şekil 3.5 Yarı Denetimli Makine Öğrenmesinin Çalışma Diyagramı (Turhost, 2021)	65
Şekil 3.6 Takviye Algoritmaları Öğrenmesinin Çalışma Diyagramı (Turhost, 2021).....	65
Şekil 3.7 Biyolojik Sinir Hücresi ve Yapay Sinir Ağı Benzetimi (Maltarollo, Honório & Da Silva, 2013)	67
Şekil 3.8 Tek Katmanlı Yapay Sinir Ağı Algılayıcısı Modeli (Öztemel, 2008).....	68
Şekil 3.9 Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı Algılayıcısı Modeli (Kabalcı, 2014)	68
Şekil 3.10 İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağı Algılayıcısı Modeli (Öztürk & Şahin, 2018)	69
Şekil 3.11 Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağı Algılayıcısı Modeli	69
Şekil 3.12 Yapay Sinir Ağları ve Derin Öğrenmenin Farkı (Yıldırım & Demirarslan, 2020)	70
Şekil 3.13 Evrimsel Sinir Ağları Çekirdek Katmanı (Savaş, 2020)	71
Şekil 3.14 Evrimsel Sinir Ağları Havuzlama İşlemi (Savaş, 2020)	71

Şekil 3.15 Evrişimsel Sinir Ağları Havuzlama İşlemi (Günel, İşman & Kocakula, 2018)	71
Şekil 3.16 GAN Algoritmasının Çalışma Yolu (Huang & Zheng, 2018)	72
Şekil 3.17 Pix2Pix Algoritmasının Çalışma Kademeleri (Isola vd., 2018)	73
Şekil 3.18 Genetik Algoritma İşlem Adımları (Engin, 2001)	74
Şekil 3.19 Uzman Sistemlerin Genel Yapısı (İçen & Günay, 2014)	76
Şekil 3.20 YOLO Algoritmasının Gridal Sistem ve Sınırlayıcı Kutu Çalışması (Handuo, 2018)	80
Şekil 3.21 YOLO Algoritmasının Sınırlayıcı Kutu Oluşturma Metodu (Redmon vd., 2016)	80
Şekil 3.22 Metinden Görüntüye Dönüşüm Yapay Zekâ Türünün Çalışma Adımları	81
Şekil 3.23 Bulanık Renk Kümeleri (Altaş, 1999)	83
Şekil 3.24 Bulanık Mantık Sisteminin Yapısı (Ekin & Yıldız, 2018)	83
Şekil 3.25 Bulanık Mantıkta Kesin Küme (Altaş, 1999)	84
Şekil 3.26 Bulanık Mantıkta Bulanık Küme (Altaş, 1999)	84
Şekil 3.27 Bulanık Mantıkta Ayırık Zamanlı Küme (Altaş, 1999)	84
Şekil 3.28 Bulanık Mantıkta Sürekli Zamanlı Küme (Altaş, 1999)	85
Şekil 4.1 FIS Editör Kullanımında Tedarik Puanlaması için Kurallar Değeri (Çilek, 2021)	93
Şekil 4.2 FIS Editör Kullanımında Fuzzy Komutu (Çilek, 2021)	94
Şekil 4.3 FIS Editör Kullanımında Üyelik Fonksiyonları Editörü Komutu (Çilek, 2021)	94
Şekil 4.4 FIS Editör Kullanılarak Kural Editörü Aracılığıyla Kural Tanımlamalarının İşlenmesi (Çilek, 2021)	95
Şekil 4.5 Değerlerin İşlenmesi Üzerine, Sonuç Değerlerinin Elde Edilmesi (Çilek, 2021)	95
Şekil 4.6 Sayısal Erişilebilirlik Parametre Kurallarının FIS Editör'e İşlenmesi	106
Şekil 4.7 Kullanım Özellikleri Parametre Kurallarının FIS Editör'e İşlenmesi	107
Şekil 4.8 Alan Çalışması Yönteminde Dış Mekân Sahnesinin Modellenmesi	113
Şekil 4.9 Alan Çalışması Yönteminde Dış Mekân Sahnesinin Dokular ile Kaplanması	113
Şekil 4.10 Alan Çalışması Yönteminde Dış Mekân Modellemesi ve Güneş Işığı Açısı Ayarlanması	113
Şekil 4.11 Alan Çalışması Yönteminde İç Mekân Sahnesinin Modellemesi	114

Şekil 4.12 Alan Çalışması Yönteminde İç Mekân Sahnesinin Dokular ile Kaplanması	114
Şekil 4.13 Alan Çalışması Yönteminde İç Mekân Sahnesinde Güneş Işığı Açısı Ayarlanması.....	114
Şekil 4.14 Alan Çalışması Yönteminde İç Mekân Sahnesinde Yan Kameranın Belirlenmesi	114
Şekil 4.15 DALL-E Yapay Zekâ Aracı Kullanılarak Görüntü Oluşturulması	147
Şekil 4.16 Midjourney Yapay Zekâ Aracı Kullanılarak Görüntü Oluşturulması.....	148
Şekil 4.17 Midjourney Yapay Zekâ Aracında Blend Tekniği Kullanılarak Görüntü Oluşturulması.....	149
Şekil 4.18 Bulanık Mantık Yöntemiyle MATLAB Aracıyla FIS Editör ile Sayısal Erişilebilirlik Parametre Sonuçları (Unreal Engine).....	171
Şekil 4.19 Bulanık Mantık Yöntemiyle MATLAB Aracıyla FIS Editör ile Kullanım Özellikleri Parametre Sonuçları (Arko AI)	175
Şekil 4.20 Bulanık Mantık Yöntemiyle MATLAB Aracıyla ile Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametre Sonuçları (V-Ray).....	177
Şekil 4.21 Bulanık Mantık Yöntemiyle MATLAB Aracıyla FIS Editör ile Genel Sonuç (Fotogerçekçi Görselleştirme Araçları).....	180

DENKLEM LİSTESİ

Denklem 2.1a. Site Planlama Modeli Aracında Sonuç Değer Aralıkları	45
Denklem 2.1b. Site Planlama Modeli Aracında Sonuç Değer Kuralları	45
Denklem 4.1 Sayısal Erişilebilirlik Parametrelerinde, Ücretlendirme Skalası.....	97
Denklem 4.2 Sayısal Erişim Parametrelerinde, Öğrenci Sürümü Skalası.....	98
Denklem 4.3 Sayısal Erişilebilirlik Parametrelerinde, Önerilen Sistem Gereksinimleri	98
Denklem 4.4 Kullanım Özellikleri Parametrelerinde, BIM Araçlarına Entegre Olma Durumu Skalası.....	99
Denklem 4.5 Kullanım Özellikleri Parametrelerinde, Öğrenim Kolaylığı Skalası ...	99
Denklem 4.6 Kullanım Özellikleri Parametrelerinde, Kütüphane Bulundurma Skalası	99
Denklem 4.7 Kullanım Özellikleri Parametrelerinde, Malzeme Editörü Bulundurma Skalası	100
Denklem 4.8 Kullanım Özellikleri Parametrelerinde, Görüntü Çıktısı Editörü Bulundurma Skalası	100
Denklem 4.9 Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametrelerinde, Görüntü Oluşturma Hızı Skalası	101
Denklem 4.10 Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametrelerinde, Görüntü Çözünürlüğü Skalası	101
Denklem 4.11 Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametrelerinde, Görüntü Kanalları Skalası	101
Denklem 4.12 Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametrelerinde, Ön Tasarım Skalası	102
Denklem 4.13 Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametrelerinde, Bütünlük ve Tutarlılık Skalası	102
Denklem 4.14 Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametrelerinde, Varyasyon Skalası	102

Denklem 4.15 Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametrelerinde, Görüntü Oluşturma Kontrolü ve Revize Skalası.....	103
Denklem 4.16 Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametrelerinde, İşleme Skalası	103
Denklem 4.17 Sayısal Erişilebilirlik Parametresinde Sonuç Skalası	103
Denklem 4.18 Sayısal Kullanım Özellikleri Parametresinde Sonuç Skalası	104
Denklem 4.19 Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametre Sonucu Parametresinde Sonuç Skalası	104
Denklem 4.20 Genel Sonuç Skalası	104



SİMGELER

3D : Üç Boyutlu

2D : İki Boyutlu

Dk : Dakika

€ : Para birimi “Euro”

₺ : Para birimi “Türk lirası”



ÖZET

Yapay zekâ, gelişmekte olan bir teknolojidir. Birçok mesleki alanda değişim yaratmaya başlamıştır. Değişim yarattığı meslek dallarından birisi ise mimarlıktır. Mimarlıkta, teknolojinin gelişmesiyle tarihsel süreç içerisindeki değişkenlik gösteren dijital görselleştirme araçlarına bir yenisi daha eklenmiştir. Mimari tasarımın tüm aşamalarında kullanılabilen bir araç türü olan yapay zekâ, özellikle mimari tasarımda görselleştirme konusuna odaklanmaktadır. Fakat yapay zekâ araçlarının, mimari tasarımda görselleştirme için etkin olma durumu bilinmemektedir. Bu sebepten *“Yapay zekâ görselleştirme araçları, mimari fotogerçekçi görselleştirme araçlarının yerini alabilir mi?”* araştırma sorusu sorulmuş ve bu soru üzerine yapay zekâ görselleştirme araçları ile fotogerçekçi görselleştirme araçları arasında nicel bir karşılaştırma gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırma için araçların sahip olduğu nicel özelliklere ait sorular sorulmuş ve “sayısal erişilebilirlik”, “kullanım özellikleri” ve “görüntü oluşturma ve işleme” olarak üç farklı parametre içerisinde incelenmiştir. İncelenen parametreler, sınıflandırma ve derecelendirme için kullanılan bir yapay zekâ türü olan bulanık yöntem tekniği ile derecelendirilmiştir. Sayısal erişim parametresinde, kullanıcının araca erişim durumu göze alınmıştır. Kullanım özellikleri parametresinde kullanıcının program üzerindeki kontrolü; görüntü oluşturma ve işleme parametresinde ise araçların, kullanıcı kontrolüne ihtiyaç duymadan yapabileceklerine odaklanılmıştır. Yapay zekâ görselleştirme araçlarının, günümüz koşullarda fotogerçekçi görselleştirme araçlarının yerini alamayacağı yanıtı alınmıştır. Bu sebepten *“Yapay zekâ mimari tasarım için yeterlilik sağlıyor ise, tasarım sürecinin hangi aşamasında yer alabilir?”* araştırma sorusu sorulmuştur. Bu soru üzerine yapay zekâ görselleştirme araçlarının hızlı öneriler sunabilmesi nedeniyle, ön tasarım aşamasında kullanımının uygun olabileceği tespit edilmiş ve mimarların yapay zekanın gelişimi nedeniyle mesleklerini kaybetme riski ile karşı karşıya olmadığı ve mimarlıkta yeni odaklanma alanını ortaya çıkabileceği düşünülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Yapay Zekâ, Yapay Zekâ ve Mimarlık, Mimari Görselleştirme, Görselleştirme Araçları, Bulanık Mantık, Mimari Dijital Araçlar*

ABSTRACT

Artificial intelligence is an emerging technology that has started changing many professional fields. One of the areas it has impacted is architecture. With the advancement of technology, a new digital visualization tool has been added to the historically variable set of tools used in architecture. AI, which can be utilized in all stages of architectural design, focuses particularly on visualization. However, the effectiveness of AI tools for visualization in architectural design is not well known. Therefore, the research question “Can AI visualization tools replace photorealistic architectural visualization tools?” was posed, and a quantitative comparison was conducted between AI visualization tools and photorealistic visualization tools. For the comparison, questions were asked about the quantitative features of the tools, and they were examined under three different parameters: “numerical accessibility”, “usage features”, and “image creation and processing”. The examined parameters were evaluated using a fuzzy logic technique, a type of AI used for classification and rating. The numerical accessibility parameter considered the user's access to the tool. The usage features parameter focused on the user's control over the program, while the image creation and processing parameter evaluated what the tools could do without requiring user input. It was concluded that, under current conditions, AI visualization tools cannot replace photorealistic visualization tools. Therefore, a new research question was posed: “If AI is enough for architectural design, at which stage of the design process can it be utilized?” Based on this question, it was found that AI visualization tools could be suitable for use in the preliminary design phase due to their ability to provide rapid suggestions. It was also suggested that architects are not at risk of losing their profession due to the development of AI, and a new area of focus may emerge within the field of architecture.

Keywords: *Artificial Intelligence, AI and Architecture, Architectural Visualization, Visualization Tools, Fuzzy Logic, Architectural Digital Tools*

1.GİRİŞ

Mimarlık mesleği, tarih boyunca teknolojinin değişimi ile sunum ve tasarım araçlarının gelişimi üzerine dönemsel olarak değişimlere uğramıştır (Atalay vd., 2002). Asar, (2018)'e göre mimari tasarım araçları, insanların inşa öncesi tasarımı algılamasını sağlamaktadır. Aynı zamanda süreci etkileyerek tasarımı dönüşüme uğratabilmektedir. Mimarlar ve tasarımcılar bulundukları döneme ait teknolojik imkanları ve tasarım araçlarını kullanarak hem mimari çalışmalarını geliştirebilmiş hem de bu çalışmalarını diğer insanlara sunabilme imkânı elde edilmiştir.

Mimari tasarımlarda araçlarının tarihsel süreçte kullanımı incelendiğinde, geleneksel mimari tasarım araçları ve dijital mimari tasarım araçları olarak ikiye ayrılmaktadır (Yıldırım, Yavuz & İnan, 2010).

Geleneksel mimari tasarım süreci kâğıt ve kalem kullanılarak oluşturulan grafiksel ve sözel ifadeler ile başlamıştır. Bu mimari tasarım aracı, iki farklı yöntem ile kullanılmaktadır. Birincisi kâğıt ve kalem kullanılarak iki boyutlu çizim yöntemidir. Rönesans'tan itibaren kullanılmıştır. Bu yöntem kullanılarak tüm ölçeklerde çalışılabilmektedir. Belirli kurallar ifade edilerek plan, kesit ve görünüşleri içermektedir (Yıldırım, Yavuz & İnan, 2010). İkincisi, üç boyutlu çizim yöntemi perspektif kullanılarak ortaya çıkmıştır. Uzun süreçler ve emek istemektedir. Perspektif, çevrenin insan gözünden görülerek çizilme yöntemidir (şahinler, 1982). Yapının çevresi ile uyumu, malzemeleri, boyutları kâğıda işlenerek tasarım fikri ve görünümünün sunulmasında bu yöntem kullanılmaktadır (Güç & Karadayı, 2007). Dijitalleşme öncesi dönemlerde kâğıt ve kalem kullanımı mimari tasarımın tüm aşamalarında (ön tasarım, projelendirme, sunum ve sonuç) tercih edilmiştir. Günümüzde ise erken tasarım evrelerinde, kavramsal ve eskiz çalışmalarında halen kullanılmaktadır. İlerleyen tasarım aşamalarında yerini dijital mimari tasarım araçlarına bırakmaktadır.

Geleneksel mimari tasarım sürecinde kullanılan bir diğer araç ise makettir. Maket, inşa edilecek yapının ölçeğine göre, çeşitli malzemeler kullanılarak ortaya çıkartılmasıdır. M.Ö 5.yy'da kayıt altına alınmış ilk maket kullanımı gerçekleştirilmiştir (Dunn, 2010). Maketin kullanımı, mimari tasarımın ön tasarım, sunum ve sonuç aşamalarında geçmişten günümüze halen tercih edilmektedir.

Dijital mimari tasarım araçları ise günümüzde en çok tercih edilen mimari tasarım uygulama ve sunum aracıdır. Bunun sebebi saklanabilirlik, hızlı çözümler, etkileycilik, gerçeğe yakınlık gibi başlıklar olmaktadır. Mimarlık alanında kullanılmaya başlanan ilk dijital araçlar iki boyutlu çizimler yapmak için kullanılan vektör tabanlı uygulamalardır. Mimarlar için üretilen ve vektörel tabanlı çalışan ilk program ise AutoCAD'dir. 1982 yılında piyasaya sürülmüştür. Bu araç türü kullanılarak plan, kesit, görünüş, detay gibi çizimler yapılabilmektedir (Yıldırım, Yavuz & İnan, 2010). Mimari tasarım sürecinin genellikle projelendirme ve sonuç ürün elde etme aşamalarında tercih edilmektedir.

Üç boyutlu modelleme araçları, ilk olarak 1963 yılında Sketchpad ile gündeme getirilmiştir. Başlangıç düzeyinde olan bu program ile, üç boyut modelleme programlarının temeli atılmıştır. CATIA programı 1977 yılında havacılık ve otomotiv alanlarında kullanılmak üzere kullanılan bir mühendislik programı olmaktadır. Mimarlık alanında kullanıma el veren ilk program ise 1988'de beta sürümü ile ortaya çıkan ve 1990 yılında piyasaya sürülen 3D Studio olmaktadır. Bu program günümüzde 3DS Max adı ile bilinmektedir. Bu araçlar kullanılarak yapının yanı sıra duvar, kapı, pencere gibi detayların da görselleştirmesi sağlanabilmektedir. Tefriş yerleşimi yaparak, canlı ve gerçekçi görüntüler elde edilebilmektedir. Bunun sonucunda ise Mekân algısı, ölçek, doku gibi faktörler üç boyutlu modellemelerde elde edilmektedir (Yıldırım, Yavuz & İnan, 2010). Mimari tasarımın projelendirme, sunum ve sonuç ürün elde etme aşamalarında kullanılabilmektedir.

Zamanla üç boyutlu araçları desteklemek adına fotogerçekçi görselleştirme araçlarının kullanımı artmıştır. İlk örneği 1984 yılında ortaya çıkan RenderMan programıdır. Fotogerçekçi görselleştirme araçları kamera, ışık, dokuları gerçek ürünler ile eşleyerek, gerçekçi bir görüntü oluşturmayı amaçlamaktadır (Yıldırım, Yavuz & İnan, 2010). Mimari tasarım sürecinin özellikle sunum ve sonuç aşamalarında kullanılmaktadır.

Bilgisayarın, mimari tasarımda aktif kullanılması ile geçen süreç içerisinde, ara araç olarak nitelendirebilecek analiz araçları, akustik hesaplama araçları, maliyet araçları gibi farklı dijital araçlar da kullanılmaya başlanmıştır. Bu süreçlerin sonucunda bugüne kadar yapılmış olan farklı teknik kullanan araçları bir araya getirilmesi sonucu ortaya çıkan BIM (Bina Bilgi Yönetimi) araçları yer almaktadır. 1984 yılında piyasaya sürülen ArchiCAD ile BIM yaklaşımı ilk defa benimsenmiştir. Fakat modern BIM programı olarak kabul edilmesi 2004 yılında piyasaya sürülen ArchiCAD 9 sürümü ile gerçekleşmektedir. Bunun sebebi üç boyutlu modelleme araçlarını ve iş birliği özelliklerini, bu sürüm ile programa dahil edilmiş olmasıdır.

BIM araçları, 2D ve 3D grafiklerinin kombinasyonu ile gerçekleşmektedir. 2D plan ve 3D modelleme, bir yapıyı aktarmak için ve tasarımcı için yetersiz olmaktadır. BIM araçları bu yetersizliği ortadan kaldırarak maliyet araçları, sürdürülebilirlik araçları, analiz araçları ve inşaat yönetim araçlarına sahiptir. Farklı meslek grupları (mimar, inşaat mühendisleri, elektrik mühendisleri, mekanik mühendisleri vb.) ile uyum içerisinde çalışmasına olanak sağlamaktadır (Boeykens & Neuckermans, 2008). Mimari tasarım sürecinin kavramsal çalışma süreci hariç tüm aşamalarında (projelendirme, sunum, sonuç ve yapım) tercih edilmektedir. İngiltere başta olmak üzere gelişmiş birçok ülkede belediye onayında proje dosyası için BİM tabanlı uygulamalar istenmektedir.

Dijital mimari araçların kullanımında bir sonraki gelişme yapay zekâ kavramının mimari tasarım sürecine dahil olmasıdır. Yapay zekâ kavramı üzerinde literatürde yer alan birçok tanım bulunmaktadır. Bu tanımlar iki ana başlıkta toplanabilmektedir. Birincisi yapay zekanın, insanı taklit etme durumu tanımlarına sahipken; diğer tanımlarda yapay zekâ, bir çalışma alanı ve bilim dalı olarak görülmektedir.

Yapay zekâ ile, yapılması zor olan işlerin yapılması daha da kolaylaşmıştır. İş hızı, maliyet, iş gücü, emek gibi konularda insanlara çok fayda sağlamaktadır (Sariel, 2017). Avantajları bulunduğu gibi, toplum ve insanlık üzerinde dezavantajları ve riskleri bulunmaktadır. Robotların güvenlik ve mesleki olarak dünyayı ele geçirmesi, veri hırsızlıkları, işsizlik, sınıfsal yapının bozulması gibi birçok konu gündeme gelmektedir.

Yapay zekanın yaygınlaşmasıyla birlikte insanların yaptığı işler, makineler tarafından yapılmaya başlanmıştır. Bu durum insanlar üzerinde makinelerin insanların ellerinden mesleğini alacağı ve bu sebepten dolayı işsiz kalacağı endişesini oluşturmuştur (Coşkun & Gülleroğlu, 2021). Yapay zekanın yarattığı işsizlik endişesi, geçmişte de yaşanmıştır. 1930’larda Keynes tarafından ortaya atılan, teknolojik işsizlik teorisinde yer alan, teknolojik değişiklik iş kaybına neden olur görüşü bu durumu desteklemektedir. Bu duruma örnek olarak 1589’da örgü makinesinin icadının patent başvurusu, kraliçe 1. Elizabeth tarafından işçiler üzerinde yaratacağı olumsuz etki dikkate alınarak reddedilmiştir (Frey & Osborne, 2013).

Telli (2019) tarafından yapay zekanın yaratacağı işsizlik riski durumuna karşı, meslek dallarında insanlara duyulan ihtiyacın azalması, işsizliğin ortaya gelmeyeceği; sadece bazı meslek dallarının önemini yitireceğini ve onların yerine yeni meslek dallarının ortaya çıkacağını iddia etmektedir. Altun, (2019) ise meslek dallarının yok olmayacağını ve değişim göstereceği hipotezini ortaya atmaktadır.

Mimarlık mesleği ve tasarım sürecinde kullanılan çizim ve sunum araçları bağlamında konuyu ele alacak olursak. Benzer değişimi, mimari tasarım sürecinde kullanılan geçmiş ve günümüz çizim araçlarının halen bir arada kullanılmasında görebiliriz. Günümüzde vektör tabanlı dijital tasarım araçlarının geleneksel tasarım aracı olan kâğıt ve kalemin yerini aldığını söyleyebiliriz. Plan, kesit ve görünüş gibi mimari çizimlerde daha çok vektör tabanlı araçlar tercih edilmesine rağmen geleneksel tasarım aracı olan kâğıt ve kalem kullanımı yok olmamıştır. Aynı şekilde geleneksel maket ile modelleme araçlarının bir arada kullanımını söyleyebiliriz. Ancak modelleme özellikle daha az maliyetli olması, zaman tasarrufu sağlaması, depolanabilme ve hızlı şekilde çoğaltılabilme imkanları sunması, alternatif yaratabilme ve kolay revize edebilme gibi olanaklar sağladığı için tercih edilmektedir.

Dijital mimari tasarım araçları arasında güncel kullanıcı ihtiyaçlarını karşılamak adına bir aradalıklar da gerçekleşmiştir. BIM (Yapı Bilgi Modellemesi) tabanlı uygulamalar hem vektörel hem de modelleme araçlarını bir arada bulundurması nedeniyle kullanıcılar tarafından daha fazla tercih edilmelerini sağlamıştır.

Ancak sunum ve sonuç ürünün görselleştirilmesinde (render) kullanılan fotogerçekçi görselleştirme araçlarının yerini alabilecek alternatif dijital araçlar uzun bir süre

geliştirilememiştir. Yapay zekâ 70 yıldır hayatımızda yer alan bir kavramdır. Genel, gündelik ve bireysel ihtiyaçların kullanımında hızla hayatımızın içine girerken mesleki ve uzmanlık gerektiren kullanımlara açılması uzun zaman almıştır. Yakın zamanda yapay zekâ araçları içerisinde özellikle mimari tasarım aracı olarak kullanılabilecek bazı uygulamaların geliştirilmesine başlanmıştır. Yapay zekâ araçları ileride geleneksel çizim tekniklerinin dijital çizim ve fotogerçekçi görselleşme araçlarının yerini alabilir düşüncesi tez çalışmasının hipotezini ve kapsamını belirlemiştir.

Bu düşünceden yola çıkılarak tez kapsamında, *“Yapay zekâ görselleştirme araçları, mimari fotogerçekçi görselleştirme araçlarının yerini alabilir mi?”*, *“Yapay zekâ görselleştirme araçları mimari tasarım için yeterlilik sağlıyor ise, tasarım sürecinin hangi aşamasında yer alabilir?”* ve *“Yapay zekâ uygulamalarının görselleştirme alanındaki gelişimi nedeniyle mimari görselleştirme uzmanları, mesleklerini kaybetme riskiyle karşı karşıya kalabilirler mi?”* Sorularına yanıt aranacaktır.

Bu bağlamda öncelikle mevcut yazılı kaynaklar (makaleler, kitaplar, dergiler), sözel kaynaklar (söyleşiler, konferanslar) ve internet kaynakları (araştırmalar, belgeseller, anketler, forumlar) kullanılarak bir literatür araştırması yapılması düşünülmektedir.

Literatür araştırmasında ilk olarak, tarihsel süreç içerisinde gelişen ve farklılaşan geleneksel ve dijital mimari tasarım araçlarının özellikleri ve kullanım alanları incelenerek, birbirlerinin yerini alma veya bir arada ya da aynı anda kullanılma durumları karşılaştırılacaktır.

Daha sonra ise yapay zekâ kavramı ele alınacak. Yapay zekâ kullanımının avantaj ve dezavantajları, kullanım alanları ile farklı alt türleri ve bu türlere ait algoritmalar incelenecektir. Yapay zekâ türleri içinden hangisi veya hangilerinin uzmanlık gerektiren mesleklerde, özellikle yaratıcılık, tasarım yeteneği ve eğitimi gerektiren mimarlık mesleğinde, kullanılabileceği araştırılacaktır. Verilen verileri tekrarlayan yapay zekâ uygulamaları yerine verileri yorumlama, sentezleme ve gerekiyorsa yeni bilgiye dönüştürme gücü olan, insana benzer bir kavrama sahip olan bulanık mantık kavramı üzerinde durulacaktır.

Bu düşünce doğrultusunda tezin araştırma sorularına yanıtlar bulabilmek adına fotogerçekçi görselleştirme araçlarının ürettiği sonuç görseller ile yapay zekâ

araçlarının ürettiği sonuç görsellerin, yorumlama ve değerlendirme yeteneğine sahip olan bulanık mantık yapay zekâ sistemi kullanılarak karşılaştırma yöntemi ile nesnel ve sayısal değerlere sahip veriler üzerinden bir değerlendirme yapılması gerektiğine ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Bu doğrultuda alan çalışmasında kullanılacak görsellerde ışık kalitesi, gölge kalitesi, gerçekçilik düzeyi, malzeme kalitesi gibi öznel değerlendirmeye açık, soyut veriler karşılaştırılmayacaktır. Bunun yerine fotogerçekçi görselleştirme araçları olan V-Ray, Twinmotion ve benzeri programlar ile yapay zeka görselleştirme araçları olan mnml.ai, Midjourney ve benzeri programların sahip olduğu kütüphane bulundurma, malzeme editörü, arayüzler, görüntü katmanlarının oluşturulması, görüntü oluşturma hızı, kullanıcı dostu olma özelliği, varyasyon oluşturma ve tefriş yerleştirme gibi yeteneklerine ve neler yapabildiği gibi konulara odaklanarak somut veriler ile karşılaştırma işlemi gerçekleştirecektir. Somut verilere erişebilmek için her araca belirli sorular sorularak, yanıtlar alınması planlanmıştır.

Yöntem olarak modellemesi önceden yapılan görsellerin farklı fotogerçekçi görselleştirme araçları ile yapay zekâ uygulamaları tarafından detaylandırılarak iç ve dış mekanlara ait sonuç görsel üretilmesi istenecektir. Programların sahip olduğu kütüphane genişliği, malzeme editörü, arayüzler, görüntü katmanlarının oluşturulması, görüntü oluşturma hızı, kullanıcı dostu olma özelliği, varyasyon oluşturma ve tefriş yerleştirme gibi yeteneklerine ve neler yapabildiği gibi konulara odaklanarak somut veriler ile karşılaştırma işlemi gerçekleştirecektir.

Karşılaştırma yönteminin kullanılmasının gerektiği düşüncesi ise, geleneksel mimari araçlar ve dijital mimari araçları arasında, tarihsel süreç içerisinde birbirlerinin yerini alabilme düzeylerinin belirlenmesinde karşılaştırma yönteminin kullanılması oluşturmuştur. Karşılaştırma yönteminde, bulanık mantık yapay zekâ sisteminin kullanılması planlanmaktadır. Çünkü bulanık mantık yapay zekâ sistemi, değerlendirme ve karşılaştırma işlevlerini, insan gibi düşünerek gerçekleştirmeye çalışan bir yapay zekâ türüdür. Az, çok, biraz, bazen gibi ara değerleri, sayısal verilere dönüştürebilme yeteneğine sahiptir. Aynı zamanda içerisinde ikili mantığın kullanılabildiği, kesin küme yöntemi ve eşit ara değerler oluşturabilen, ayırık zamanlı küme yöntemi gibi yöntemleri de bulundurmaktadır.

Araçları değerlendirme için gereken soruları, araçlara sormadan önce, yazılımsal olarak bulanık mantık karşılaştırma sistemi için bir değerlendirme sistemi

oluşturulması gerekli olduğu bilinmektedir. Sistem oluşturulurken sadece bulanık mantık değil, bulanık mantık içerisinde yer alan kesin küme, ayrık zamanlı küme gibi yöntemlerde kullanılacaktır. Bunun için basit programlar oluşturmaya yarayan ve belirli dizeler içeren MATLAB aracın içerisinde yer alan editörlerden biri olan FIS Editör'ün kullanılması planlanmaktadır. FIS Editör'ün en önemli özelliği içerisinde yer alan değerlerin işlenmesi sonucunda girdi, kural ve çıktı olarak üç aşamadan oluşan bir değerlendirme sistemi oluşturabilmektir (Alcı & Karatepe, 2002).

Bu düşünce doğrultusunda alan çalışmasında kullanılması düşünülen MATLAB aracı ve FIS Editörünün kullanım alanları, özellikleri, kullanma biçimleri ve sayısal verilerin elde edilmesi konularında örnek çalışmalar incelenecektir. Örneklerin deneyimlerinden yararlanılarak karşılaştırma yapmak için gerekli parametrelerin nasıl belirleneceği ve hangi protokollerin izleneceği saptanacaktır.

Bilgisayar işletim tabanlı olmalarından dolayı yapay zekâ sistemlerine dereceler sayısal değerlerle eşleneceği beklenmektedir. Evet/hayır veya var/yok gibi temel önermeli yanıtlar için 1 rakamı evet cevabını temsil ederken; 0 rakamı hayır cevabını temsil edecek ve ikili mantık yönteminin, bulanık mantık içerisinde kullanımını temsil eden kesin küme ve ayrık zamanlı küme yöntemi kullanılacaktır. Derecelendirmenin 3, 5, 7 şeklinde artırılması gerektiği değerlendirmeler için ise bulanık mantık yöntemi kullanılarak 0 ve 1 arasında ara değerler oluşturulacaktır. Ara değerlerin oluşturulmasında, eşit aralıklar baz alınacaktır. 3 sonucu bulunan bir derecelendirme için ara değer olarak 0.5 kullanılacakken; 5 sonucu bulunan bir derecelendirme için 0.75, 0.5 ve 0.25 ara değerleri kullanılacaktır.

Parametreler oluşturulduktan sonra sistem için protokoller, araştırmacı tarafından sisteme işlenerek, sonuç değerleri elde edilmesi planlanmaktadır. Elde edilen tüm değerler, tablolaştırılarak üzerinde, araçların tekil olarak parametreler bazında, güçlü ve zayıf yönleri tespit edilebilecektir. Aynı zamanda araçların aldığı değerlerin aritmetik ortalaması ile fotogerçekçi görselleştirme araçları ve yapay zekâ görselleştirme araçlarının *“sayısal erişebilirliği, kullanım özellikleri, görüntü oluşturma ve işleme”* sonuç değerleri üzerinden tartışma imkânı sağlanacaktır.

Sonuç olarak alan çalışmasından elde edilen veriler ışığında tezin, yapay zekanın mimari tasarım sürecine olası etkileri ve katkıları, mimarlar ve özellikle görselleştirme

zerine alışan mimarlar için yapay zeka kullanım alanları, sağladığı avantajlar, fotogerçekçi görselleştirme araçları ile farkları, yapay zekanın uygulamaların fotogerçekçi görselleştirme araçlarının yerini ne düzeyde alabileceği konularında mimar ve tasarımcıları bilgilendirici ve yönlendirici bir çalışma olması dşnlmştr.



2. MİMARİ TASARIMDA KULLANILAN ARAÇLARININ İNCELENMESİ

Mimari tasarım araçları; Analiz aşamasında, ön tasarım aşamasında, projelendirme aşamasında, sunum aşamasında ve sonuç aşamasında projenin aktarılmasında grafiksel anlatım tekniklerinin kullanılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu teknikler arasında; iki boyutlu çizimler, üç boyutlu çizimler, maketler, modellemeler ve görselleştirmeler yer almaktadır (Yıldırım, Yavuz & İnan, 2010).

Mimari tasarım araçlarının, tarihsel süreç içerisinde birbirlerinin yerini alma durumunun tartışılabilmesi için mimari tasarım araçlarının, mimari tasarım alanında hangi aşamada kullanıldığının bilinmesi gerekmektedir.

2.1 Mimari Tasarımda Yer Alan Aşamalar

Analiz Aşaması: Yapılması düşünülen projenin, çevre etkenlerinin göz önünde bulundurulduğu süreçtir. Çevre etkenlerinin incelenmesi ve analiz edilmesi sonucunda, projenin ana hatları (kat sayısı vb.) tespit edilmektedir. Analiz sonucunda elde edilen bulgular ile, projenin nasıl olabileceği ile ilgili hayal etme süreci başlamaktadır. Bu süreç ön tasarım aşaması olarak tanımlanmaktadır.

Ön Tasarım Aşaması: Mimari tasarımda ön tasarım aşaması, yapılması düşünülen proje üzerinde hayal kurmaktan başlamaktadır. Düşünceler yapılacak olan projenin biçimi, malzemeleri, yerleşimi gibi kararları içermektedir. Bu düşüncelerin deneyimlenebilmesi ve paylaşılabilmesi için somutluğa aktarılması gerekmektedir. Bu noktada ise mimari tasarım araçları devreye girmektedir.

Projelendirme Aşaması: Ön tasarım sürecinden sonra, yapılması düşünülen proje ile ilgili kararlar belirlenmiştir. Belirlenen kararlar üzerine, yapım sürecine başlanabilmesi için gerekli olan belgeler bulunmaktadır. Projenin planları, kesitleri, görünüşleri gibi teknik detaylar bu belgeler arasında yer almaktadır. Proje üzerinde söz hakkı olması gereken meslek dalları uzmanlarının (inşaat mühendisi, mekatronik

mühendisi vb.), çalışabilmeleri için bu belgelere ihtiyaç bulunmaktadır. Belgelerin oluşturulabilmesi için ise, mimari tasarım araçlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Revize Aşaması: Oluşturulan belgeler üzerinden, meslek dallarında uzman kişilerin yaptığı çalışmalar sonucunda projenin uygun hale getirildiği süreç olarak yer almaktadır. Projelendirme sürecinin devam eden bir parçasıdır.

Sunum Aşaması: Tamamlanan projenin yapım sürecinden önce, paylaşıldığı aşamadır. Bu aşamada, yapı inşası başlamadan önce projenin deneyimlenmesi amaçlanmaktadır. Deneyimler sonucunda, eğer gerekirse revize aşamasını tekrarlanabilmektedir. Deneyimleme işlevi için mimari tasarım araçlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Sonuç Aşaması: Sunum aşamasında deneyimlenen projenin, deneyimler sonucunda yapım aşamasında ortaya çıkacak halinin, iki boyutlu ve üç boyutlu olarak farklı ölçeklerde ortaya çıkartılması ile oluşmaktadır. Bu aşamada oluşturulan öğelerin proje için reklam, pazarlama gibi alanlarda kullanılması mümkün olmaktadır.

Yapım Aşaması: Tasarlanan ve belgelenen projenin, gerçeğe dönüştüğü aşamadır. Bu aşamada malzeme fiyatları gibi inşaa yönetimini ilgilendiren konular yer almaktadır. Bu konular için, mimarlık mesleği dışı araçlar bulunmaktadır. Fakat bu bilgileri, tasarım aşamasında tahmini olarak elde etmek için mimari tasarım araçları kullanılmaktadır.

2.2 Mimari Tasarım Araçlarının Yer Aldığı Aşamalar Ele Alınarak Tarihsel Süreç İçerisindeki İlişkilerinin İncelenmesi/Değerlendirilmesi

Teknolojinin gelişmesi sonucunda bilgisayarların mimari tasarım sürecine katılmasıyla birlikte, tasarımını ifade etmek için kullanılan araçlar da değişiklik göstermiştir. Mimari tasarımlarda araçlarının tarihsel süreçte kullanımı incelendiğinde, geleneksel mimari tasarım araçları ve dijital mimari tasarım araçları olarak ikiye ayrılmaktadır (Yıldırım, Yavuz & İnan, 2010).

Geleneksel mimari tasarım süreci kâğıt ve kalem kullanılarak oluşturulan grafiksel ve sözel ifadeler ile başlamıştır. Rönesans'tan itibaren kullanılan iki boyutlu çizim yöntemi projelendirme aşaması ağırlıklı olarak, ön tasarım aşamasında da

kullanılmaktadır fakat teknolojinin zaman içerisinde gelişmesi ile 1982 yılında mimarlar için ortaya çıkan vektörel tabanlı bir araç olan AutoCAD programı, kâğıt ve kalem ile oluşturulan projelendirme aşamasının yerini almaktadır. Bu durumun sebebi, yapılan çizimlerin hızlı bir şekilde revize edilebilmesi, zaman tasarrufu ve depolanabilirlik olarak gösterilebilir.

Kâğıt ve kalem kullanılarak oluşturulan üç boyutlu çizim yönteminde kullanılan perspektif çizimleri ise, ön tasarım ve sunum aşamasında kullanılmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte, ön tasarım ve sunum aşamalarında kullanılmak üzere ilk olarak 1963 yılında Sketchpad ile üç boyutlu modelleme araçları gündeme getirilmiştir. Mimarlık alanında kullanıma el veren ilk program ise 1988’de beta sürümü ile ortaya çıkan ve 1990 yılında piyasaya sürülen 3D Studio olmaktadır. Bu program günümüzde 3DS Max adı ile bilinmektedir. Bu araçla birlikte ön tasarım ve sunum aşamaları hızlanmıştır. Çünkü perspektif çizimleri, zaman alan bir araç olmaktadır. Aynı zamanda revize, saklanabilirlik gibi durumlar açısından da avantajlı bir durumdur.

Geleneksel mimari tasarım sürecinde kullanılan bir diğer araç ise makettir. Maket, inşa edilecek yapının ölçeğine göre, çeşitli malzemeler kullanılarak ortaya çıkartılmasıdır. M.Ö 5.yy’da kayıt altına alınmış ilk maket kullanımı gerçekleştirilmiştir (Dunn, 2010). Mimari tasarımın ön tasarım, sunum ve sonuç aşamalarında kullanılmaktadır. Günümüzde kullanımı hala devam etmektedir fakat ön tasarım ve sonuç aşamalarında kullanım yoğunluğu 1963 yılında ortaya çıkan üç boyutlu modelleme araçları nedeniyle azalmıştır. Üç boyutlu modelleme araçlarını desteklemek amacıyla 1984 yılında ortaya çıkan fotogerçekçi görselleştirme aracı olan RenderMan ile sonuç aşamasındaki kullanım yoğunluğu da azalmıştır. Bu durumun sebebi fotogerçekçi görselleştirme araçlarının ışık, dokuları gerçek ürünler ile eşlemesi sonucunda oluşturduğu gerçekçi görsel veya videolar ile pazarlama konusunda daha başarılı olmasından kaynaklanmaktadır. İki araçta uzun süreler alıyorken revize yapılabilme, saklanabilme gibi dijital araçların avantajlarının öne çıkması, bu karşılaştırma içinde söylenebilmektedir.

Bilgisayarın, mimari tasarımda aktif kullanılması ile geçen süreç içerisinde, ara araç olarak nitelendirebilecek analiz araçları, akustik hesaplama araçları, maliyet araçları gibi farklı dijital araçlar da kullanılmaya başlanmıştır. Bu süreçlerin sonucunda bugüne

kadar yapılmış olan farklı teknik kullanan araçları bir araya getirilmesi sonucu ortaya çıkan BIM (Bina Bilgi Yönetimi) araçları yer almaktadır. 1984 yılında piyasaya sürülen ArchiCAD ile BIM yaklaşımı ilk defa benimsenmiştir. Fakat modern BIM programı olarak kabul edilmesi 2004 yılında piyasaya sürülen ArchiCAD 9 sürümü ile gerçekleşmektedir. Bunun sebebi üç boyutlu modelleme araçlarını ve iş birliği özelliklerini, bu sürüm ile programa dahil edilmiş olmasıdır.

BIM araçları, 2D ve 3D grafiklerinin kombinasyonu ile gerçekleşmektedir. 2D plan ve 3D modelleme, bir yapıyı aktarmak için ve tasarımcı için yetersiz olmaktadır. BIM araçları bu yetersizliği ortadan kaldırarak maliyet araçları, sürdürülebilirlik araçları, analiz araçları ve inşaat yönetim araçlarına sahiptir. Farklı meslek grupları (mimar, inşaat mühendisleri, elektrik mühendisleri, mekanik mühendisleri vb.) ile uyum içerisinde çalışmasına olanak sağlamaktadır (Boeykens & Neuckermans, 2008).

BIM araçları mimari tasarımın analiz, projelendirme, sunum, sonuç ve yapım aşamalarında kullanılabilir. BIM araçlarının, mimari tasarım aşamalarının neredeyse tamamında kullanılabilmesi sebebiyle, zaman içerisinde vektörel araçların ve üç boyutlu modelleme araçlarının yerini almaya başladığı tespit edilebilmektedir.

Mimari tasarım araçlarının günümüzdeki kullanım yoğunluğu incelendiğinde ise eğitim sürecinde geleneksel araçların kullanımının devam ettiği fakat meslek kullanımında çok tercih edilmediği tespit edilebilmektedir. Dijital araçların, daha az maliyet, zaman tasarrufu, depolanabilme, hızlı şekilde çoğaltılabilme, alternatif yaratabilme ve revize kolaylığı gibi kolaylıklar sağlaması, dijital araçların tercih edilmesinin sebebi olarak gösterilebilmektedir. (Uğur & Özgür, 2003).

Dijital mimari araçların kullanımında bir sonraki gelişme yapay zekâ kavramının mimari tasarım sürecine dahil olmasıdır. Yapay zekâ ile, yapılması zor olan işlerin yapılması daha da kolaylaşmıştır. İş hızı, maliyet, iş gücü, emek gibi konularda insanlara çok fayda sağlamaktadır (Sariel, 2017).

Yapay zekanın gelişmesi ile, mimari tasarımın her aşaması için kullanılabilecek yapay zekâ araçları ortaya çıkmıştır. Fakat günümüzde (2024, Haziran), mimari tasarım yapay zekâ araçlarının etkin olma durumu ve mimari tasarım aşamalarının

hangilerinde başarılı olduğu bilinmemektedir. Bu sebepten tez kapsamında, geleneksel mimari tasarım araçları ve dijital mimari tasarım araçlarının değişiminin incelenmesinde kullanılabilen bir yöntem olan karşılaştırma yönteminin kullanılarak, yapay zekâ araçlarının etkinliğinin değerlendirilebileceği bir alan çalışması yapılması düşünülmektedir.

Alan çalışmasının yapılabilmesi için, mimari tasarım araçları hakkında bilgi sahibi olmak gerekmektedir. Aynı zamanda karşılaştırma işleminin gerçekleştirilebilmesi için, araç türlerine ait olan araç/programların bilinmesine gerek duyulmaktadır. Bu sebepten dolayı, araçların tür başlıkları altında tekil olarak incelenmesine ihtiyaç duyulduğu düşünülmektedir.

2.3 Mimari Tasarım Geleneksel Araçlarının İncelenmesi

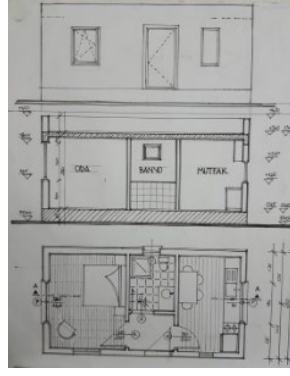
Geleneksel mimari tasarım araçları, mimari tasarımda ilk kullanılan araçlar olmaktadır. Maket, kâğıt ve kalem yöntemlerini içermektedir. Dijital araçlara göre daha uzun zamanlar ve daha fazla emek istemektedirler. Serbest el kullanılarak elde edilen ürünlerin, tasarımcının sanatçı ve yaratıcı yönlerini ortaya çıkarttığı tespit edilebilmektedir (Yıldırım, Yavuz & İnan, 2010).

2.3.1 Kâğıt ve Kalem Yöntemi

Kâğıt ve kalem yöntemi Rönesans'tan itibaren kullanılan bir yöntem olmaktadır. İki farklı şekilde kullanımı bulunmaktadır.

İki Boyutlu Çizim Yöntemi: Çizim aracılığı ile, iki boyutlu görselleştirmenin oluşturulduğu yöntemdir. Bu yöntem içerisinde çizgi kalınlıkları, ton ve renkler ile mimari yapının betimlenmesi yapılmaktadır (Ateş, 1999).

Mimari tasarımda yapılacak olan projenin, yapım aşamasından önce, mimarlığa ait kurallar ile ifade edilmektedir. İki boyutlu çizim yöntemi ile plan, kesit ve görünüşleri içeren teknikler kullanılmaktadır (Yıldırım, Yavuz & İnan, 2010).



Şekil 2.1 Kâğıt ve Kalem Kullanılarak İki Boyut Çizim Yöntemi ile Oluşturulan Plan, Kesit ve Görünüş Örneği

Üç Boyutlu Çizim Yöntemi: Üç boyutlu çizim yöntemi perspektif kullanılarak ortaya çıkartılmaktadır. Uzun süreçler ve emek istemektedir. Perspektif, çevrenin insan gözünden görülerek çizilme yöntemidir (Şahinler, 1982). Yapının çevresi ile uyumu, malzemeleri, boyutları kâğıda işlenerek tasarım fikri ve görünümünün sunulmasında bu yöntem kullanılmaktadır (Güç & Karadayı, 2007).



Şekil 2.2 Kâğıt ve Kalem Kullanılarak Üç Boyut Çizim Yöntemi ile Oluşturulan Perspektif Çalışma Örneği

2.3.2 Maket Yöntemi



Şekil 2.3 Maket Çalışma Örneği

Maket yöntemi M.Ö 5.yy'dan itibaren kullanılan bir yöntem olmaktadır. Maket, inşa edilecek yapının ölçeğine göre, çeşitli malzemeler kullanılarak ortaya çıkartılmasıdır. Mimarlık tarihi boyunca, en önemli araç olarak ifade edilmektedir (Yıldırım, Yavuz & İnan, 2010).

2.4 Mimari Tasarım Dijital Araçlarının İncelenmesi

Günümüzde bilgisayarlar aracılığı ile oluşturulan görsellerin gerçeğe yakınlığı, saklanabilirlik durumu, video ile hareketlilik katabilmesi, etkileme yetenekleri gibi özellikleri sayesinde tercih edilmektedirler. Geleneksel yöntemlerden farklı olarak bilgisayar, tarayıcı gibi donanımlara ihtiyaç duymaktadır. Hataların minimize edilebilmesi, hızlı çoğaltılabilmesi, varyasyon oluşturulabilmesi, hızlı revize edilebilmesi gibi özellikleri ile öne çıkmaktadırlar (Uğur & Özgür, 2003).

Piksel tabanlı araçlar, vektör tabanlı araçlar, üç boyutlu modelleme ve görselleştirme tabanlı araçlar ve BIM araçları olarak alt türleri bulunmaktadır.

2.4.1 Piksel Tabanlı Dijital Araçlar

Piksel tabanlı araçlar, daha çok grafik tasarımcıların ve fotoğrafçıların kullandığı, görsel düzenleme araçlarıdır. Mimari tasarımda, oluşturulan fotogerçekçi görsellerin düzenlenmesinde kullanılmaktadır. Bu sebepten sunum ve sonuç aşamalarında kullanılmaktadır.

En popüler piksel tabanlı araç ise Adobe Photoshop programı olmaktadır. 1988 yılında Adobe tarafından lisansı satın alınmıştır ve 1990 yılında piyasaya sürülmüştür. Temel amacı fotoğraf düzenlemektir.

2.4.2 Vektör Tabanlı Dijital Araçlar

Vektörel tabanlı araçlar çizgi elemanı kullanarak, çizimler oluşturmaya yarayan araçlardır. Vektör tabanlı araçlarda, görselin büyütülmesi durumunda bile görüntü bozulmamaktadır. Çünkü piksellerden değil, noktalardan oluşmaktadırlar.

Adobe Illustrator, Adobe InDesign, Corel Draw ve AutoCAD vektörel tabanlı araçlara örnek verilebilmektedir. Adobe Illustrator programı grafik tasarımcılar; Adobe InDesign ve Corel Draw programları matbaalar; AutoCAD programı ise 1982 yılında Autodesk firması tarafından mimar ve mühendisler için üretilmiştir. Her türlü teknik çizimin bilgisayar ortamında yapılmasını sağlayan bir araç olmaktadır. Mimarlar için üretilen farklı vektörel programlar da bulunmaktadır fakat en popüler program AutoCAD programı olmaktadır. Mimari tasarım sürecinin genellikle projelendirme ve sonuç ürün elde etme aşamalarında tercih edilmektedir.

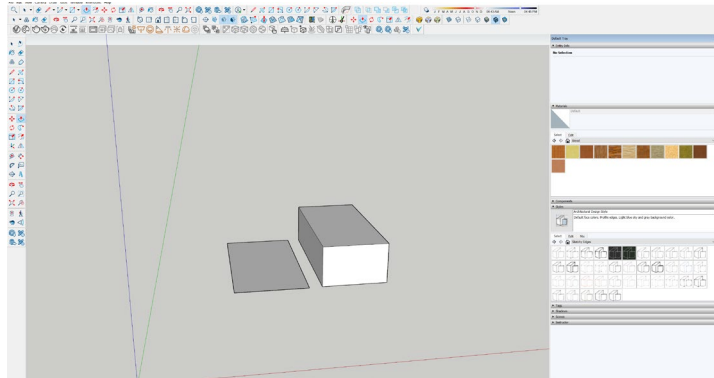
2.4.3 Üç Boyutlu Modelleme ve Görselleştirme Tabanlı Mimari Tasarım Dijital Araçları

3D Modelleme, gerçeğe benzer görüntüler yaratmak olarak tanımlanmaktadır. 3D Modellemenin birden çok kullanım alanı bulunmaktadır. Mimarlık alanında çevre, bina, tefriş vb. modellerinin oluşturularak, fotogerçekçi görselleştirme araçları eşliğinde gerçekçi görüntüler oluşturularak sunum ve sonuç aşamasında kullanılmaktadır (Tuğtekin & Kaleci, 2011).

3D modelleme araçları farklı sektörler için hazırlanmıştır. Bu programlar arasında; Sketchup, 3Ds Max, 3D Blender, ZBrush, Rhinoceros 3D gibi birçok program bulunmaktadır. Fakat mimari tasarımda popüler olarak kullanılan programların Sketchup, 3DS Max ve Rhinoceros 3D olduğu bilinmektedir.

Sketchup: Last Software tarafından 2001 yılında üretilmiştir. 2006 Yılında Google tarafından satın alınmıştır. Günümüzde kullanılan Sketchup programının son hale gelmesini sağlayan firma ise 2012 yılında yazılımı satın alan Trimble firması olmaktadır. Sketchup programı mimarlık ve inşaat mühendisliği alanlarına uygunluk içerisinde geliştirilmiştir. Zaman içerisinde endüstri mühendisliği, peyzaj tasarımı, oyun endüstrisi alanlarında da kullanılmaya başlanmıştır (Murdock, 2009).

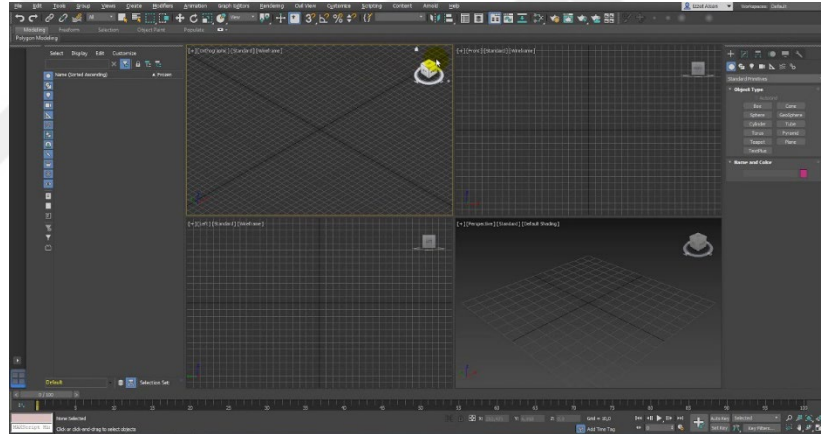
Sketchup programını diğer modelleme programlarından ayıran özelliği ise kolay bir arayüz sistemine sahip olmasıdır. İki boyutlu çizimler yapılmaktadır. Ardından yapılan çizim üzerine yükseklik eklenmesiyle üç boyutlu modeller elde edilmektedir. İçerisinde kendine ait malzemeler, stiller barındırmaktadır. Kullanıcılar tarafından oluşturulan modellere erişebilmek için bir topluluk kütüphanesine sahiptir.



Şekil 2.4 Sketchup Modelleme Programının Arayüzü

3DS Max: Yost Group tarafından 1990 yılında üretilmiştir. Autodesk firması tarafından yayınlanmıştır. 3D Studio olarak piyasaya çıkan uygulama, yeni çıkan Windows sürümü ile 3D Studio Max adını almıştır. 3D Studio Max Kinetix firması tarafından yayınlanmıştır. Kinetix firması, Autodesk'in alt kuruluşu olmaktadır. Zaman içerisinde gelişmeye devam etmiştir. Zaman içerisinde ismi kısalarak, günümüzde kullandığımız 3DS Max adını almıştır. Reklam, mimarlık, endüstriyel tasarım, sinema, bilimsel örneklerin incelenmesi, animasyon, oyun, karakter tasarım gibi alanlarda kullanılmaktadır.

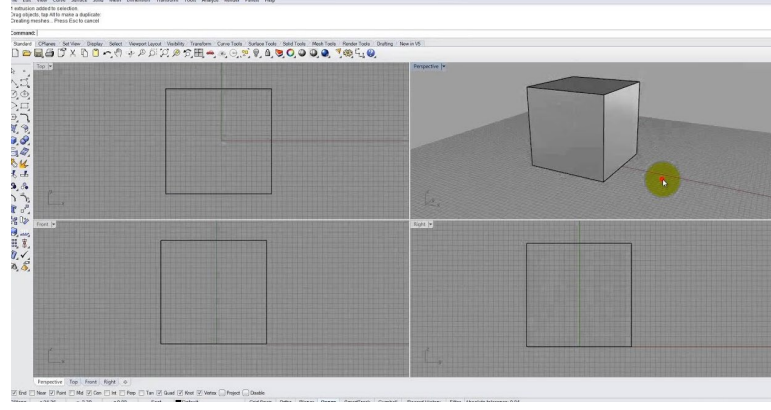
3DS Max programını diğer modelleme programlarından ayıran özelliği, içerisinde birden çok eklenti bulunmasıdır. Tasarım olarak esneklik sunmaktadır. Menüler içerisinde kapı, pencere gibi birçok mimari öğeyi bulundurması, hızlı modelleme sağlamaktadır. Sahneye eklenen üç boyutlu öğeler üzerine, ölçülerin işlenmesi ile tasarımlar oluşturulmaktadır.



Şekil 2.5 3Ds Max Modelleme Programının Arayüzü

Rhinoceros: 3D Robert McNeel & Associates şirketi tarafından üretilmiştir. İlk olarak Autocad programı için geliştirilmiş bir eklenti olarak tasarlanmıştır. Fakat bu fikirden vazgeçilerek özgün bir program olarak piyasada yer almıştır. Mimarlık, endüstri tasarımı, araç içi tasarımı, yat tasarımı, takı tasarımı gibi detay tasarımlarda kullanılmaktadır.

Rhinoceros 3D programını diğer modelleme programlarından ayıran özelliği ise NURBS tabanlı olmasıdır. Bu sebepten eğimli yüzeyler konusunda uzmanlaşmıştır. Grasshopper eklentisi ile algoritmik ve parametrik modelleme yapılabilmektedir.



Şekil 2.6 Rhinoceros 3D Modelleme Programının Arayüzü

Modelleme işlemi sonrasında, modellerin gerçekçi görüntüye ulaşabilmesi için render işlemi uygulanmaktadır. Render kavramı fotogerçekçi görselleştirme olarak dilimize geçmektedir. Fotogerçekçi görselleştirme işlemi, oluşturulan modele malzeme, doku, ışık, renk gibi unsurlar atanması sonucunda başlamaktadır (Uslu, 2008). Fotoğrafın çekilmesi için istenilen alana sanal kameralar yerleştirilmektedir. Kameralar üzerinde boyut, kalite gibi temel ayarlamalar yapılmaktadır. Fotogerçekçi görselleştirmenin gerçekçi olması için dikkat edilmesi gerekenler:

Modelleme: Gerçekçi bir render için, doğru ve detaylı bir modelleme gerekmektedir. Detay işlenmemiş bir model, gerçekçilikten uzak olmaktadır. Bunun sebebi gerçek hayatta göz tarafından tespit edilen detaylar algılanmadığından, görüntü gerçekçilikten uzak olacaktır.

Kaplama (Texture): Gerçekçi render almak için gereken en önemli özelliklerden birisi kaplama ve dokudur. Bu kaplamalardan malzemeler oluşmaktadır. Oluşan malzemeler sahne içerisine aktarılarak, objeler tanımlanmaktadır. Işık geçirgenliği, şeffaflık, yansıma, ışık şiddeti gibi değerlerin doğru bir şekilde işlenmesi gerekmektedir (Olgun & Yılmaz, 2014).

Işık, Aydınlatma ve Gölge (Lights and Shadows): Gölgeler, bir sahneyi gerçekçi yapan en önemli unsur olmaktadır. Gölgelerin rengi, yoğunluğu, aydınlığı ve tipi gibi parametrik değerler, doğru olarak işlenmesi gerekmektedir. Gölgelerin doğru bir şekilde yer alabilmesi için aydınlatma aracının doğru seçilmesi gerekmektedir (Yetginer, 2007)

Spot ışığı, sert gölgeler ortaya çıkartırken; Geometrik ışıklar, yumuşak gölgeler ortaya çıkartmaktadır. Işık ayarları, aydınlatma aracının tipinin doğru seçilmesi ile yeterli olmamaktadır. Işık yoğunluğu, ışık şiddeti, aydınlatma açısı, aydınlatma merkezinin uzaklığı ve ışığın rengi gibi birçok etkeni bulunmaktadır (Olgun & Yılmaz, 2014).

Render Sonucunun Düzenlenmesi (Post-Processing): Çıkan render görüntülerinin üzerine bitki, insan, araç gibi objeler yerleştirilerek, görüntünün gerçekçilik değerinin arttırılması amaçlanmaktadır. Aynı zamanda Siyah-beyaz dengesi, ısı dengesi gibi değerler ile oynama izni verilmektedir. Bu sayede göze hitap eden görseller ortaya çıkartılabilmektedir.

Fotogerçekçi görüntüleme programlarının, farklı sonuç görüntüler oluşturmaları, arayüz farklılıkları, ücretlendirmeleri, kütüphaneler gibi farklılıklarının yanı sıra, gerçek zamanlı olmaları gibi farklılıklara sahiptirler. Mimari tasarımda kullanılan popüler olan bazı fotogerçekçi görselleştirme araçları:

V-Ray: Chaos Group tarafından geliştirilmiş bir render motorudur. Mimari görselleştirmek amacıyla ortaya çıkmıştır. 3DS Max ile çalışması için tasarlanmıştır. Zaman içerisinde Blender, Maya, Sketchup, Rhino, Revit, Cinema 4D, Unreal Engine modelleme programları ile de entegrasyon gerçekleştirmiştir.

Enscape: Chaos Group tarafından geliştirilmiş, gerçek zamanlı bir render motorudur. Mimari görselleştirme ve animasyon amacıyla ortaya çıkmıştır. Revit, Sketchup, Rhinoceros 3D ve Archicad programlarıyla entegre olarak çalışmaktadır.

Chaos Corona: Chaos Group tarafından geliştirilmiş, render motorudur. Mimari görselleştirme ve animasyon amacıyla ortaya çıkmıştır. 3DS Max ve Cinema 4D ile entegre olarak çalışmaktadır.

Lumion: Act-3D şirketine ait, gerçek zamanlı bir render motorudur. Render işlemlerini daha hızlı gerçekleştirmek ve basitleştirmek amacıyla ortaya çıkmıştır. Peyzaj mimarlığı için üretilmiştir fakat zaman içerisinde mimarlık ve iç mimarlık alanlarına da hitap etmeye başlamıştır. Revit, 3DS Max, Sketchup, Rhino, Cinema 4D ile entegre olarak çalışmaktadır.

Unreal Engine: Epic Games tarafından geliştirilmiş, oyun motorudur. Oyunların yazılımsal olarak geliştirilmesi amacıyla ortaya çıkmıştır. Zaman içerisinde oyunların görselleştirmesinde kullanmaya başlamıştır. Günümüzde ise mimari görselleştirme ve mimari oyunlaştırma alanlarında gerçek zamanlı olarak kullanılabilir.

Doğrudan bir mimari modelleme programıyla kullanılamamaktadır. Fakat Epic Games tarafından, aktarım için üretilen Datasmith plugini bulunmaktadır. Datasmith aracılığıyla 3DS Max, Cinema 4D, Revit, Sketchup, Rhino, SolidWorks, CATIA ile entegre çalışmaktadır.

Twinmotion: Epic Games tarafından geliştirilmiş, gerçek zamanlı render motorudur. Animasyon konusunda interaktiflik sunmaktadır. Mimarlık, otomotiv tasarımı, moda tasarımı ve ürün tasarımında kullanılmaktadır. Archicad, Revit, Sketchup ve Rhino ile entegre olarak çalışmaktadır.

D5 Render: Yapay zekâ temelli, gerçek zamanlı render motorudur. RTX ekran kartları ile uyumludur. Daha hızlı ve gerçekçi render amacıyla ortaya çıkmıştır. Sketchup, 3DS Max, Archicad, Revit, Blender ve Rhino ile entegre çalışmaktadır.

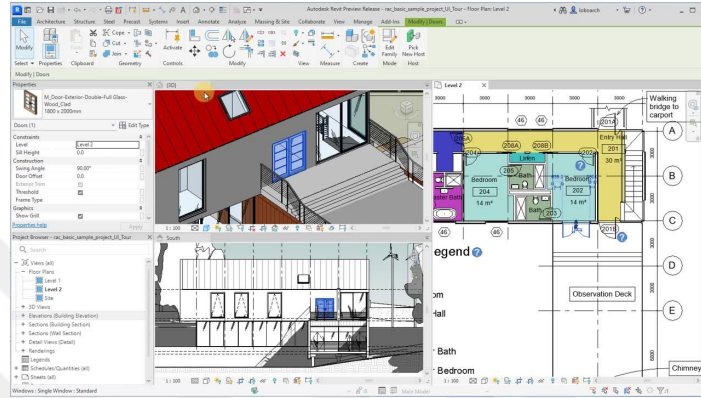
2.4.4 BIM Tabanlı Mimari Tasarım Dijital Araçları

BIM (Yapı Bilgi Modellemesi), mimari süreçte yapının tasarım aşamasından, kullanım aşamasına kadar kullanılan araç olmaktadır. 2D ve 3D grafiklerinin kombinasyonu ile gerçekleşmektedir. 2D plan ve 3D modelleme, bir yapıyı aktarmak için ve tasarımcı için yetersiz kalabilmektedir. Bu sebepten BIM araçları, gereken tüm işlevleri bir arada toplamaktadır. BIM araçları mimarların, farklı meslek grupları ile uyum içerisinde çalışmasına olanak sağlamaktadır (Boeykens & Neuckermans, 2008).

BIM programları modelleme ve koordinasyon haricinde 4D araçları, 5D maliyet araçları, 6D sürdürülebilirlik, analiz araçları ve inşaat yönetim araçlarına sahiptir. Birçok BIM araçları bulunmaktadır. Revit, Allplan, Vectorworks, Archicad, Microstation, BricsCAD BIM, Tekla BIM araçlarına örnek verilebilmektedir. Bu araçlardan en popüler olan araçlar:

Revit: 1997 yılında Charles River Software tarafından geliştirilmiştir. 2002 yılında Autodesk bu yazılımı satın almıştır. Mühendisler, mimarlar ve sektör profesyonelleri tarafından kullanılması için tasarlanmıştır.

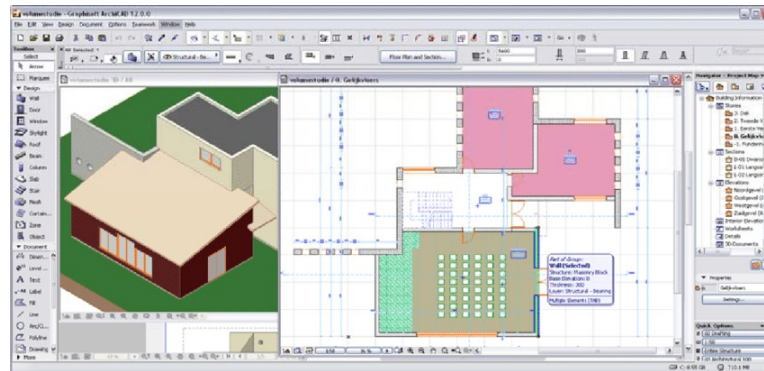
Modeller “family” adı verilen nesneler ile oluşturulmaktadır. Firmalar, kendi ürünlerini modelleyerek kullanıcılara sunmaktadır. Çok sayıda eklentiye sahiptir. Eklentiler ile BIM aracına dönüştürülebilmektedir.



Şekil 2.7 Revit Programının Arayüzü

Archicad: Graphisoft tarafından mimarlar ve tasarımcılar için geliştirilmiştir. Graphisoft 1984 yılında kurulmuştur. Apple ile iş birliği yaparak piyasaya sürülmüştür. 1993 yılında ise Windows işletim Sistemi için sürümler oluşturmaya başlamıştır.

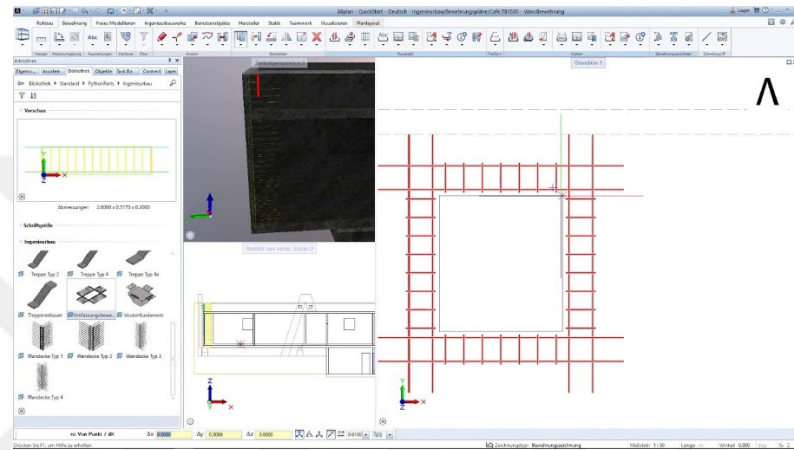
Çizim araçlarında ve kütüphanesinde, mimari öğeler (kapı, pencere vb.) içermektedir. Bu öğeler çeşitli özelliklere, malzemelere ve parametrelere sahiptir (Boeykens & Neuckermans, 2008). Solibri, dRofus, Rhino-Grasshoper gibi araçlarla bağlantı kurabilmektedir. İçerisinde bulunan CineRender ile gerçekçi görselleştirmeler oluşturabilmektedir.



Şekil 2.8 Archicad Programının Arayüzü

Allplan: Nemetschek SE'nin yan kuruluşu olan Allplan GmbH tarafından mimarlar, inşaat mühendisleri ve inşaat uygulamacıları için 1984 yılında piyasaya sürülmüştür. 2011 yılından itibaren forumlar, kütüphaneler, eğitimler gibi işlevler sunan Allplan Connect adlı bir çevrimiçi platformu bulunmaktadır.

Verimliliğin artması, hata payının düşürülmesi ve metrajlarda kolaylık sağlanması gibi alanlarda mimarlara yardımcı olmaktadır.



Şekil 2.9 Allplan Programının Arayüzü

2.5 Mimari Tasarım Yapay Zekâ Araçlarının İncelenmesi

Günümüzde yapay zekâ ile oluşturulmuş ve kullanıma açılmış birden çok araç bulunmaktadır. Mimari belgeleri kontrol edebilen, plan oluşturabilen, görselleştirme yapabilen, modelleme yapabilen, yerleşim planı düzenleyebilen yapay zekâ araçları bulunmaktadır.

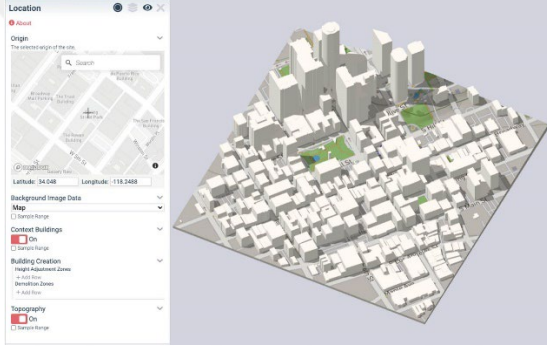
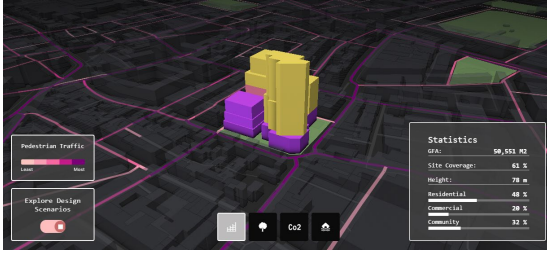
Mimari tasarım alanında kullanılan yapay zekâ araçlarında, kullanılan yapay zekâ türleri; makine öğrenimi, derin öğrenme, yapay sinir ağları, doğal dil işleme ve görüntü işleme olmaktadır. Fakat bu yapay zekâ türleri genellikle bir arada çalışmaktadır. Algoritma olarak sıklıkla metinden görüntüye dönüşüm ve GAN algoritmaları kullanılmaktadır:

- **Makine Öğrenimi:** Büyük veri setine sahip olmaları sayesinde kullanıcı tercihlerini ve geçmiş projeleri analiz ederek, yeni tasarımlar önermektedir.
- **Derin Öğrenme:** Karmaşık desenleri tanıyabilme yeteneğini kullanarak, yeni tasarımlar önermektedir.
- **Yapay Sinir Ağları:** Desenleri tanıyarak belirli öğelerin ve stillerin tanınmasında önemli olmaktadır.
- **Doğal Dil İşleme:** Kullanıcı taleplerini anlamak ve işlemek için kullanılmaktadır.
- **Görüntü İşleme:** Görsel üzerindeki nesnelerin algılanmasında ve algılanan nesneleri sınıflandırmakta kullanılmaktadır.
- **GAN:** Yaratıcılık ve özgünlük yeteneğinden dolayı, tasarım süreçlerinde kullanılmaktadır.

2.5.1 Yapay Zekâ Tabanlı Mimari Tasarım Dijital Araçları

Yapay Zekâ araçları, kullanım alanına göre; kütle yerleşimi ve analiz yapan, plan çözümü yapan, tefriş yerleşimi yapan, dokümantasyon yapan, dijital araçlar arası aktarım yapan, görüntü oluşturan, fotogerçekçi görselleştirme yapan, modelleme ve planlama yapan, tefriş yerleştiren ve fotogerçekçi görselleştirme işlevlerine sahip, olarak sınıflandırılmıştır. Araçların açıklamaları, araçlara ait internet sitesinden ve kullanıcı tarafından deneyimlemesi tarafından yapılmıştır.

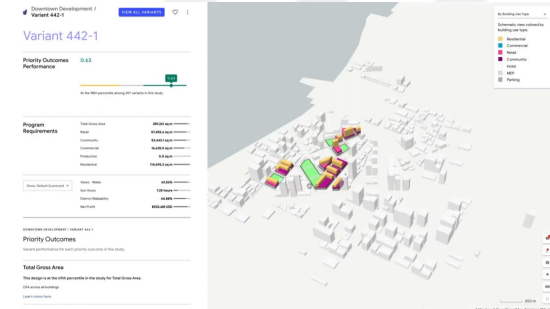
Tablo 2.1 Mimari Tasarımda Kullanılan Yapay Zekâ Araçlarının İncelenmesi

Kütle Yerleşimi ve Analiz Yapan Yapay Zekâ Araçlarının İncelenmesi	
	Testfit Kütle ve otopark yerleşimleri ve inşaat maliyetleri unsurlarını göz önünde bulunduran yapay zekâ uygulamasıdır.
	Hypar Projelerin erken konsept tasarım aşamalarında yer alan veri analizi için kullanılan bir yapay zekâ uygulamasıdır. Projenin parametrelerini tanımlayarak veri üretmek için kullanılmaktadır. Revit programı ile entegre çalışmaktadır.
	Digital Blue Foam Kütle yerleşimi yapmak için kullanılan yapay zekâ türüdür. Simülasyon yapmaya izin vermektedir. Ünite sayısı, metraj, analiz gibi unsurların kullanımı yer almaktadır.



Autodesk Forma

Peyzaj mimarları ve şehir planlamacıları için ortaya çıkan bir yapay zekâ uygulamasıdır. Veri kümeleme sistemini kullanarak inşaat alanının çevresini görmek, yapı bilgilerini işleyerek yapının çevresi ile uyumunu görmek ve gürültü, rüzgâr, güneş gibi dış etkenler karşısında simülasyon yapmak için kullanılmaktadır.



BlueLabel Delve

Erken aşama için kullanılan bir yapay zekâ uygulamasıdır. Konutların yerleşimi, odaların yerleşimi, otopark gibi verileri analiz ederek “hangi konumda olmalı?” sorusunu yanıtlamaktadır. Aynı zamanda metraj, maliyet gibi unsurları da sunmaktadır.

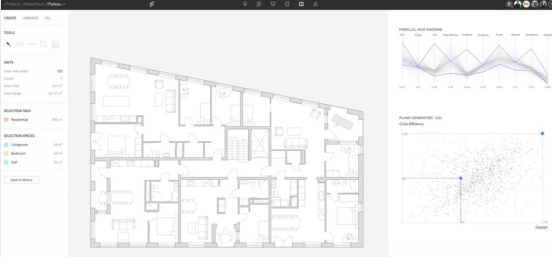


Spacio AI

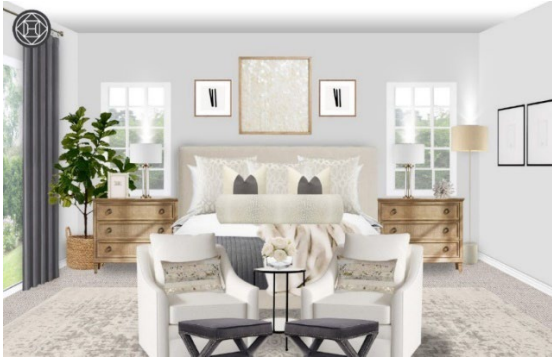
BlueLabel Delve uygulamasının alternatifi olmaktadır. Esnek ve değiştirilebilir yapı formlarına imkân sağlamaktadır. Metraj bilgilerini Excel’e aktarma işlemine izin vermektedir. Yaratılan modeller üzerinde, simülasyona izin vermektedir.

	Archistar AI Harita katmanlama, arsa ölçülendirme ve arsaya yerleşim sorunlarına çözüm olarak yapılan bir yapay zekâ uygulamasıdır
---	---

Plan Çözümü Yapan Yapay Zekâ Araçlarının İncelenmesi

	Finch3D AI Plan düzleminde kullanılan bir yapay zekâ uygulamasıdır. Kullanıcının girdiği (duvar kalınlığı, daire dağılımı, daire sayısı vb.) parametreleri kullanarak, mekanların yerleşim planını yapmaktadır. Oluşturulan plan üzerinde değişiklik yapılmasına izin vermektedir.
---	---

Tefriş Yerleşimi Yapan Yapay Zekâ Araçlarının İncelenmesi

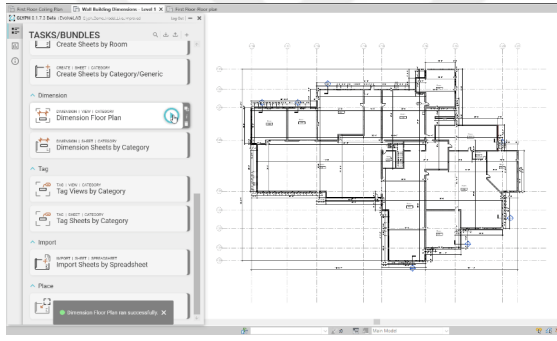
	Havenly Kullanıcıya sorular sorularak, kullanıcının stil ve tarzına göre kişileştirilmiş tasarım sunan bir yapay zekâ uygulamasıdır. Uygulamanın amacı, içerisinde bulunan mobilyaları kendi sistemleri üzerinden kullanıcılara satmaktır.
---	---



DecorMatters

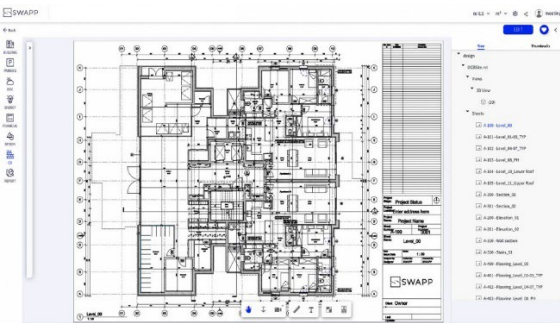
Ünlü markaların mobilya ve dekor öğelerini kullanan iç mekân tasarım yapay zekâ uygulamasıdır. Arttırılmış gerçeklik özelliği kullanmasıyla, satın almak istenilen ürünün mekân üzerinde deneyimlenmesini sağlamaktadır.

Dokümantasyon Yapay Zekâ Araçlarının İncelenmesi



EvolveLab Glyph

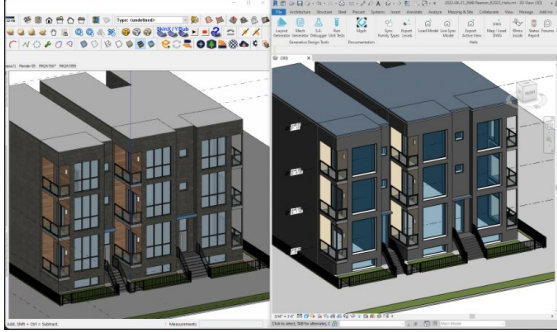
Revit ile çalışan bir dokümantasyon yapay zekâ uygulamasıdır. Sayfa oluşturma, boyutlandırma, belgeleme gibi işlemleri otomatikleştirme ve standartlaştırma işlemlerini gerçekleştirmektedir.



Swapp

Mimari dokümantasyon yapabilen bir yapay zekâ uygulamasıdır. Mimari proje portföyünü analiz ederek alışkanlıkları ortaya çıkartmaktadır. Alışkanlıklar ise algoritmalar geliştirmek için kullanılmaktadır. Oluşturulan algoritmalar, yeni projeler için mimari dokümantasyonu ayrıntılı bir şekilde oluşturmaktadır.

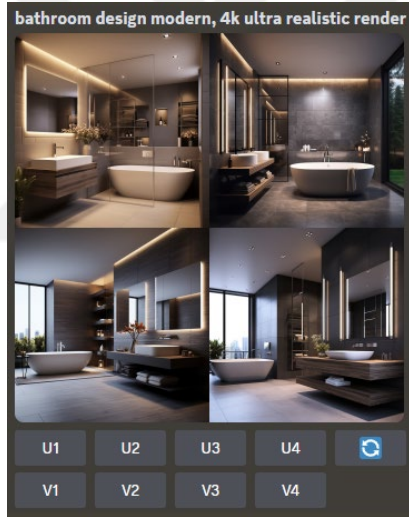
Dijital Araçlar Arası Aktarım Yapan Yapay Zekâ Araçlarının İncelenmesi



Evolvelab Helix

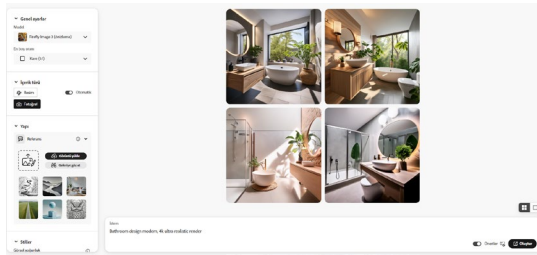
Sketchup programı üzerinde yapılmış çalışmaları BIM sistemine dönüştürerek Revit programına aktarımı sağlayan yapay zekâ uygulamasıdır.

Görüntü Oluşturan Yapay Zekâ Araçlarının İncelenmesi



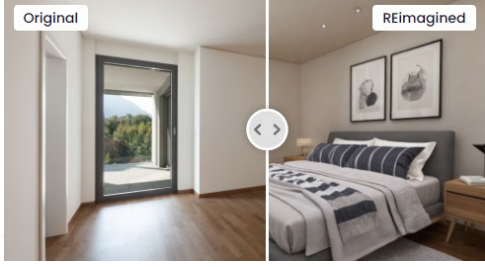
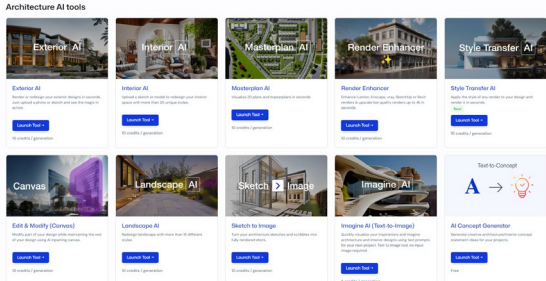
Midjourney

Metinden görüntüye algoritmasının yanı sıra, görüntüden görüntüye algoritması kullanmakta olan bir yapay zekâ uygulamasıdır. Amacı istenilen türde görseller oluşmaktadır. Dört adet varyasyon üzerinden çalışmaktadır. Mimari tasarımda örnek oluşturma ve kolaj oluşturma evrelerinde kullanılabilmektedir.



Adobe Firefly

Metinden görüntüye algoritmasını kullanmakta olan bir yapay zekâ uygulamasıdır. Amacı istenilen türde görseller oluşmaktadır. Adobe tarafından grafik tasarımcılar için oluşturulmuştur. En önemli yanı ise, diğer Adobe programları ile entegre olabilmektedir.

 Bathroom Design modern, 4k ultra realistic render Here is the modern bathroom design you requested. If there's anything specific you'd like to modify or add, let me know!	DALL-E Metinden görüntüye ve görüntüden görüntüye algoritması kullanmakta olan bir yapay zekâ uygulamasıdır. Amacı istenilen türde görseller oluşmaktadır. Chat-GPT ile çalışmaktadır. Mimarlıkta tasarım, örnek oluşturma, kolaj oluşturma evrelerinde kullanılabilmektedir.
	Reimaginehome Sanal sahneleri veya fotoğrafları, yeniden modellenmesini veya tasarlanmasını sağlayan, görüntüden görüntüye algoritmasını kullanan yapay zekâ uygulamasıdır. Peyzaj ve iç mekân tasarımı için kullanılmaktadır.
Fotogerçekçi Görselleştirme Yapan Yapay Zekâ Araçlarının İncelenmesi	
	mnml AI GAN algoritması üzerine yapılmış olan bir yapay zekâ uygulamasıdır. Mimarlar ve iç mimarlar için hazırlanmış bir yapay zekâ uygulamasıdır. Fikirleri tasarıma dönüştürmek ve çizilmiş olan projeleri sunuma hazır hale getirmek için kullanılmaktadır.



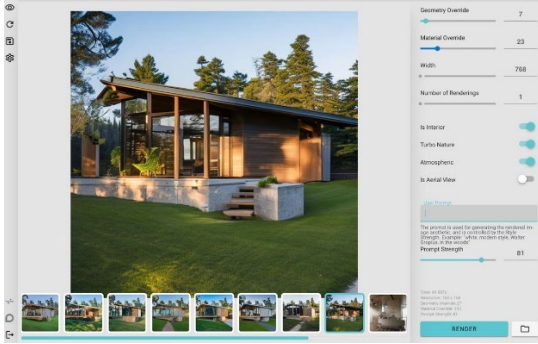
Sketchup Diffusion

Sketchup programı için hazırlanmış bir yapay zekâ uygulamasıdır. Stilleri tanımlayarak, metin istemi ile çalışmaktadır.



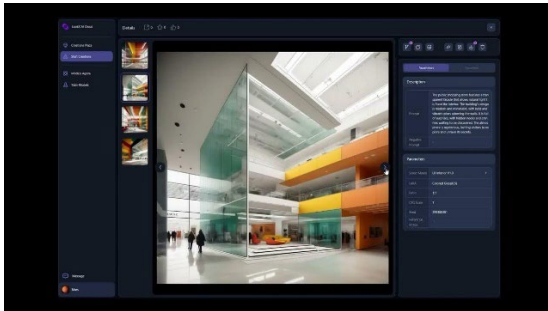
Prome AI

Üç boyutlu görselleri ve eskizleri gerçekçi bir görüntüye dönüştüren görselleştirme yapay zekâ uygulamasıdır. Yenilikçi, kullanıcı dostu bir uygulamadır.



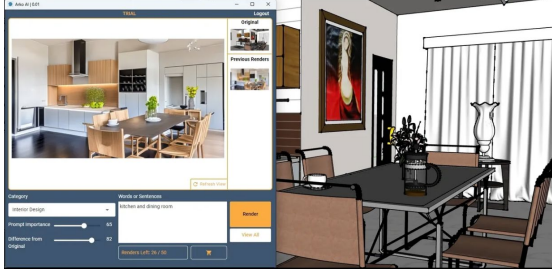
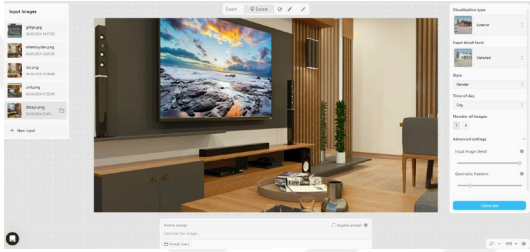
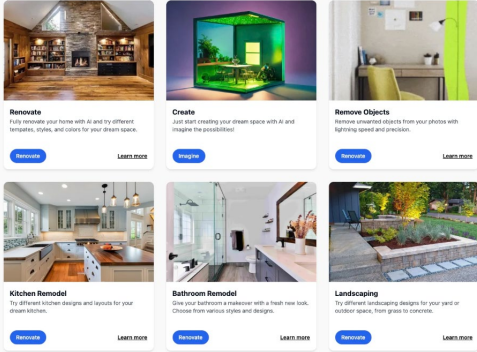
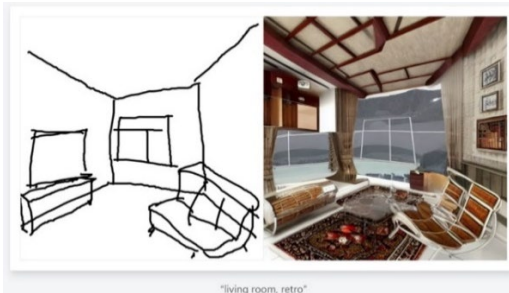
Evolverlab Veras

Yapay zekâ görselleştirme uygulamasıdır. Model geometrisine bağlı kalınması gereken projeler için ince ayar desteği bulunmaktadır. Render selection özelliği sayesinde, belirli bir alanı değiştirmeye izin vermektedir.

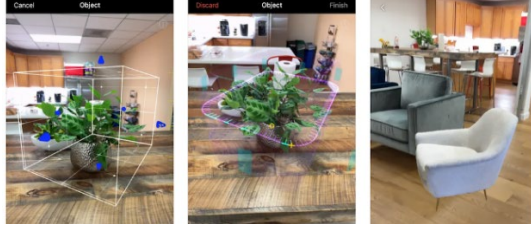


LookX

Mimarlar için özel hazırlanmış bir yapay zekâ uygulamasıdır. Mimari ihtiyaç, bütçe, düzenleme gibi parametreleri ele alarak proje görselleştirmeleri yapmaktadır.

	Arko AI Görselleştirme yapay zekâ uygulamasıdır. Revit, Rhino ve Sketchup ile çalışmaktadır.
	Visoid Görselleştirme yapay zekâ uygulamasıdır. İç mekân, dış mekân ve kuş bakışı olarak çalışabilmektedir.
	Renovate AI İç Mimari temelli görselleştirme yapay zekâ uygulamasıdır. Yeniden modelleme, oluşturma ve peyzaj özellikleri bulunmaktadır.
	Scribble Diffusion Yapılan eskizler üzerinden gerçekçi bir görüntü elde edilmesini sağlayan yapay zekâ uygulamasıdır.

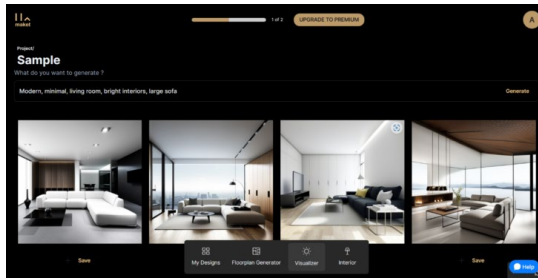
Modelleme Yapan Yapay Zekâ Araçlarının İncelenmesi



Luma AI

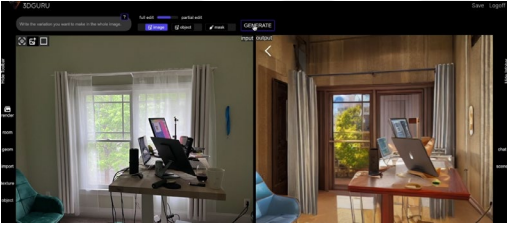
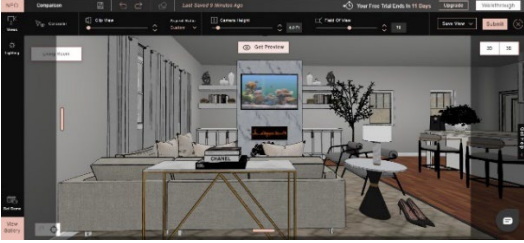
Metinsel komutlar ile üç boyutlu modeller üretilmesini sağlayan yapay zekâ uygulamasıdır. Gerçek objelere tarama işlemi gerçekleştirilerek, modelleme yapabilmektedir. Gerçekçi ve etkileşime açık render üretimine izin vermektedir. Sonuç ürünlerinde hareket edilebilmektedir. Arttırılmış gerçeklik desteği bulunmaktadır.

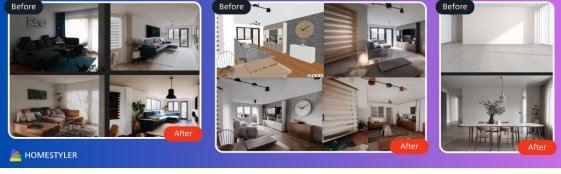
Planlama, Tefriş Yerleştirme ve Görselleştirme İşlevlerine Sahip Yapay Zekâ Araçlarının İncelenmesi



Maket

Kat planları ve üç boyutlu görsel oluşturma süreçlerini otomatize etmeye sağlayan yapay zekâ uygulamasıdır. Stil değişikliğine, plan değişikliğine ve mimari görsel değişikliğine hızlı bir şekilde izin vermektedir. Kendine ait bir sohbet botu kullanmaktadır. Bu sohbet botu, maliyet, malzeme, tasarım seçenekleri gibi sorunlara yardımcı olmayı hedeflemektedir.

	Coohom Kendine ait kütüphanesi ile, hızlı bir şekilde plan ve mimari görselleştirme oluşturulmasını destekleyen yapay zekâ uygulamasıdır. Kat planlarına hızlı bir şekilde tefriş yerleştirilmesine izin vermektedir. Ardından yaratılan mekânda, mimari görselleştirme yapılabilmektedir.
	3DGuru Kendini yapay zekâ iç mimarı olarak tanımlamaktadır. Fotoğraflar kullanarak, iç mekanlar için kat planları önermektedir. Tasarımları özelleştirme ve bütçeye göre mobilya seçimi yetenekleri bulunmaktadır. Kendine ait bir sohbet botu kullanmaktadır. İç mimari ile ilgili sorunlarda yardımcı olabilmektedir.
	Foyr NEO Kendi kütüphanesini içeren, üç boyutlu ve iç tasarımlar oluşturulmasına izin veren bir yapay zekâ uygulamasıdır. Görselleştirme, tasarım konularında kullanılmaktadır.

	Homestyler İki boyutlu ve üç boyutlu görüntüler oluşturmak için kütüphane kullanan yapay zekâ uygulamasıdır. Uygulama içerisinde plan çizimi yapıldıktan sonra, tefrişler aracılığıyla plan şekillendirilmektedir. Elde edilen plan, yapay zekâ tarafından üç boyutlu hale getirilmektedir. Videolar oluşturulabilmektedir. Üç boyutlu görsel, internet tarayıcı aracılığıyla incelenebilmekte ve paylaşılabilmektedir. Kendine ait forum ile konuya ilgi duyan kişilere öğreticiliği amaçlamaktadır.
---	--

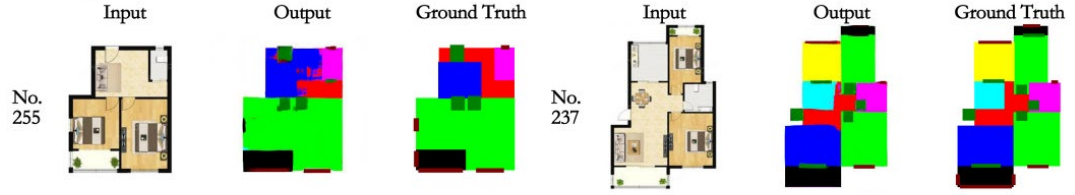
2.5.2 Proje Özelinde Oluşturulan Mimari Tasarım Yapay Zekâ Dijital Araç Örneklerinin İncelenmesi

Mimari tasarımda, belirli projelerin çözümleri için farklı araçlara ihtiyaç duyulmaktadır. Kullanıma erişimi bulunan yapay zekâ araçları, bu projeler için yeterlilik sağlayamamaktadır. Çünkü kullanıma erişimi bulunan yapay zekâ araçları, yüzeysel olarak tüm projelere eşlik etmeyi amaçlamaktadır. Detay seviyesine ulaşmak istenildiğinde, proje özelinde yazılımsal olarak yapay zekâ sistemi oluşturulması gerekmektedir.

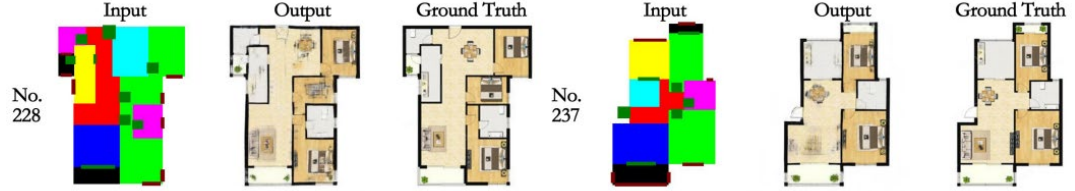
Farklı yapay zekâ türleri kullanılarak oluşturulan mimari tasarım projeleri, daha önceden yapılmış örnekler üzerinden incelenecektir.

- **Mimari Çizimleri Tanıma ve Oluşturma Aracı**

Recognition

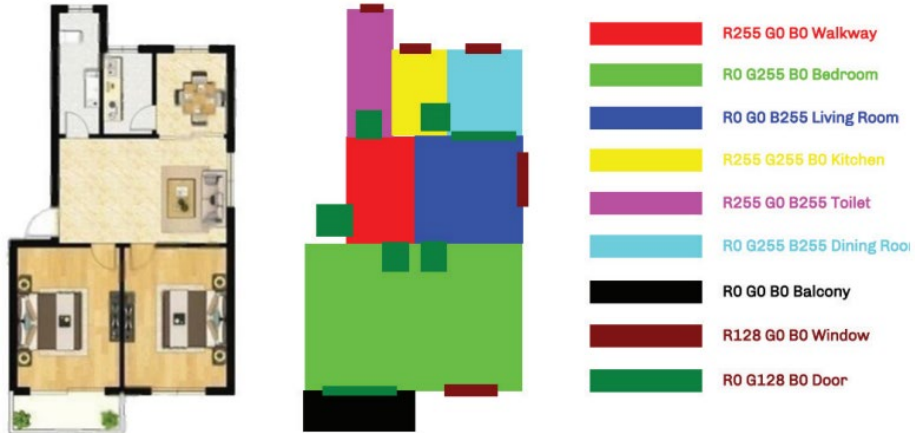


Generation



Şekil 2.10 Mimari Çizimleri Tanıma ve Oluşturma Aracında Planlar üzerinden Tanıma (Recognition) ve Oluşturma (Generation) İşlemleri (Huang & Zheng, 2018)

Bu çalışmada Derin Öğrenme Yönteminin alt başlığı olan GAN algoritmasının alt algoritması olan Pix2PixHD kullanılmıştır. Bu algoritmanın kullanım nedeni, görüntü verileriyle başa çıkma konusunda güçlü bir araç olmasından dolayı mimari çizimleri tanıma ve oluşturma alanında potansiyelinin olduğu düşünülmektedir (Huang & Zheng, 2018). Çalışmada renkli daire planları veri seti ile test edilmiştir.

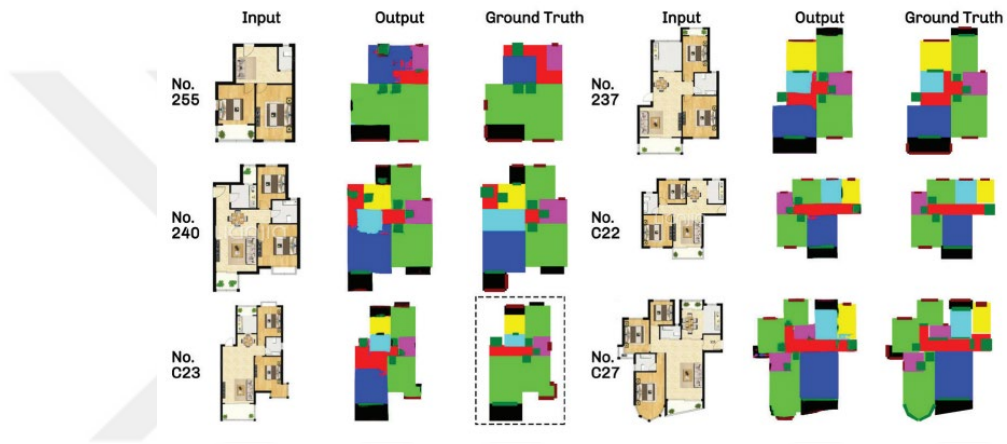


Şekil 2.11 Mimari Çizimleri Tanıma ve Oluşturma Aracında Kat Planı, Etiketlenmiş Plan ve Etiketler (Huang & Zheng, 2018)

Başlangıç olarak, farklı fonksiyonu olan alanlar için farklı renkleri etiketleme kuralı oluşturulmuştur (Şekil 2.11). Etiketler algoritma tarafından rahatça tespit edilebilmesi için RGB değerleri 0 veya 255 değeri olarak kullanılmıştır. Bu nedenle 8 tane kombinasyon oluşturulmuştur. Bunlar: yürüyüş yolu, oturma odası, yatak odası, mutfak, tuvalet, yemek odası, balkon ve dairenin dışındaki boş alanlar olarak ele

alınmıştır. Pencere ve kapılar daha az önem taşımaktadır. Bu sebepten RGB değerleri 128 veya 0 olarak kullanılmıştır. Pencere ve kapılar diğer alanların bağlantı noktası olmasından dolayı, çizim katmanları diğer katmanların üstünde yer almaktadır (Huang & Zheng, 2018).

Toplam 115 görüntü çifti seçilmiş, ölçeklendirilmiş ve boyutlandırılmıştır. Bu veri kümesine dayanarak, plan çizimlerini yanıt ve renkli haritalar üretme (plan-to-map), renkli etiketli haritaları giriş olarak verme ve plan üretme (map-to-plan) işlemleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.12, Şekil 2.13) (Huang & Zheng, 2018).



Şekil 2.12 Mimari Çizimleri Tanıma ve Oluşturma Aracında Tanıma İşlemi Sonucu (Huang & Zheng, 2018)

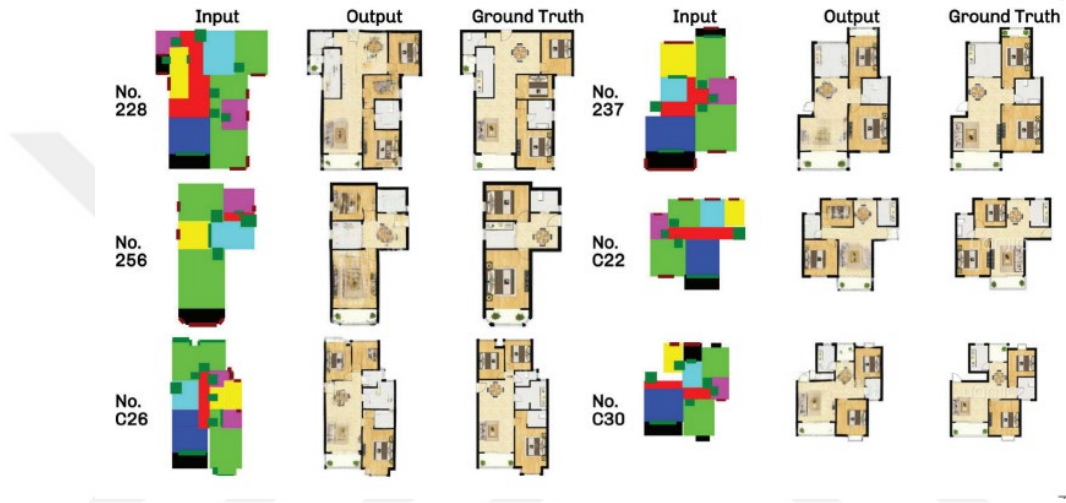
115 Görüntü, 100 görünüşten oluşan bir eğitim seti ve 15 görüntüden oluşan bir test setine bölünmüştür. Yatak odası, mutfak, tuvalet ve balkon gibi alanların tanımlanmasında iyi bir sonuç görülmektedir. Alanların sınırları arasında duvarlar bulunmaktadır ve içeride belirli tefrişler yer almaktadır (Huang & Zheng, 2018).

NO.237 ve NO.C22 çalışmalarında, yürüyüş yolu, oturma odası ve yemek odası için ağ tarafından ayırt etmesi zordur çünkü bu mekanlar arasında net bir sınır bulunmamaktadır. Bu farklı sonuçlar mimarların kendi anlayışlarına göre farklı cevaplar vermesini sağlamaktadır. Bu belirsizlik insan zihni ve makine öğrenimi arasındaki benzerliği yansıtmaktadır (Huang & Zheng, 2018).

NO.C27 çalışmasında, kat planında elips ve üçgen şeklini içermektedir. Fakat eğitim verilerinde yer alan planların çoğu dikdörtgen formundadır. Sonuçlar tam olarak orijinal planla eşleşmemektedir. Bu sorunu çözmek için düzensiz forma sahip olan daha fazla görüntü yüklenmelidir (Huang & Zheng, 2018).

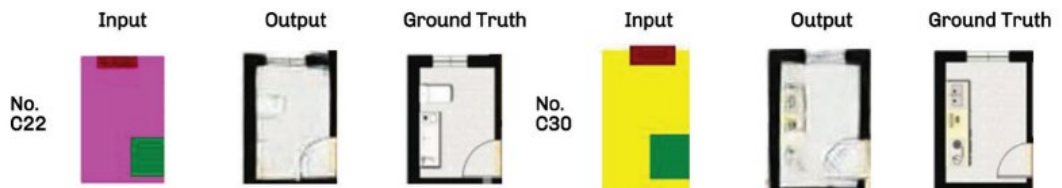
NO.C23 çalışmasında, algoritmanın bir hata bulduğu tespit edilmiştir. Oturma odası ve yürüyüş alanının bir kısmı, tarafımızca yanlış çizilerek yatak odasına eklenmiştir. Fakat algoritma bu hatayı başarıyla tanımıştır. Bu durum ise algoritmanın hata toleransı yeteneğini göstermektedir (Huang & Zheng, 2018).

Sonuç durumunda ağ, mimari plan çizimlerini başarı ile tanımıştır. Ağın belirli dairelerin mimari plan çizimlerinin bilgisini öğrenmesini sağlamak için 100 görüntülük bir eğitim setinin yeterli olduğu görülmüştür (Huang & Zheng, 2018).



Şekil 2.13 Mimari Çizimleri Tanıma ve Oluşturma Aracında Oluşturma İşlemi Sonucu (Huang & Zheng, 2018)

Bir sonraki adımda, ters işlem uygulanmaya başlanmıştır. Giriş görüntüleri, etiketlenmiş olarak algoritmaya yüklenmiştir. Algoritmadan plan çıktıları vermesi istenmiştir (Şekil 2.13) (Huang & Zheng, 2018).



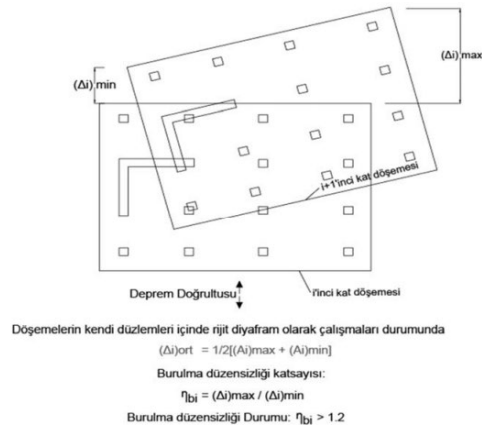
Şekil 2.14 Tuvalet ve Mutfakların Detaylı İşlemi Sonucu (Huang & Zheng, 2018)

Mutfak eşyalarının ve tuvalet alanlarının net bir şekilde oluşturulduğu görülmektedir. Hijyen eşyalarının doğru konumları ve kapı açılış yönlendirilmelerini içermektedir (Şekil 2.14).

- **DK Asistanı Aracı**

Depremlerden korunmak için, yapıların yer hareketlerinin yol açtığı titreşimlere karşı dirençli olacak şekilde tasarlanması önemlidir. Yapı güvenliği, doğru bir şekilde tanımlanabilmesi için mimar ve inşaat mühendislerinin tecrübe, mantıklı düşünme ve karar verme becerilerine dayanmaktadır (Ünay, 2002). Taşıyıcı sistem, sadece taşıyıcıların boyutları veya sıklıklarıyla ilgili değildir. Mimarların tasarımının ilk evrelerinde aldığı temel kararlar, çekirdek yerleşimi, planda ve kesitteki dolu ve boş alanlar gibi unsurlar, kütlenin biçimlenişini ve dolayısıyla yapının rijitliğini ve güvenliğini önemli ölçüde etkiler. Mimarın, yapı güvenliğini riske atmayacak tasarımlar üretmesi için yapı ile ilgili esaslara ve yönetmeliklere uygun tasarımı ortaya koyması gerekmektedir (Bingöl vd., 2020).

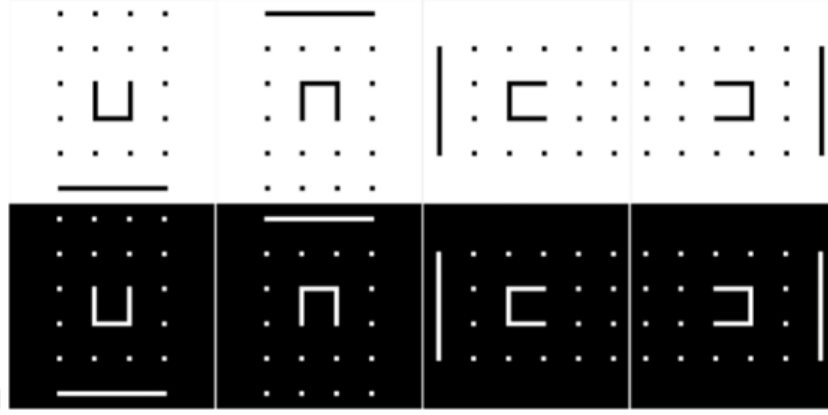
Derin öğrenme ve görüntü işleme yöntemleri kullanılarak geliştirilen DK asistanı, bir mimari proje içerisindeki taşıyıcı sistem düzensizliklerini belirleyebilir. Bu amaçla, deprem yönetmeliğindeki burulma düzensizliği kuralına dayanarak düzenli ve düzensiz mimari yapılar için iki ayrı veri seti oluşturulmuştur. Veri setleri, derin öğrenme algoritmalarının ve görüntü işleme kütüphanelerinin bulunduğu IMAGE AI kütüphanesinden elde edilmiş, programlama süreci ise PYTHON IDE ortamında gerçekleştirilmiştir (Bingöl vd., 2020).



Şekil 2.15 Burulma Düzensizliği (Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı, 2018)

Veri setleri, betonarme kolon, perde ve diğer düşey sirkülasyon elemanlarının düzenini gösteren ve farklı rijitlik merkezlerine sahip olan şemalardan oluşmaktadır. Hazırlanan bu veri setleri derin öğrenme yöntemiyle makineye öğretilmiştir. Derin öğrenme yönteminde, makineye tanıtılan şema ve varyasyonlar ne kadar fazla olursa, o kadar doğru sonuç elde edilmektedir. Öğretilen plan şemaları, derin öğrenme için kullanılan

çoklu yapay sinir ağı katmanlarına ham imaj, rotasyon ve negatifleri de içerecek şekilde tanıtılarak, makinenin pikseller arasındaki farkları anlaması sağlanmıştır (Bingöl vd., 2020)



Şekil 2.16 DK Asistanı Aracının Oluşum Süreci Ön İşlemi (Bingöl vd., 2020)

Toplam 80 tane ham şema üretilmiştir (Şekil 2.16). Şemalar ön işleminden geçtikten sonra, öğretilen imaj sayısı 2048 tane olmuştur. Yarıları düzenli (Şekil 2.17), diğer yarısı ise düzensiz (Şekil 2.18) taşıyıcı sistem şemaları olmuştur. Projenin ilerlemesi sonucunda varyasyon sayısı arttırılacak aynı zamanda deprem yönetmeliğinde bulunan diğer düzensizlik kuralları da öğretilerek test edilecektir. Fakat ilk aşamada hedeflenen, programın çalışıp, çalışmama durumunu 80 adet şema ve A1 tipi düzensizlik kuralları ile test edilmiştir (Bingöl vd., 2020).

	1	2	3	4	5	6	7	8
A								
B								
C								
D								
E								

Şekil 2.17 DK Asistanı Aracının Düzenli Plan Şemaları (Bingöl vd., 2020)

	1	2	3	4	5	6	7	8
A								
B								
C								
D								
E								

Şekil 2.18 DK Asistanı Aracının Düzensiz Plan Şemaları (Bingöl vd., 2020)

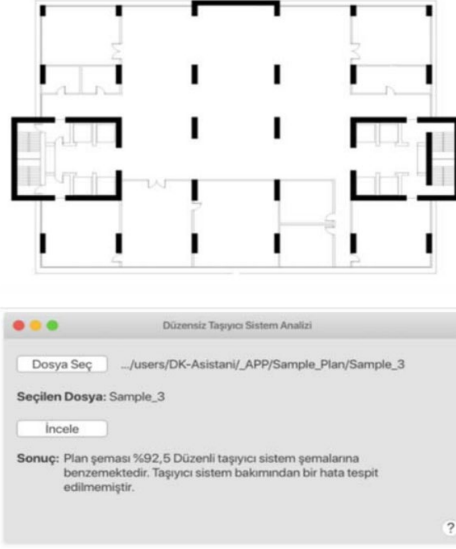
Makine öğrenmesi sonucunda yapılan uygulamada 3 adet gerçek plan özelliği ile test edilmiştir. Gerçek planların 2 tanesi burulma düzensizliğine sahip olurken, diğer planda düzensizlik yer almamaktadır (Bingöl vd., 2020).



Şekil 2.19 DK Asistanı Aracının, Düzensiz Taşıyıcı Sistemli Planlar için Verdiği Yanıt (Bingöl vd., 2020)

DK Asistanı yaptığı test sonucu, burulma düzensizliğine sahip olan yapılar için %99,9 ve %98,7 burulma düzensizliği bulunduğunu tespit etmiştir (Şekil 2.19). Burada verilen oranlar ise, programa öğretilen plan şemalarına benzerlik oranını temsil etmektedir (Bingöl vd., 2020). Mimar, programa danışılan plandaki düzensizliği ilk bakışta fark edebileceği gibi DK Asistanı da bu problemi fark ederek, tekrar gözden geçirilmesi gerektiğini söylemektedir (Bingöl vd., 2020).

Düzenli planda ise öğretilen planlar karşısında %92,5 benzerlik tespit etmiştir (Şekil 2.20). Bu sebepten dolayı yapının taşıyıcı plan bakımından düzenli olduğunu ve burulma düzensizliği bulunmadığı kabul edilebilmektedir (Bingöl vd., 2020).



Şekil 2.20 DK Asistanı Aracının, Düzenli Taşıyıcı Sistemli Planlar için Verdiği Yanıt (Bingöl vd., 2020)

DK Asistanı, derin öğrenme yöntemiyle makineye öğretilen şemalar sayesinde daha önce görmediği üç farklı planın A1 düzensizliğine göre durumunu test etmiştir. Bu testler sonucunda, üç planın taşıyıcı sistemi hakkında yorum yaparak ne kadar düzenli veya düzensiz olduğunu belirlemiştir. Makinenin, statik hesaplama yapmadan, vektörel bir çizime veya teknik işaretleme gerektirmeden, doğrudan fotoğraf üzerinden bir uzman gibi plan hakkında yorum yapabildiği gözlemlenmiştir (Bingöl vd., 2020).

- **Site Planlama Modeli Aracı**

Tasarımda site düzenleme problemleri dinamik, çok amaçlı ve belirsiz niteliktedir. Site içerisinde bulunan her bir konut için konum, tasarımcının bilgi ve deneyimine göre maksimize edilmesi gereken fonksiyonlardır. Tasarım bilgisayarlaştırıldığında, karar alma sürecini gerçekleştirmenin en ideal yol bulanık sistemler olarak kabul edilmektedir. Bulanık mantık en uyumlu (1) ve en uyumsuz (0) arasında 1’den 0’a kadar yer alan değerleri içermektedir (Çekmiş, 2016).

Mekânsal seçim, üyelik fonksiyonları ile bulanık bir küme olarak kavramsallaştırılır. "Applications of Fuzzy Technologies" adlı kitapta Leung: “Evimizin konumunu

seçerken, kolay erişilebilirlik, düşük maliyet, iyi kamu hizmetleri ve düşük suç oranı gibi kriterlerden yararlanabileceğimizi” söylemektedir. Site tercihleri kesinlikle net değildir, ancak derece meselesidir. Bu nedenle, konut seçimi, bulanık memnuniyet fonksiyonunun eniyilemesi aracılığıyla formüle edilebilir (Leung, 1983). Tasarımcılar, evlerin konumunu belirlerken kullanıcılarla çok benzer bir mantıksal sistem izlemektedir. Bu düşünceyi takiben, modelde konut birimlerinin avantajlı değerini belirlemek ve ardından optimum site planlarını oluşturmak için bulanık çıkarım sistemi (FIS) kullanılmaktadır (Çekmiş, 2016).

Site planlama modeli Famagusta şehrinde, Kıbrıs'ta küçük bir yazlık ev yerleşiminin düzenleme şemasını değerlendirmek için uygulanmıştır. Yaklaşık 60.000 metrekarelik alan, ana araba yoluna doğuya bakmaktadır. Planda 100 ev bulunmaktadır ve bu evler ikiz bir şekilde konumlandırılmıştır; her biri neredeyse 120 metrekarelik üç yatak odalı, bir balkon ve etrafında bahçe alanı bulunan aynı iki katlı evdir. Yerleşimin site haritası Şekil 2.20’de verilmiştir (Çekmiş, 2016).

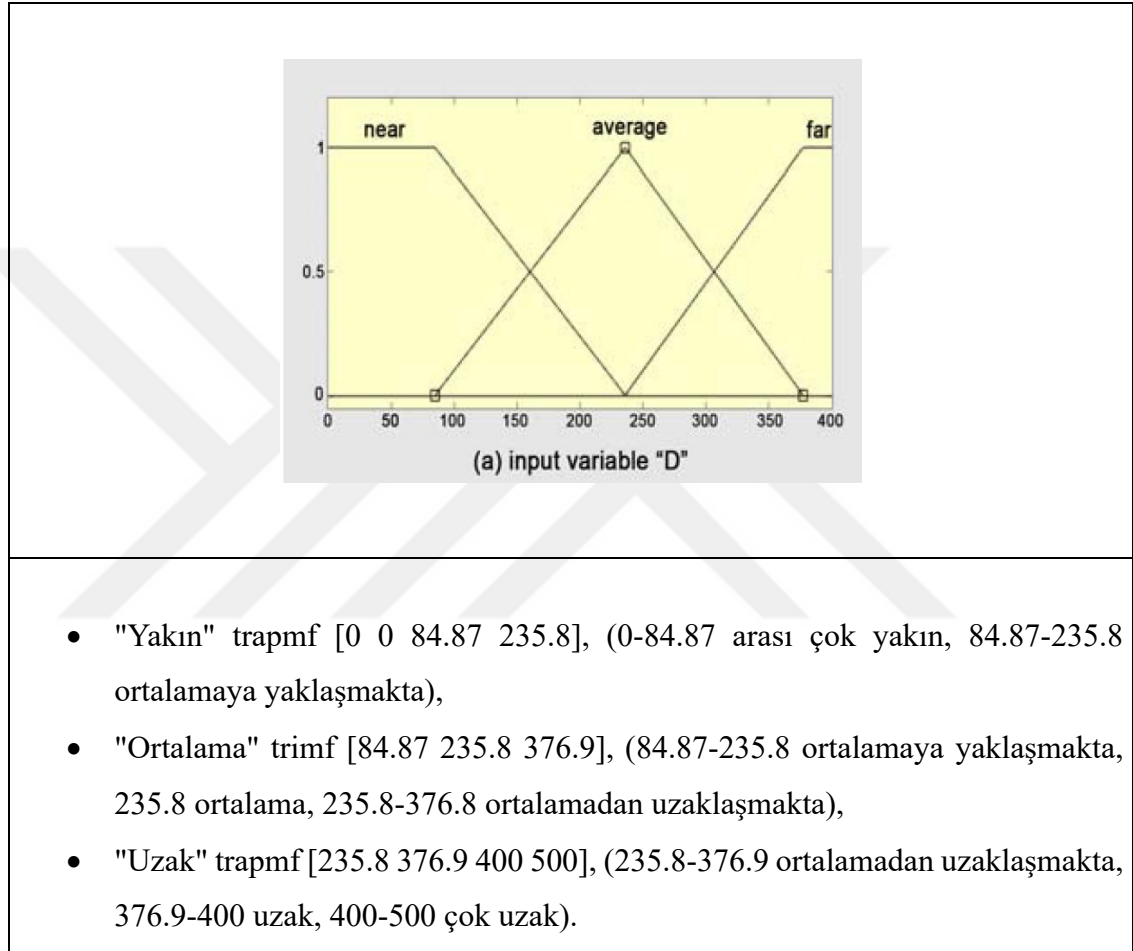


Şekil 2.21 Site Planlama Modeli Aracında Kıbrıs Sitesi Yerleşim Planı (Google Maps, t.y.)

Mevcut site planındaki her konut biriminin avantajlı değerini değerlendirmek için MATLAB'de Sugeno tipi bir FIS Editörü kullanılmıştır. Bu uygulama için üç parametre (giriş) seçilmiştir (Çekmiş, 2016):

Plajlara ve Markete Mesafe (D): Bir evin olanaklara yakın olması beklenilmektedir. Özellikle araçsız kullanımlar ve sıcak iklimler için kısa bir yürüme mesafesi içinde olmalıdır. Bu nedenle, her konut biriminin ulaşım mesafesi, erişilebilirlik açısından avantajlı konum değerlerini etkileyecektir. Giriş D, ikiz evlerin ortak girişinden sitenin alt geçidine kadar en kısa yolun ölçülmesiyle elde edilmektedir (Çekmiş, 2016).

Tablo 2.2 Site Planlama Modeli Aracında FIS Editör ile D Girdi Değerlerinin İşlenmesi (Öztürk & Şahin, 2018)

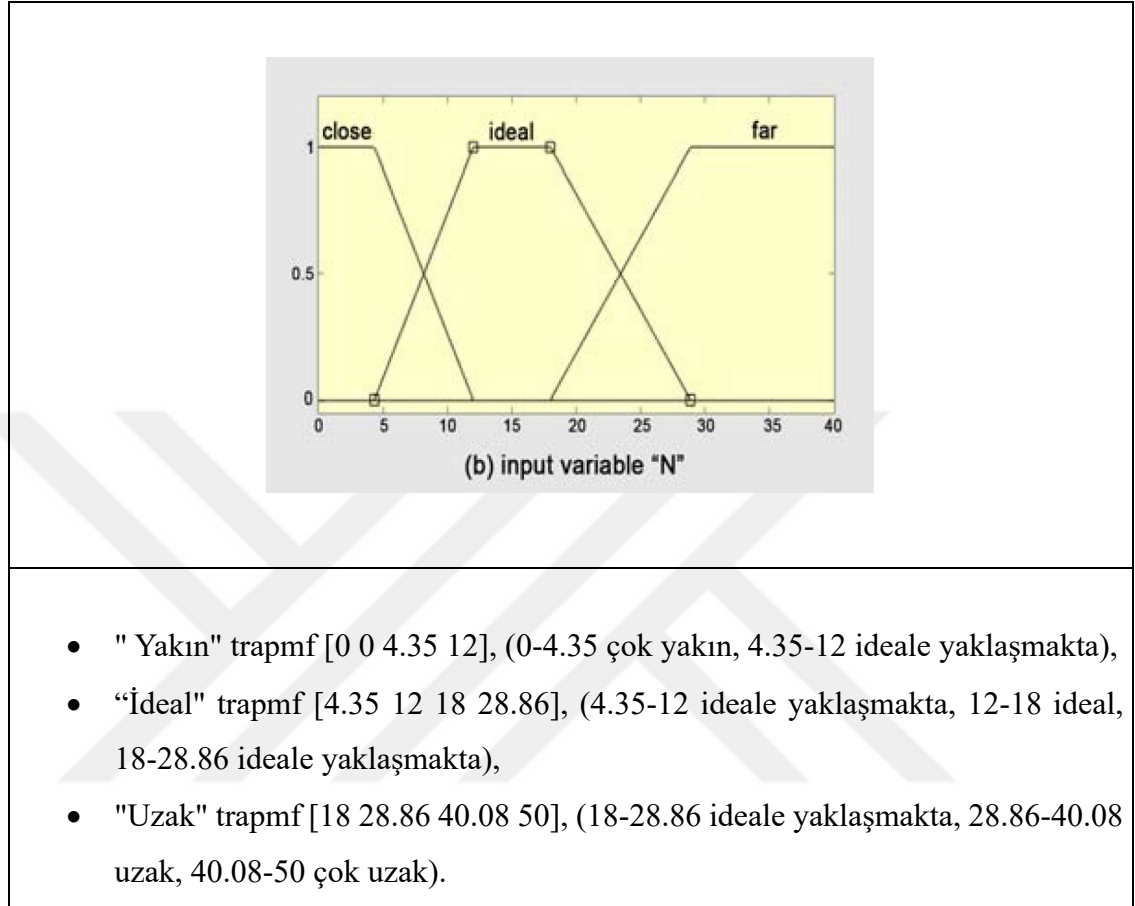


Bu giriş ve çıktı arasındaki mantıksal koşul: Bir ev alt geçide ne kadar yakınsa, o kadar avantajlı olmaktadır. (Çekmiş, 2016).

Komşulara Yakınlık (N): Bu parametre, komşulara sahip olmanın getirdiği avantajlar ve dezavantajlarla ilgilidir. Komşularımız çok yakınsa, bu daha az gizlilik, daha fazla gürültü ve görsel rahatsızlık anlamına gelebilir. Bununla birlikte, çok uzaklarsa, bu yalnızlık, yer bağılılığı eksikliği ve güvensizlik hissi anlamına gelmektedir. İki komşu arasında 12-18 metre olarak kabul edilen ideal yakınlık, iyi sosyal ilişkiler kurmak ve sürdürmek için konut yerleşimlerinde önemlidir; daha az veya daha fazla mesafede

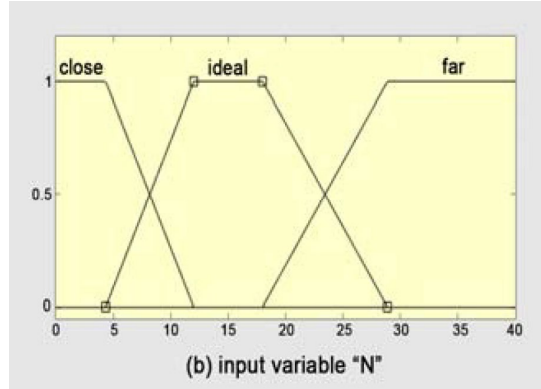
temas, bu çalışmada dezavantaj olarak kabul edilmektedir. Giriş N, bir ev için hemen komşusuna olan mesafenin ölçülmesiyle elde edilmektedir (Çekmiş, 2016).

Tablo 2.3 Site Planlama Modeli Aracında FIS Editör ile N Girdi Değerlerinin İşlenmesi (Öztürk & Şahin, 2018)



Manzara (V): Sahil hattı boyunca böyle bir konut yerleşiminde, evlerden gelen manzara cazibeyi arttırmaktadır. Bu düzen için dört tür manzara belirlenmiştir. Deniz manzarasının güzel görüntüsü, sadece ön cephe sakinleri tarafından en iyi olarak değerlendirilmektedir. İkinci sıradaki evler de sahil hattını görebilir ancak sınırlandırılmaktadır. Üçüncü avantajlı manzara, sitenin ortasındaki havuzun güzel manzarasıdır, etrafında bulunan evlerden görülebilmektedir. Konum kalitesi yüksek olan bu evlere sırasıyla 4, 3 ve 2 derece verilirken, geri kalanlar minimum (1 puan) almaktadır (Çekmiş, 2016).

Tablo 2.4 Site Planlama Modeli Aracında FIS Editör ile V Girdi Değerlerinin İşlenmesi (Öztürk & Şahin, 2018)



- "İdare" trimf [0 1 2] (0-1 kötü, 1 idare, 1-2 iyiye yaklaşım),
- "İyi" trimf [1 2 3] (1-2 iyiye yaklaşım, 2 iyi, 2-3 daha iyiye yaklaşım),
- "Daha iyi" trimf [2 3 4] (2-3 iyiye yaklaşım, 3 daha iyi, 3-4 en iyiye yaklaşım),
- "En iyi" trimf [3 4 5] (3-4 en iyiye yaklaşım, 5 en iyi).

Bu giriş ve çıktı arasındaki mantıksal koşul: '4', en avantajlı konumu temsil ederken, '1' en az; '2' ve '3' orta değerleri göstermektedir (Çekmiş, 2016).

Sonuç elde etmek için Sugeno tipi FIS'te çıktı alınmıştır. Bir evin avantajlı konum değeri (A), en düşük üyelikten en yüksek üyeliğe kadar olan alt kümelerle de tanımlanmıştır:

$$mf1: 0, mf2: 0.25, mf3: 0.5, mf4: 0.75 \text{ ve } mf5: 1$$

Denklem 2.1a. Site Planlama Modeli Aracında Sonuç Değer Aralıkları

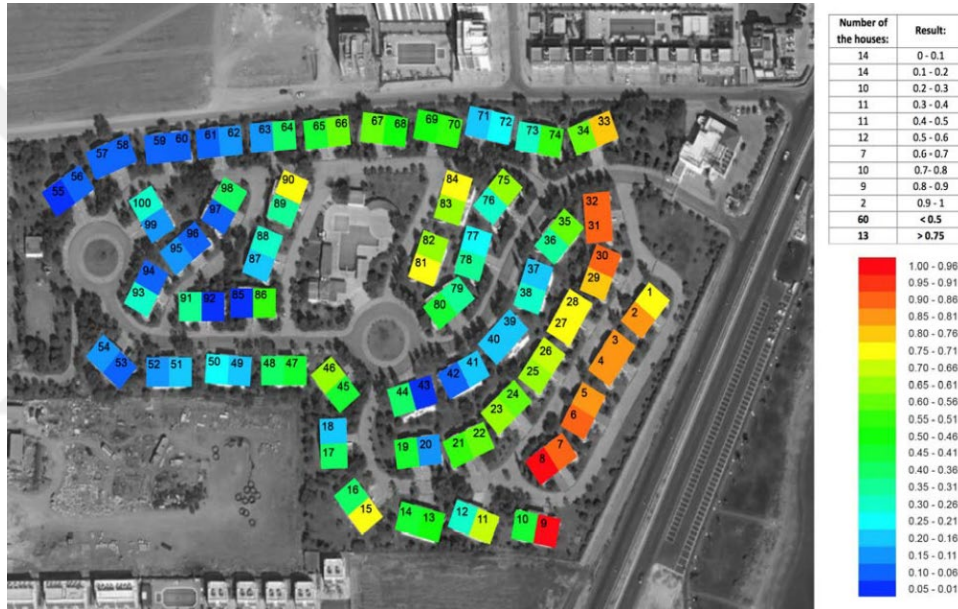
Her konut birimine ait çıktı elde etmek için, tüm girişler ve çıktı arasındaki mantıksal koşullar olan bir dizi bulanık kontrol kuralı kullanılarak işlenmiştir. Bu uygulamada toplam 36 kural formüle edilmiştir, bunlardan ikisi şöyledir (Çekmiş, 2016):

- Eğer D yakınsa ve N ideal ve V en iyi ise, o zaman A $mf5 = 1$
- Eğer D uzaksa ve N yakın (veya uzak) ve V iyi ise, o zaman A $mf1 = 0$

Denklem 2.1b. Site Planlama Modeli Aracında Sonuç Değer Kuralları

Bu durum sonucunda, FIS MATLAB'de üç girişli, bir çıktılı ve otuz altı kural analizi oluşturulmuştur. Bu girişler, bulanık girişlere dönüştürölmüştür. (bulanıklaştırma: input to inputmf), ardından çıktılara (bulanık kontrol kurallarının değeriendirilmesi: inputmf to outputmf) ve son olarak tek keskin çıktıya (birleştirme: outputmf to output) dönüştürölmüştür (Çekmiş, 2016).

FIS, her bir ev için özel olarak hesaplanmıştır. 100 çıktı listesi elde edilmiştir. Daha sonra, sayısal değeri, mimari plan için bir ısı haritası üretebilmek adına renk gradyanları kullanılarak kodlanmıştır; burada en yüksek sayılar sıcak renklere karşılık gelmektedir (şekil 2.22) (Çekmiş, 2016).



şekil 2.22 Site Planlama Modelinde Sonuç Değeri (Çekmiş, 2016)

İlk bakışta, düzen üzerindeki en avantajlı evler, önünde en iyi manzaraya sahip olanlar olmuştur. En yüksek değeri, aynı zamanda birbirlerine ideal mesafeyi koruyan 8 ve 9 numaralı evlere ait olmuştur. Site'nin arka kısmına doğru rengi giderek maviye dönüşe de havuzun etrafındaki binalar, güzel manzaralarının yüksek değerilerinden dolayı neredeyse 0.75'e kadar olan sarı olarak işaretlenmiştir. Üçüncü sıradaki evler, parametreleri nedeniyle toplam değeri kaybetmektedir çünkü manzara değeri orada bulunan konutlar için '1' olarak kaydedilmiştir. Haritadaki belirli evler, yakınlık nedeniyle çevresinden dramatik bir şekilde farklılık gösterir, örneğın 18, 43, 85 ve 92 numaralı evler komşularına çok yakın mesafelerde bulunmaktadır. En az avantajlı konumda olan konut ise, en gerideki, etrafında komşusu olmayan ve sıradan bir manzaraya sahip olan 55 numaralı ev olmuştur (Çekmiş, 2016).

Düzen üzerindeki bulunan 100 birim için, evlerin %60'ı 0.5'in altında bir değere sahiptir; bu, ortalama memnuniyet seviyesine ulaşamamıştır. Öte yandan, sadece 13 ev 0.75'in üzerine çıkmakta ve bu konutların ikisi, tam konumsal memnuniyeti olan evlerdir. Daha iyi bir konuma sahip birkaç ev olduğu için bu düzen, tanımlanan değerlendirme kriterlerine göre çok başarılı bir planlamanın sonucu olarak alınamamaktadır (Çekmiş, 2016).

Yapılan örnek çalışmada, düzen üzerindeki konut birimlerinin mevcut mekânsal kalitesini değerlendirmek için kullanılmıştır. Daha geniş bir perspektiften bakıldığında, sonuçlar finanstan sosyal etkileşime kadar birçok konuyu yansıtmaktadır. Elde edilen etkiler; kira ve satış fiyatları ve kullanıcı memnuniyeti gibi konuları, aynı zamanda yerleşim yerinin genel yaşanabilirliğini de içermektedir (Çekmiş, 2016).

Sonuçlara bağlı kalarak, yapılan çalışmanın tanıtılan tüm parametreleri eşit derecede dikkate alındığı ve kesirli farkları hesaplanarak, doğru ve hassas değerlendirmeler yapıldığını söylenebilmektedir. Aynı zamanda hızlı kararlar, önyargı, yanlış yorumlar, tüm kriterleri yakalama ve herhangi bir detayı atlama konularında zorluk yaşamak gibi insan hatalarını engelleyerek objektif bir şekilde çalıştığını görülmektedir (Çekmiş, 2016).

Site planlama modeli, mevcut site düzenlerinin değerlendirilmesi için sadece bir analiz aracı olarak tasarlanmamıştır. Daha çok, belirli bir arazi üzerinde evlerin konumlandırılmasına yardımcı olmak için tasarımın erken aşamalarına yönelik bir çalışmadır (Çekmiş, 2016).

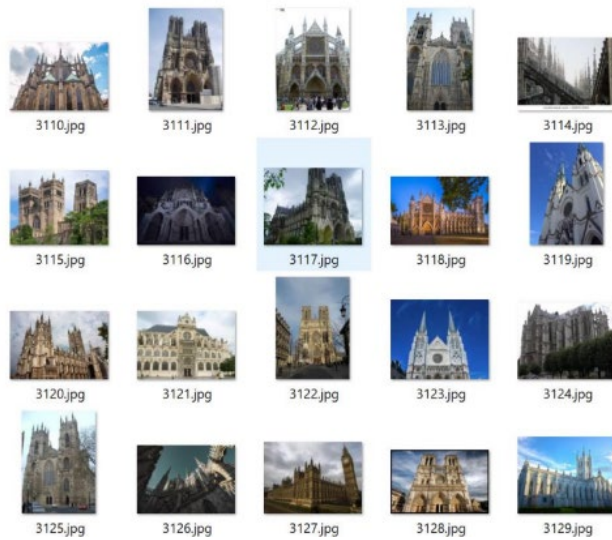
Program, yeni parametre ve kuralların eklenmesine açık bir şablon olarak şekillendirilmiştir. Program gürültüsü, bahçe büyüklüğü ve otopark alanlarından uzaklık vb. durumlara karşı farklı parametreler ile de çalıştırılabilmektedir. Yeni bir proje başlangıcında, tasarım fikirlerinin uygulanması daha zor olan çok karmaşık planlı yapılar için daha verimli bir halde çalışabilmektedir. Program, sadece konut yerleşimleri için değil, şehir planlamaları, mahalle planlamaları gibi daha küçük ölçekli projelerde de kullanılabilmektedir (Çekmiş, 2016).

- **Mimarlık Tarzların Tahmini Aracı**

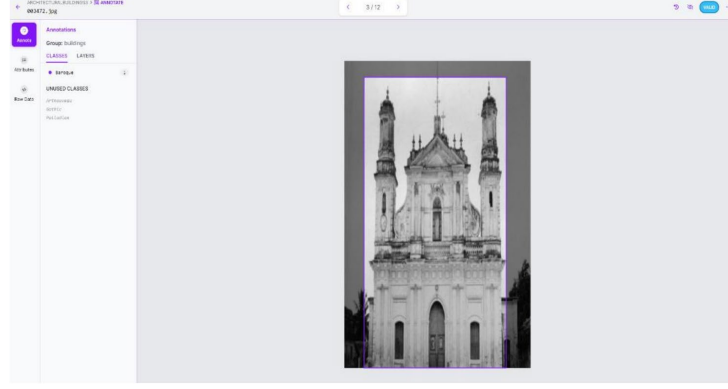
Mimari tarzlar toplumun coğrafi, sosyolojik, demografik faktörlerinden etkilenecek ortaya çıkmakta ve değişmektedir. Mimari tarzın belirlenmesi, ait olduğu toplumun özelliklerini tanımak için kullanılmaktadır. Bir yapının mimari stiline belirlenmesi için mimarlık, tasarım, mühendislik veya sanat alanlarında bilgi birikimine sahip olunması gerekmektedir. (Öztürkoğlu, 2023). Bu çalışmada görüntü işlemeye ait olan YOLO algoritması ve Roboflow platformu kullanılmıştır. Görüntü işleme tekniğinin, mimari detaylar arasındaki farkları tespit edebilme ve tespit edilen bilgi sonucunda, sınıflandırma yaparak mimari dönemlerin tespiti amaçlanmaktadır.

İlk aşama olarak dört farklı tarzda yer alan mimari yapıların görselleri ile veri seti oluşturulmaya başlanmıştır. Bu tarzlar: Gotik, Barok, Palladyanizm ve Art Nouveau olmuştur. Her bir tarza ait fotoğraflar ücretsiz stok sitelerinden elde edilmiştir. 1434 görüntüden oluşan bir veri seti oluşturulmuştur. Oluşturulan veri seti, Roboflow adlı platforma aktarılmıştır (Şekil 2.23) (Öztürkoğlu, 2023). Roboflow daha hızlı bir şekilde, Görüntü İşleme modelleri oluşturmayı amaçlayan iyileştirilmiş veri toplama, ön işleme ve model eğitim teknikleri sunmakta olan bir görüntü işleme platformudur.

Görüntü işleme modelleri, veriyi ham haliyle anlamamaktadır. Bu sebepten dolayı verilerin kategorize edilmesi, etiketlenmesi görüntü işleme modellerine anlam kazandırmaktadır. Roboflow platformu kullanıcıların kendi özel veri setleri eklemelerine, açıklamalar eklemelerine, kontrast değeri ayarlamalarına ve veri arttırımı yapmaya olanak sağlamaktadır (Şekil 2.24) (Öztürkoğlu, 2023).



Şekil 2.23 Mimari Tarzların Tahmini Aracı Veri Seti (Öztürkoğlu, 2023)



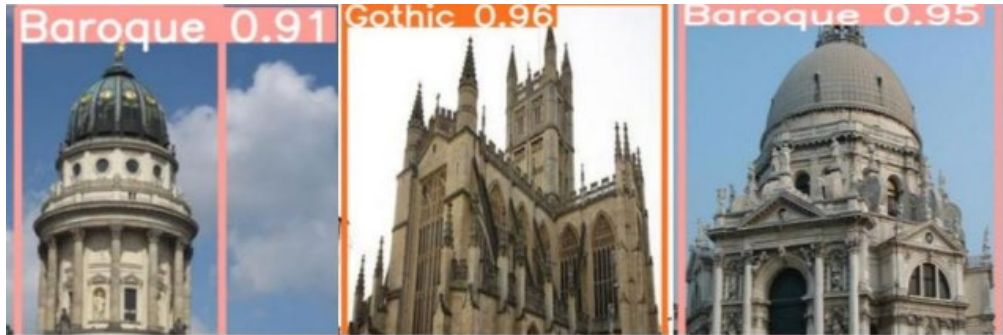
Şekil 2.24 Mimari Tarzların Tahmini Aracında Roboflow Platformunda Veri Etiketleme (Öztürkoğlu, 2023)

Veri toplama ve açıklama ekleme süreci aktif öğrenme olarak adlandırılmaktadır. Önceden yapılar bir modelin verilerini kullanarak yapılan eğitime ise transfer öğrenimi olarak adlandırılmaktadır (Williams, 2021). Bu çalışma üzerinde aktif öğrenme yöntemi kullanılmıştır. Öğrenim için 1434 görüntü setinin %60'ı kullanılacaktır. %30'luk kısım doğrulama ve geriye kalan %10'luk kısım ise test edilmek için kullanılacaktır (Öztürkoğlu, 2023).

✓	Source Images	Images: 1,434 Classes: 4 Unannotated: 0
✓	Train/Test Split	Training Set: 856 images Validation Set: 427 images Testing Set: 151 images

Şekil 2.25 Mimari Tarzların Tahmini Aracında Roboflow Platformuna Yüklenen Veriler (Öztürkoğlu, 2023)

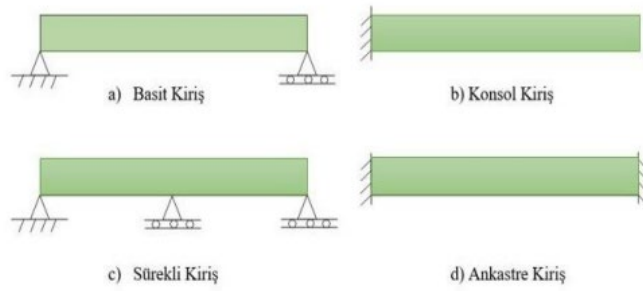
Model eğitildikten sonra, doğrulama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Test aşamasında ise 0 ile 1 değerleri görsellere verilmektedir. 1'e yakın olması, modelin eğitim ve veri setleri üzerindeki başarısı göstermektedir (Öztürkoğlu, 2023).



Şekil 2.26 Mimari Tarzların Tahmini Aracında Sonuçlar (Öztürkoğlu, 2023)

Bu çalışma sonucunda, görüntü işleme tekniğinin mimarlık alanındaki önemi ortaya çıkmaktadır. Mimari sınıfları doğru bir şekilde tanımlama ve sınıflandırma işlemi gerçekleşmiştir. Yapılan çalışma mimari analiz, koruma, tarihsel araştırma, restorasyon gibi alanlar için bir araç sunmaktadır. Tasarlanan uygulama, diğer mimari stillerin eklenmesi ile geliştirilecektir. Mimarlık, mühendislik, sanat ve ilgili disiplinlerde kullanılmasına olanak sağlanmaktadır (Öztürkoğlu, 2023).

- **Mesnet Konum Optimizasyonu Aracı**

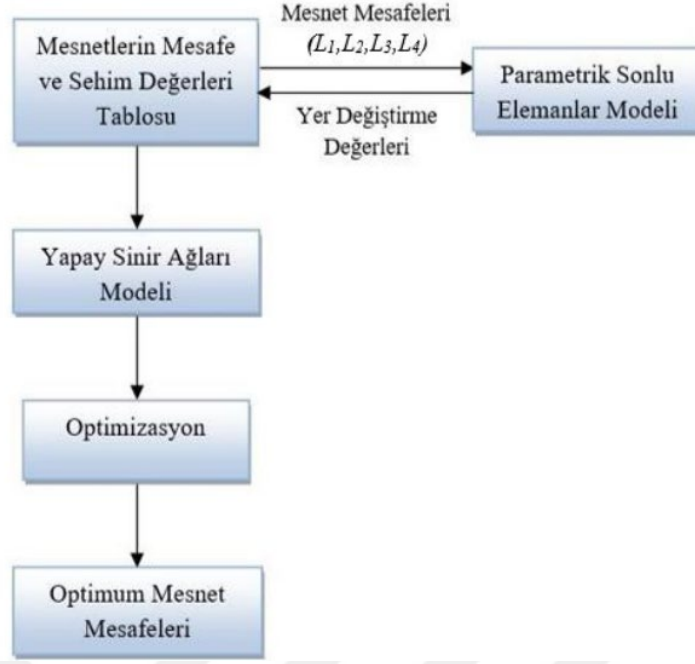


Şekil 2.27 Kiriş Türü Sınıflandırılması (Ünlü, Demir & Kaya, 2023)

Kirişlere uygulanan yükler sonucu, kirişlerde kesme kuvveti ve eğilme momenti meydana gelmektedir. Kirişler, denge koşullarına, geometriye ve mesnet noktalarına bağlı olarak sınıflandırılabilir (Ünlü, Demir & Kaya, 2023).

Yapıların bütünlüğü ve güvenliğinin sağlanması amacıyla, deformasyonlar belirlenen emniyetli değerlerle sınırlandırılmaktadır. Kirişlerin, tasarım ve analiz aşamasında deformasyonun minimum düzeyde olması tercih edilmelidir. Yüksek deformasyonun, yapıda olumsuz etkileri olabilir. Deformasyonun azaltılması için farklı malzeme kullanımı, eleman geometrisi ve tasarımında değişiklikler yapılabilir (Darshan vd., 2013). Mesnet yerlerinin farklı pozisyonlara konumlandırılması, yapı elemanının kuvvet ve moment taşıyan uzunluklarının değiştirilerek deformasyon miktarının azaltılması sağlanabilmektedir (Ünlü, Demir & Kaya, 2023).

Yapay sinir ağları kullanılarak yapılacak olan çalışmada iki mesnetli kiriş, üç mesnetli kiriş, sac parça ve kaynakla birleştirilecek sac parça problemleri için dört adet parametrik sonlu elemanlar modeli hazırlanmıştır. Her bir sonlu elemanlar modelinde tasarım değişkeni mesnet pozisyonları olduğundan mesnet mesafeleri parametrik olarak ayarlanmıştır. Analiz türü statik olarak belirlenmiş, kiriş ve sac parçaların malzemesi yapı çeliği olarak kabul edilmiştir. (Ünlü, Demir & Kaya, 2023).



Şekil 2.28 Mesnet Konum Optimizasyonu Aracında Akış Diyagramı (Ünlü, Demir & Kaya, 2023)

Parametrik mesnet mesafe değerleri, deney tasarımı yöntemlerinden Latin Hiperküp kullanılarak örneklendirilmiştir. Çok sayıda parametre ve yüksek sayıda seviye için uygun olduğundan bu yöntem tercih edilmiştir (Viana, 2015). Her bir problem için 200 adet örnek mesnet mesafe değerleri, geometriye uygun olarak türetilmiştir.

Bu çalışmada mesnet konumlarının optimizasyonu için Python dilinde bir program yazılmıştır. Bu programda, hazırlanan script dosyası ile Ansys yazılımında ilgili probleme ait sonlu elemanlar modelinin açılması, deney tasarımı ile örneklenen mesnet mesafe değerlerinin uygun parametrelere atanması, analizin gerçekleştirilmesi ve analiz sonucunda maksimum deformasyon değerlerinin hesaplanması işlemleri gerçekleştirilmektedir (Ünlü, Demir & Kaya, 2023).

Her bir kiriş ve sac parça problemi için ayrı ayrı ileri beslemeli yapay sinir ağı modelleri hazırlanmıştır. Deney tasarımı yöntemi ile türetilen mesnet mesafe değerleri yapay sinir ağlarına giriş verisi olarak gönderilmiştir. Sonlu elemanlar modelinden her bir örnek mesnet mesafesi değerine karşılık elde edilen deformasyon verileri ise yapay sinir ağlarında hedef veri olarak belirlenmiştir. Giriş ve hedef verileri yapay sinir ağlarında öğrenme işlemi gerçekleştirilmeden önce %80 eğitim ve %20 test verisi olarak ayrılmıştır (Ünlü, Demir & Kaya, 2023).

Ansys Desing Modeler kullanılarak, mesnet noktalarının referans noktalarına göre uzaklıkları tasarlanmıştır. Çalışmada tasarımların kolay, hızlı, kararlı sonuç vermeleri için bir boyutlu elemanlar; Sac metal yapılarının modellenmesinde ise iki boyutlu elemanlar kullanılmıştır (Ünlü, Demir & Kaya, 2023).

İki Mesnetli Kirişte Mesnet Konumları Optimizasyonunun Yapılması: En az deformasyonun bulunması amaçlanmıştır. Optimizasyon işlemi sonucunda, deformasyon miktarı 0,083 mm olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde ise mesnet konumları simetrik olarak ortaya çıktığı ve uç noktalardan %21,89 mesafesine yerleştirilen mesnetlerde minimum eğilme yaşanacağı tespit edilmiştir (Ünlü, Demir & Kaya, 2023).

Üç Mesnetli Kirişte Mesnet Konumları Optimizasyonu: En az deformasyonun bulunması amaçlanmıştır. Optimizasyon işlemi sonucunda, deformasyon miktarı 0,026 mm olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde ise mesnet konumlarının bir tanesinin merkezde yer aldığı, iki mesnetin simetrik olarak konumladığı ve uç noktalardan %13,57 mesafesine yerleştirilen mesnetlerde minimum eğilme yaşanacağı tespit edilmiştir (Ünlü, Demir & Kaya, 2023).

Sac Levha Mesnet Konumları Optimizasyonu: En az deformasyonun bulunması amaçlanmıştır. Dört mesnet noktasına sahip olan bir plaka tasarlanmıştır. Optimizasyon işlemi sonucunda deformasyon miktarı 0,44742 mm olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde ise mesnet konumlarının, plakanın ağırlık merkezine göre simetrik yerleştirilen mesnetlerde minimum deformasyon gerçekleşeceği tespit edilmiştir (Ünlü, Demir & Kaya, 2023).

Kaynak ile Birleştirilen İki Sac Levhanın Konumları Optimizasyonu: En az deformasyonun bulunması amaçlanmıştır. Sekiz mesnet noktasına sahip olan bir plaka tasarlanmıştır. İki sac plakanın, kaynak dikişi üzerinde eşit etkisi olması gerekmektedir. Bu sebepten iki plaka için konumdan aynı seçilmiştir. Tekil sac plaka optimizasyonunda parçanın tamamı dikkate alınmaktayken; kaynaklamış çift sac plaka optimizasyonunda kaynak kenarda meydana gelecek olan deformasyonun minimum değere getirilmesi amaçlanmıştır. Optimizasyon işlemi sonucunda, deformasyon miktarı 2,5 mm olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde ise mesnet konumlarının, kaynak çizgisine göre simetrik yerleştirilen ve kenarlardan %14.42

mesafesinde konumlandığında kaynak kenarında minimum deformasyon gerçekleştiği tespit edilmiştir. (Ünlü, Demir & Kaya, 2023).

2.6 Bölüm Sonucu

Mimari tasarım araçları, araçların birbirileri ile tarihsel süreçteki ilişkisi ve mimari tasarım aşamalarının incelendiği bu bölümde, mimari tasarımda kullanılan geleneksel araçlar ve dijital araçlar üzerinde durulmuştur. Günümüzde dijital mimari tasarım araçlarının, zaman içerisinde teknolojinin gelişimi sonucunda geliştiği tespit edilebilmektedir. Günümüzde teknolojinin geldiği nokta olan yapay zekanın mimari tasarım alanına dahil olduğu ve mimari tasarımın tüm aşamalarına etki etmeyi amaçladığı gözlemlenebilmektedir.

Araçların tarihsel sürecindeki ilişkileri göz önüne alındığında, yapay zekâ araçlarının günümüzdeki etkinlik durumunun tespit edilebilmesi için karşılaştırma yöntemi kullanılarak, diğer dijital araçlar ile ilişkilendirilebilecektir. Bu sebepten karşılaştırma yöntemi kullanılarak bir alan çalışması gerçekleştirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Yapay zekâ araçlarının, güncel olarak görselleştirme konusu üzerine yoğunlaşmasından dolayı, alan çalışmasında gerçekleştirilmesi düşünülen karşılaştırmaların yapay zekâ görselleştirme araçları ve fotogerçekçi görselleştirme araçlarının arasında olması gerektirdiğini ve *“Yapay zekâ görselleştirme araçları, mimari fotogerçekçi görselleştirme araçlarının yerini alabilecek mi? araştırma sorusunu ortaya çıkarttığını söylemek mümkündür.*

Yapay zekâ araçlarının yeterli olması fakat fotogerçekçi görselleştirme araçlarının yerini alamaması ihtimali bulunmasından kaynaklı olarak *“Yapay zekâ görselleştirme araçları mimari tasarım için yeterlilik sağlıyor ise, tasarım sürecinin hangi aşamasında yer alacaktır?”* araştırma sorusunun sorulmasına neden olmuştur. Yapay zekanın günümüzde hızlı bir şekilde gelişmesi ve tez kapsamında sorulan iki soru, tez için yeni bir soru ortaya çıkartmaktadır. Bu soru *“Mimari görselleştirme mesleği risk altında mıdır?”* olmaktadır.

Tez sonucunda, araştırma sorularının cevaplarının elde edilebilmesi ve tartışılabilmesi için, yapay zekâ kavramının pekiştirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

3. YAPAY ZEKÂ KAVRAMI

Yapay zekâ terimi, 1956 yılında John McCarthy tarafından, ilk kez düzenlenen yapay zekâ konferansı olan Dartmouth Yaz Araştırma Projesi adlı konferansta kullanılmıştır. Bu konferans çeşitli disiplinlerin araştırmacılarıyla bir arada gerçekleşmiştir. Konferansın sonunda yapay zekâ alanını oluşturacak tartışmalar yer almıştır. Konferansın önerisinde “Çalışma, öğrenmenin ve zekânın her yönünün ilkesel olarak kesin bir şekilde tanımlanabileceği hipotezi üzerinden yürütülecektir. Bu durumun sonucunda bir makine, zekâyı taklit ederek simüle edilebilecektir” sözleri yer almıştır (Özmen, 2019).

Farklı ülkelerin kendilerine ait sözlüklerinde, yapay zekâ kavramı farklı şekillerde tanımlanmaktadır. Türk Dil Kurumu’na göre yapay zekâ “Bir bilgisayarın, bilgisayar kontrolündeki bir robotun veya programlanabilir bir aygıtın insana benzer biçimde algılama, öğrenme, fikir yürütme, karar verme, sorun çözme, iletişim kurma vb. işlevleri sergileyebilme yeteneğidir.” Oxford Learner’s Dictionaries’e göre ise “Zeki insan davranışını taklit edebilen bilgisayar sistemlerinin incelenmesi ve geliştirilmesidir.” Merriam-Webster sözlüğünde iki farklı tanım bulunmaktadır. İlki bilgisayar sistemlerinin veya algoritmalarının, akıllı insan davranışını taklit edebilme yeteneğidir. İkincisi ise bilgisayarlarda akıllı davranışın simülasyonu ile ilgilenen bir bilgisayar bilim dalıdır.

Yapay zekâ kavramı, güncel olarak kullanılan ve bir yapay zekâ uygulaması da olan ChatGPT (Chat Generative Pre trained Transformer- Sohbet Üreten Önceden Eğitilmiş Dönüştürücü) tarafından bilgisayar sistemlerinin veya programlarının, genellikle insan zekâsının gerektirdiği görevleri gerçekleştirebilecek bir şekilde tasarlanması ve geliştirilmesi ile ilgili çalışan bilim ve mühendislik dalı olarak tanımlanmaktadır. Yapay zekâ bilgisayarların öğrenme, problem çözme, dil anlama, görüntü tanıma, konuşma, tanıma, karar verme vb. gibi insan yeteneklerini taklit etmeye çalışmaktadır.

Pomerol (1997)'e göre, yapay zekâ üzerine söylenen ve literatürde yer alan bazı tanımlar incelendiğinde yapay zekâ, insan zekâsının sinir sistemi ve gen yapısı gibi nörolojik ve fizyolojik yapısının, modellenerek bilgisayara aktarılmasıdır. Erkmen (1998)'e göre ise insan bedeninin tüm fonksiyonlarını örnek alabilen bilgisayar sistemleri olarak tanımlamıştır. Nilsson (2019), bu tanımlı destekleyerek, insan bedeninin, duygu ve düşünce sürecindeki tüm davranışlarını, kendi yararına kullanan sistemler bütünü tanımını yapmıştır. Canlı mekanizmaların, bilgisayarlar tarafından taklit edilmesi sonucu ortaya çıkan bir kavram olduğunu tanımını yapan Ekin ve Yıldız (2018), Makineler insanların algı, öğrenmek, deneyim, düşünmek, karar vermek, çözümlmek gibi kabiliyetlerini taklit eden sistemlerdir olarak detaylandırmışlardır. McCarthy (2007)'e sorulan yapay zekâ nedir sorusuna verdiği cevap ise “Akıllı makineler ve akıllı bilgisayar programları yapma bilimi ve mühendisliğidir. Yapay zekânın insan zekâsından farklı olarak, biyolojik türden gözlemlenmesi ve sınırlandırılması gerekmemektedir.” şeklindedir. Bingöl ve arkadaşları (2020), zekice olarak adlandırılan davranış ve düşüncelerin makineler tarafından yapılmasını inceleyen bir bilgisayar dalı tanımını yaparak, yapay zekâyı bir çalışma alanı olarak görmektedir.

3.1 Yapay Zekâ Nedir?

Yapay zekâ, makinelerin karmaşık görevlerini, insan gibi davranarak veya düşünerek yerine getirebilmesini hedeflemektedir. Yapay zekâ teknolojisi, bilgisayara sunulan verilerin işlenmesini, çözümlenmesini ve elde edilen sonuçları kullanıcıya aktarılmasını amaçlamaktadır (Özaktaş, 1998). Yapay zekânın istenilen işlemi yapabilmesi için, bilgisayara sunulan veriler ile ilgili algoritmaya sahip olması veya veriler ile ilişkisi olması gerekmektedir (Yıldız & Aktaş, 2017). Algoritmalar, problemi veya ihtiyacı karşılamak üzere izlenmesi yol ve yöntem planlamasıdır (Özgür, 2021).

Yapay zekâ, gelişmekte olan bir teknolojidir. Birçok alanda değişim yaratmaya başlamıştır. İşletmelere, kurumlara ve araştırmacılara önemli bilgiler sunarak, verimli kararlar alınmasına yardımcı olmaktadır. Otomasyon aracılığıyla birçok sektörde süreçleri iyileştirmeyi amaçlamaktadır. İleriye dönük olarak yapay zekâ kullanımının insanlığa getireceği avantajların ve dezavantajların neler olabileceği, nerelerde daha çok faydalanabileceğimiz önemli bir soruyu da beraberinde getirmektedir.

3.1.1 Yapay Zekânın Avantajları

Yapay zekâ sistemlerinin en önemli avantajlarından birisi verimlilik artışı sağlamasıdır. İş süreçlerinin optimizasyonunu gerçekleştirerek işlerin hızlanmasını, maliyetlerin düşmesini ve üretkenliğin artmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda kullanılan sistemler aracılığıyla hata payını azaltarak, yapılan işin güvenilirliğinin ve doğruluğunun artmasına neden olmaktadır. Bu sayede veri girişi, hesaplamalar, analiz gibi hassas işlemlerde süreci doğru ve hızlı yönetmektedir. Veri havuzunun büyüklüğü, karmaşıklığı, zorluğu vb. sorunları hızlı bir şekilde çözüme ulaştırmaktadır.

Yapay zekâ sistemleri, kullanıcının tercihleri ve geçmiş etkileşimleriyle ilgili bilgilerini kullanarak odaklanılacak konulara doğrudan ulaşımı sağlayabilmektedir.

Aynı zamanda kullandığı bu veriler ile kullanıcının ulaşmaya çalıştığı bilgilere hızlı ulaşabilmesini ve yönlendirilebilmesini sağlamaktadır. Ulaşılmak istenilen bilgiler farklı bir dilde yazılmış ise bilgiyi bilinen bir dile dönüştürerek, kullanıcının anlama sorununu ortadan kaldırabilir. Bu sayede kullanıcılar için bilgiye erişilebilirlik, iletişim kolaylığı ve eğitim olanakları konularında kolaylık sağlar.

Mimarlık mesleği bağlamında özellikle proje, planlama ve tasarım süreçlerinin yoğun emek ve zaman gerektirdiği düşünüldüğünde bu gibi yapay zekâ uygulamalarının sürecin tümüne veya bir kısmına katkısı olabilir. Bugünkü yapay zekâ uygulamalarının mimarlara ne düzeyde katkı sağlayabildiği, nerelerde kullanılabileceği bu tezin ilerleyen bölümlerinde ayrıca ele alınacaktır.

3.1.2 Yapay Zekânın Dezavantajları

Yapay zekânın verimli, odaklı, hatanın en aza indirilebildiği iş gücü sağlaması nedeniyle insanlık ve birçok meslek grubu için işsizlik riskini gün geçtikçe arttırmaktadır. Aynı zamanda yapay zekânın gerektiği kadar düşünülmeden, kurallar oluşturulmadan bu kadar hızlı gelişmesi, ahlaki ve etik sorunları da beraberinde getirecektir. Örneğin; yapay zekâ programı, önyargılarla dolu bir eğitim seti tarafından eğitilmiş ise verdiği kararlara güvenilirlik açısından problemler yaratacaktır. Önyargılar yerine, etnik köken ile ilgili bilgiler ile doldurulduğunda ise işe alım konusundan, adalet konusuna birçok alanda olumsuz etkileri görülecektir.

Yapay zekânın kötü niyetli kullanımı, birçok güvenlik sorununa yol açacaktır. Bireyler ile kurumları karşı karşıya getirebileceği gibi veri ihlalleri, sistemlerin manipüle edilmesi, hassas bilgilerin ele geçirilmesi gibi sonuçlar ortaya çıkabilir. Ele alınan kişisel bilgilerinin kullanımı yapay zekâ aracılığıyla, sahte video, sahte ses kayıtları ile insanlığı çok büyük bir güvenlik ve gizlilik açığına sürükleyebilir.

Yapay zekânın olması gerekenden fazla kontrolsüz gelişmesi sonucunda, birçok bilim kurgu filminde de sıkça işlenen bir konu olan, dünyanın makineler tarafından yönetilmesi, insanlığın sonu teması gerçekleşebilir. Bu nedenle henüz yolun başında iken yapa zekâ sistem ve uygulamalarının geliştirilmesinde ve kullanımında tüm dünya ülkelerince kabul edilecek yasal düzenlemelerin evrensel etik ve ahlak kuralları çerçevesince acilen düzenlenmesi gerekmektedir.

3.1.3 Yapay Zekânın Kullanım Alanları

Yapay zekâ uygulamaları için şimdilik bir kullanım alanı kısıtlaması yoktur. Her alanda kullanılabilen yapay zekâ sistemleri bugün için iki yönlü hizmet vermektedir. Hem satıcı veya üretici konumundaki kullanıcıların hem de ürünü satın alan son kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılamaktadır.

Örneğin yapay zekanın, dijital pazarlama konusunda, reklam verilen ürünün doğru kitleye ulaşabilmesi satıcının beklentisini karşılaması ve alıcı için aradığı ürünü, kısa zamanda, uygun fiyattan ve hızlı bir şekilde bulabilmesini sağlaması bu iki yönlü çalışma prensibini bizlere göstermektedir.

Bugün yapay zekânın kullanım alanlarını birçok sektör, meslek ve iş grubunda görebiliriz. Sağlık sektöründe hastalıkların teşhisinde, tedavi ve ilaçların geliştirilmesi sürecinde, bankacılık sektöründe verilerin işlenmesi, risk yönetimi ve gelecek ile ilgili tahminlerin oluşturulması sürecinde, otomotiv sektöründe sürüş destek sistemlerinde; üretim sektöründe tedarik ve lojistik sürecinde; Güvenlik sektöründe yüz tanıma, olay tespiti gibi birçok kullanım alanı örnekleri sayılabilir.

3.2 Yapay Zekâ Yaklaşım Biçimleri

Yapay zekâ teknolojisinin algoritma tabanlı olmasından dolayı, bu alanda çalışma yapan araştırmacılar için dört farklı dalda yaklaşım biçimi bulunmaktadır (Yıldırım & Demirarslan, 2020).

Yapay zekânın yaklaşım biçimleri:

1. İnsan gibi düşünme biçimi: insanlar gibi karar verebilir, çözüm üretebilir, öğrenebilir ve kendini eğitebilir.
2. İnsan gibi davranma biçimi: insanların yapabildiğini, makinelerde yapabilir.
3. Rasyonel düşünme biçimi: veriler algılanabilir ve algılanan veriye bir sonuç üretilir.
4. Rasyonel davranma biçimi: insan gibi davranabilir (Özaktaş, 1998).

Yapay zekâ; insan gibi düşünen, insan gibi davranan, rasyonel düşünen ve rasyonel davranan canlıların, olumlu davranışlarına ve zekice düşüncelerine sahip bilgisayar sistemleridir. (Howard, 2019).

3.1.1 İnsan Gibi Düşünen Sistemler

İnsan gibi düşünen sistemleri üretmek için öncelikle “insan nasıl düşünür?” sorusunu cevaplamak gerekmektedir. Psikolojik deneyler ile bu sorunun cevabı tespit edilebilmektedir. Tekrarlanan deneyler sonucunda ise kuram oluşturulmaktadır. Bu sistemler, bilişsel bilimin araştırma alanına girmektedir. Asıl amaç ise insanın düşünme süreçlerini çözümlmek için bilgisayar modellerini bir araç olarak kullanmaktır (Akın, 1997).

3.1.2 İnsan Gibi Davranan Sistemler

Araştırmacıların ulaşmak istediği ve ideali olan sistemdir. Turing (1950), zeki davranışı “bir sorgulayıcıyı kandırarak kadar bilişsel görevlerde, insan düzeyinde başarıml göstermek” olarak tanımlamıştır. Ölçüm için ise Turing Testi olarak bilinen test önerilmiştir (Akın, 1997).

Turing Testi: 1936 yılında Turing bilgisayar tasarımının mantık temelleri üzerine bir makale yazmıştır. Makalenin konusu, matematiksel mantığın soyut problemi ile

ilgilidir. Bu problemi çözmek için Turing Makinesi olarak adlandırılacak olan bilgisayar kurumsal olarak icat etmiştir (Pirim, 2006).

Bu bilgisayarın, insanlarla aynı zihinsel yetiye sahip olup olmadığının tespitini yapabilecek bir test geliştirmiştir. Bu test ile bir uzmanın, makine performansı ile insan performansının ayırt etme durumunu ölçmektedir. Eğer ayırt edilemezse, makine başarısız sayılmaktadır (Pirim, 2006).

Başlangıçta insan, denek ve bilgisayar farklı odalara konumlandırılmaktadır. Denek, bilgisayar ve insanın oda konumlarını bilmemektedir. İki oda ile iletişime geçmektedir. Denekten iki odaya da sorular sorması istenmektedir. Cevaplar ekranda yazılı olarak verilmektedir. Deneyin amacı, deneğin odalarda kimin yer aldığını bulmasıdır. Eğer denek, kendinden emin bir şekilde odaları tahmin edemezse, bilgisayar testi geçmekte ve insanlar gibi kavrayabilme yeteneği olduğu kabul edilmektedir (Pirim, 2006).

3.1.3 Rasyonel Düşünen Sistemler

Rasyonel düşünen sistemlerin temelinde mantık yer almaktadır. Akın (1997) 'e göre "Bu sistemin temel amacı, çözülmesi istenen sorunu mantıksal olarak betimledikten sonra tanımlanmış çıkarım kurallarını kullanarak çözümü bulmaktır. Yapay zekâ içeriğinde önemli bir konuma sahiptir. Zeki sistemler üretmeyi hedeflemektedir."

Bu yaklaşım içerisinde iki farklı türde problem ortaya çıkmaktadır:

1. Mantık formel bir dil kullanmaktadır. Gündelik yaşamdan ötürü, yaşanan belirsizlikleri mantığa işlemek çok zordur.
2. En ufak çözümü çözerken, bilgisayar kaynaklarının üstel olarak atmasıdır (Akın, 1997).

3.1.4 Rasyonel Davranan Sistemler

Amaçlara giderken, inançları da ele alarak davranan sistemlere rasyonel davranan sistemler denmektedir. Ajan, algılayan ve harekette bulunan bir algoritmadır. Rasyonel davranan sistemler, rasyonel ajanların incelenmesi ve oluşturulması olarak tanımlanmaktadır (Akın, 1997).

Rasyonel bir ajan olmak için, doğru çıkarımlarda bulunmak ve bulunan çıkarımlar üzerine harekete geçmek gereklidir. Bazen doğru çıkarım yapabilmek, ajan olmak için yeterli olmamaktadır. Bu durumun sebebi doğruluğu kesinleşmemiş bir çözüm

olmadığında da harekete geçme gerekliliğidir. Yapay zekâyı rasyonel ajan tasarımı olarak gören araştırmacılar, bu durum üzerine iki avantaj öne sürmektedir (Akın, 1997):

1. Düşünce yasaları yaklaşımından daha genel olması,
2. Bilimsel geliştirme yöntemlerinin uygulanmasına daha uygun olmasıdır.

Yapay zekâ çalışmaları, insan gibi davranan makineler üretmek amacıyla ortaya çıkmıştır. Fakat zaman içerisinde insan zekâsının nasıl çalıştığı sorusu ile de ilgilenmeye başlamıştır. Bu durum üzerine ütöpik bir hayal yerine, insanlar için yararlı bilgisayarlar üretmek için pragmatik bir amaca yönelmiştir. Yapay zekânın amacı, bu iki yaklaşım ile açıklanabilmektedir (Kömürcüoğlu & Soygeniş, 2002).

Yapay zekâ bilgisayarları amaç için bir araç olarak kullanmak yerine, amaç için hizmet veren makinelere dönüştürmeyi amaçlamaktadır. Araştırmalar sonucunda yaşanan gelişmeler, yeni çalışma alanları yaratmış ve önemli gelişmelere neden olmuştur (Kömürcüoğlu & Soygeniş, 2002). Yapay zekânın biçimlerinin üzerine yapılan çalışmalar sonucunda, işlevselliklerine ve teknolojilerine göre farklı türleri ortaya çıkmıştır.

3.3 İşlevselliklerine Göre Yapay Zekâ Türleri

Zayıf Yapay Zekâ (Narrow AI): Makinenin akıllıymış gibi davranacak şekilde programlanmasını ve sadece belirli bir konu üzerinde uzmanlaşmasını sağlamak amacıyla oluşturulan yapay zekâ türüdür (Ünver & Altunok, 2020). Bu türde yazılan yapay zekâ uygulamaları, belirli bir göreve odaklanmıştır. Bu görev dışında, verilecek görevlerde başarısız olmaktadır. Tıbbi görüntüleri analiz etme, sesli asistanlar (Alexa, Siri), kişileştirilmiş öneriler (Netflix, Youtube) gibi alanlarda kullanılmaktadır.

Genel Yapay Zekâ (General AI): Makinenin insan zekâsının bir kısmını taklit ederek, problem çözme, öğrenme, anlama ve hareket etme eylemlerini gerçekleştirebildiği yapay zekâ türüdür. Bu türde yazılan yapay zekâ uygulamaları, her türlü görevi yerine getirebilecek şekilde tasarlanmıştır. Mevcut olarak kullanılmamaktadır. Fakat başarıyla geliştirilmesi durumunda uzay keşfi, bilimsel araştırmalar, tıbbi teşhis ve tedavi konularında kritik bir rol oynayacağı düşünülmektedir.

Güçlü Yapay Zekâ (Strong AI): Makinenin insan zekâsını tam olarak taklit edebilen ve her türlü zihinsel işlevi gerçekleştirebilen yapay zekâ türüdür (Ünver & Altunok, 2020). Bu türde yazılan yapay zekâ uygulamaları, verilen görevin haricinde anlama, öğrenme, mantık yürütme ve duygusal tepkiler sergileyebilmektedir. Mevcut olarak kullanımı bulunmamaktadır ve araştırmalar devam etmektedir.

Süper Yapay Zekâ (Artificial Super Intelligence): Makinenin insan zekâsını aşarak, tüm insani özelliklerden daha üstün performans sergileyebileceği bir yapay zekâ türüdür. Bu türde yazılan yapay zekâ uygulamaları, yaratıcılık, genel bilgi gibi yeteneklere sahip olmaktadır. Mevcut olarak kullanımı bulunmamaktadır. Fakat başarıyla geliştirilmesi durumunda, büyük fırsatlar taşıdığı gibi büyük risklerde barındırmaktadır. Hastalıkların tedavisi, çevresel sorunların çözümü gibi avantajlar sağlayabilirken; etik, toplumsal, güvenlikle ilgili riskler barındırmaktadır.

Üretken Yapay Zekâ (Generative Artificial Intelligence): Makinenin, yeni veriler üretmeye odaklanan yapay zekâ türüdür. Makine öğrenimini kullanarak, alt disiplin olarak yer almaktadır. Öğrenilen verileri, modelleyerek gerçekçi örnekler vermeyi amaçlamaktadır. Üretken Çekişmeli Ağlar (GAN) algoritması gibi özel algoritmalar kullanmaktadır. Oyun geliştirme, tasarım, sanat, mimarlık, doku, manzara vb. üretiminde kullanılmaktadır. Mevcut olarak kullanılan DALL-E ve Midjourney, bu yapay zekâ türüne örnek verilebilmektedir.

Tepkisel Yapay Zekâ (Reactive Machines): Makinenin anlık durumlara karşı tepki verebildiği yapay zekâ türüdür. Bu türde yapay zekâ öğrenememektir ve geçmiş tecrübelerinden yararlanamamaktadır. Amacı belirli bir görevde yer alabilmektedir. Fakat bu görevde yüksek oran ve hız sunabilmektedir. Otomasyon gerektiren basit işlevlerde yer almaktadırlar. Satranç botu bu yapay zekâ türüne verilebilecek en iyi örnek olmaktadır.

Satranç botu karşısında oynadığınız ilk hamle aynı olduğu sürece, satranç botu da aynı hamleyi oynayacaktır. Çünkü tecrübelerini kullanamaz ve öğrenemez. Sadece tahtayı analiz ederek oynayabileceği en doğru hamleyi gerçekleştirir.

Sınırlı Bellekli Yapay Zekâ (Limited Memory AI): Makinenin dinamik ve esnek karar verme ihtiyaçlarından dolayı ortaya çıkan, kısa süreliğine öğrenme yeteneğine

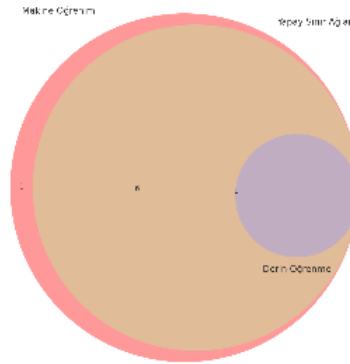
sahip olan bir yapay zekâ türüdür. Makine öğrenimi ve derin öğrenme tekniklerini kullanmaktadır. Geçmişte edindiği bilgiyi ve tecrübeyi, belirli bir süre boyunca hafızalarında tutarak, aynı problemi yaşadığında geçmiş bilgisini kullanarak gerekli işlemi gerçekleştirmektedir. Bu türde yazılan yapay zekâ uygulamaları, belirli bir göreve odaklanmıştır. Sürüş asistanları, kişisel asistanlar gibi alanlarda kullanılmaktadır.

Zihin Teorisine Sahip Yapay Zekâ (Theory of Mind AI): Makinenin insanlar veya diğer canlıların, zihinsel durumlarını (duygu, inanç, niyet, bilgi vb.) anlayabilme yeteneğine sahip olan bir yapay zekâ türüdür. Makinelerin insanlar ile daha doğal ve anlamlı etkileşim kurmasını amaçlamaktadır. Mevcut olarak kullanılmamaktadır. Fakat başarıyla geliştirilmesi durumunda müşteri hizmetleri, eğitim, sağlık, sosyal hizmetler vb. alanlarda devrim yaratacağı düşünülmektedir.

Kendi Bilincine Sahip Yapay Zekâ (Self-Aware AI):

Makinenin kendi varlığını bilme, kendini tanıma yeteneğine sahip olan bir yapay zekâ türüdür. Makinelerin dış dünyayı, iç dünyalarını, düşüncelerini algılaması amaçlanmaktadır. Makinelere bilinç kazandırmak istenmektedir. Mevcut olarak kullanılmamaktadır. Çok fazla risk taşımaktadır.

3.4 Teknolojisine ve Kullanım Alanına Göre Yapay Zekâ Türleri



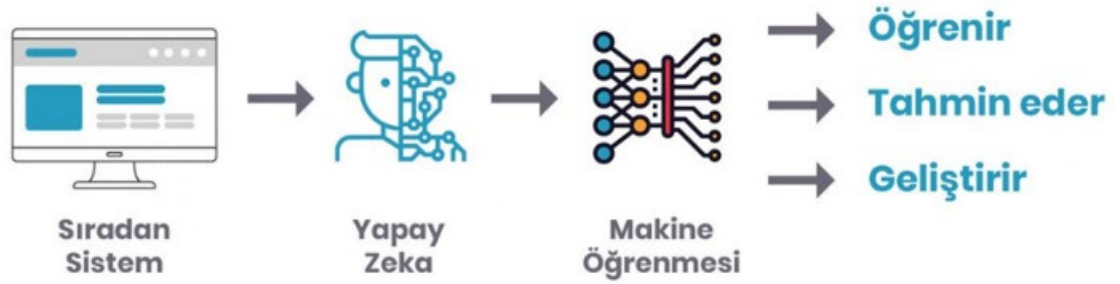
Şekil 3.1 Teknolojisine ve Kullanım Alanına Göre Yapay Zekâ Türlerinin Birbirleriyle Oluşturduğu Bağlantı

Temelde makine öğrenimi yapay zekâ türü, tüm yapay zekâ türlerini kapsamaktadır. Diğer yapay zekâ türleri ise makine öğrenimine bağlantılı olarak yeni işlevlere uygun olarak geliştirilmiştir.

Bu başlık altında makine öğrenimi, yapay sinir ağları, derin öğrenme, evrimsel algoritmalar, uzman sistemler, doğal dil işleme, görüntü işleme ve son olarak alan çalışmasında kullanılması planlanan bulanık mantık yapay zekâ türleri incelenecektir. İncelenen yapay zekâ türlerine ait algoritmalarından bahsedilecektir.

3.4.1 Makine Öğrenimi (Machine Learning – ML)

Bilgisayar sistemlerinin veriler aracılığıyla öğrenmesine ve tecrübe kazanmasına dayanan bir yapay zekâ türüdür. Makine öğrenmesi aracılığıyla bilgisayarlar veri analizi yapabilmektedir. Bu yapay zekâ türü, bilgisayara öğretilerin verilerin kullanılmasını sağlayarak, kullanıcıların sorununu çözmeyi amaçlamaktadır. Makine öğrenimi, kullanıcılar tarafından tanımlanan sorunu, veri analizi yöntemiyle çözüme ulaştıran bilimsel bir çalışmadır. Makine öğrenimi altında birden fazla farklı algoritma ve teknik barındırmaktadır (Zadeh, 1997).

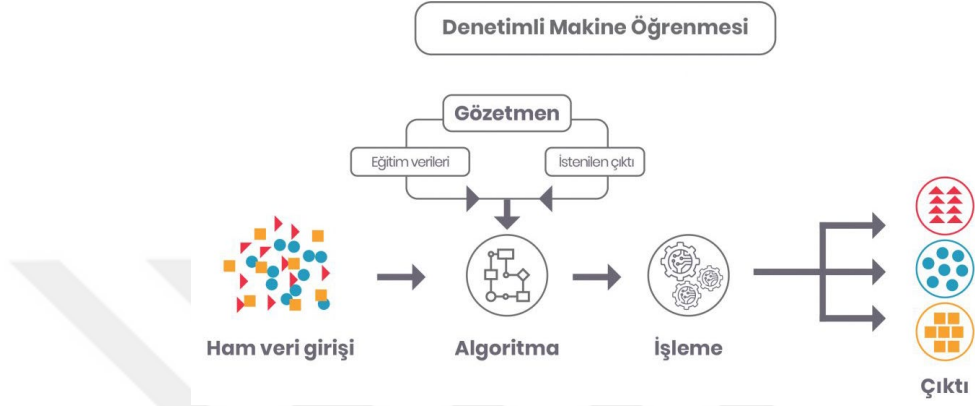


Şekil 3.2 Makine Öğrenmesinin Basitleştirilmiş Çalışma Diyagramı (Turhost, 2021)

Makine öğrenim algoritmaları, kullanıcı tarafından verilen görevi yerine getirebilmek için sahip olduğu karar algoritmaları aracılığıyla istatistik temelli bir çalışma gerçekleştirmektedir. Karar algoritması çalışmak için eğitim verilerinin, bir ortamda toplanarak matematiksel bir modele dönüşmesine ihtiyaç duymaktadır. Eğitim verisi içerisinde kullanıcıların sorununa yönelik faydalı bilgi barındırmaktadır. Bilgiye ulaşarak, kullanılmasını sağlayan bilim ise veri madenciliği olarak tanımlanmaktadır. Veri madenciliği, veri kaynaklarının yönlendirilmesi ve ön işleme yöntemleri olarak kullanılmaktadır (Ekin & Yıldız, 2018).

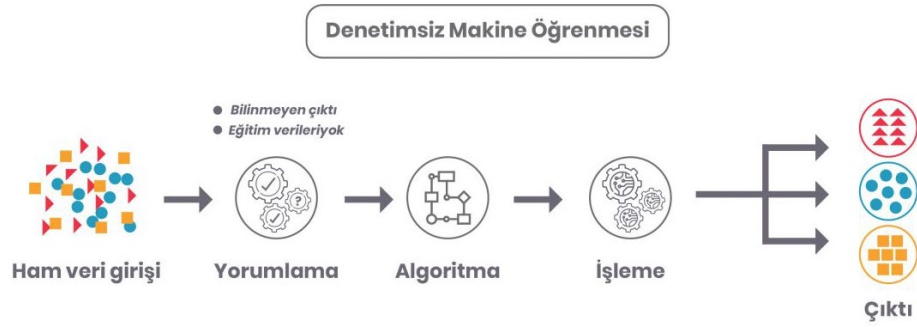
Makine öğrenmesi algoritmaları denetimli, yarı denetimli, denetimsiz ve takviye algoritmaları olarak dört başlıkta incelenmektedir. Bu algoritmalar haricinde özel olarak üretilen algoritmalar bulunmaktadır.

Denetimli Makine Öğrenmesi (Supervised Algorithms): İşlem sırasında geliştiricinin denetimi gerektiren algoritmalar. Geliştirici, eğitim verilerini etiketler ve algoritmanın izlemesi gereken kuralları belirler. Bu sayede algoritmalar, gelecekte gerçekleşecek olayları tahmin etmek için etiketli örnekleri kullanarak, geçmişte öğrenileni yeni verilere uygulayabilir (Turhost, 2021).



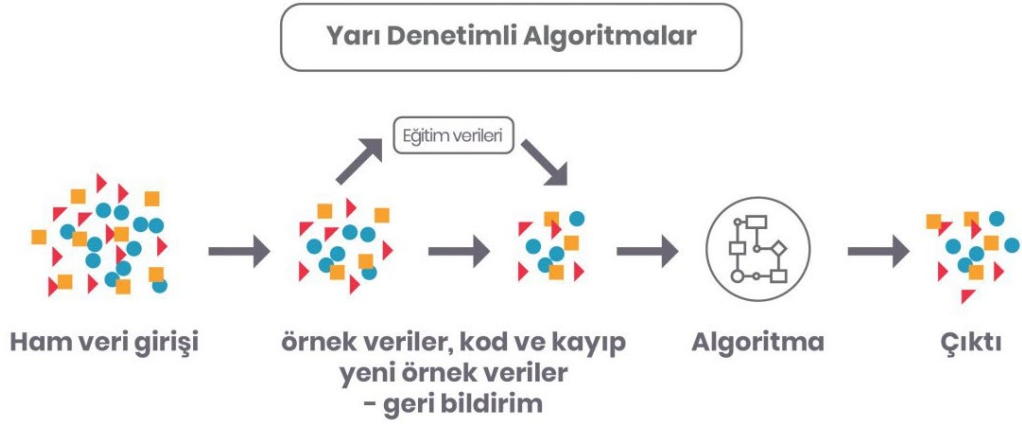
Şekil 3.3 Denetimli Makine Öğrenmesinin Çalışma Diyagramı (Turhost, 2021)

Denetimsiz Makine Öğrenmesi (Unsupervised Algorithms): Makineyi eğitmek için kullanılacak olan bilgilerin, sınıflandırılmadığı durumlarda kullanılan algoritmalar. Sistemlerin sınıflandırılmamış verilerden, gizli bir yapıyı ortaya çıkartmayı amaçlamaktadır. Sistem, doğru çıktıyı elde edemediği takdirde, verileri incelemeye devam ederek veri kümelerinden çıkarım yapar (Turhost, 2021).



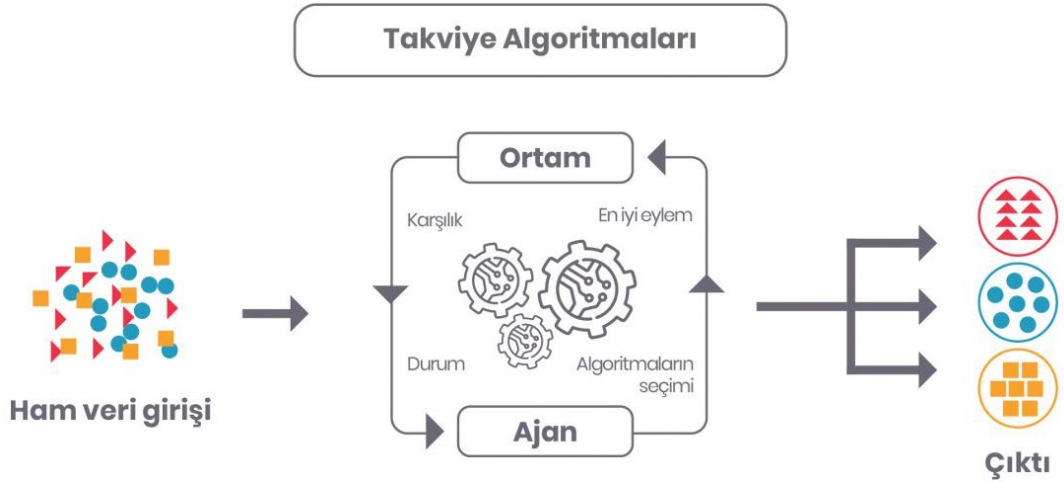
Şekil 3.4 Denetimsiz Makine Öğrenmesinin Çalışma Diyagramı (Turhost, 2021)

Yarı Denetimli Algoritmalar (Semi-supervised Algorithms): Denetimli ve denetimsiz algoritmaları bir arada bulunduran algoritmalar. Verilerin tamamı etiketlenmemiş olabilir. Az miktarda sınıflandırılmış veri ve çok miktarda sınıflandırılmamış veri bulunduran algoritmalar, öğrenme doğruluğunu arttırabilir (Turhost, 2021).



Şekil 3.5 Yarı Denetimli Makine Öğrenmesinin Çalışma Diyagramı (Turhost, 2021)

Takviye Algoritmaları (Reinforcement Algorithms): Keşif adı verilen bir teknik kullanılmaktadır. Makine eylemler oluşturarak çevresi ile etkileşime girer, sonuçları gözlemler ve bir sonraki eylem için bu sonuçları dikkate alır. Algoritma, gelişmek için doğru stratejiyi bulana kadar bu çalışmayı tekrarlar. Makinelerin performansını en üst düzeye çıkartmak için belirli bir davranışı, otomatik olarak belirlemesini sağlar (Turhost, 2021).



Şekil 3.6 Takviye Algoritmaları Öğrenmesinin Çalışma Diyagramı (Turhost, 2021)

Özel Algoritmalar: İncelenilen dört ana algoritmanın altında, belirli görevleri yerine getirmek amacıyla tasarlanmış algoritmalar yer almaktadır. Bu algoritmalar farklı görevleri yerine getirmenin yanı sıra diğer algoritmalar ile senkronize olarak çalışabilmektedir. Beş temel özel algoritma başlığı bulunmaktadır (Turhost, 2021).

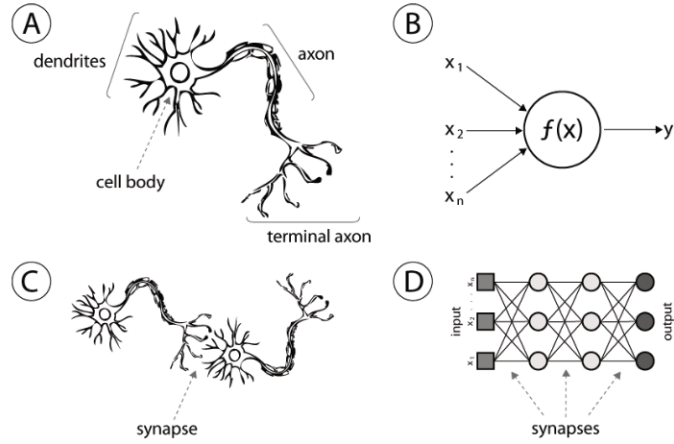
- **Regresyon:** Bağımsız değişkenlerin bağımlı olanı ne kadar etkilediğinin ilişkisini bulmak amacıyla kullanılmaktadır. Denetimli algoritmanın bir alt algoritmasıdır. Doğrusal regresyon, Lojistik Regresyon, Ridge Regresyon, Lasso Regresyon ve Poligon Regresyon olmak üzere beş farklı türü bulunmaktadır.
- **Sınıflandırma:** Öğeleri sınıflandırılmış bir veri kümesinin, eğitim veri kümesine göre kategorilere ayrılması için kullanılmaktadır. Denetimli algoritmanın bir alt algoritmasıdır. KNN, Karar Ağaçları, Naive Bayes ve SVM olmak üzere dört farklı türü bulunmaktadır.
- **Topluluk:** Daha doğru sonuçlar elde edebilmek için, birden fazla algoritma tahminlerini birleştirmek amacıyla kullanılmaktadır. Genellikle regresyon aşamasında kullanılmaktadır. Bagging, Boosting ve Stacking olmak üzere üç farklı türü bulunmaktadır.
- **İlişkilendirme:** Öğelerin belirli bir veri kümesinde birlikte oluşma olasılığını keşfetmek amacıyla kullanılmaktadır. Denetimsiz algoritmanın bir alt türüdür. En çok kullanılan alt algoritması Apriori Algoritmasıdır.
- **Kümeleme:** Veri noktalarını gruplamak amacıyla kullanılmaktadır. Denetimsiz algoritmanın bir alt algoritmasıdır. Centroid Tabanlı Kümeleme, Yoğunluğa Dayalı Kümeleme, Dağıtım Tabanlı Kümeleme ve Hiyerarşik Kümeleme olarak dört farklı türü bulunmaktadır.

3.4.2 Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks – ANN)

1943 yılında Walter Pitts ve Warren McCulloch tarafından “Sinir Aktivitesinde Düşüncelere Ait Bir Mantıksal Hesap” adlı makale ile ortaya çıkmıştır. Makalenin içeriğinde; birimlerin arasındaki ağların, mantıksal işlemleri gerçekleştirmesini ilkesel olarak gerçekleştirebileceği işlenmiştir (Pitts & McCulloch, 1943). Bu karmaşık sistemi matematiksel olarak taklit ederek, makine öğreniminin temeli atılmıştır (Ertel, 2009).

Yapay sinir ağları, insan beynini taklit ederek sistemi öğrenmeyi amaçlamaktadır. Yeni durumlar karşısında, daha önce elde ettiği bilgileri genelleme yapma işlevine sahiptir. Yapay sinir ağları, beynin öğrenme süreci ele alınarak, bilgisayarların matematiksel

olarak modellenmesi ve öğrenmesi yoluyla ortaya çıkmıştır (Dalgacı, 2001). Doğrusal olmayan bir modeldir. Girdi seti ve bir çıktı seti içermektedir (Yurtçu & Özocak, 2016).



Şekil 3.7 Biyolojik Sinir Hücresi ve Yapay Sinir Ağı Benzetimi (Maltarollo, Honório & Da Silva, 2013)

Yapay sinir ağları, canlıların biyolojik sinir ağlarından ortaya çıkmıştır (Şekil 3.7). Sentetik bir yapıya sahiptir (Maltarollo, Honório & Da Silva, 2013). Yapay sinir ağlarını elemanlarının, biyolojik sinir sisteminde geldiği karşılıklar Tablo 3.1’de verilmiştir.

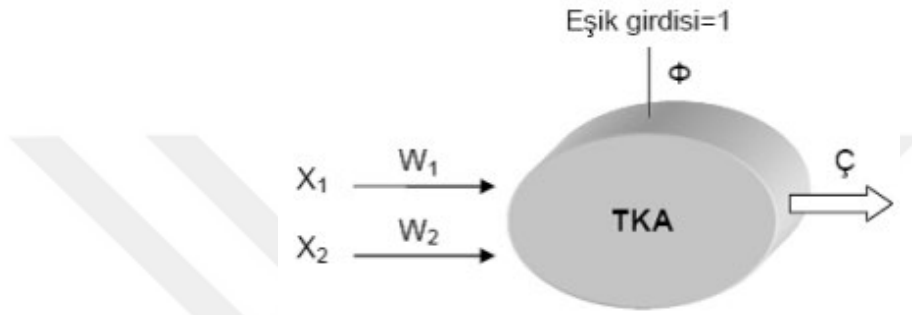
Tablo 3.1 Yapay Sinir Ağları Elemanlarının, Sinir Sisteminde Karşılıkları (Öztürk & Şahin, 2018)

Biyolojik Sinir Sistemi	Yapay Sinir Ağları
Nöron	İşlemci Eleman
Dentrit	Toplama Fonksiyonu
Hücre Gövdesi	Transfer Fonksiyonu
Aksonlar	Yapay Nöron Çıktısı
Sinapslar	Ağırlıklar

Yapay sinir ağlarının temel özellikleri; Doğrusal olmama, paralel çalışma, öğrenme, genelleme, hata toleransı ve esneklik, eksik veriler ile çalışma, çok sayıda değişken ve parametre kullanma ve uyarlanabilirliktir (Ağyar, 2015). Tahmin, sınıflandırma, verileri ilişkilendirme, yorumlama ve filtreleme işlemlerinde kullanılmaktadır (Gavrilova & Stryungis, 2020). Alan olarak bakıldığında ise; kontrol, sistem tanımlama, görüntü ve ses tanıma, tahmin ve arıza tespiti alanlarında kullanılmaktadır (Pirim, 2006).

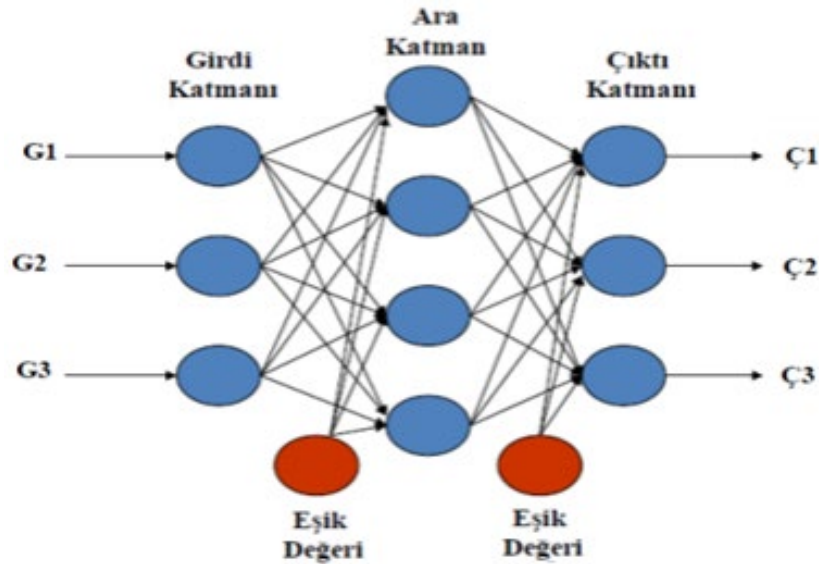
Yapay sinir ağı modelleri; tek katmanlı algılayıcılar, çok katmanlı algılayıcılar, ileri beslemeli yapay sinir ağları ve geri beslemeli sinir ağları olarak dört ana türden oluşmaktadır.

Tek Katmanlı Algılayıcılar: Bir girdi ve bir çıktıdan oluşmaktadır. Çıktı fonksiyonu doğrusal olmaktadır. Çıktı 1 veya -1 değerini alabilmektedir. Çıktı 1 değerine sahip ise, birinci sınıf; çıktı -1 değerine sahip ise ikinci sınıf sonucu elde edilmektedir (Öztemel, 2006).



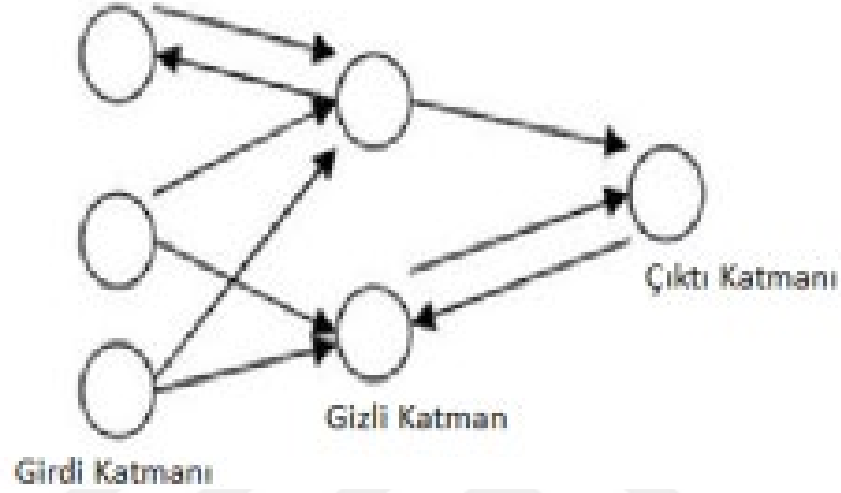
Şekil 3.8 Tek Katmanlı Yapay Sinir Ağı Algılayıcısı Modeli (Öztemel, 2008)

Çok Katmanlı Algılayıcılar: Doğrusal olmayan bir yapıya sahiptir. Birden çok nöron, belirli bir üstünlük içerisinde bağlıdır. Bu türün ortaya çıkmasında, diğer yöntemlerin etkisiz kalmasıdır (Öztürk & Şahin, 2018).



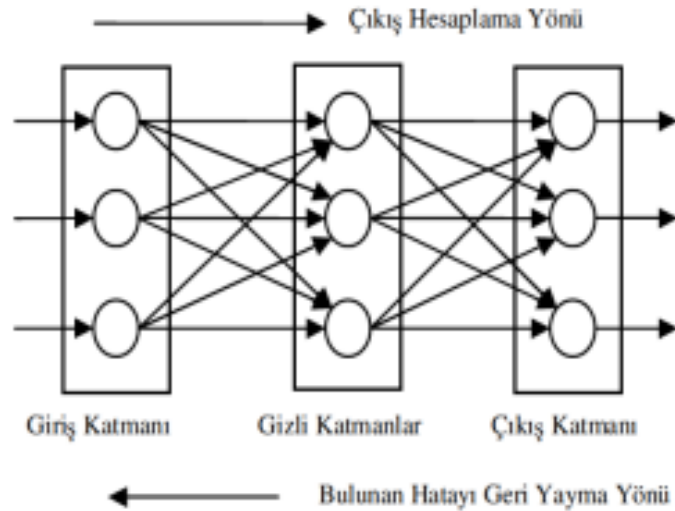
Şekil 3.9 Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı Algılayıcısı Modeli (Kabalcı, 2014)

İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları: Nöronlar girişten çıkış yönüne doğru düzenli katmanlar şeklinde yer almaktadır. Bir nöron sadece kendinden sonraki katman ile bağlantı kurmaktadır. Giriş nöronlarına gelen bilgiler, değişime uğramadan gizli nöronlara iletilir. Ardından çıkış katmanında işlenerek, dış ortama aktarılır (Öztürk & Şahin, 2018).



Şekil 3.10 İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağı Algılayıcısı Modeli (Öztürk & Şahin, 2018)

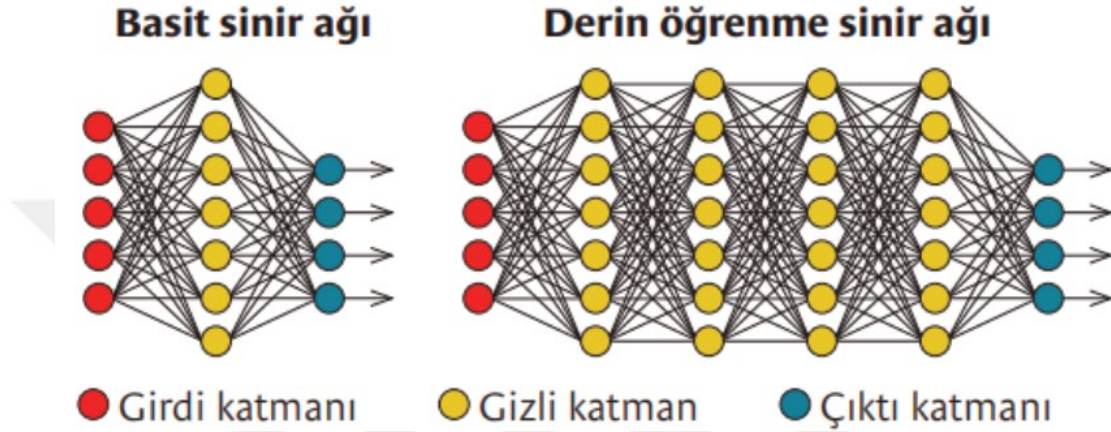
Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağları: İleri beslemeli yapay sinir ağından farkı, nöronun çıktısı sadece ileri yönde değil, kendinden önce gelen veya kendi katmanında bulunan nöron ile ilişki kurabilir. Bu sebepten doğrusal olmayan bir sistemdir (Doğan, 2016).



Şekil 3.11 Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağı Algılayıcısı Modeli

3.4.3 Derin Öğrenme (Deep Learning)

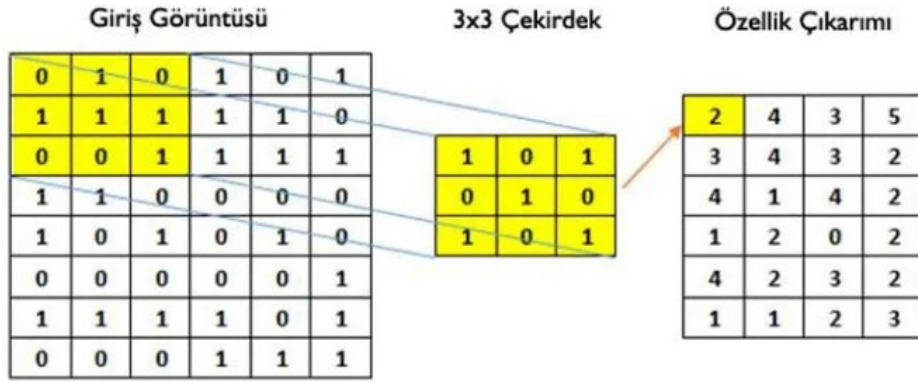
2010 yıllarında kullanılmaya başlanan derin öğrenme, diğer adıyla hiyerarşik sıralı öğrenme olarak adlandırılmaktadır (Bengio, Courville & Vincent, 2013). Derin öğrenme, makine öğrenimi algoritmalarına sahiptir ve yapay sinir ağları tabanında oluşmaktadır (Chollet, 2018). Derin öğrenme, yapay sinir ağlarının çok katmanlı olması ile literatürde yerini almaktadır (Ekin & Yıldız, 2018).



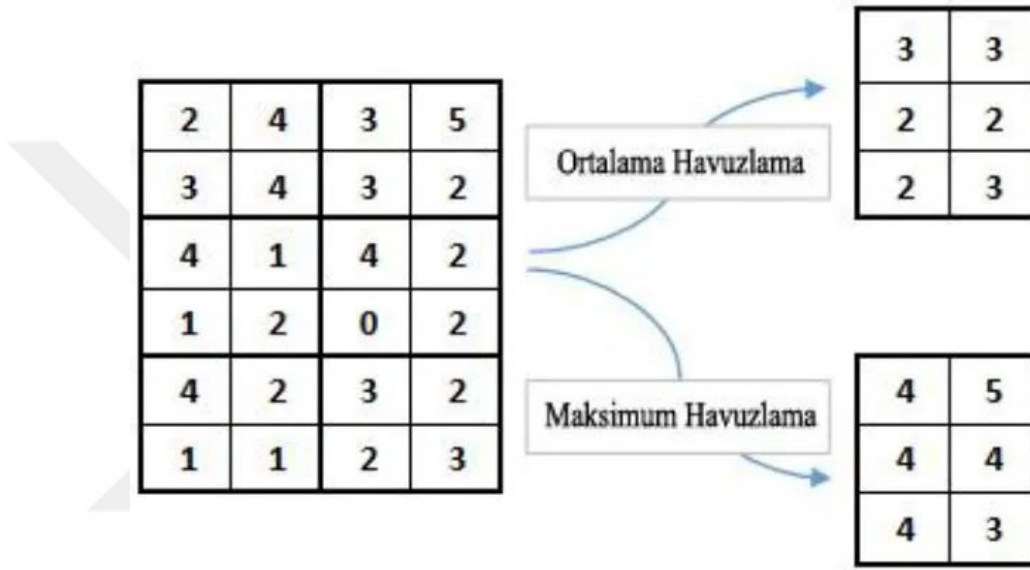
Şekil 3.12 Yapay Sinir Ağları ve Derin Öğrenmenin Farkı (Yıldırım & Demirarslan, 2020)

İnsan düzeyinde akıl yürütebilen bu sistemler, makine öğrenimi algısı sayesinde çeşitli alanlara çözüm üretmektedir. Yapay sinir ağları kullanarak ise, büyük veri kümelerinden öğrenim, görsel algılama, soyutlaştırma ve birçok katmanın birbirine bağlanmasını, yapay sinir ağları tekniği ile yapabilmektedir (Vazquez, 2017). İnsan düzeyinde konuşma tanıma, görüntü sınıflandırma, metin okuma, metin seslendirme vb. işlevleri gerçekleştirebilmektedir (Bengio, 2009). Farklı alanlara hizmet eden üç ana algoritma içermektedir.

Evrişimsel Sinir Ağları (Convolutional Neural Network – CNN): Derin öğrenme algoritmalarının içerisinde en bilinen sistemdir. Çekirdekler kullanılmaktadır. Çekirdek sonuçlarının üzerine pooling (havuzlama) işlemi gerçekleşir. Pooling yöntemi ile, çekirdekteki veriler filtrelenir. Görüntü sınıflandırma problemlerinde sıklıkla kullanılmaktadır (Savaş, 2020).

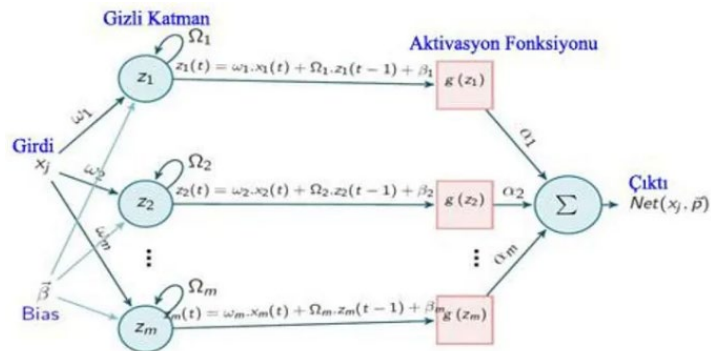


Şekil 3.13 Evrimsel Sinir Ağları Çekirdek Katmanı (Savaş, 2020)



Şekil 3.14 Evrimsel Sinir Ağları Havuzlama İşlemi (Savaş, 2020)

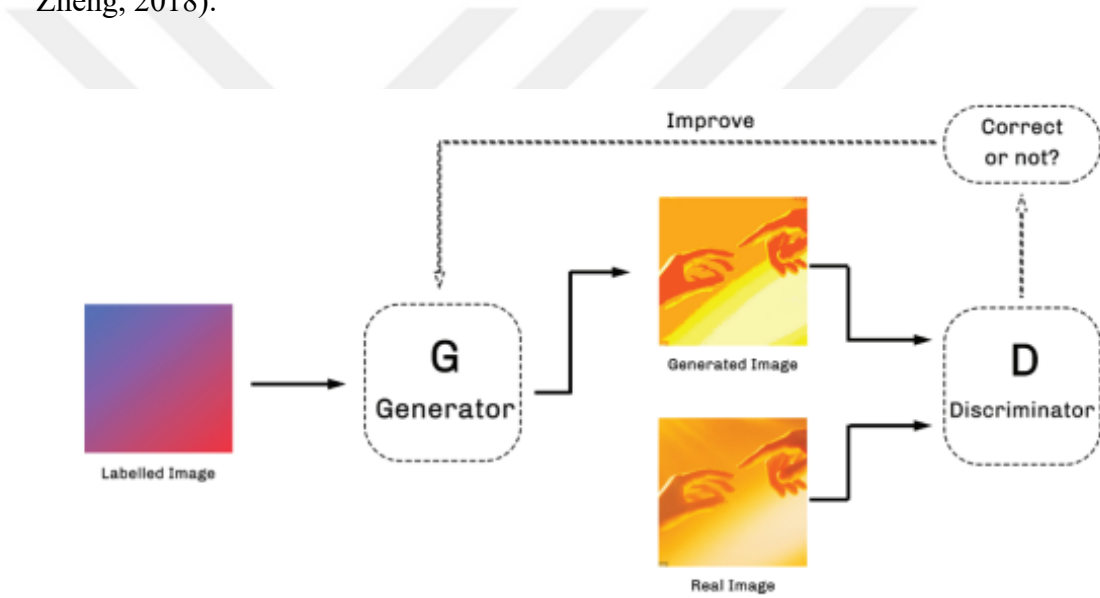
Tekrarlayan Sinir Ağları (Recurrent Neural Network – RNN): Sıralı girdiler kullanılmaktadır. Tekrarlayan sinir ağları, girdiler nöronlarının tüm elemanlarının hesaplaması yapmaktadır. Her çıktı elemanı ise, önceki elemana bağlıdır (Savaş, 2020).



Şekil 3.15 Evrimsel Sinir Ağları Havuzlama İşlemi (Günel, İşman & Kocakula, 2018)

Tekrarlayan sinir ağlarının avantajları arasında değişken uzunluklarda girdi, girdi boyutuna bağlı olmayan model boyutu, geçmişten faydalanma ve zamana dayalı paylaşım yer almaktadır. Dezavantajları arasında ise yavaş hesaplama, zaman içerisinde eski bilgilere ulaşımın zorluğu ve gelecekteki girdilerin tahmininin zorluğu yer almaktadır (Savaş, 2020).

Üretken Çekişmeli Ağlar (Generative Adversial Networks – GAN): Algoritma fikri ilk olarak Goodfellow vd. (2014) tarafından ortaya atılmıştır. Üretken model algoritmaları olarak tanımlanmaktadır. Algoritma verileri çiftler halinde saklamaktadır. Ağ üzerinde en uygun parametreler bulunur. Ayırt edici (D) ve üretilen veri (G) orijinal veriden ayırt etme potansiyelini en aza indirmektedir (Huang & Zheng, 2018).



Şekil 3.16 GAN Algoritmasının Çalışma Yolu (Huang & Zheng, 2018)

Üretken çekişmeli ağ algoritması zaman içinde geliştirilmiştir. GAN türleri, farklı veri türleri ve uygulamalar için optimize edilmiş çeşitli yaklaşımlar ve iyileştirmeler sunmuştur. Her bir algoritma, Üretken çekişmeli ağ algoritmasının temel prensiplerini kullanarak belirli sorunları çözmek için tasarlanmıştır.

- **Koşutlu Üretken Çekişmeli Ağlar (Conditional GAN – CGAN)**

Mirza ve Osindero (2014) tarafından ortaya atılmıştır. Bu algoritma fikrinin ortaya çıkış sebebi, Üretken Çekişmeli Ağlar algoritmasında bulunan eğitim verisinin yanlış yöne gitme sorununu engellemektir. Üretken Çekişmeli Ağların rafine versiyonudur (Mirza & Osindero, 2014).

Orijinal üretim sürecini ek bilgilerle destekleyerek koşullu bir süreç dönüştürmektedir. Ek bilgiler vektörler, iki boyutlu görüntüler ve üç boyutlu modeller olabilmektedir. Eğitim süreci yanlış yöne doğru ilerlediğinde, ek bilgiler aracılığıyla eğitim eğilimi cezalandırılacak, doğru yöne ilerlemesine neden olacaktır (Huang & Zheng, 2018).

- **Geliştirilmiş Üretken Çekişmeli Ağlar (Improved GAN – IGAN)**

Koşullu Üretken Çekişmeleri Ağ algoritmasının oluşturulmasından sonra Zhu vd. (2016) tarafından Geliştirilmiş Üretken Çekişmeli Ağlar algoritması geliştirilmiştir. Program iki boyutlu çıktıların yanı sıra, orijinal görüntüde yer alan dokuyu sonuç çıktısına yerleştirmektedir. Bu sayede çıkan ürün daha gerçekçi ve net olmaktadır.

- **Pix2Pix**

Pix2pix algoritması GAN, CGAN ve IGAN algoritmalarından sonra Isola vd. (2017) tarafından ortaya atılmış bir algoritmadır. Bu algoritmanın amacı, hasar görmüş fotoğrafları siyah-beyaz bir vektörel bir çalışmadan (input), renklendirme (output) ardından gölge ve doku ekleyerek görüntü (ground truth) oluşturmaktır (Huang & Zheng, 2018).



Şekil 3.17 Pix2Pix Algoritmasının Çalışma Kademeleri (Isola vd., 2018)

- **Özel GAN Algoritmaları**

GAN, CGAN, IGAN, Pix2Pix algoritmaları haricinde farklı GAN algoritmaları da bulunmaktadır ve gelişmeye devam etmektedir. Bu algoritmaların bazı örnekleri:

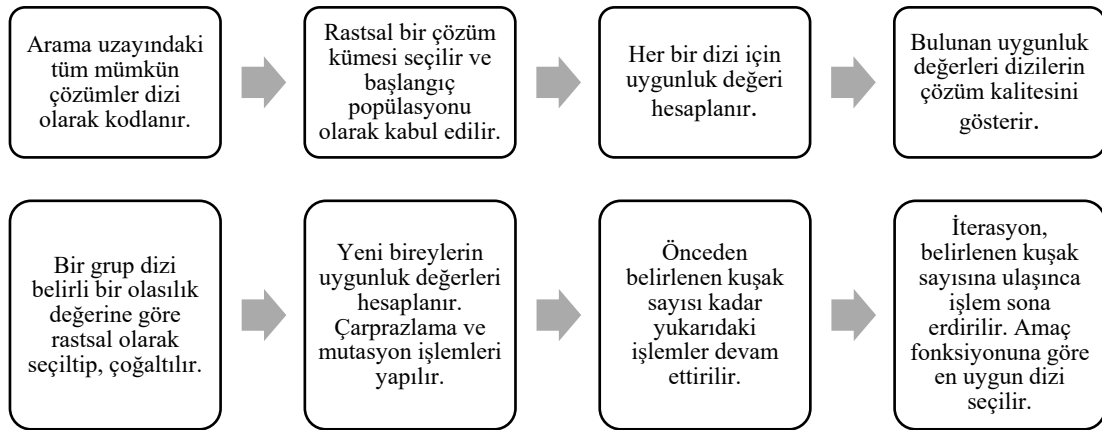
- Evrimsel Sinir Ağlarını kullanarak, yüksek çözünürlüklü görüntü üretebilen DCGAN algoritması
- Wasserstein mesafesi kullanarak, daha verimli eğitilebilen WGAN algoritması
- İki yönlü dönüşüm kullanarak, görüntü tarzı dönüştürebilen CycleGAN algoritması

- Daha detaylı görüntü üreterek, yüz görüntüleri oluşturabilen StyleGAN algoritması
- Görsellerin çözünürlüklerini katlayarak, yüksek çözünürlüklü görüntü üretebilen ProGAN algoritması
- Düşük çözünürlükten yüksek çözünürlük elde edebilen SRGAN algoritması olarak örneklendirilebilmektedir.

3.4.4 Evrimsel Algoritmalar (Evolutionary Algorithms)

Doğal seleksiyon ve doğal genetik mekanizmasına dayanmaktadır. Sahip oldukları formüllere göre genetik algoritmalar, genetik programlama, evrimsel programlama ve evrim stratejileri olarak dörde ayrılmaktadır (Yurtçu & İçağa, 2006).

Genetik Algoritmalar (Genetic Algorithms): Genetik Algoritmalar, 1970 yıllarında John Holland tarafından geliştirilmiştir. Evrimsel algoritmanın dört alt türünden en yaygın olanı olmaktadır (Holland, 1975). Genetik Algoritmalar, doğal seçim ilkelerini esas alan bir optimizasyon ve arama yöntemidir. Genetik Algoritmaların, fonksiyon optimizasyonu, çizelgeleme, mekanik öğrenme, tasarım, hücresel üretim gibi alanlarda başarılı uygulamaları bulunmaktadır (Taşkın & Emel, 2002).



Şekil 3.18 Genetik Algoritma İşlem Adımları (Engin, 2001)

Genetik Algoritmalar diğer optimizasyon yöntemlerine göre farklılıklar içermektedir. Parametre kümesi yerine kodlanmış biçimleri kullanan genetik algoritmalar, olasılık kurallarına göre çalışmaktadır ve sadece amaç fonksiyonuna ihtiyaç duymaktadır. Çözüm uzayını değil, belirli bir kısmı taramakta ve kısa bir süre içerisinde çözüme ulaşmaktadır (Goldberg, 1989).

Genetik Algoritmalar, çözüm uzayını, kromozom adı verilen iki bir dizisi ile kodlamaktadır. Her nokta kendine ait bir uyguluk değerine sahiptir. Genetik algoritmalar tek nokta yerine, popülasyon olarak noktalar kümesini muhafaza etmektedir. Her kuşakta, çaprazlama ve mutasyon gibi genetik operatörleri kullanarak yeni popülasyonlar oluşturmaktadır. Birkaç kuşak sonra ise popülasyon daha iyi uygunluk değerine sahip olan üyelere sahip olmaktadır. Genetik algoritmalar bu sebepten ötürü Darwin'in rassal mutasyon ve doğal seçime dayanan evrim modellerine benzemektedir. Genetik algoritmalar, çözümlerin kodlanmasını, uygunlukların hesaplanmasını, çoğalma, çaprazlama ve mutasyon operatörlerinin uygulanmasını içermektedir (Jang, 1997).

Genetik Programlama: Genetik Algoritmanın bir uzantısı olarak kabul edilmektedir (Güngör, 2010). Problemin yapı taşlarından oluşan ilkel çözüm tarzlarının, uyum kriterine göre evrimleşerek iyileşmesini amaçlamaktadır (Koza, 1992).

Evrimsel Programlama: Bir popülasyonun sonuçları hedeflenerek, yeniden üretim aşamasında sadece mutasyonu kullanarak çalışan algoritmadır (Fogel, 1966). Evrimsel Programlama içerisinde üretim ve seçim yöntemi mutasyon ve rekabetken; Genetik Algoritma içerisinde mutasyon ve genetik değişimi temsil etmektedir (Sinha, Chakrabarti & Chattopadhyay, 2003).

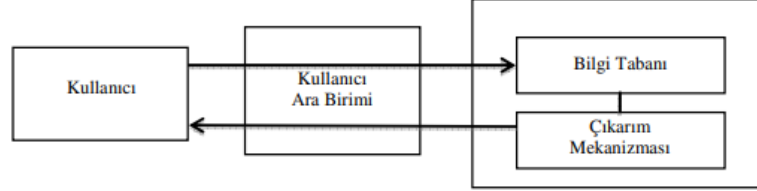
Evrimsel Stratejileri: Üremenin eşleştirmeye dayanmadan, denetimli bir değişikliğe dayanarak yapılan ve sonucunda sayısal değerlerden oluşan bir yöntemdir. Üreme esnasında her bireyin kendi genine özgü olan standart bir sapma belirlenerek, normal olasılık dağılımına göre farklılığa uğratılır. (Üçoluk, 2004).

3.4.5 Uzman Sistemler (Expert Systems)

Uzman sistemler (Expert Systems), bir problemi o konuda uzman olmuş kişiler tarafından çözümlenmiş gibi çözümleyebilen ve bu çözümü belli bir formatta saklayabilen bilgisayar programlarıdır. Bu sebepten ötürü uzman sistemler Bilgiye Dayalı Sistemler (Knowledge Based System) olarak da adlandırılmaktadır (Winstanley, 1991). Uzman sistemler, problemlere çözüm üretirken, “nasıl ve neden” sorularına da yanıt vermektedir (Waterman, 1986).

Üç temel bileşenden oluşmaktadır:

- İnsan bilgi ve deneyimini temsil eden kuralları içeren veri tabanı
- Veri tabanından çıkarımlarda bulunan çıkarım motoru
- Kullanıcı ile etkileşim sağlamak için giriş-çıkış arayüzü (Armağan, 2019).



Şekil 3.19 Uzman Sistemlerin Genel Yapısı (İçen & Günay, 2014)

Güncel olarak kullanılan uzman sistemlerin uygulama amaçları tanı, izleme, analiz, danışma, plan, açıklama, öğrenme, anlatım, fikir verme gibi konulardır (Jackson, 1998). Aynı zamanda uzman kişilerin olmadığı durum ve olaylarda, problemi hızlı, verimli ve doğru çözümlemesini amaçlamaktadır (İçen & Günay, 2014).

Uzman sistemlerin, diğer sistemleriyle arasındaki en büyük fark bilgi işleme tabanlı olmasıdır. Bilgi işlemede herhangi bir algoritma tabanı bulunmadan, tecrübe edilerek elde edilen kurallar ve gerçeklerden oluşmaktadır. Diğer sistemlerin kullandığı veri işleme tabanı ise, bir algoritmaya bağlı olarak çalışmaktadır (Allahverdi, 2002).

- Algoritma + Veri Tabanı → Geleneksel Programlar
- Çıkarım Mekanizması + Bilgi Tabanı → Uzman Sistemler

3.4.6 Doğal Dil İşleme (Natural Language Processing – NLP)

Kullanılan dilin anlaşılması, analiz edilmesi ve işlenmesi için makinelere öğretilen algoritmalar kullanılmaktadır. Metin ve seslerin, ait olduğu dil kural yapısına göre işlenmesini sağlayan algoritmadır (Yılmaz & Yumuşak, 2021).

Literatür olarak bir inceleme yapıldığında, doğal dil işleme çalışmalarının büyük bir kısmının İngilizce için yapıldığı görülmektedir. Buna sebep olarak İngilizce dilinin yaygın kullanımı ve metinlerin işlenmesinin kolaylığı olarak gösterilmektedir (Kul, 2020). 30 bin kelimelik bir sözlük, İngilizce için yapılacak bir doğal dil işleme çalışması için yeterli olabilmekteyken, Türkçe için yapılmak istendiğinde, kelimelerin tüm olası ekleriyle sözlükte yer alması gerektiğinden dolayı olanaksızlaşmaktadır (Vural vd., 2004).

Doğal dil işleme, dil bağımlı ve dilden bağımsız çalışmalar olarak ikiye ayrılmaktadır. Dilden bağımsız çalışmalar, makine öğrenmesi ve istatistiksel yöntemler ile yürütülmektedir. Dil bağımlı çalışmalar ise kural tabanlı olmaktadır. Dört ana odağa sahiptirler: kelime düzeyinde morfolojik çalışmalar, cümle analizi çalışmaları, anlam düzeyindeki çalışmalar ve söylev düzeyindeki çalışmalardır (Şeker, 2015). Doğal dil işleme arama motorları, sanal asistanlar, metin özetleme, metin çevirisi, metin sınıflandırma vb. birçok alanı içermektedir (Chowdhary, 2020). Doğal dil işleme metotları sekize ayrılmaktadır:

Cümlelerin Öğelerine Ayırma (Tokenizasyon): Metindeki cümleleri, anlamlı küçük parçacıklara ayırmasıdır. İşlem sonrasında çok fazla parçacık olduğundan dolayı dizgecik (token) azaltma yöntemleri olarak;

- Etkisiz kelimelerin çıkartılması (stop word)
- Yanlış yazılmış kelimelerin çıkartılması ve kelime kökünün bulunması (stemming)
- Ana kelimeyi bulmak (lemmatization) işlemleri gerçekleştirmektedir (Webster, 1992).

Normalizasyon: Analiz edilen metinde, dağınıkları azaltma amacıyla kullanılmaktadır. Yöntemleri arasında, küçük/büyük harf düzenlemeleri, kısaltma düzeltmeleri, fazlalık boşluk ve karakter temizleme vb. bulunmaktadır (Sciforce, 2020).

Morfoloji: Dizgecik adı verilen cümle bileşenlerini, dil bilgisine göre sınıflandırma işlemidir (Yılmaz, Yumuşak, 2021).

Vektörizasyon: Kelime, cümle veya belgelerin vektör olarak ifade edilmesini sağlamaktadır. Matematiksel modeller ve algoritmalar sayısal veriler ile çalıştığından dolayı bu tarz dönüşümlere ihtiyaç duyulmaktadır (Sun, 2018).

Varlık İsim Tanıma: Belgeler üzerindeki kişi, yer, kuruluş ve kurum gibi kategorileri tanımlama işlemidir. İki aşamadan oluşmaktadır, ilk aşama varlık ismi bulmak ikinci aşaması ise bulunan ismi kategori etmektir (Liang, 2013).

Metin Sınıflandırma: Yazılan metnin içeriğinin hangi konuya ait olduğunu tahmin etmektedir. Aynı zaman da metnin yazarının kim olduğuna, mailin içeriğine göre spam mail olup olmadığına karar vermektedir (Aggarwal, 2012).

Dil Tanımlama: Yazılmış olan metni analiz etmeden önce, dilin şekilsel yapısı ve sözlüğünü kullanabilmek için hangi dilde yazıldığının tespiti yapmaktadır (Yılmaz, Yumuşak, 2021).

Duygu Analizi: Metinlerin olumlu, olumsuz veya nötr olma durumuna göre sınıflandırma işlemidir (Cambria, 2017).

3.4.7 Görüntü İşleme (Computer Vision – CV)

Bilgisayarların görsel verileri işlemesini ve nesnelerini tanımasını sağlayan yapay zekâ türüdür. Fotoğraflar, kaydedilen videolar veya tıbbi görüntüleme araçlarına kadar kullanılabilir (Szeliski, 2019). Derin Öğrenmenin bir alt türü olmamakla beraber derin öğrenme tekniklerinden (GAN, CNN, RNN vb.) algoritmalarını kullanmaktadır. Bu sebepten derin öğrenme teknolojisinin gelişmesi, görüntü işleme türünün ilerlemesine ve gelişmesine olanak sağlamıştır. Güncel olarak tıp alanında hastalık teşhisi, Gıda alanında kalite kontrol, otomotiv alanında otonom araçlar vb. alanlarında kullanılmaktadır (Öztürkoğlu, 2023).

Görüntü işleme yapay zekâ türü içerik tanıma, görüntü düzenleme, görüntü analizi, sahne yapılandırma vb. görevleri yapmaktadır. Temel görevleri arasında yer alan nesne tespiti, görüntü işleme için birincil görev olarak kabul edilmektedir (Hosni, 2022).

Nesne Tespiti: Dijital görüntülerde yer alan ve tanımlanan nesnelerin (insan, hayvan, bina vb.) örneklerini tespit etmek amacıyla kullanılmaktadır (Boesch, 2023). Derin öğrenme yöntemlerinden olan Evrişimsel Sinir Ağlarını (CNN) kullanmaktadır. Bu teknik sayesinde görüntü işleme; hassas bir şekilde nesneleri tespit eder, etiketler ve sayılarını belirtir. Bu işlemi gerçekleştirirken YOLO (You Only Look Once) algoritmasını kullanmaktadır (Öztürkoğlu, 2023).

Nesne Lokalizasyonu (Görsel): Görüntü üzerinde bir nesnenin kesin olarak konumlandırılmasına odaklanmaktadır. Odak nesnesini kapsayan bir sınırlayıcı kutu koordinatları yaratır. Bu özellik hassas analizi mümkün kılmaktadır (Öztürkoğlu, 2023).

Nesne ve Örnek Segmentasyonu (Görsel): Nesne segmentasyonu görüntüyü farklı nesnelere karşılık gelen alanlardan ayırmakta ve piksellere etiketler yerleştirmektedir; Odak segmentasyonu ise aynı nesne etiketinin örneklerine ayırmaktadır. Mekânsal anlayış için önemlidir (Öztürkoğlu, 2023).

Poz Tahmini (Görsel): Bir görüntüde mekânsal yönelimi tahmin etmek için kullanılmaktadır. Odak nesnesinin, referans sistemine karşı konumunu, ölçeğini ve yönünü belli etmektedir (Öztürkoğlu, 2023).

Nesne Takibi (Video): Odak nesneleri video karelerince takip etmektedir. Zaman içerisinde nesnenin hareketlerini ve davranışlarını analiz etmek için kullanılmaktadır (Öztürkoğlu, 2023).

Eylem Tanıma (Video): Video karelerindeki insan eylemlerini tanımak ve sınıflandırmak için kullanılmaktadır (Öztürkoğlu, 2023).

Hareket Tahmini (Video): Nesnenin, son video karesine kadar incelenen nesne takibi ve eylem tanıma işlemleri sonrasında, gelecekteki konumlarını ve eylemlerini tahmin etmeye çalışmaktadır (Öztürkoğlu, 2023).

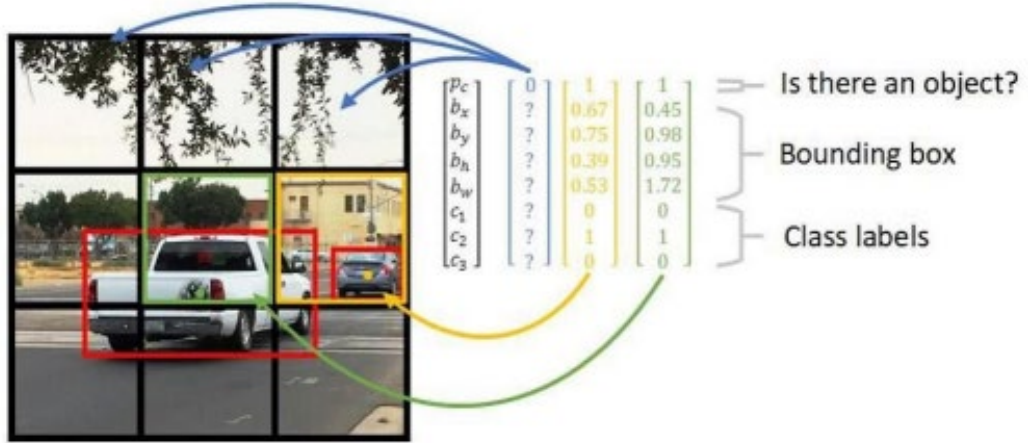
İçerik Duyarlı Görüntü Düzenleme: Görüntü işleme belirli görüntüleri öğrenilmiş bilgisini kullanarak anlayabilmektedir. Anladığı görüntüleri kalitesini bozmadan değiştirebilmektedir. Analiz ve görselleştirme için kullanılmaktadır (Öztürkoğlu, 2023).

Yeniden Sahne Yapılandırma: İki boyutlu görsellerden veya video karelerinden, sahnenin üç boyutlu modelini oluşturabilmektedir. Analiz, tasarım, görselleştirme ve hassas ölçümleri desteklemektedir (Öztürkoğlu, 2023).

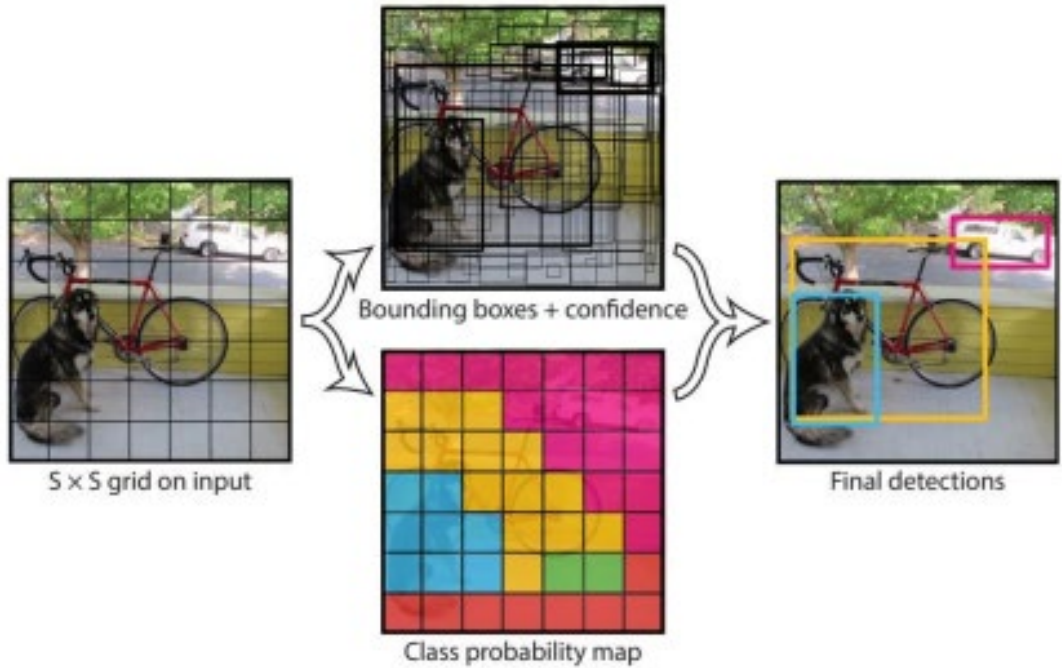
Görüntü işleme yapay zekâ türü teknikleri incelenmiştir. Görüntü işleme yapay zekâ türü, kendine ait algoritmalarla da sahiptir. Bu algoritmalar, YOLO, Derin Öğrenme Algoritmaları ve Metinden Görüntüye Dönüşüm Algoritmalarıdır. Derin öğrenme algoritmaları olan CNN, R-CNN ve GAN teknikleri Derin Öğrenme başlığı altında incelenmiştir. Bu sebepten bu başlık altında bahsedilmeyecektir.

YOLO (You Only Look Once): Joseph Redmon tarafından 2015 yılında geliştirilmiş olan bir algoritmadır. Bir görüntüdeki nesneleri tek seferde tespit edebilme ve yüksek

hız yeteneği ile popülerlik kazanmıştır (Jocher, Waxmann & Chaurasia, 2023). YOLO algoritması, konum tahmini yapmamaktadır. Öncelikle görüntü gridal sisteme bölünmektedir. Ardından gridal sistem içerisinde yer alan nesneleri tespit ederek, sınırlayıcı kutu içerisine almaktadır. Sınırlayıcı kutu içerisinde koordinat bilgilerini değerlendirerek, genişlik ve yükseklik tahmini yapmaktadır. Tanımlanan kutuları sınıflandırma işlemi yapmaktadır.



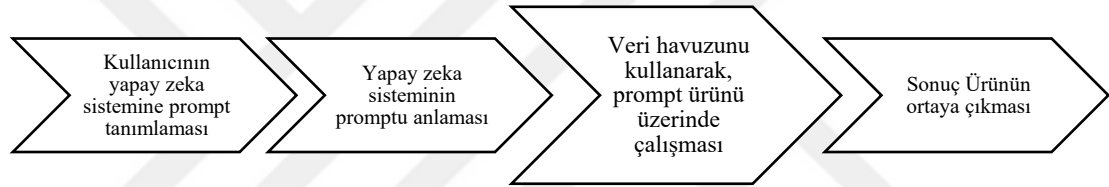
Şekil 3.20 YOLO Algoritmasının Gridal Sistem ve Sınırlayıcı Kutu Çalışması (Handuo, 2018)



Şekil 3.21 YOLO Algoritmasının Sınırlayıcı Kutu Oluşturma Metodu (Redmon vd., 2016)

Metinden Görüntüye Dönüşüm (Text-to-Image): Derin Öğrenme yapay zekâ sisteminin GAN algoritması desteğiyle ortaya çıkmaktadır (Reviriego & Merino-Gomez, 2022). İnsanların sisteme girdiği yazılı bir metin, açıklamalar, anahtar kelimeler, cümleler veya paragraflar sonucunda aynı anlama sahip görsel kavramlar oluşturmayı hedeflemektedir (He & Deng, 2017). Bu yapay zekâ sistem türünün geliştirilmesi, derin sinir ağlarındaki bilimsel çalışmalar sonucu ortaya çıkmıştır

Metinden görüntüye dönüşüm algoritması, her kararı programcılara bırakmak yerine, daha önceden öğretilen eğitim verilerini kullanarak kendi modelini oluşturmaktadır. Kendi modelini oluşturan algoritmanın problemleri çözebilmek için ihtiyacı olan eylem, program kullanıcısının, prompt adı verilen hedef gösterme işlemi yapmasıdır. Algoritma ise insanların hayal edemeyeceği bir şekilde metni analiz eder ve farklı şekillerde bağlantı kurar (Fernandez, 2022).



Şekil 3.22 Metinden Görüntüye Dönüşüm Yapay Zekâ Türünün Çalışma Adımları

Algoritmanın bu özelliği sayesinde, tasarım odaklı konularda devrim niteliğine sahip olduğu düşünülmektedir. Mimarlık açısından ele alındığında, daha hızlı mimari görselleştirmeler ve müşteri iletişimi açısından daha etkili olacağı düşünülmektedir (Hoşer & Köymen, 2023).

Sistemin erişilebilirlik konusunda hem avantajların hem de dezavantajları bulunmaktadır. Avantajı erişilebilirlik ve sezgisel yöntem kullanılarak, becerilere ve uzmanlığa sahip olmayan kullanıcılar için tasarım, erişilebilir hale gelmektedir (Yıldırım & Demirarslan, 2021). Fakat uzmanlığa sahip olan kişiler için erişilebilirlik bir dezavantaj olmaktadır. Erişilebilirliğin ortaya çıkmasından sonra hızlı bir şekilde çeşitli içerik oluşturma topluluklarını ortaya çıkmış ve profesyonel kullanıcılar ile amatör kullanıcıları bir araya gelmiştir. Bir araya gelen kullanıcıların yazdığı promptlar sistemin gelişmesine katkı sağlamıştır (Vartiainen & Tedre, 2023).

3.4.8 Bulanık Mantık (Deep Learning)

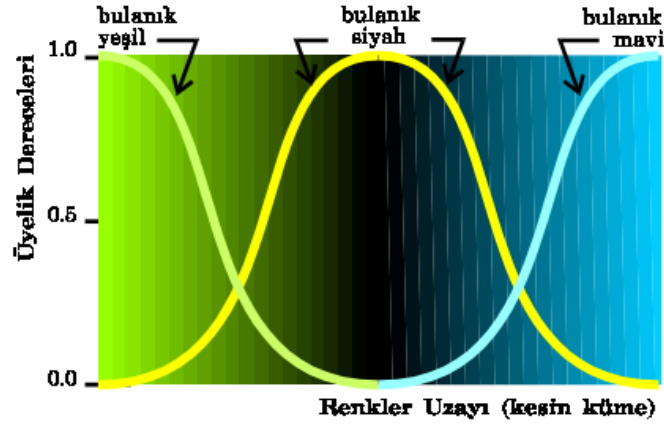
İlk olarak 1965 yılında Zadeh tarafından ortaya atılmıştır. Sadece kendisine kullanması izin verilen veya yüklenen verileri üzerinden çalışma prensibine sahip diğer yapay zekâ uygulamalarının aksine bulanık mantık bu verileri yorumlama, sentezleme ve gerekiyorsa yeniden bilgiye dönüştürme gücüne sahip insana benzer bir kavramdır.

Bulanık mantık insan gibi düşünmeyi, öğrenmeyi, öğrendiği kavramlar üzerinden akıl yürütmeyi başarabilen bilgisayar sistemleridir. Bulanık Mantık, sözel verileri numerik verilere dönüştürerek kullanmaktadır (Ekin & Yıldız, 2018).

Altaş, (1999)’a göre “İstenilen çıkışı elde etmek için işlenen girişler, alanında usta bir insanın sistemi denetlemesine benzetilebilmektedir. Doğrusal olmayan denetimde, gerçek dünyaya yakınlığı ile karşımıza çıkmaktadır. Denetim sistemlerinin klasikliği yerine, matematiksel bir model kullanılması temelini ele almaktadır... Bulanık mantık, çok girişli parametrelerin; if, then, and gibi bağlaçlar aracılığıyla çıkışlara ulaşılabilen bir fonksiyon olarak kabul edilmektedir. Kümeleme işlemleri kullanılarak, yazılım gerçekleştirilmektedir.”

Bulanık işlemcileri, benzer/ yaklaşık muhakeme (*approximate reasoning*) olarak adlandırılmaktadır. Bu durum yaklaşık düşünme, yaklaşık neden olma ve yaklaşık sonuçlandırma anlamlarını taşımaktadır. Bu durum bulanık mantık ile kullanıldığında, bulanık düşünme kavramını ortaya çıkartmaktadır. Bu kavram günlük hayatta kullandığımız biraz, azıcık gibi düşünceleri tanımlamaktadır. Bulanık sistemleri ve bulanık düşünmeyi iyi anlayabilmek için bulanıklığın ne olduğunu bilmemiz gerekmektedir (Altaş, 1999).

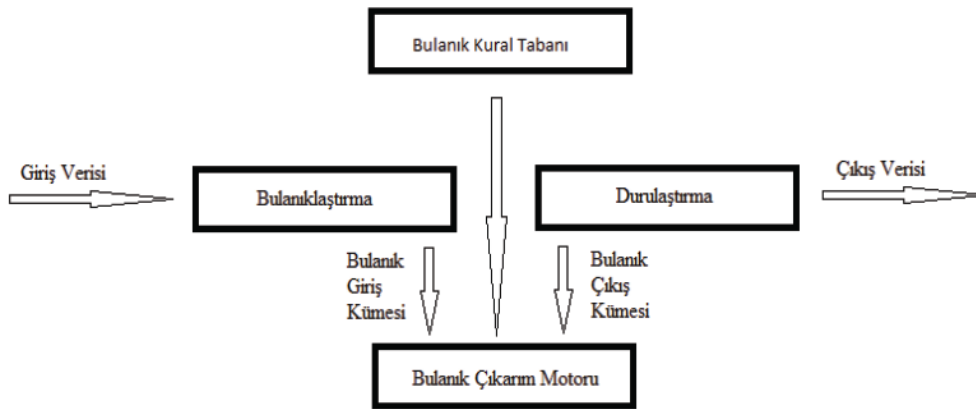
Bulanıklık: Bulanıklık kavramı, bir örnek üzerinden açıklanması gerekmektedir. Şekil 3.23’te bir renk skalası verilmiştir. Sol tarafın yeşil, sağ tarafın mavi ve ortanın siyah olduğu kesin bilinmektedir. Fakat siyahtan maviye doğru gidilmeye başladığında farklı tonlamalar ortaya çıkmaktadır. Bu tonlamalara kesin bir isimlendirme yapamamaktayız. Bu sebepten bu bölgeleri bulanık küme ile ifade etmek en doğru yöntem olacaktır (Altaş, 1999).



Şekil 3.23 Bulanık Renk Kümeleri (Altaş, 1999)

Bulanık yeşil kümesi incelendiğinde, siyaha doğru gidildiğinde yeşil oranının azaldığı tespit edilebilmektedir. Bu ifade ise, yeşil bulanık kümesine aitliğin azalması ve siyah kümesine aitliğin artması olarak açıklanabilmektedir. Aynı zamanda siyah ve mavi arasında yeşil tonunun bulunmaması, yeşil bulanık kümesinin üyeliğinin bulunmadığını göstermektedir.

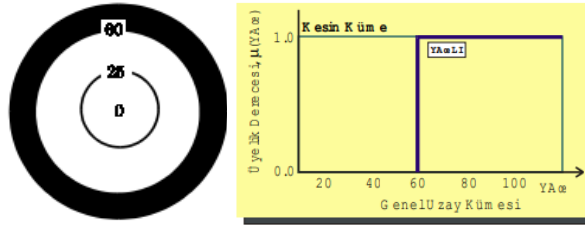
%100 doğru veya %100 yanlış gibi kesin sonuçlar çıkartmak yerine, bir olayın yaklaşık olarak değerini bulmaktadır. Bulanık mantık kavramında kümeye dahil olmayan üyeler 0 ile kümeye tam olarak dahil olan üyeler 1 değeri olarak kabul edilmektedir. Ara dereceler ise ara değer olarak temsil edilmektedir. Bulanık mantık, bu yaklaşımla küme teorisini oluşturmaktadır. Bulanık mantığın gerçek hayat olaylarına daha iyi çözüm önerilerinde bulunabileceği düşünülmektedir (Pirim, 2006). Bulanık mantık ilkeleri; veri bulanıklaştırma, verilere üyelik, bulanık çıkarım ve durulaştırma olmaktadır (Kabalıcı, 2014).



Şekil 3.24 Bulanık Mantık Sisteminin Yapısı (Ekin & Yıldız, 2018)

Bulanık Kümeler: Ait olma derecelerine göre elemanların aldığı değerleri atayabilen fonksiyonlardır. Kesin küme, bulanık küme, ayırık zamanlı kümeler ve sürekli zamanlı kümeler bulunmaktadır. Bu kümeler haricinde sigmoid, sinüsoid, cauchy türü kümelerde bulunmaktadır (Altaş, 1999).

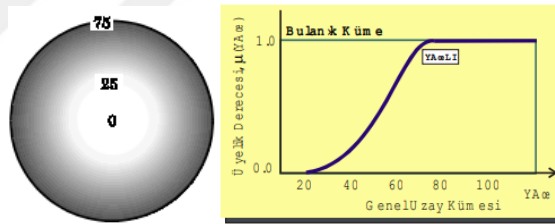
- **Kesin Küme**



Şekil 3.25 Bulanık Mantıkta Kesin Küme (Altaş, 1999)

Kesin kümelerde sonuç 1 veya 0 olarak tespit edilmektedir. Verilmiş olan örnekte 60 yaşından büyük insanlar yaşlı olarak; 60 yaşından küçük insanlar genç olarak tanımlanmaktadır. 59 yaşındaki bir insan genç iken; 60 yaşında bir insan yaşlıdır.

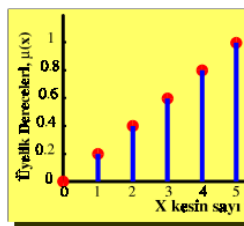
- **Bulanık Küme**



Şekil 3.26 Bulanık Mantıkta Bulanık Küme (Altaş, 1999)

Bulanık kümelerde sonuçlar 1,0 ve ara değer olarak tespit edilebilmektedir. Verilmiş olan örnekte 75 yaşından büyük insanlar kesin olarak yaşlı olarak ele alınacaktır. 60 yaşındaki bir insan 1 değerine daha yakın iken; 20 yaşındaki bir insan 1 değerine daha uzaktır.

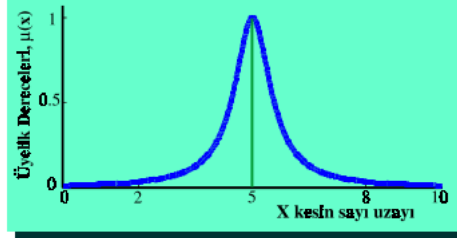
- **Ayrık Zamanlı Küme**



Şekil 3.27 Bulanık Mantıkta Ayrık Zamanlı Küme (Altaş, 1999)

Ayrık zamanlarda kümelerde, bir üyelik değeri 1 olarak tespit edilebilmektedir. Verilmiş olan örnekte 5 rakamına yakınlık ele alınmıştır. 5 rakamı 1 değerini alacakken, diğer rakamların alacakları değer, eşit aralıklar ile ayrılmıştır.

- **Sürekli Zamanlı Küme**



Şekil 3.28 Bulanık Mantıkta Sürekli Zamanlı Küme (Altaş, 1999)

Sürekli zamanlı kümelerde, bir üyelik değeri 1 olarak tespit edilebilmektedir. Verilmiş olan örnekte 5 rakamına yakınlık ele alınmıştır. 4 ve 6 rakamları aynı değeri aldığı tespit edilmiştir ve simetrik olması ile dikkat çekmektedir.

3.5 Bölüm Sonucu

Yapay zekâ kavramını, yapay zekâ türlerinin ve özellikle bulanık mantık kavramlarının incelendiği bu bölümde, yapay zekâ uygulamalarının avantaj ve dezavantajları, kullanım alanları üzerinde durulmuştur. Günümüzde genel kullanım yaklaşımları düşünüldüğünde; yapay zekâ sistemleri, kullanıcının tercihleri ve geçmiş etkileşimleriyle ilgili bilgilerini kullanarak odaklanılacak konulara doğrudan ulaşımı sağlayabilmektedir. Bu sayede kullanıcılar için bilgiye erişilebilirlik, iletişim kolaylığı ve eğitim olanakları konularında kolaylık sağladıkları görülmektedir. Bu nedenle yapay zekâ uygulamalarının verimli, odaklı, hatanın en aza indirilebildiği iş gücü sağlaması nedeniyle kullanım alanları gün geçtikçe genişlemektedir.

Ancak kendisine kullanması izin verilen veya yüklenen verileri üzerinden çalışma prensibine sahip yapay zekâ uygulamaları, uzmanlık gerektiren meslekler (özellikle yaratıcılık, tasarım yeteneği ve eğitimi gerektiren mimarlık mesleği) için ne kadar kullanılabilir veya tercih edilebilir sorusu bugün için geçerli olabilir. Yapay zekâ türlerinden birisi olan bulanık mantık ise bu verileri yorumlama, sentezleme ve gerekiyorsa yeni bilgiye dönüştürme gücü olan, insana benzer bir kavrama sahip olması nedeniyle mimarlar ve tasarımcılar tarafından yakın gelecekte kullanılabilir diyebiliriz.

Bu düşünce doğrultusunda tez kapsamında yapay zekâ alt türlerinden olan bulanık mantık yapay zekâ türü kullanılarak, tezin araştırma soruları olan “*Yapay zekâ görselleştirme araçları, mimari fotogerçekçi görselleştirme araçlarının yerini alabilecek mi?*”, “*Yapay zekâ görselleştirme araçları mimari tasarım için yeterlilik sağlıyor ise, tasarım sürecinin hangi aşamasında yer alacaktır?*” ve “*Mimari görselleştirme mesleği risk altında mıdır?*” yanıt aramak için bir alan çalışması yapmak yerinde olacaktır.



4. ALAN ÇALIŞMASI: FOTOGERÇEKÇİ GÖRSELLEŞTİRME ARAÇLARI VE YAPAY ZEKÂ GÖRSELLEŞTİRME ARAÇLARININ NİCEL OLARAK BULANIK MANTIK DEĞERLENDİRME YÖNTEMİYLE FIS EDITOR KULLANILARAK KARŞILAŞTIRILMASI

Yapay zekâ görselleştirme araçlarının, mimari tasarım sürecinin önemli bir parçası olan mimari görselleştirme aşamasına varsa katkıları, olumlu veya olumsuz etkileri incelenmemiştir. Bu nedenle fotogerçekçi görselleştirme araçları ile yapay zekâ görselleştirme araçlarının, karşılaştırma yöntemi kullanılarak yapay zekâ görselleştirme araçlarının etkilerinin tespit edilebilmesi amacıyla bir alan çalışması yapılmasına gereksinim olduğu düşünülmüştür.

Alan çalışması kapsamında, yapay zekâ alt türlerinden olan bulanık mantık yapay zekâ türü kullanılarak, aşağıda yer alan tezin araştırma sorularına yanıtlar aranmaya çalışılacaktır. *“Yapay zekâ görselleştirme araçları, mimari fotogerçekçi görselleştirme araçlarının yerini alabilecek mi?”*, *“Yapay zekâ görselleştirme araçları mimari tasarım için yeterlilik sağlıyor ise, tasarım sürecinin hangi aşamasında yer alacaktır?”* ve *“Mimari görselleştirme mesleği risk altında mıdır?”*

Alan çalışmasında, geleneksel mimari araçlar ve dijital mimari araçları arasında, tarihsel süreç içerisinde birbirlerinin yerini alabilme düzeylerinin belirlenmesinde karşılaştırma yönteminin kullanılması referans alınarak, fotogerçekçi görselleştirme araçları ve yapay zekâ görselleştirme araçları arasındaki birbirlerinin yerini alabilme düzeylerinin belirlenmesinde karşılaştırma yöntemi tercih edilmiştir.

Karşılaştırma sürecinde nesnel ve sayısal değerlere sahip veriler üzerinden bir değerlendirme yapılacaktır. Bu doğrultuda alan çalışmasında kullanılacak görsellerde ışık kalitesi, gölge kalitesi, gerçekçilik düzeyi, malzeme kalitesi gibi öznel değerlendirmeye açık, soyut veriler karşılaştırılmayacaktır. Bunun yerine fotogerçekçi görselleştirme araçları olan V-Ray, Twinmotion ve benzeri programlar ile yapay zekâ görselleştirme araçları olan mnml.ai, Midjourney ve benzeri programların sahip

olduğu kütüphane bulundurma, malzeme editörü, arayüzler, görüntü katmanlarının oluşturulması, görüntü oluşturma hızı, kullanıcı dostu olma özelliği, varyasyon oluşturma ve tefriş yerleştirme gibi yeteneklerine ve neler yapabildiği gibi konulara odaklanarak somut veriler ile karşılaştırma işlemi gerçekleştirecektir. Somut verilere erişebilmek için her araca belirli sorular sorularak, yanıtlar alınması planlanmıştır.

Alan çalışmasının ilk aşamasında; 3 boyutlu modelleme aracı kullanılarak hem fotogerçekçi görselleştirme araçlarında hem de yapay zekâ görselleştirme araçlarında kullanılmak üzere iç ve dış mekanlara ait görsel üretilmesi istenecektir. İkinci aşamada ise fotogerçekçi görselleştirme araçları ve yapay zekâ görselleştirme araçlarından ayrı ayrı iç ve dış mekanlara ait bu görselleri kullanarak gerçekçi bir sonuç görsel oluşturması istenecektir. Ancak yapay zekâ görselleştirme araçları bazı durumlarda yüklenilen iç ve dış mekanlara ait görselleri değiştirme ihtimali bulundurduğundan, ana görselden farklı bir sonuç görsel oluşturulmuş ise bu sonuç görsel değerlendirme dışı bırakılacaktır.

Araçlara soruları sormadan önce, yazılımsal olarak bulanık mantık karşılaştırma sistemi için bir değerlendirme sistemi oluşturulması gerekmektedir. Sistem oluşturulurken sadece bulanık mantık değil, bulanık mantık içerisinde yer alan kesin küme, ayrık zamanlı küme gibi yöntemlerde kullanılacaktır. Bunun için basit programlar oluşturmaya yarayan ve belirli dizeler içeren MATLAB aracı tercih edilmiştir. Alan çalışmasında MATLAB aracına ait editörlerden biri olan FIS Editör kullanılacaktır. FIS Editör'ün en önemli özelliği içerisinde yer alan değerlerin işlenmesi sonucunda girdi, kural ve çıktı olarak üç aşamadan oluşan bir değerlendirme sistemi oluşturabilmektir (Alcı & Karatepe, 2002).

Bu düşünce doğrultusunda alan çalışmasında kullanılması düşünülen MATLAB aracı ve FIS Editörünün kullanım alanları, özellikleri, kullanma biçimleri ve sayısal verilerin elde edilmesi konularında örnek çalışmalar incelenmiştir. Örneklerin deneyimlerinden yararlanılarak karşılaştırma yapmak için gerekli parametrelerin nasıl belirleneceği ve hangi protokollerin izleneceği saptanmıştır.

Bu kapsamda öncelikle, karşılaştırmalarda kullanılacak parametrelerin belirlenmesinde fotogerçekçi görselleştirme araçları ve yapay zekâ görselleştirme araçlarına yöneltilecek sorular tespit edilecektir:

1. Araçlara ekonomik erişilebilirliğin belirlenmesi için ücretler ve/veya indirimler ile ilgili verilerin elde edilmesinde kullanılmak üzere sorular sorulacak ve **sayısal erişilebilirlik parametresi** oluşturulacaktır.

2. Araçların sahip olduğu kütüphane ve editör durumu hakkında sorular sorulacak ve **kullanım özellikleri parametresi** oluşturulacaktır. Bu parametrede kullanıcının araç üzerindeki yetkileri araştırılacaktır.

3. Araçların sonuç görüntü oluştururken kullanabildiği özellikler ve yeteneklerin belirlenebilmesinde sorular sorulacak ve **görüntü oluşturma işleme parametresi** oluşturulacaktır.

Belirlenen tüm bu parametreler MATLAB aracına ait FIS Editöre işlenecektir. İşlenen her farklı parametre grubu için, ayrı ölçekler oluşturulacaktır.

Bilgisayar işletim tabanlı olmalarından dolayı yapay zekâ sistemlerine dereceler sayısal değerlerle eşlenecektir. Evet/hayır veya var/yok gibi temel önermeli yanıtlar için 1 rakamı evet cevabını temsil ederken; 0 rakamı hayır cevabını temsil edecek ve ikili mantık yönteminin, bulanık mantık içerisinde kullanımı temsil eden kesin küme ve ayrık zamanlı küme yöntemi kullanılacaktır. Derecelendirmenin 3, 5, 7 şeklinde artırılması gerektiği değerlendirmeler için ise bulanık mantık yöntemi kullanılarak 0 ve 1 arasında ara değerler oluşturulacaktır. Ara değerlerin oluşturulmasında, eşit aralıklar baz alınacaktır. 3 sonucu bulunan bir derecelendirme için ara değer olarak 0.5 kullanılacakken; 5 sonucu bulunan bir derecelendirme için 0.75, 0.5 ve 0.25 ara değerleri kullanılacaktır.

Parametreler oluşturulduktan sonra sistem için protokoller, araştırmacı tarafından sisteme işlenerek, yapay zekâ bulanık mantık değerlendirme sistemi çalışmaya hazır hale getirilecektir. Bulanık mantık sisteminin seçiminde karşılaştırma işleminin detay seviyesine inebilen bir sistemin kullanılması uygun görülmüştür. Bu çerçevede ara değerli sonuçlar oluşturabilen Sugeno tipi yapay zekâ bulanık mantık sistemi kullanılacaktır.

Yapay zekâ görselleştirme araçlarında prompt adı verilen komutlar kullanılmaktadır. Tüm yapay zekâ görselleştirme araçlarının aynı duruma tepki verebilmesi için prompt komutları oluşturularak, yapay zekâ araçlarından bu komutlar ışığında gerçekçi görseli oluşturması istenecektir.

Bulanık mantık değerlendirme sistemi oluşturulduktan sonra, görselleştirme araçlarına model görseli veya model yüklenerek, gerçekçi sonuç görsellerin oluşturulması işlemine geçilecektir. Sonuç görseller ve araçların kullanımından iki farklı türde sonuç elde edilecektir;

1. Aritmetik sonuçlar, parametre içerisinde bulunan skala değerleri üzerinden değerlendirilecektir. Değerlendirmeler sonucunda hesaplamalar ile çıkış değerleri tespit edilecektir. Çıkış değerleri, bulanık mantık için kullanılacak kurallar için de önemlidir.
2. Araçlardan alınan yanıtlar bulanık mantık sistemine işlenecektir. İşlenen bilgiler sonrasında bulanık mantık yapay zekâ değerlendirme aracı, araçlara değerler verecektir. Değerlerin hesaplamasında mantık kuralları, oluşturulan sistem tarafından ele alınacaktır. Bu değerler bulanık mantık sonuç değeri olarak ele alınacaktır. Karşılaştırma işlemi için bu değerler göz önünde tutulacaktır.

Elde edilen tüm veriler tablolastırılacaktır. Tablo üzerinde, araçların tekil olarak parametreler bazında, güçlü ve zayıf yönleri tespit edilebilecektir. Aynı zamanda araçların aldığı değerlerin aritmetik ortalaması ile fotogerçekçi görselleştirme araçları ve yapay zekâ görselleştirme araçlarının sayısal erişebilirlik, kullanım özellikleri, görüntü oluşturma ve işleme ve sonuç değerleri üzerinden tartışılabilmesi sağlanacaktır.

Elde edilen tablo karşısında, fotogerçekçi görselleştirme araçları ve yapay zekâ görselleştirme araçlarının hangi alanlarda güçlü olduğu, araçların yeterlilik durumu, birbirlerinin yerini alıp alamama durumu, gerektiğinde hangi mesleki alanlarda, tasarım aşamasında kullanılabileceği ve işlevselliği gibi konular tartışılarak araştırma sorularının yanıtlarına ulaşılması planlanmaktadır. Ayrıca elde edilen sonuçlar doğrultusunda ileriye dönük olarak mesleki açıdan mimari görselleştirme işinin risk altında olup olmadığı? sorusuna da yanıtlar aranacaktır.

4.1 Fotogerçekçi Görselleştirme Araçları ve Yapay Zekâ Görselleştirme Araçlarının Karşılaştırmasında Kullanılacak Yöntemlerin Açıklanması

Bu bölümde bulanık mantık yapay zekâ türü kullanılarak yapılacak karşılaştırma işlemde kullanılacak yöntemlerle ilgili bilgilerin detaylandırılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda; bulanık mantık araçlarının incelenmesi, bulanık mantık yapay zekâ değerlendirme sisteminin nasıl oluşturulduğunun örnek çalışma üzerinden incelenmesi, karşılaştırma işlemi için gerekli olan parametrelerin ve ölçeklendirme değerlerinin oluşturularak FIS Editör'e işlenmesi, kullanılacak olan model sahnesinin oluşturulması ve prompt komutlarının tespit edilmesi bu bölümde ele alınacak başlıca konular olarak yer almaktadır.

4.1.1 Bulanık Mantık Araçlarının ve Kümelerinin İncelenmesi

Bu başlık altında bulanık küme içerisinde yer alan kesin küme yöntemi ve ayrık zamanlı küme yöntemi; bulanık mantık yöntemi, MATLAB aracı, FIS editörü ve Bulanık mantık yöntemlerinden olan Sugeno tipi ve Mamddani tipi incelenecektir.

Kesin Küme Yöntemi: Kesin küme yöntemi, %100 doğru veya %100 yanlış olarak kesin sonuçlar verebilen bir değerlendirme yöntemidir. Veriler 1 ve 0 değerleri olarak sonuçlanmaktadır. İkili mantık yönteminin, bulanık mantık içerisinde yer alan adlandırılmasıdır.

Ayrık Zamanlı Küme Yöntemi: Kabul edilen ana değer (1) belirlenmesi sonucunda, ana değere olan uzaklığa göre, ara değerlerin belirlenmesi sonucu ortaya çıkan değerlendirme yöntemidir.

Bulanık Mantık Yöntemi: Bulanık mantık, belirli durumları veya olayları, değerlendirmek için kullanılabilir. Bunun sebebi %100 doğru veya %100 yanlış olarak sonuçlar vermek yerine yaklaşık olarak değer bulmasıdır. Bulanık mantık yönteminde veriler, 1 ve 0 değerleri arasında değerler olarak sonuçlanmaktadır (Pirim, 2006).

MATLAB Aracı: MATLAB basit programlar hazırlamak için kullanılan bir yazılım aracıdır. Uygun sıra ve birbiri ardına işletilen diziler içermektedir. Dışarıdan bilgi girişini okuyarak, sonuç elde etmek için gerekli işlemler uygulamaktadır. İçerisinde kendine ait editörler de bulundurmaktadır (Uzunoğlu & Onar, 2003).

FIS Editör: FIS Editor, MATLAB Aracına ait Bulanık Mantık Aracıdır. (Fuzzy Toolbox). FIS Editör, bulanık mantık için gerekli olan girişlerin, çıkışların ve kuralların işlendiği bir araçtır. Tüm parametreler işlendikten sonra, değerlerin girilmesi ile sonuç değerini vermektedir (Alcı & Karatepe, 2002).

Sugeno Tipi FIS: Matematiksel fonksiyon olarak çıktı ifade etmektedir. Çıktılar daha analitik olarak hesaplanmaktadır. Elde edilen sonuç, kuralların ağırlıklı olarak ortalaması olarak hesaplanmaktadır.

Mamdani Tipi FIS: Kesin bir sayısal ifade ile çıktı vermektedir. İnsana benzer mantık kurallaması ile çalışmaktadır.

MATLAB aracı içerisinde bulunan FIS Editör ile Bulanık Mantık Değerlendirme Uygulaması, basit bir şekilde yapılmaktadır. “Nasıl Bulanık Mantık Değerlendirme Uygulaması yapılır?” sorusu üzerine literatür araştırmasından yararlanılacak ve FIS Editör kullanımı incelenerek, mimari tasarımda fotogerçekçi görüntüleme aracı ve görselleştirme yapay zekâ araçlarının karşılaştırılmasının değerlendirildiği bir sistem kodlaması yapılacaktır.

4.1.2 Bulanık Mantık Yapay Zekâ Türü ile FIS Editör Kullanımının Daha Önce Yapılmış Olan Örnek Çalışma Üzerinden İncelenmesi

Bu bölümde fotogerçekçi görselleştirme araçları ve yapay zekâ görselleştirme araçlarının karşılaştırmasında kullanılacak bulanık mantık yapay zekâ türü ile FIS editör kullanımının doğru şekilde uygulanabilmesi için tezin konusu ve alan çalışmasıyla örtüştüğü düşünülen, literatürde yer alan güncel uygulama örneklerinden (Çilek, 2021)’e ait çalışma incelenerek tezin alan çalışmasına ait yöntemin strüktüre edilmesinde kullanılması düşünülmüştür.

Bu örnek çalışmada, tedarikçi firmadan gelecek ürünler için bir puanlama sistemi yapılmıştır. Bu puanlama sistemi için bulanık mantık alt yapısı oluşturulmuştur. Puanları belirleyecek iki parametre bulunmaktadır; ödeme vadesi ve ürünün kalitesi. Bu durum sonucunda iki giriş verisi ve bir çıkış verisi bulunmaktadır. Bu veri setleri için üyelik kümelerinin oluşturulması gerekmektedir (Çilek, 2021).

- **Adım 1: Parametrelerin Oluşturulması**

Üyelik kümeleri, birer parametredir. Dört farklı derece vardır. Her dereceye ait bir kısaltma bulunmaktadır. Bulanık mantık tarafından, parametrelerin algılanabilmesi için, giriş ve çıkış üyelik kümelerinin oluşturulması gerekmektedir (Alcı & Karatepe, 2002).

Ödeme vadesi kümesi için dört farklı derece oluşturulmuştur.

1. 1-15 gün içerisinde ise; kötü (K)
2. 15-30 gün içerisinde ise; normal (N)
3. 30-60 gün içerisinde ise; güzel (G)
4. 60 gün ve sonrası için ise; çok güzel (ÇG)

Ürün kalitesi için dört farklı derece oluşturulmuştur.

1. Ürün kalitesi kötü ise; kötü (K)
2. Ürün kalitesi normal ise; normal (N)
3. Ürün kalitesi güzel ise; güzel (G)
4. Ürün kalitesi mükemmel ise; çok güzel (ÇG)

Çıkış için notlar verilmiştir; bu notlar hiç (H), az (A), orta (O), yüksek (Y), çok yüksek (ÇY) olacak şekilde belirlenmiştir (Çilek, 2021).

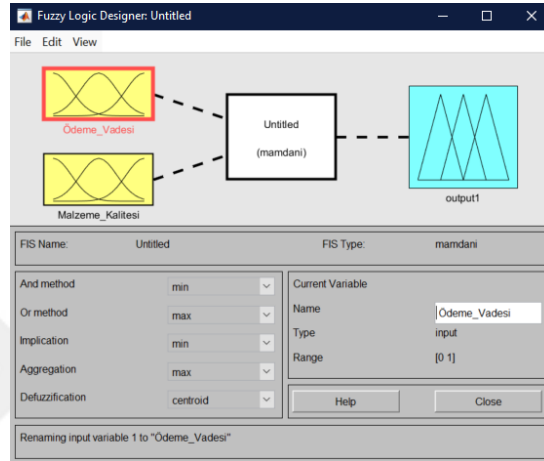
Grafik oluşturularak, giriş üyelerinin aldığı değerler ve çıkışında alacağı değerler tespit edilmiştir. Bu değerler, FIS Editör'e işlenmiştir. Örneğin: ödeme vadesi kötü, ürün kalitesi kötü ise hiç notunu alacakken; ürün kalitesi güzel, ödeme vadesi normal ise, orta değer alacaktır.

ÖDEME VADESİ	ÜRÜN KALİTESİ			
	K	N	G	ÇG
K	H	A	O	O
N	A	O	O	Y
G	A	O	Y	ÇY
ÇG	O	Y	ÇY	ÇY

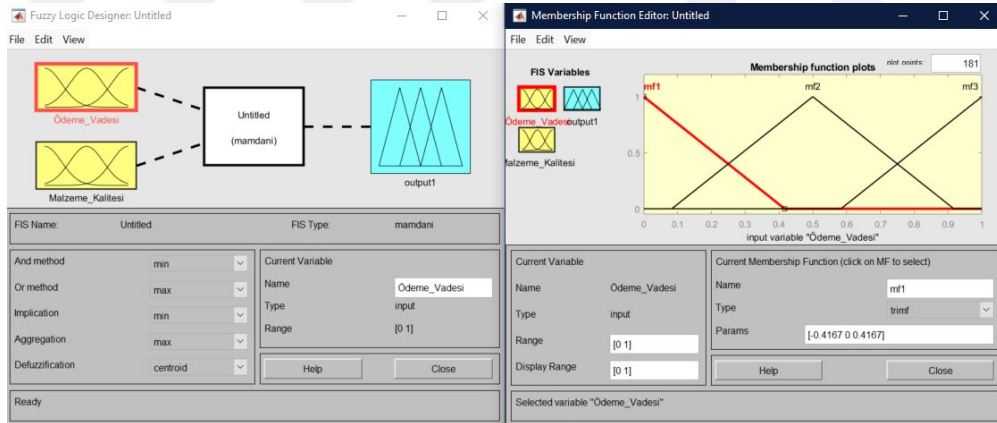
Şekil 4.1 FIS Editör Kullanımında Tedarik Puanlaması için Kurallar Değeri (Çilek, 2021)

- **Adım 2: Üyelik Fonksiyonlarının Belirlenmesi**

MATLAB uygulaması üzerinden “fuzzy” komutu ile, Şekil 4.2’de yer alan FIS Editör açılmaktadır. Açılan pencere üzerinden; girdi sayısı, çıktı sayısı ve isimleri değiştirilebilmektedir. Edit kısmında yer alan Üyelik Fonksiyonları Editörü (Membership Function Editor) aracılığıyla grafikler oluşturulmaya başlanmaktadır (Alcı & Karatepe, 2002).



Şekil 4.2 FIS Editör Kullanımında Fuzzy Komutu (Çilek, 2021)



Şekil 4.3 FIS Editör Kullanımında Üyelik Fonksiyonları Editörü Komutu (Çilek, 2021)

Editör üzerinden, parametrelere verilecek olan değerler işlenmektedir. Değerler işlendikten sonra ise çıktı parametresi içinde aynı işlem uygulanmaktadır (Alcı & Karatepe, 2002). Bu parametreler:

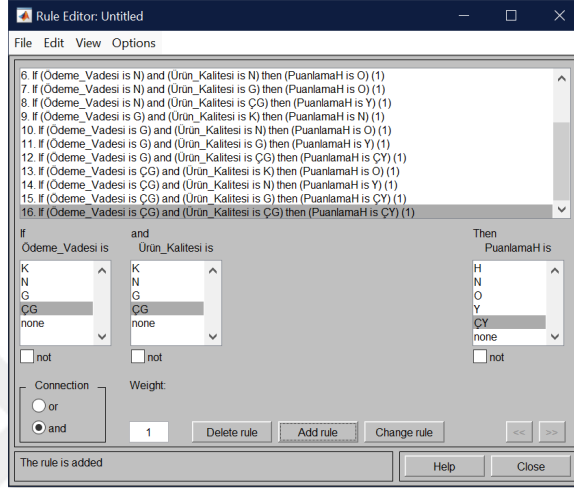
Range [0 100]: 0 ile 100 arasında girdi değeri

Type: trimf; tepe noktalı grafik, trapmf; tepe noktası aralık içeren grafik tipi

Params [0.01 33 66]: 0.01 ile 33 arası; kötüye yaklaşım, 33; normal, 33 ile 66 arası; güzele yaklaşım.

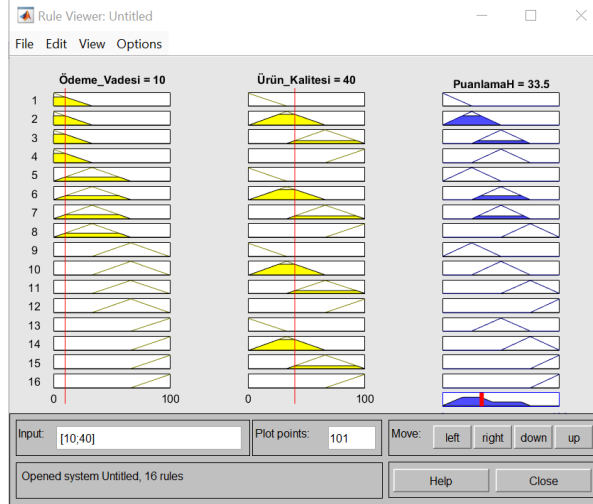
- **Adım 3: Kuralların Tanımlanması**

Kural Editörü (Rule Editor) aracılığıyla denklemler kullanılarak, kurallar FIS Editör sistemine işlenmektedir. Kurallar uzman bilgisi kullanılarak oluşturulmaktadır (Alcı & Karatepe, 2002). Kurallar “and (ve)”, “If (eğer)” ve “then (öyleyse)” komutlarından oluşmaktadır.



Şekil 4.4 FIS Editör Kullanılarak Kural Editörü Aracılığıyla Kural Tanımlamalarının İşlenmesi (Çilek, 2021)

- **Adım 4: Sonuç Değerlerinin Elde Edilmesi**



Şekil 4.5 Değerlerin İşlenmesi Üzerine, Sonuç Değerlerinin Elde Edilmesi (Çilek, 2021)

Sonuç değerlendirmeleri, verilen parametreler üzerinden yapılmaktadır. Bu aşamada en önemli konu, değerlerin giriş (input) alanından işlenmesidir.

Input [10, 40]: Ödeme vadesi, 10 puan; ürün kalitesi, 40 puan olduğunda; sonuç 33.5 puan olarak çıkmaktadır.

4.1.3 Fotogerçekçi Görselleştirme Araçları ve Yapay Zekâ Görselleştirme Araçlarının Karşılaştırması için Gereken Bulanık Mantık Yapay Zekâ Sisteminin Oluşturulması

Literatürde yer alan güncel uygulama örneklerinden (Çilek,2021)'e ait çalışma incelenmiş, tezin konusu ve alan çalışmasıyla örtüşecek şekilde, tez kapsamında yapılacak alan çalışmasının yöntemi strükture edilmiştir.

İlk olarak oluşturulan parametreler üzerinden derecelendirme işlemi yapılacaktır. Bulanık mantık yapay zekâ değerlendirme sistemine dereceler ve parametreler işlenecektir. Ardından uzman bilgisi ile kurallar tanımlanacak ve sonuç değerin elde edilebilmesi için sistem hazır hale getirilecektir.

- **Adım 1: Karşılaştırmada Kullanılacak Parametrelerin Oluşturulması**

Karşılaştırma parametreleri program özelinde, sayısal erişilebilirlik parametreleri, kullanım özellikleri parametreleri ve görüntü oluşturma ve işleme parametreleri olmak üzere üç farklı kategoriye ayrılmıştır. Sayısal erişilebilirlik parametresinde araca erişim durumu incelenmiştir. Aracın ücretlendirmesi, öğrenci sürümü ve önerilen sistem gereksinimi bu parametrelerin içerisinde yer almaktadır. Bu parametre türünde, bir araca erişim ne kadar uygun maliyete sahipse, o kadar yüksek puan alacaktır.

Kullanım özellikleri parametresinde, kullanıcının araç üzerindeki kontrol durumu incelenmiştir. Aracın BIM araçları ile entegre olması, arayüz durumu, kütüphane bulundurma, malzeme editörü bulundurma ve görüntü çıktısı editörü parametreleri bulunmaktadır. Bu parametre türünde, kullanıcının araç üzerindeki kontrolü ne kadar fazla ise, o kadar yüksek puan alacaktır.

Görüntü oluşturma ve işleme parametresinde ise aracın performans durumu incelenmiştir. Görüntü oluşturma hızı, görüntü kanalları oluşturma, görüntü çözünürlüğü, bütünlük, görüntü oluşturma kontrolü ve revize, ön tasarım, varyasyon ve işleme parametreleri göze alınacaktır. Bu parametrede programın, kullanıcı gibi davranarak, kendi başına ne kadar iş başarabiliyor ise, o kadar fazla puan alacaktır.

Karşılaştırma işlemi gerçekleştirilirken, araçların parametre içerisinde yer alan değerleri karşılaştırılmayacaktır. Üç ana parametre üzerinde karşılaştırma işlemi yapılacaktır. Parametreler arasında önem sıralaması bulunmaktadır. Fakat çalışmadaki

amaç, nicel veriler karşısında başarı durumu olmasından kaynaklı olarak, önem durumuna parametreler içerisinde yer verilmeyecektir.

Parametrelerin, FIS Editör grafiklerinin detayları Ek 4.1’de aktarılmıştır.

- **Sayısal Erişilebilirlik Parametrelerinin Belirlenmesi**

Ücretlendirme: Programların kullanılabilmesi için, programa ait lisansa sahip olmak gerekmektedir. Lisanslar ücretli olarak satılmaktadır. Bir lisans pahalı olmaya başladıkça kalite artar gibi bir durum söz konusu olmamaktadır. Bu parametre altında incelenme durumu, programın kalitesi olmamaktadır. İncelemede, lisansın az maliyete sahip olması istenmektedir.

Bu parametrede 2024 haziran ayına ait, önerilen paketler baz alınacaktır. Ödemelerin yıllık olması durumunda indirim sağlanmaktadır. Araştırma içerisinde bir ürünün yıllık ücreti üzerinden aylık ücretinde inceleme yapılacaktır.

Skala işlemi için değerlerin belirlenmesi, kapsam dahilinde bulunan araçların aylık fiyatlarının ortalaması ile tespit edilmiştir. Para birimi olarak Euro kullanılmıştır. Ortalama fiyatın 34,06 € olmasından dolayı, 30,00-40,00 € değer aralığı ortalama olarak sayılacaktır. Ücretsiz, ucuz, uygun, pahalı ve çok pahalı olmak üzere beşli derecelendirme içeren veri kümesi oluşturulmuştur. Bir lisansın yıllık ödemesi üzerinden aylık fiyatı, bulanık mantık yöntemi kullanılarak:

- 0,00€ ise ücretsiz (Mü); 1 puan alacaktır.
- 0,01€ ile 30,00€ arasında ise ucuz (Muc); 0.99 ile 0.51 arasında bir puan alacaktır.
- 30,00€ ile 40,00€ arasında ise ortalama (Mo); 0.50 puan alacaktır
- 40,00€ maliyetinden fazla ise pahalı (Mp); 0.49 ile 0.00 arasında bir puan alacaktır.
- 70,00€ üzeri 0 puan olarak kabul edilecektir (Mçp).

Denklem 4.1 Sayısal Erişilebilirlik Parametrelerinde, Ücretlendirme Skalası

Öğrenci Sürümü: Öğrenciler, maddi bir gelire sahip olmamaktadırlar. Bu sebepten araçlar, öğrenciler için özel sürümler veya indirimler yapmaktadırlar. Bu parametre altında araçların öğrencileri düşünmesi istenecektir. Alt paket bulunduran araçlar, öğrenci indirimi olarak sayılmamaktadır. 2024 yılı haziran ayı referans alınarak

ücretsiz, indirimli, düşüncesiz olmak üzere üçlü derecelendirme içeren veri kümesi oluşturulmuştur. Bir araç, ayırık zamanlı küme yöntemi kullanılarak:

- Ücretsiz ise (Öü); 1 puan alacaktır. Eğer program lisansı zaten ücretsiz ise; 1 puan alacaktır.
- İndirimli ise (Öi); 0.5 puan alacaktır.
- Düşüncesiz ise (Öd); 0 puan alacaktır.

Denklem 4.2 Sayısal Erişim Parametrelerinde, Öğrenci Sürümü Skalası

Önerilen Sistem Gereksinimi: Bilgisayarlar, sahip oldukları donanımlara göre bir güce sahiptirler. Güçlü bilgisayarlar, fotogerçekçi görüntüleme işlemlerini hızlı gerçekleştirmesinin yanında araçları en yüksek düzeyde çalıştırabilmektedir. Bir aracın kullanımında önerilen sistem seviyesi yeterli olmaktadır. Minimum sistem gereksinimi ise bilgisayar sisteminin, programı açabilmesi için yeterli olan gereksinimdir. Bu sistem türünde, program yavaş çalışacak ve zaman zaman takılmalar yaşayacaktır.

Bu parametrede araçların önerilen sistem durumları ele alınacaktır. Araçların istenilen önerilen sistem gereksinimleri resmi sitelerinden ve forumlardan tespit edilecektir. Ekran kartı, işlemci ve RAM olarak inceleme gerçekleştirilerek, 2024 haziran ayına ait ortalama fiyat üzerinden değerlendirme yapılacaktır. Skala işlemi için değerlerin belirlenmesi, internet taraması üzerinden gerçekleşmiştir. Ortalama olarak, uygun maliyetli oyun bilgisayarları referans alınmıştır. Para birimi olarak Türk lirası kullanılmıştır. Ucuz, uygun ve pahalı olmak üzere üçlü derecelendirme içeren veri kümesi oluşturulmuştur. Bilgisayar sistemi, bulanık mantık yöntemi kullanılarak:

- 0,00₺ ile 20.000,00₺ arasında ise ucuz (ösü); 1 ile 0.66 arasında bir puan alacaktır.
- 20.000,00₺ ile 40.000,00₺ arasında ise uygun (ösuy); 0.66 ile 0.33 arasında bir puan almaktadır. Fakat 25.000,00₺ ile 35.000,00₺ arasında ise, 0.50 puan alacaktır.
- 40.000,00₺ maliyetinden fazla ise pahalı (ösp); 0,33 ile 0 arasında bir puan alacaktır.

Denklem 4.3 Sayısal Erişilebilirlik Parametrelerinde, Önerilen Sistem Gereksinimleri

- **Kullanım Özellikleri Parametrelerinin Belirlenmesi**

BIM Araçları ile Etkileşime Sahip Olma Durumu: BIM Araçları, günümüz mimari tasarım teknolojisinde önemli bir yere sahip olmaktadır. Bu parametre altında kullanılan görselleştirme aracının, BIM araçları ile uyum içerisinde çalışabilme durumu gözlenecektir (Upstairs, 2024). Entegre, plugin ve entegre değil olmak üzere üçlü derecelendirme içeren veri kümesi oluşturulmuştur. Bir araç, ayrı zamanlı küme yöntemi kullanılarak:

- Entegre ise (BIMe); 1 puan alacaktır.
- Plugin ile entegre olabiliyor ise (BIMp); 0.5 puan alacaktır.
- Entegre değil ise (BIMd); 0 puan alacaktır.

Denklem 4.4 Kullanım Özellikleri Parametrelerinde, BIM Araçlarına Entegre Olma Durumu Skalası

Arayüz Durumu: Araçlar, birbirlerinden farklı arayüzlere sahiptir. Bazı arayüzler kullanım ve öğrenme konularında kolay bir tasarıma sahiptir. Bazı araçlarda ise detay parametreleri, ayarlar vb. konularda çokça araştırmaya ihtiyaç duymaktadırlar (Upstairs, 2024). Bu parametre Upstairs Youtube Kanalının yaptığı anketler sonucu oluşturulan karşılaştırma videosu referans alınarak oluşturulmuştur. Öğrenimi kolay, orta ve zor olmak üzere üçlü derecelendirme içeren veri kümesi oluşturulmuştur. Bir araç, ayrı zamanlı küme yöntemi kullanılarak:

- Öğrenimi kolay ise (Ök); 1 puan alacaktır.
- Öğrenimi orta ise (Öo); 0.5 puan alacaktır.
- Öğrenimi zor ise (Öz); 0 puan alacaktır.

Denklem 4.5 Kullanım Özellikleri Parametrelerinde, Öğrenim Kolaylığı Skalası

Kütüphane Bulundurma: Araçlar içerisinde kendilerine ait kütüphaneler bulunmaktadır. Bu kütüphaneler objelere sahip olmaktadır. Kütüphane bulundurma durumu, kullanıcılara kolaylık sağlamaktadır. Kütüphane mevcut ve değil olmak üzere ikili derecelendirme içeren veri kümesi oluşturulmuştur. Bir araç, kesin küme yöntemi kullanılarak:

- Kütüphaneye sahip ise (Ks); 1 puan alacaktır.
- Kütüphaneye sahip değil ise (Kd); 0 puan alacaktır.

Denklem 4.6 Kullanım Özellikleri Parametrelerinde, Kütüphane Bulundurma Skalası

Malzeme Editörü Bulundurma: Araçların içerisinde bulunan kütüphanelerdeki dokular bazen yeterli olmamaktadır. Bu sebepten programların malzeme editörüne sahip olması gerekmektedir. Bu parametrede malzeme editörüne sahip olma durumu incelenecektir (Upstairs, 2024). Bu parametre Upstairs Youtube Kanalının yaptığı anketler sonucu oluşturulan karşılaştırma videosu referans alınarak oluşturulmuştur. Detaylı malzeme editörüne sahip, malzeme editörüne sahip ve malzeme editörüne sahip değil olmak üzere üçlü derecelendirme içeren veri kümesi oluşturulmuştur. Bir araç, ayrık zamanlı küme yöntemi kullanılarak:

- Detaylı malzeme editörüne sahip ise (Mde); 1 puan alacaktır.
- Malzeme editörüne sahip ise (Me); 0.5 puan alacaktır.
- Malzeme editörüne sahip değil ise (Ms); 0 puan alacaktır.

Denklem 4.7 Kullanım Özellikleri Parametrelerinde, Malzeme Editörü Bulundurma Skalası

Görüntü Çıktısı Editörü Bulundurma: Fotogerçekçi görselleştirme işlemi sonrası, görüntülerinin düzenlenmesi gerekmektedir. Photoshop ile yapılan bu düzenleme işlemlerinde ısı değeri, kontrast gibi ayarlamalar yapılmaktadır. Photoshop haricinde, araçlar kendi içerisinde bu editörü bulundurabilmektedir (Upstairs, 2024). Bu parametre Upstairs Youtube Kanalının yaptığı anketler sonucu oluşturulan karşılaştırma videosu referans alınarak oluşturulmuştur. İleri seviye editöre sahip, editöre sahip ve sahip değil olmak üzere üçlü derecelendirme içeren veri kümesi oluşturulmuştur. Bir araç, ayrık zamanlı küme yöntemi kullanılarak:

- İleri seviye editöre sahip ise (Gçi); 1 puan alacaktır.
- Sahip ise (Gçs); 0.5 puan alacaktır.
- Sahip değil ise (Gçd); 0 puan alacaktır.

Denklem 4.8 Kullanım Özellikleri Parametrelerinde, Görüntü Çıktısı Editörü Bulundurma Skalası

- **Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametrelerinin Belirlenmesi**

Görüntü Oluşturma Hızı: Modellenen sahne üzerinde fotogerçekçi görüntüleme işlemi gerçekleşecektir. Fotogerçekçi görüntüleme süreleri, bilgisayar gücüne bağlı olarak günlerce sürebilmektedir. Render süresini eşit olarak ölçebilmek adına, tek bir bilgisayar kullanılacaktır. Bu parametrede dış fotogerçekçi görselleştirme çıktısının süresi ve iç fotogerçekçi görselleştirme çıktısının süresi ele alınmıştır. Render süresinin kısa olması istenmektedir. Çok hızlı, hızlı, ortalama hız, yavaş ve çok yavaş

olmak üzere beşli derecelendirme içeren veri kümesi oluşturulmuştur. Render süresi, bulanık mantık yöntemi kullanılarak:

- 0 dakika ile 5 dakika arasında ise çok hızlı (Göç); 1 ile 0.95 arasında bir puan alacaktır.
- 5 dakika ile 15 dakika arasında ise hızlı (Göh); 0.94 ile 0.85 arasında bir puan alacaktır.
- 15 dakika ile 45 dakika arasına ise ortama hız (Göo); 0.84 ile 0.55 arasında bir puan alacaktır.
- 45 dakika ile 90 dakika arasında ise yavaş (Göy); 0.54 ile 0.10 arasında bir puan alacaktır.
- 90 dakikadan uzun sürmekte ise çok yavaş (Göçy); 0.09 ile 0.00 arasında bir puan alacaktır.

Denklem 4.9 Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametrelerinde, Görüntü Oluşturma Hızı Skalası

Görüntü Çözünürlüğü: Araçların görüntü çıktılarında çözünürlük ne kadar yüksek olursa, görüntü kalitesi o kadar yükselmektedir. Bu parametre de yüksek çözünürlük aranacaktır. 480P, HD (720p), FHD (1080p), QHD (1440P-2K), UHD (2160p-4K) olmak üzere beşli derecelendirme içeren veri kümesi oluşturulmuştur. Görüntü kalitesi, ayrıklı zamanlı küme yöntemi kullanılarak:

- UHD ise; 1 puan alacaktır.
- QHD ise; 0.75 puan alacaktır.
- FHD ise; 0.50 puan alacaktır.
- HD ise; 0.25 puan alacaktır.
- 480p ise; 0 puan alacaktır.

Denklem 4.10 Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametrelerinde, Görüntü Çözünürlüğü Skalası

Görüntü Kanalları Oluşturma: Fotogerçekçi görüntüleme araçları sonrası, görüntülerinin düzenlenmesi gerekmektedir. Düzenleme işlemini kolaylaştırmak adına yansıma, geçirgenlik, malzeme numarası gibi ekstra görüntü kanalları oluşturulmaktadır. Mevcut ve mevcut değil olarak ikili derecelendirme içeren veri kümesi oluşturulmuştur. Değerler, kesin küme yöntemi kullanılarak:

- Mevcut ise (Gk); 1 puan alacaktır.
- Mevcut değil ise (Gkm); 0 puan alacaktır.

Denklem 4.11 Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametrelerinde, Görüntü Kanalları Skalası

Ön Tasarım: Tasarım yaratılırken tasarımcılar, fikir edinme ve düşüncelerini görsele dökme ihtiyacı duyabilmektedir (Tapkı, 2024). Hızlı üretim ile bir ön çalışma yapılarak malzeme gibi konularda ön fikir alınabilmektedir. Bu parametrede ön tasarım konusunda fikir verme yeteneği incelenecektir (Eloy, 2024.) Fikir verebilmekte ve verememekte olmak üzere ikili derecelendirme içeren veri kümesi oluşturulmuştur. Bir araç, kesin küme yöntemi kullanılarak:

- Ön tasarım fikri verebilmekte ise (Öt); 1 puan alacaktır.
- Ön tasarım fikri verememekte ise (Öd); 0 puan alacaktır.

Denklem 4.12 Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametrelerinde, Ön Tasarım Skalası

Bütünlük: Fotogerçekçi görüntülerde, farklı açılardan da bakış açısı istenmektedir. Farklı açılarda aynı model üzerinde, aynı düzen ve aynı malzemeler yer alması gerekmektedir. Bu parametrede aranılan özellik fotogerçekçi görüntülerinin bütünlük sağlamasıdır. Benzer parametresi, doku veya düzenden birinin farklı olduğu durumlarda kullanılmaktadır (Eloy, 2024) Bütün, benzer ve alakasız olmak üzere üçlü derecelendirme içeren veri kümesi oluşturulmuştur. Değerler, ayırık zamanlı küme yöntemi kullanılarak:

- Bütün ise (Bbt); 1 puan alacaktır.
- Benzer ise (Bbz); 0.5 puan alacaktır.
- Alakasız ise (Ba); 0 puan alacaktır.

Denklem 4.13 Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametrelerinde, Bütünlük ve Tutarlılık Skalası

Varyasyon: Sabit bir modellemede üzerinden “başka bir tasarım kullanılsa, nasıl olurdu?” sorusu üzerine bu parametrede tasarımın, otomatik bir şekilde değiştirilmesi sonucu varyasyon oluşturma durumu araştırılmıştır. Varyasyon mevcut ve varyasyon mevcut değil olmak üzere ikili derecelendirme içeren veri kümesi oluşturulmuştur. Kesin küme yöntemi kullanılarak:

- Mevcut ise (Vm); 1 puan almaktadır.
- Mevcut değil ise (Vd); 0 puan almaktadır.

Denklem 4.14 Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametrelerinde, Varyasyon Skalası

Görüntü Oluşturma Kontrolü ve Revize: Yapılacak olan çalışmada, kontrol parametresi ele alınacaktır. Bu parametre üzerinde yapay zekâ araçlarında, modeli değiştirmeden küçük revizelerin otomatik olarak yapılma durumu araştırılacaktır.

İstenilen revizenin doğru algılanması beklenmektedir (Eloy, 2024). Aynı zamanda bütünlük kurallarının uygulanması istenmektedir. Örneğin; tezgâhın daha büyük olması istenecektir. Dijital araçlarda ise model üzerinde istenilen değişikliği yapmak bir zorundalıktır. Doğru algılama ve bütünlük sabit, doğru algılama ve bütünlük başarısız, algılama mevcut değil olmak üzere üçlü derecelendirme içeren veri kümesi oluşturulmuştur. Algılamalar, ayrık zamanlı küme yöntemi kullanılarak:

- Doğru ve bütün ise (Rdb); 1 puan almaktadır.
- Doğru ve bütünlük eksik ise (Rd); 0.5 puan almaktadır.
- Sisteme sahip değil ise (Rs); 0 puan almaktadır.

Denklem 4.15 Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametrelerinde, Görüntü Oluşturma Kontrolü ve Revize Skalası

İşleme: Modeller içerisinde malzeme, tefriş, insan gibi objeleri yerleştirme işlemleri yapılmaktadır. Modellemede ana tefrişler (lavabo, dolaplar vb.) çizilecektir fakat detay öğeleri (bardak, baharatlık vb.) çizilmeyecektir. Bu parametrede aranan özellik, bu işlemlerin otomatik olarak yapılmasıdır. Yapılmaması durumunda kütüphanesinde bulundurulması gerekmektedir. Otomatik, Kütüphanede mevcut, Kütüphanede mevcut değil olarak üçlü derecelendirme içeren veri kümesi oluşturulmuştur. Değerler, ayrık zamanlı küme yöntemi kullanılarak:

- Otomatik ise (To); 1 puan almaktadır.
- Kütüphanede mevcut ise (Tk); 0.5 puan almaktadır.
- Kütüphanede mevcut değil ise (Tkd); 0 puan almaktadır.

Denklem 4.16 Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametrelerinde, İşleme Skalası

• Sonuç Parametrelerinin Belirlenmesi

Sayısal Erişilebilirlik Parametre Sonucu Skala Değerlerinin Belirlenmesi: Araçlar en fazla 3 puan alabilmektedir. Çıkan sonuç aritmetik ortalama işlemine alınarak, bulunduğu değer skalası tespit edilecektir. Beşli derecelendirme içeren veri kümesi oluşturulmuştur. Bulanık mantık yöntemi kullanılarak:

- 1 ile 0.75 arasında ise; Kolay Erişim (Seke)
- 0,75 ile 0,50 arasında ise; İdeal Erişim (Seie)
- 0,50 ise; Ortalama Erişim (Seoe)
- 0,50 ile 0,25 arasında ise; Zor Erişim (Seze)
- 0,25 ile 0,00 arasında ise; Çok Zor Erişim (Seçze)

Denklem 4.17 Sayısal Erişilebilirlik Parametresinde Sonuç Skalası

Kullanım Özellikleri Parametre Sonucu Skala Değerlerinin Belirlenmesi: Araçlar en fazla 5 puan alabilmektedir. Çıkan sonuç aritmetik ortalama işlemine alınarak, bulunduğu değer skalası tespit edilecektir. Beşli derecelendirme içeren veri kümesi oluşturulmuştur. Bulanık mantık yöntemi kullanılarak:

- 1 ile 0.75 arasında ise; Yetenekli (Köy)
- 0,75 ile 0,50 arasında ise; İdeal (Köi)
- 0,50 ise; Ortalama (Köo)
- 0,50 ile 0,25 arasında ise; Yeteneksiz (Köys)
- 0,25 ile 0,00 arasında ise; Yetersiz (Köyt)

Denklem 4.18 Sayısal Kullanım Özellikleri Parametresinde Sonuç Skalası

Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametre Sonucu Skala Değerlerinin Belirlenmesi: Araçlar en fazla 8 puan alabilmektedir. Çıkan sonuç aritmetik ortalama işlemine alınarak, bulunduğu değer skalası tespit edilecektir. Beşli derecelendirme içeren veri kümesi oluşturulmuştur. Bulanık mantık yöntemi kullanılarak:

- 1 ile 0.75 arasında ise; Yetenekli (Göiy)
- 0,75 ile 0,50 arasında ise; Kullanışlı (Göik)
- 0,50 ise; Ortalama (Göio)
- 0,50 ile 0,25 arasında ise; Vasat (Göiv)
- 0,25 ile 0,00 arasında ise; Kullanışsız (Göiks)

Denklem 4.19 Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametre Sonucu Parametresinde Sonuç Skalası

Genel Sonuç Skala Değerlerinin Belirlenmesi: Bir program en fazla 16, en az 0 puan alabilmektedir. Bulanık mantık değerlendirme işlemi sonrası çıkan sonuçlar, değer aralığında sıralanacaktır. Yedili derecelendirme içeren veri kümesi oluşturulmuştur. Bulanık mantık yöntemi kullanılarak:

- 1 ile 0.83 arasında ise; çok iyi (Sçi),
- 0.83 ile 0.66 arasında ise; iyi (Si),
- 0.66 ile 0.5 arasında ise; ortalama üstü (Soü),
- 0.5 ise; ortalama (So),
- 0.5 ile 0.33 arasında ise; ortalama altı (Soa),
- 0.33 ile 0.16 arasında ise; kötü (Sk),
- 0.16 ile 0 arasında ise; çok kötü (Sçk) puan alacaktır.

Denklem 4.20 Genel Sonuç Skalası

Adım 2: Üyelik Fonksiyonlarının Belirlenmesi

Belirlenen parametrelerin, kullanılabilmesi için değerlerin FIS Editör'e işlenmesi gerekmektedir. MATLAB aracı açılarak "fuzzy" komutu yazılmıştır. Fuzzy komutu ile FIS Editör açılmıştır. Açılan FIS Editör üzerine giriş ve çıkış değerleri işlenerek fonksiyonlar belirlenmiştir.

Kurallar uzman bilgisi kullanılarak yazılmaktadır. Bulanık yapay zekâ için 16 giriş ve 4 çıkış kullanmak, yazılacak olan kural sayısının milyonlara ulaşmasına neden olmaktadır. Bu durum düşünülerek giriş ve çıkış değerleri, parametrelere göre ayrılmıştır:

Sayısal Erişilebilirlik Parametresi 3 giriş ve 1 çıkıştan oluşmaktadır.

Kullanım Özellikleri Parametresi 5 giriş ve 1 çıkıştan oluşmaktadır.

Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametresi 8 giriş ve 1 çıkıştan oluşmaktadır.

Genel Çıkış Parametresi 3 giriş ve 1 çıkıştan oluşmaktadır.

Parametrelerin, Detaylı olarak FIS Editör'e işlenmesi Ek 4.1'de yer alan tabloda verilmiştir.

- **Adım 3: Kuralların Oluşturulması**

Bu bölümde sayısal erişilebilirlik parametrelerine, kullanım özellikleri parametrelerine ve görüntü oluşturma ve işleme parametrelerine ait kurallar oluşturulacaktır.

Sayısal Erişilebilirlik Parametre Değerlerinin Kurallarının Oluşturulması

Tablodaki değerler parametrelerin oluşturulması bölümünde yer alan, parametre değerleri dikkate alınarak oluşturulmuştur. Kaç adet kuralın oluşturulması gerektiğinin tespiti matematiksel bir işlem ile yapılabilmektedir. "5x3x3= 45" farklı kural yer alacaktır fakat parametre içerisinde aralıkları temsil eden değerler bulunmasından dolayı, bu değerler minimum ve maksimum olarak ayrı bir şekilde değerlendirilecektir. Bu değerlendirme işlemleri Excel üzerinden hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu elde edilen kurallar, FIS Editör sistemine tanımlanmıştır. Sayısal Erişilebilirlik Parametresinde toplam yüz yirmi altı (126) tane kural oluşturulmuştur. Kuralların detaylı olarak işlenmesi ve hesaplanma işlemleri Ek 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.1 Sayısal Erişilebilirlik Parametrelerinin Dereceleri

Skala Dereceleri Parametreler	1	2	3	4	5
Ücretlendirme	Ücretsiz (1)	Ucuz (0.99-0.51)	Ortalama (0.50)	Pahalı (0.49-0.01)	Çok Pahalı (0.00)
Öğrenci Sürümü	Ücretsiz (1)	İndirimli (0.50)	Düşüncesiz (0)		
Önerilen Sistem Gereksinimleri	Ucuz (1-0.66)	Uygun (0.66-0.33)	Pahalı (0.33-0.00)		
Sayısal Erişilebilirlik Parametresinde Sonuç Değerler	Kolay Erişim (1-0.75)	İdeal Erişim (0.75-0.50)	Ortalama Erişim (0.50)	Zor Erişim (0.50-0.25)	Çok Zor Erişim (0.25-0.00)

99. If (Ücretlendirme is Mp) and (Öğrenci_Sürümü is Oi) and (Önerilen_Sistem_Gereksinimi is Osp) then (Sayısal	^
100. If (Ücretlendirme is Mp) and (Öğrenci_Sürümü is Öü) and (Önerilen_Sistem_Gereksinimi is Ösu) then (Sayı	
101. If (Ücretlendirme is Mp) and (Öğrenci_Sürümü is Öü) and (Önerilen_Sistem_Gereksinimi is Ösuy) then (Sayı	
102. If (Ücretlendirme is Mp) and (Öğrenci_Sürümü is Öü) and (Önerilen_Sistem_Gereksinimi is Ösp) then (Sayı	
103. If (Ücretlendirme is Mp) and (Öğrenci_Sürümü is Oi) and (Önerilen_Sistem_Gereksinimi is Ösu) then (Sayı	
104. If (Ücretlendirme is Mp) and (Öğrenci_Sürümü is Oi) and (Önerilen_Sistem_Gereksinimi is Ösuy) then (Sayı	
105. If (Ücretlendirme is Mp) and (Öğrenci_Sürümü is Oi) and (Önerilen_Sistem_Gereksinimi is Ösp) then (Sayı	
106. If (Ücretlendirme is Mp) and (Öğrenci_Sürümü is Oi) and (Önerilen_Sistem_Gereksinimi is Ösp) then (Sayı	
107. If (Ücretlendirme is Mp) and (Öğrenci_Sürümü is Oi) and (Önerilen_Sistem_Gereksinimi is Ösp) then (Sayı	
108. If (Ücretlendirme is Mp) and (Öğrenci_Sürümü is Oi) and (Önerilen_Sistem_Gereksinimi is Ösp) then (Sayı	^

Şekil 4.6 Sayısal Erişilebilirlik Parametre Kurallarının FIS Editör'e İşlenmesi

Kullanım Özellikleri Parametre Değerlerinin Kurallarının Oluşturulması

Tablodaki değerler parametrelerin oluşturulması bölümünde yer alan, parametre değerleri dikkate alınarak oluşturulmuştur. Kaç adet kuralın oluşturulması gerektiğinin tespiti matematiksel bir işlem ile yapılabilmektedir. Bu işlem sayısal erişilebilirlik parametresinin kurallarının oluşturulması başlığı altında açıklanmıştır. Bu sebepten “ $3 \times 3 \times 2 \times 3 \times 3 = 162$ ” farklı kural yer alacaktır ve sonuca ulaşılacaktır. Ara değer parametresi bulunmamaktadır. Bu değerlendirme işlemleri Excel üzerinden hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu elde edilen kurallar, FIS Editör sistemine tanımlanmıştır. Kullanım Özellikleri Parametresinde toplam yüz altmış iki (162) tane kural oluşturulmuştur. Kuralların işlenmesi ve hesaplanma işlemleri Ek 4.3’te detaylı olarak verilmiştir.

Tablo 4.2 Kullanım Özellikleri Parametrelerinin Dereceleri

Skala Dereceleri Parametreler	1	2	3	4	5
BIM Araçları	Entegre (1)	Plugin (0.5)	Mevcut Değil (0.00)		
Arayüz Durumu	Öğrenimi Kolay (1)	Öğrenimi Orta (0.50)	Öğrenimi Zor (0.00)		
Kütüphane Bulundurma	Sahip (1)	Sahip Değil (0.00)			
Malzeme Editörü Bulundurma	Detaylı Editör (1)	Sahip (0.50)	Sahip Değil (0.00)		
Çıktı Editörü Bulundurma	İleri Seviye (1)	Sahip (0.50)	Sahip Değil (0.00)		
Kullanım Özellikleri Parametresinde Sonuç	Yetenekli (1-0.75)	Kullanışlı (0.75-0.50)	Ortalama (0.50)	Vasat (0.50-0.25)	Kullanışsız (0.25-0.00)

```

153. If (BIM_Araçları is BIMd) and (Arayüz_Durumu is Öz) and (Kütüphane_Bulundurma is Ks) and (Malzeme_Edi
154. If (BIM_Araçları is BIMd) and (Arayüz_Durumu is Öz) and (Kütüphane_Bulundurma is Kd) and (Malzeme_Edi
155. If (BIM_Araçları is BIMd) and (Arayüz_Durumu is Öz) and (Kütüphane_Bulundurma is Kd) and (Malzeme_Edi
156. If (BIM_Araçları is BIMd) and (Arayüz_Durumu is Öz) and (Kütüphane_Bulundurma is Kd) and (Malzeme_Edi
157. If (BIM_Araçları is BIMd) and (Arayüz_Durumu is Öz) and (Kütüphane_Bulundurma is Kd) and (Malzeme_Edi
158. If (BIM_Araçları is BIMd) and (Arayüz_Durumu is Öz) and (Kütüphane_Bulundurma is Kd) and (Malzeme_Edi
159. If (BIM_Araçları is BIMd) and (Arayüz_Durumu is Öz) and (Kütüphane_Bulundurma is Kd) and (Malzeme_Edi
160. If (BIM_Araçları is BIMd) and (Arayüz_Durumu is Öz) and (Kütüphane_Bulundurma is Kd) and (Malzeme_Edi
161. If (BIM_Araçları is BIMd) and (Arayüz_Durumu is Öz) and (Kütüphane_Bulundurma is Kd) and (Malzeme_Edi
162. If (BIM_Araçları is BIMd) and (Arayüz_Durumu is Öz) and (Kütüphane_Bulundurma is Kd) and (Malzeme_Edi

```

Şekil 4.7 Kullanım Özellikleri Parametre Kurallarının FIS Editör’e İşlenmesi

Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametre Değerlerinin Kurallarının Oluşturulması

Tablodaki değerler parametrelerin oluşturulması bölümünde yer alan, parametre değerleri dikkate alınarak oluşturulmuştur. “5x2x5x3x3x2x2x3= 5400” farklı kural yer alacaktır ve sonuca ulaşılacaktır fakat parametre içerisinde aralıkları temsil eden

değerler bulunmasından dolayı, bu değerler minimum ve maksimum olarak ayrı bir şekilde değerlendirilecektir. Değerlendirme işlemleri Excel üzerinden hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu elde edilen kurallar, FIS Editör sistemine tanımlanmıştır. Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametresinde toplam on bin sekiz yüz (10800) tane kural oluşturulmuştur. Kuralların detaylı olarak işlenmesi ve hesaplanma işlemleri Ek 4.4'te verilmiştir.

Tablo 4.3 Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametrelerinin Dereceleri

Skala Dereceleri Parametreler	1	2	3	4	5			
Görüntü Oluşturma Hızı	Çok Hızlı (1-0.95)	Hızlı (0.94-0.85)	Ortalama Hız (0.84-0.55)	Yavaş (0.54-0.10)	Çok Yavaş (0.09-0.00)			
Görüntü Kanalları Oluşturma	Mevcut (1)	Mevcut Değil (0.00)						
Görüntü Çözünürlüğü	UHD-4K (1)	QHD-2K (0.75)				FHD (0.50)	HD (0.25)	480p (0.00)
Bütünlük	Bütün (1)	Benzer (0.50)				Alakasız (0.00)		
Revize	Doğru ve Bütün (1)	Doğru (0.50)				Mevcut Değil (0.00)		
Ön Tasarım	Mevcut (1)	Mevcut Değil (0.00)						
Varyasyon	Mevut (1)	Mevcut Değil (0.00)						
İşleme	Otomatik (1)	Kütüphane (0.50)				Mevcut Değil (0.00)		
Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametresinde Sonuç	Yetenekli (1-0.75)	Kullanışlı (0.75-0.50)	Ortalama (0.50)	Vasat (0.50-0.25)	Kullanışsız (0.25-0.00)			

Genel Sonuç Parametre Değerlerinin Kurallarının Oluşturulması

Tablodaki değerler parametrelerin oluşturulması bölümünde yer alan, parametre değerleri dikkate alınarak oluşturulmuştur. “5x5x5= 125” farklı kural yer alacaktır ve sonuca ulaşılacaktır fakat parametre içerisinde aralıkları temsil eden değerler bulunmasından dolayı, bu değerler minimum ve maksimum olarak ayrı bir şekilde değerlendirilecektir. Değerlendirme işlemleri Excel üzerinden hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucu elde edilen kurallar, FIS Editör sistemine tanımlanmıştır. Genel Sonuç Parametresinde toplam yedi yüz kırk dokuz (749) tane kural oluşturulmuştur. Kuralların detaylı işlenmesi ve hesaplanma işlemleri Ek 4.5’te verilmiştir.

Tablo 4.4 Tüm Sonuç Parametre Dereceleri

Skala Dereceleri	1	2	3	4	5	6	7
Sonuçlar							
Sayısal Erişilebilirlik Parametresinde Sonuç Değerler	Kolay Erişim (1-0.75)	İdeal Erişim (0.75-0.50)	Ortalama Erişim (0.50)	Zor Erişim (0.50-0.25)	Çok Zor Erişim (0.25-0.00)		
Kullanım Özellikleri Parametresinde Sonuç	Yetenekli (1-0.75)	Kullanışlı (0.75-0.50)	Ortalama (0.50)	Vasat (0.50-0.25)	Kullanışsız (0.25-0.00)		
Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametresinde Sonuç	Yetenekli (1-0.75)	Kullanışlı (0.75-0.50)	Ortalama (0.50)	Vasat (0.50-0.25)	Kullanışsız (0.25-0.00)		
Genel Sonuç	Çok İyi (1-0.83)	İyi (0.83-0.66)	Ortalama Üstü (0.66-0.50)	Ortalama (0.50)	Ortalama Altı (0.50-0.33)	Kötü (0.33-0.16)	Çok Kötü (0.16-0.00)

- **Tüm Parametre Kurallarının Bir Arada Olduğu Tablonun Oluşturulması**

Tablo 4.5 Karşılaşmada Yer Alan Tüm Parametre Dereceleri

Skala Dereceleri Parametreler	1	2	3	4	5	6	7		
Ücretlendirme	Ücretsiz (1)	Ucuz (0.99-0.51)	Ortalama (0.50)	Pahalı (0.49-0.01)	Çok Pahalı (0.00)				
Öğrenci Sürümü	Ücretsiz (1)	İndirimli (0.50)	Düşüncesiz (0)						
Önerilen Sistem Gereksinimleri	Ucuz (1-0.66)	Uygun (0.66-0.33)	Pahalı (0.33-0.00)						
BIM Araçları	Entegre (1)	Plugin (0.5)	Mevcut Değil (0.00)						
Arayüz Durumu	Öğrenimi Kolay (1)	Öğrenimi Orta (0.50)	Öğrenimi Zor (0.00)						
Kütüphane Bulundurma	Sahip (1)	Sahip Değil (0.00)							
Malzeme Editörü Bulundurma	Detaylı Editör (1)	Sahip (0.50)			Sahip Değil (0.00)				
Çıktı Editörü Bulundurma	İleri Seviye (1)	Sahip (0.50)			Sahip Değil (0.00)				
Görüntü Oluşturma Hızı	Çok Hızlı (1-0.95)	Hızlı (0.94-0.85)	Ortalama Hız (0.84-0.55)	Yavaş (0.54-0.10)	Çok Yavaş (0.09-0.00)				
Görüntü Kanalları Oluşturma	Mevcut (1)	Mevcut Değil (0.00)							
Görüntü Çözünürlüğü	UHD-4K (1)	QHD-2K (0.75)					FHD (0.50)	HD (0.25)	480p (0.00)
Bütünlük	Bütün (1)	Benzer (0.50)					Alakasız (0.00)		
Revize	Doğru ve Bütün (1)	Doğru (0.50)	Mevcut Değil (0.00)						
Ön Tasarım	Mevcut (1)	Mevcut Değil (0.00)							
Varyasyon	Mevut (1)	Mevcut Değil (0.00)							
İşleme	Otomatik (1)	Kütüphane (0.50)	Mevcut Değil (0.00)						
Genel Sonuç	Çok İyi (1-0.83)	İyi (0.83-0.66)	Ortalama Üstü (0.66-0.50)					Ortalama (0.50)	Ortalama Altı (0.5-0.33)

4.1.4 Fotogerçekçi Görselleştirme Araçları ve Yapay Zekâ Görselleştirme Araçlarının Karşılaştırılması İçin Kullanılacak Olan Modellemenin ve Görüntülerin Oluşturulması

Modelleme, bir yapının 3D olarak, dijital ortamda çizilmesinden oluşmaktadır. 3D olarak çizilen bir yapı, kütüphanedeki öğeler ile süslenerek, fotogerçekçi görselleştirme aracı ile gerçekçi görüntüler oluşturularak sunum aşamasında kullanılmaktadır. Yapay zekâ görselleştirme araçlarının sunum aşaması için yeterli bir görsel oluşturma durumu ve fotogerçekçi görselleştirme araçların yerini alabilecek mi sorusu üzerine, bu alan çalışmasının gerçekleştirilmesi planlanmıştır.

Fotogerçekçi görselleştirme araçları, modele ait sahnenin obje ve malzeme yoğunluğuna göre görsel oluşturma hızına sahiptir. Hız, ölçülebilen bir değişken değerdir. Bu sebepten sahneyi sabit tutarak, hız değerinin doğru ölçülmesi amaçlanmıştır.

Aynı zamanda yapay zekâ araçları tarafından gerçekçi bir görsel oluşturmak için taslak görselle ihtiyaç duyulmaktadır. Taslak sabit tutularak, belirli bir görsel üzerinden, yapılmak istenen işlemler test edilecek ve değişken ölçülecektir.

Testlerde yapay zekâ araçlarının görseli değiştirmeden işleyebilmesi istenecektir. Farklı bir ürün istenilen bir durum değildir. Bu sebepten yapay zekâ görselleştirme araçları ilk olarak ön tasarım parametresi üzerinde denenecektir. Eğer yapay zekâ görselleştirme aracı, ana görsel ile farklı bir çalışma gerçekleştiriyor ise alan çalışmasında yer almayacaktır. Bu sebeplerden dolayı, modelleme yapılmasına ihtiyaç duyulmuştur.

Modelleme dış ve iç mekân olarak iki ayrı sahnede gerçekleştirilecektir. Bu durumun sebepleri arasında: Yapay zekâ görselleştirme aracının mimari görselleştirme ve iç mimari görselleştirme için hizmet durumunun tespit edilmesi, iç mekânda tefrişat ve mekân tanıma durumunun incelenmesi, dış mekânda gökyüzü durumunun incelenmesi gibi durumlar yer almaktadır.

Modelleme Aracının Belirlenmesi

Fotogerçekçi görselleştirme araçlarını kullanabilmek için, fotogerçekçi görselleştirme araçları ile entegre çalışan modelleme aracı kullanmak gerekmektedir. Alan çalışmasında yapılacak olan karşılaştırma için fotogerçekçi görselleştirme aracının fazla olması istenmektedir. Modelleme araçlarından 3Ds Max, Enscape ve Twinmotion fotogerçekçi görselleştirme araçları ile entegre olarak çalışmamaktadır. Fakat Rhino ve Sketchup, Corona aracı hariç, listelenen tüm fotogerçekçi görselleştirme araçları ile entegre olarak çalışabilmektedir. Bu sebepten modelleme aracı olarak Sketchup ve Rhino arasında bir tercih yapılmasına karar verilmiştir (Tablo 4.6).

Sketchup aracının, Rhino aracına göre daha kolay arayüze sahip olması ve hızlı modellemede başarılı olması sebebiyle modelleme aracı olarak Sketchup programı tercih edilmiştir.

Tablo 4.6 Fotogerçekçi Görselleştirme Araçları ve Yapay Zekâ Görselleştirme Araçlarının Karşılaştırılması için Kullanılacak Modelleme Aracının Seçimi

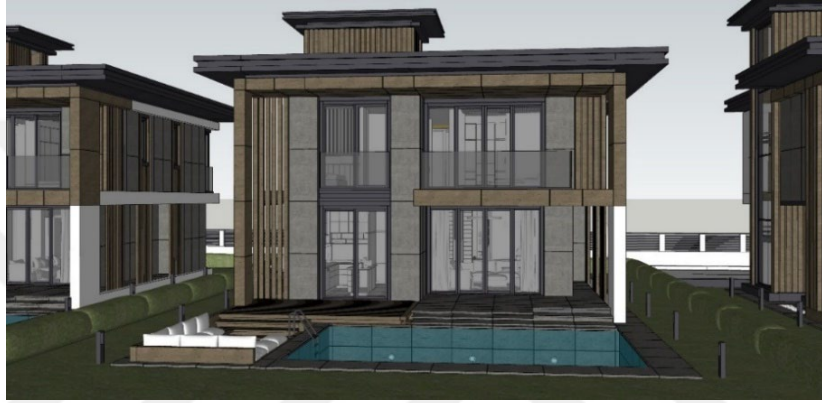
	Sketchup	Rhino	3DS Max
V-Ray			
Enscape			
Corona			
Lumion			
Unreal Engine			
Twinmotion			
D5 Render			

- **Dış Mekân Modellemesi**

Dış mekânda bir villa modellemesi yapılmıştır. Villa modellemesinin seçilmesinin nedeni olarak bahçe, havuz, cephe ve gökyüzünün aynı sahnede kullanılabilmesi ve modellemenin büyük boyutlara ulaşmaması yer almaktadır. Modele dokular atanmıştır ve güneş ışığı açısı belirtilmiştir.



Şekil 4.8 Alan Çalışması Yönteminde Dış Mekân Sahnesinin Modellemesi



Şekil 4.9 Alan Çalışması Yönteminde Dış Mekân Sahnesinin Dokular ile Kaplanması



Şekil 4.10 Alan Çalışması Yönteminde Dış Mekân Modellemesi ve Güneş Işığı Açısı Ayarlanması

- **İç Mekân Modellemesi**

Modellemede iç mekân olarak mutfak modellemesi gerçekleştirilmiştir. Bu mekânın seçilmesinin sebebi, birden fazla malzemeyi aynı karede görmek istenmesidir. Mutfak mekanının içerisinde yer alan ana kamera, tezgâh merkezli olmaktadır. Yan kamera ise, farklı açılarda görüntü elde ederek, bütünlük parametresini araştırmak için oluşturulacaktır. İç mekân olarak toplam iki adet görüntü oluşturulacaktır.



Şekil 4.11 Alan Çalışması Yönteminde İç Mekân Sahnesinin Modellemesi



Şekil 4.12 Alan Çalışması Yönteminde İç Mekân Sahnesinin Dokular ile Kaplanması



Şekil 4.13 Alan Çalışması Yönteminde İç Mekân Sahnesinde Güneş Işığı Açısı Ayarlanması



Şekil 4.14 Alan Çalışması Yönteminde İç Mekân Sahnesinde Yan Kameranın Belirlenmesi

4.1.5 Prompt Komutlarının Oluşturulması

Yapay zekâ araçlarında, yapılması istenilen değişiklikler Prompt adı verilen komutlar ile yapılmaktadır. Tüm yapay zekâ araçlarına aynı prompt işlenerek, karşılaştırma için sabit değer oluşturmak amaçlanmıştır. Aynı komut karşısında yapay zekâ araçlarının tepkileri değerlendirilecektir. Promptlar deneme ve yanılma yöntemi ile doğru olarak bulunmaktadır. Doğruluk payı yüksek olarak tespit edilmiş promptlar:

İlk aşama olarak **ön tasarım parametresi** test edilecektir. Bu testte yapay zekâ aracının, yapının ana hatlarını (geometrisini) değiştirmeden malzeme ataması ve sahnenin daha gerçekçi görüntüye sahip olması beklenmektedir.

Perform rendering based on the provided image, Keep the geometry of the visual fixed, no design changes are needed, Just place the materials. 4k, ultrarealistic, photorealistic, render. *Sağlanan görüntüye dayalı olarak render yapın, görselin geometrisini sabit tutun, tasarım değişiklikleri yapma. Sadece malzemeleri yerleştirin. 4k, ultra gerçekçi, fotogerçekçi render.*

İkinci aşama olarak **bütünlük parametresi** test edilecektir. Bu testte yapay zekâ aracının, iç mekân içerisinde kullanılan iki kamerada, geometriyi ve malzemeleri sabit tutması beklenmektedir. Eğer geometri sabit ve malzemelerde yakınsa, başarılı olarak kabul edilecektir.

Perform rendering based on the provided image, Use the same materials as in the reference image, Keep the geometry fixed, no design changes are needed, 4k, ultrarealistic, photorealistic, render. *Sağlanan görüntüye dayalı olarak render yapın, referans görüntüdeki malzemeleri kullanın, geometriyi sabit tutun, tasarım değişiklikleri yapma. 4k, ultra gerçekçi, fotogerçekçi render*

Üçüncü aşama olarak **revize parametresi** test edilecektir. Bu testte yapay zekâ aracının, dış mekânda geometri ve malzemeleri sabit tutarak havuzu büyütmesi; iç mekânda ise geometri ve malzemeleri sabit tutarak tezgâhı büyütmesi beklenmektedir. Eğer yapay zekâ, revize komutunu algılayabilirse yarım puan alabilecektir.

Perform rendering based on the provided image, Keep the geometry of the visual fixed, no design changes are needed, Just enlarge the pool and place the materials. 4k, ultrarealistic, photorealistic, render. *Sağlanan görüntüye dayalı olarak render yapın, görselin geometrisini sabit tutun, tasarım değişiklikleri yapma. Sadece havuzu büyütün ve malzemeleri yerleştirin. 4k, ultra gerçekçi, fotogerçekçi render.*

Perform rendering based on the provided image, Keep the geometry of the visual fixed, no design changes are needed, Just enlarge the kitchen countertop and place the materials. 4k, ultrarealistic, photorealistic, render. *Sağlanan görüntüye dayalı olarak render yapın, görselin geometrisini sabit tutun, tasarım değişiklikleri yapma. Sadece mutfak tezgahını büyütün ve malzemeleri yerleştirin. 4k, ultra gerçekçi, fotogerçekçi render.*

Dördüncü aşama olarak **varyasyon işlemi parametresi** test edilecektir. Bu testte yapay zekâ aracından, gönderilen modelleme sahnesini referans alarak, farklı bir tasarım yaratması beklenmektedir. Burada beklenen tasarım, malzeme değişikliği değildir. Geometri üzerinde değişimler yaparak alternatif tasarım üretilmesi istenmektedir.

Perform rendering based on the provided image, Keep the geometry fixed, but create different variations. 4k, ultrarealistic, photorealistic, render. *Sağlanan görüntüye dayalı olarak render yapın, geometriyi sabit tutun, ancak farklı varyasyonlar oluşturun. 4k, ultra gerçekçi, fotogerçekçi render.*

Beşinci aşama olarak **işleme parametresi** test edilecektir. Bu testte yapay zekâ aracından, iç mekân sahnesi içerisine tefriş yerleştirilmesi istenmektedir. Yapay zekâ aracından mekânı tanıması ve tefrişleri yerleştirmesi beklenmektedir.

Perform rendering based on the provided image, Keep the geometry of the visual fixed, no design changes are needed, Place objects (such as a microwave, glass, vase, etc.) onto the image for added realism. *Sağlanan görüntüye dayalı olarak render yapın, görselin geometrisini sabit tutun, tasarım değişiklikleri yapma. Gerçekçiliği artırmak için görüntüye mikrodalga, bardak, vazo gibi nesneler yerleştirin.*

4.2 Fotogerçekçi Görselleştirme Araçları ve Yapay Zekâ Görselleştirme Araçlarının Karşılaştırmasında Kullanılacak Olan Dijital Araçların Belirlenmesi

Alan çalışmasında karşılaştırılacak olan fotogerçekçi görselleştirme araçları ve yapay zekâ araçlarının belirlenmesi gerekmektedir. Araçların seçimi için belirli şartlar aranmaktadır. Bu şartlar sonucunda, fotogerçekçi görselleştirme araçları ve yapay zekâ görselleştirme araçları tespit edilecektir.

Tespit edilecek araçlar üzerinden aynı sahnelerin görüntüleri oluşturulacaktır. Oluşan görüntüler ve araç özellikleri ile, belirlenen skalalar üzerinden puan alacaklardır. Aldıkları puan değerleri, bulanık mantık yapay zekâ sistemine işlenerek, karşılaştırma işlemi için gerekli olan sonuç puanlarına erişilecektir. Erişilen puanlar üzerinden araç türlerinin, parametre başlıkları üzerindeki durumları karşılaştırılacak ve tartışılacaktır.

4.2.1 Alan Çalışmasında Kullanılacak Fotogerçekçi Görselleştirme Araçlarının Belirlenmesi

Fotogerçekçi görselleştirme araçlarının seçiminde, sahne tasarımı için kullanılacak olan modelleme aracı referans alınmıştır. Modelleme programının Sketchup olarak seçilme sebeplerinden birisi olan daha fazla fotogerçekçi görselleştirme aracı ile entegre çalışabilmesi özelliği, alan çalışmasının detay seviyesini arttırmak amacıyla yapılmıştır.

Bu durum fotogerçekçi görselleştirme araçlarının belirlenmesinde büyük bir rol oynamaktadır. Alan çalışması kapsamında Sketchup aracı ile entegre çalışabilen tüm fotogerçekçi görselleştirme araçları, araştırmaya dahil edilecektir. Bu fotogerçekçi görselleştirme araçları; V-Ray, Enscape, Lumion, Unreal Engine, Twinmotion ve D5 Render olmak üzere 6 farklı araç incelenecektir.

4.2.2 Alan Çalışmasında Kullanılacak Yapay Zekâ Görselleştirme Araçlarının Belirlenmesi

Yapay zekâ araçlarının seçim sürecinde ilk olarak, yapay zekâ türleri göze alınarak; görüntü oluşturma yapay zekâ araçları, görselleştirme yapay zekâ araçları ve modelleme yapan yapay zekâ araçları üzerine odaklanılmıştır.

Görüntü Oluşturan Yapay Zekâ Araçları: Midjourney, DALL-E, Adobe Firefly ve Reimaginehome araçları bulunmaktadır. Bu yapay zekâ araçları text-to-image algoritmasını kullanmaktadır. Araştırma kapsamında belirli bir model üzerinde işlem yapılmak istenmektedir. Bu sebepten image-to-image destekleyen Midjourney ve DALL-E yapay zekâ araçları alan çalışmasına dahil edilmiştir.

Görselleştirme Yapan Yapay Zekâ Araçları: Mnml AI, Sketchup Diffusion, Prome AI, EvolveLab Veras, LookX, Arko AI, Renovate AI, Visoid ve Scribble Diffusion araçları bulunmaktadır. Scribble Diffusion çizilen eskiz çizimini, görselleştirme aracı

olmasından dolayı yapay zekâ araçları alan çalışmasına dahil edilmemiştir. Sketchup Diffusion ise, erişim probleminden dolayı alan çalışmasında yer almamaktadır. Geriye kalan; mnml AI, Prome AI, Evolverlab Veras, LookX, Arko AI, Visoid, Renovate AI yapay zekâ araçları ise alan çalışmasına dahil edilmiştir.

Modelleme Yapan Yapay Zekâ Araçları: Luma AI bu araçlar başlığında yer almaktadır. Fakat Luma AI aracı text-to-3d algoritması kullandığından dolayı, yapay zekâ araçları alan çalışmasına dahil edilmemiştir.

Bulanık mantık yapay zekâ sisteminin parametreleri, dereceleri ve kuralları (Çilek, 2021) yaptığı ve literatürde yer alan çalışma referans alınarak oluşturulmuştur. Oluşturulan bu sistem üzerinden araçlara sorular sorulması gerekmektedir. Sorulan sorular üzerine araçlar ve programlar değer alacaktır. Aldıkları değerlerin sisteme işlenmesi gerekmektedir. Sisteme işlenen değerler, araçlar ve programlara ait bulanık mantık yapay zekâ sonucunu verecektir.

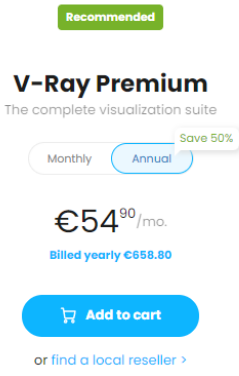
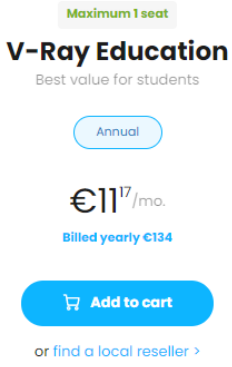
4.3 Fotogerçekçi Görselleştirme Araçları ve Yapay Zekâ Görselleştirme Araçlarının Sayısal Erişilebilirlik ve Kullanım Özelliklerinin İncelenmesi

Fotogerçekçi görselleştirme araçlarının ve yapay zekâ görselleştirme araçlarının karşılaştırılmasında, genel sonuç parametresinin doğru olarak işlenebilmesi için araçların sayısal erişilebilirlik ve kullanım özellikleri parametrelerinin incelenmesi gerekmektedir. İnceleme araç özelinde yapılacaktır ve araçların parametrelerde aranan sorulara yanıt vermesi beklenecektir.

Fotogerçekçi görselleştirme araçlarının ve yapay zekâ görselleştirme araçlarının, sayısal erişilebilirlik ve kullanım özellikleri parametre değerlerinin tespit edilebilmesi için literatür, internet taraması, forumların incelenmesi, araçların kendilerine ait açıklamaları ve programların uzman kişi tarafından deneyimlenmesi yöntemi kullanılacaktır.

4.3.1 Fotogerçekçi Görselleştirme Araçlarının Sayısal Erişilebilirlik ve Kullanım Özellikleri Parametre Değerlerinin Tespit Edilmesi

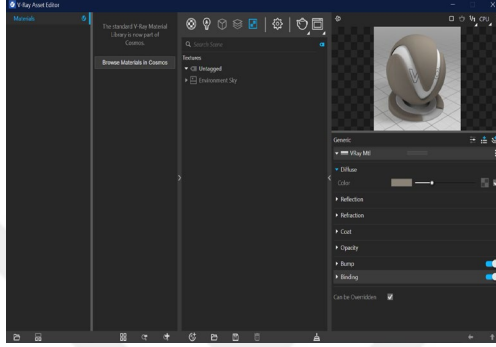
Tablo 4.7 Fotogerçekçi Görselleştirme Araçlarının Sayısal Erişilebilirlik ve Kullanım Özelliklerinin İncelenmesi

V-Ray	
V-Ray Aracının Sayısal Erişilebilirlik Parametresinin İncelenmesi	
	Ücretlendirme V-Ray aracının önerilen paketi, premium pakettir. Bu paket yıllık fiyat üzerinden aylık 54,90 € olarak satılmaktadır.
	Öğrenci Sürümü V-Ray aracı öğrencilere özel indirim yapmaktadır. Bu paket yıllık fiyat üzerinden aylık 11,18 € olarak satılmaktadır.
Önerilen Sistem Gereksinimi • Ekran kartı; CPU Tabanlı olmasından dolayı önem değeri düşmektedir. Fakat RTX ve CUDA desteğinden dolayı çok düşük bir donanım kullanılmamalıdır. NVIDIA RTX 3060Ti (12.000,00₺), • İşlemci; i7 13.Nesil (13.000,00₺), • RAM; 16GB veya üzeri olmalıdır. DDR4 kullanılacaktır (1.500,00₺). Toplam fiyat olarak ortalama 26.500,00₺ olarak hesaplanmaktadır.	

V-Ray Aracının Kullanım Özellikleri Parametresinin İncelenmesi

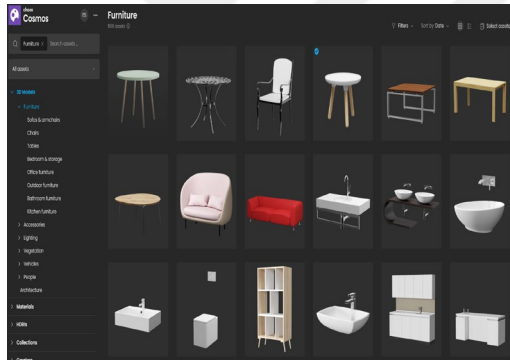
BIM Araçları

Revit aracı ile kullanılabilir. Fakat V-Ray aracı eklenti olarak çalışabilir. (Upstairs, 2024).



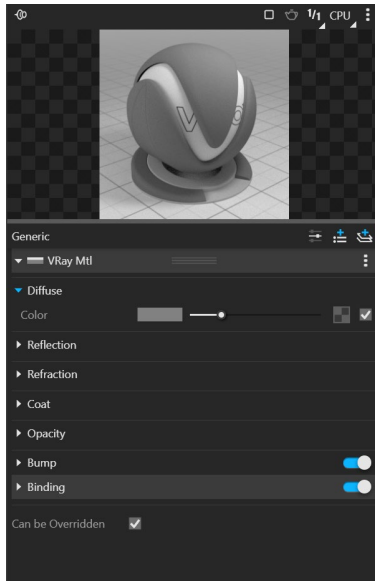
Arayüz Durumu

V-Ray aracı öğrenim kolaylığı olarak orta zorlukta bir arayüze sahiptir (Upstairs, 2024).



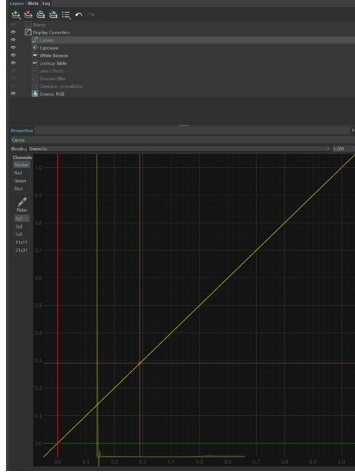
Kütüphane Bulundurma

V-Ray aracı, Chaos Cosmos Kütüphanesini kullanmaktadır.



Malzeme Editörü

V-Ray aracı, detaylı malzeme editörüne sahiptir (Upstairs, 2024).

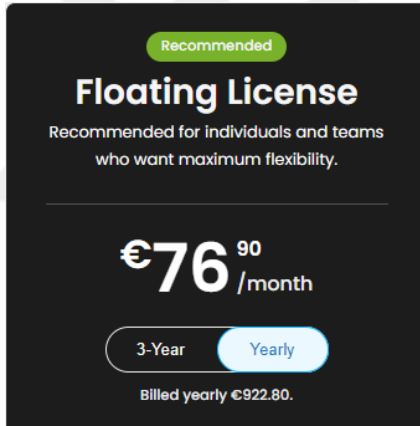


Çıktı Editörü

V-Ray aracı, ileri seviye çıktı editörüne sahiptir (Upstairs, 2024).

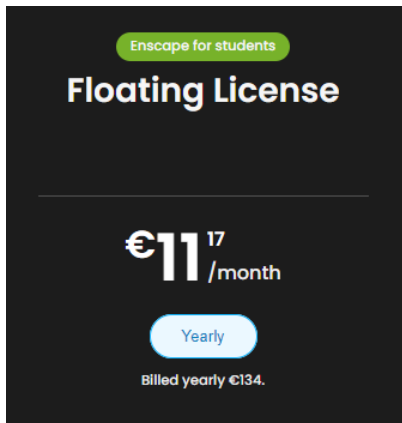
Enscape

Enscape Aracının Sayısal Erişilebilirlik Parametresinin İncelenmesi



Ücretlendirme

Enscape aracının önerilen paketi, floating lisans paketidir. Bu paket yıllık fiyat üzerinden aylık 76,90 € olarak satılmaktadır.



Öğrenci Sürümü

Enscape aracı öğrencilere özel indirim yapmaktadır. Bu paket yıllık fiyat üzerinden aylık 11,17 € olarak satılmaktadır.

Önerilen Sistem Gereksinimi

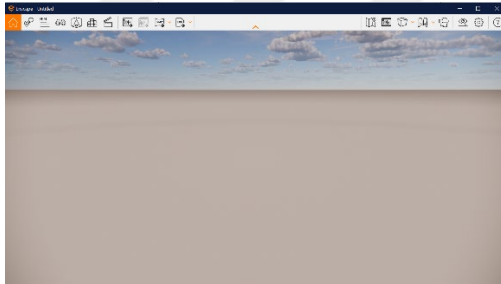
- Ekran kartı; NVIDIA RTX 3070ti (17.000,00₺),
- İşlemci; GPU Tabanlı olmasından dolayı önem değeri düşüktür ve paylaşılmamıştır, fakat ortalama bir işlemci olması gerekmektedir bu sebepten dolayı i7 11.Nesil olarak kullanılacaktır (9.000,00₺),
- RAM; 32GB veya üzeri olmalıdır. DDR4 kullanılacaktır (3.000,00₺).

Toplam fiyat olarak ortalama 29.000,00₺ olarak hesaplanmaktadır.

Enscape Aracının Kullanım Özellikleri Parametresinin İncelenmesi

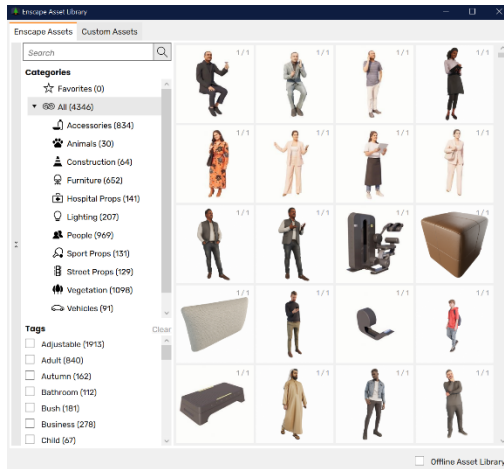
BIM Araçları

Enscape aracı eklenti olarak BIM araçları ile çalışabilmektedir (Upstairs, 2024).



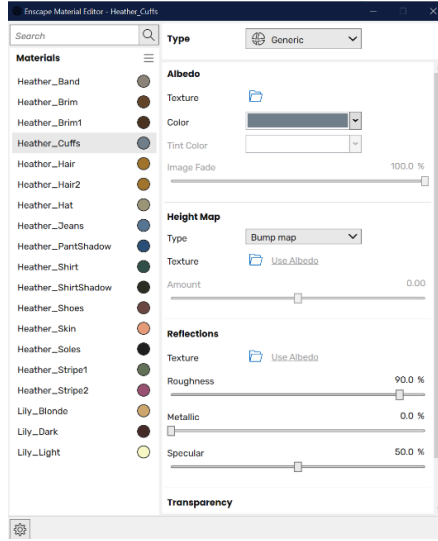
Arayüz Durumu

Enscape aracı öğrenim kolaylığı olarak kolay bir arayüze sahiptir (Upstairs, 2024).



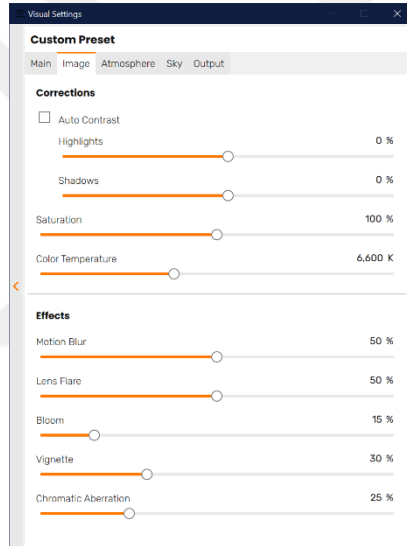
Kütüphane Bulundurma

Enscape aracı, Chaos Cosmos Kütüphanesini kullanmaktadır.



Malzeme Editörü

Enscape aracı, malzeme editörüne sahiptir (Upstairs, 2024).



Çıktı Editörü

Enscape aracı, ayarlar içerisinde çıktı editörüne sahiptir (Upstairs, 2024).

Lumion

Lumion Aracının Kullanım Özellikleri Parametresinin İncelenmesi

— Lumion'un ücreti ne kadar?

Lumion 1499 Euro+ KDV'dir. Lumion Pro 2999 Euro+ KDV'dir.

Ücretlendirme

Lumion standart paket ücreti yıllık 1499€ + KDV olmaktadır. Bu durumda aylık ücret 124,91 € + KDV olarak satılmaktadır.

Öğrenci Sürümü

Lumion, öğrenciler tarafından ücretsiz olarak kullanılabilir.

Önerilen Sistem Gereksinimi

- Ekran kartı; NVIDIA RTX 3070 (15.000,00₺),
- İşlemci; GPU Tabanlı olmasından dolayı önem değeri düşüktür ve paylaşılmamıştır, fakat ortalama bir işlemci olması gerekmektedir bu sebepten dolayı i5 8.Nesil olarak kullanılacaktır (9.000,00₺),
- RAM; 32GB veya üzeri olmalıdır. DDR4 kullanılacaktır (3.000,00₺).

Toplam fiyat olarak ortalama 27.000,00₺ olarak hesaplanmaktadır.

Lumion Aracının Kullanım Özellikleri Parametresinin İncelenmesi

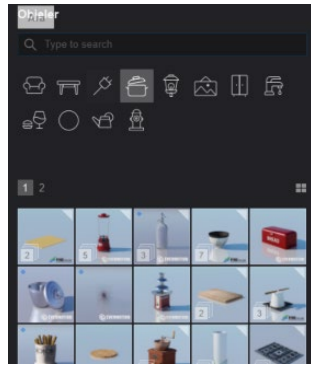
BIM Araçları

Lumion aracı, Revit uygulamasıyla entegre olarak gerçek zamanlı çalışabilmektedir. (Upstairs, 2024).



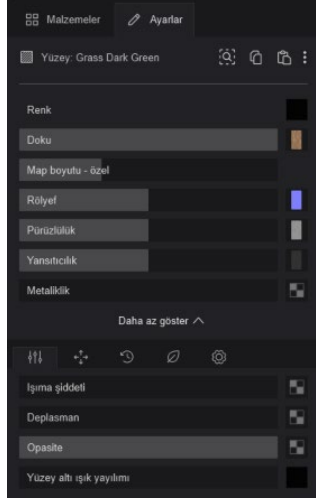
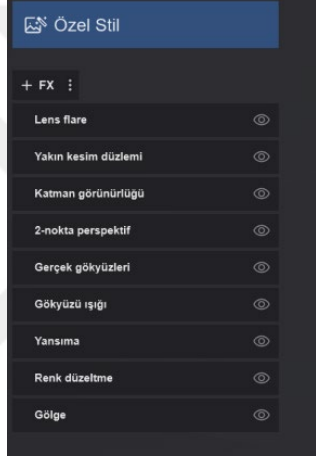
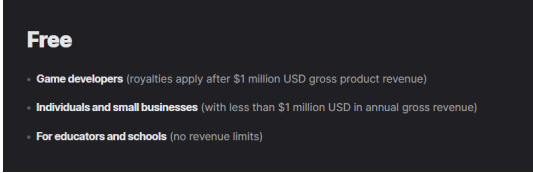
Arayüz Durumu

Lumion aracı öğrenim kolaylığı olarak kolay bir arayüze sahiptir (Upstairs, 2024).



Kütüphane Bulundurma

Lumion aracı, kendine ait kütüphanesini kullanmaktadır.

	Malzeme Editörü Lumion aracı, malzeme editörüne sahiptir (Upstairs, 2024).
	Çıktı Editörü Lumion aracı, çıktı editörüne sahiptir (Upstairs, 2024).
Unreal Engine	
Unreal Engine Aracının Sayısal Erişilebilirlik Parametresinin İncelenmesi	
	Ücretlendirme Unreal Engine, Epic Games Platformu tarafından ücretsiz olarak sunulmaktadır. Özel bir durum olarak 1.000.000,00\$ geliri olan firmalar için yıllık 1.126,00€ ödenmesi gerekmektedir.

Öğrenci Sürümü

Unreal Engine, kullanımı ücretsiz olan bir araçtır.

Önerilen Sistem Gereksinimi

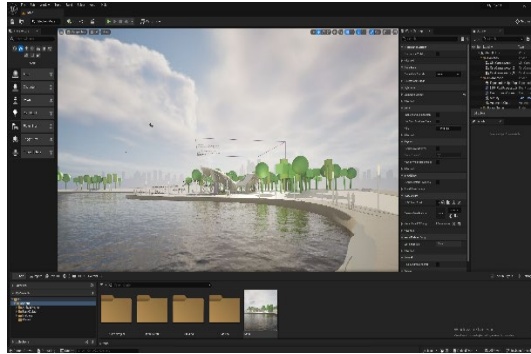
- Ekran kartı; NVIDIA RTX 3060Ti (12.000,00₺),
- İşlemci; i7 13.Nesil veya i9 12.Nesil olarak kullanılacaktır (12.000,00₺),
- RAM; 64GB veya üzeri olmalıdır. DDR4 kullanılacaktır (6.500,00₺).

Toplam fiyat olarak ortalama 30.500,00₺ olarak hesaplanmaktadır.

Unreal Engine Aracının Kullanım Özellikleri Parametresinin İncelenmesi

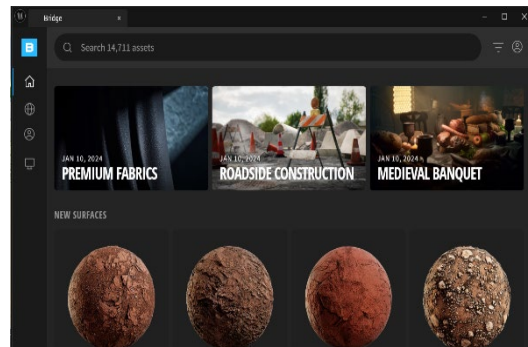
BIM Araçları

Unreal Engine aracı, Revit uygulamasıyla entegre olarak gerçek zamanlı olarak çalışabilmektedir. (Upstairs, 2024).



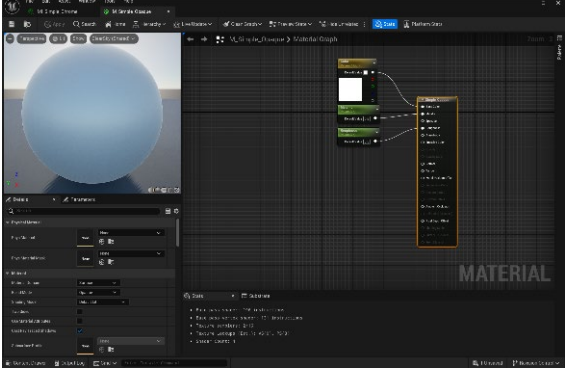
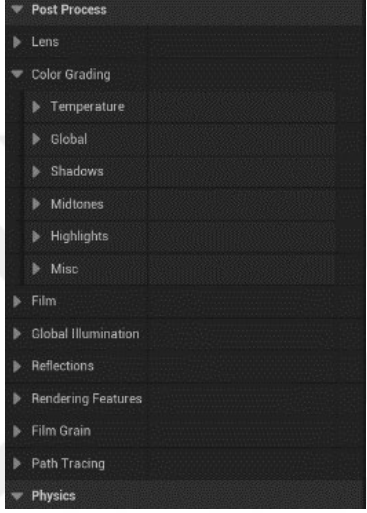
Arayüz Durumu

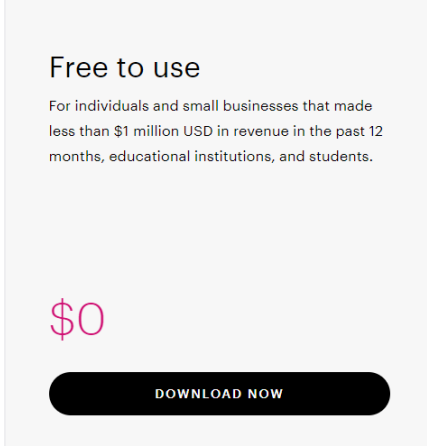
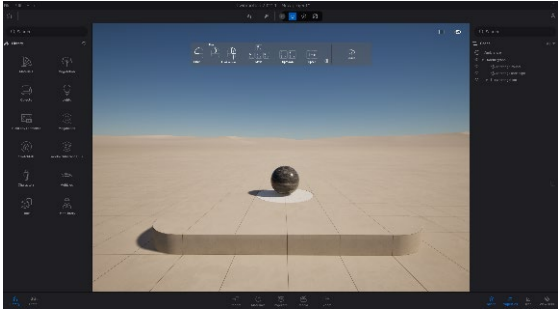
Unreal aracı öğrenim kolaylığı olarak zor bir arayüze sahiptir (Upstairs, 2024).

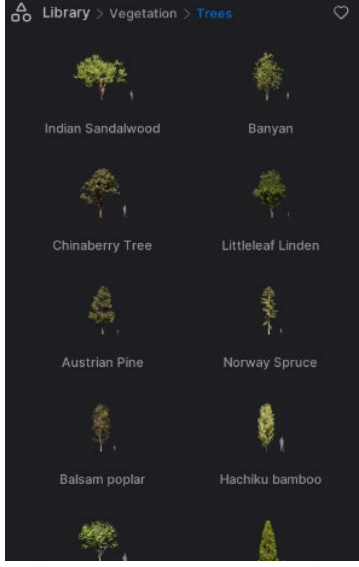
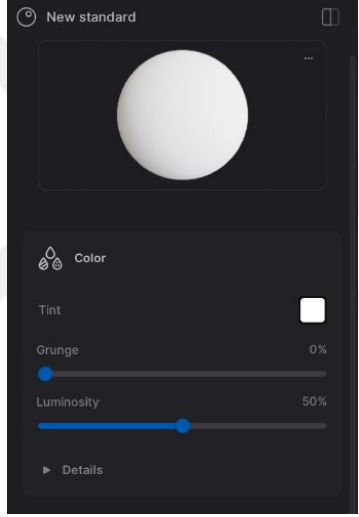
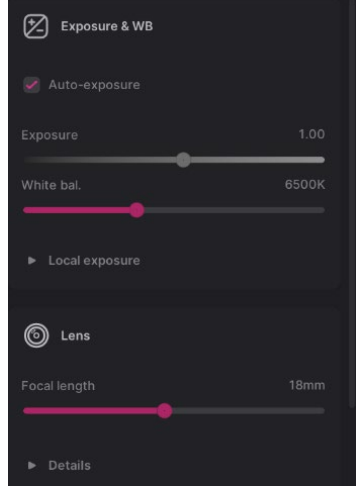


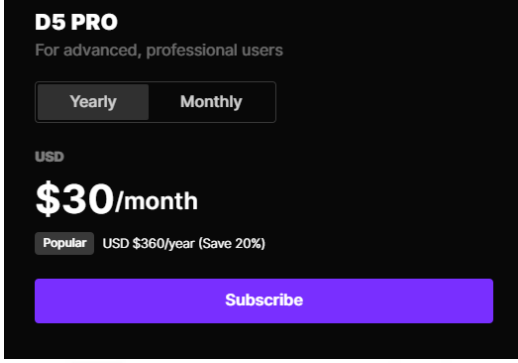
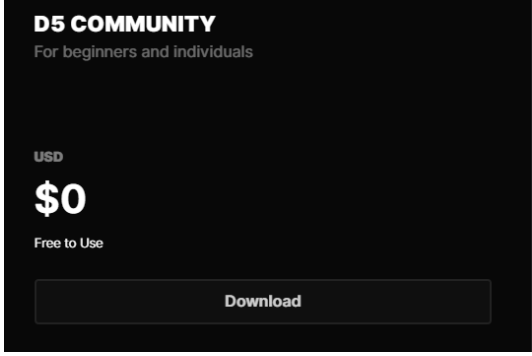
Kütüphane Bulundurma

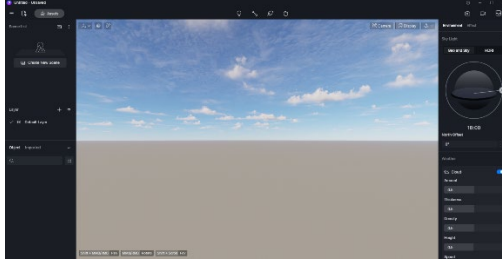
Unreal aracı, Quixel Bridge kütüphanesini kullanmaktadır.

	Malzeme Editörü Unreal Engine aracı, detaylı malzeme editörüne sahiptir (Upstairs, 2024).
	Çıktı Editörü Unreal Engine aracı, kamera ayarları içerisinde detaylı çıktı editörüne sahiptir (Upstairs, 2024).
Twinmotion	
Twinmotion Aracının Sayısal Erişilebilirlik Parametresinin İncelenmesi	
Twinmotion seats For individuals and businesses that make over \$1 million USD in gross annual revenue. TRY 9,477.60 / seat / year (+applicable taxes) BUY NOW	Ücretlendirme Twinmotion, Epic Games Platformu tarafından ücretsiz olarak sunulmaktadır. Özel bir durum olarak 1.000.000,00\$ geliri olan firmalar için yıllık 411,00€ ödenmesi gerekmektedir.

 Free to use For individuals and small businesses that made less than \$1 million USD in revenue in the past 12 months, educational institutions, and students. \$0 DOWNLOAD NOW	Öğrenci Sürümü Twinmotion, kullanımı ücretsiz olan bir araçtır.
Önerilen Sistem Gereksinimi • Ekran kartı; NVIDIA RTX 3080 (25.000,00₺), • İşlemci; i7 13.Nesil veya i9 12.Nesil olarak kullanılacaktır (12.000,00₺), • RAM; 32GB veya üzeri olmalıdır. DDR4 kullanılacaktır (3.000,00₺). Toplam fiyat olarak ortalama 40.000,00₺ olarak hesaplanmaktadır.	
Twinmotion Aracının Kullanım Özellikleri Parametresinin İncelenmesi	
BIM Araçları Twinmotion aracı, Revit uygulamasıyla entegre olarak gerçek zamanlı olarak çalışabilmektedir. (Upstairs, 2024).	
	Arayüz Durumu Twinmotion aracı öğrenim kolaylığı olarak kolay bir arayüze sahiptir (Upstairs, 2024).

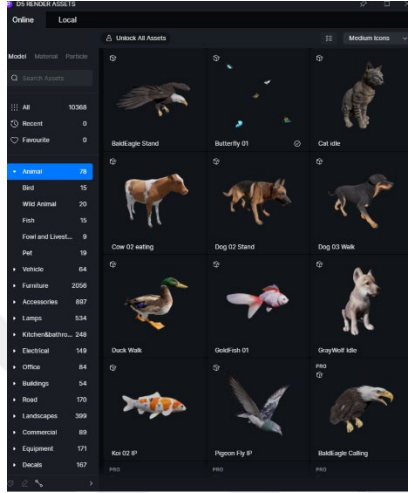
	Kütüphane Bulundurma Twinmotion aracı, Quixel Megascans kütüphanesini kullanmaktadır.
	Malzeme Editörü Twinmotion aracı, malzeme editörüne sahiptir (Upstairs, 2024).
	Çıktı Editörü Twinmotion aracı, kamera ayarları içerisinde çıktı editörüne sahiptir (Upstairs, 2024).

D5 Render	
D5 Render Aracının Sayısal Erişilebilirlik Parametresinin İncelenmesi	
	Ücretlendirme D5 Render aracının önerilen paketi, pro paketidir. Bu paket yıllık fiyat üzerinden aylık 30,00 € olarak satılmaktadır.
	Öğrenci Sürümü D5 Render aracı, kullanımı ücretsiz olan bir araçtır. Ücretsiz sürüm öğrencilerin kullanımı için uygundur. Deneme sürümü değildir.
Önerilen Sistem Gereksinimi • Ekran kartı; NVIDIA RTX 3090Ti (70.000,00₺), • İşlemci; i9 12.Nesil olarak kullanılacaktır (15.000,00₺), • RAM; 128GB, DDR4 kullanılacaktır (22.000,00₺). Toplam fiyat olarak ortalama 107.000,00₺ olarak hesaplanmaktadır.	
D5 Render Aracının Kullanım Özellikleri Parametresinin İncelenmesi	
BIM Araçları D5 Render aracı, Revit uygulamasıyla entegre olarak gerçek zamanlı olarak çalışabilmektedir. (Upstairs, 2024).	



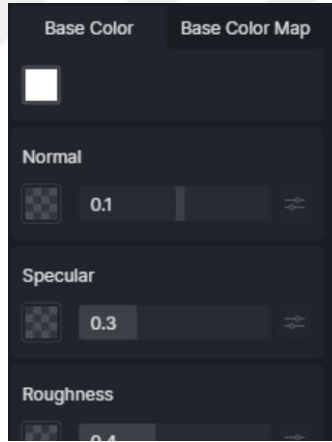
Arayüz Durumu

D5 Render aracı öğrenim kolaylığı olarak kolay bir arayüze sahiptir (Upstairs, 2024).



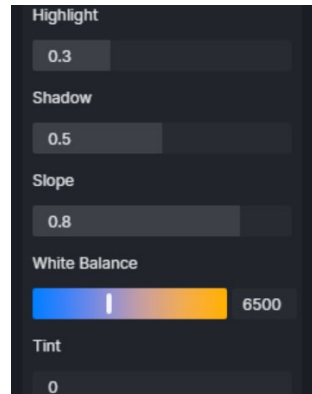
Kütüphane Bulundurma

D5 aracı, kendine ait kütüphanesini kullanmaktadır.



Malzeme Editörü

D5 Render aracı, malzeme editörüne sahiptir (Upstairs, 2024).



Çıktı Editörü

D5 Render aracı, çıktı editörüne sahiptir (Upstairs, 2024).

4.3.2 Yapay Zekâ Görselleştirme Araçlarının Sayısal Erişilebilirlik ve Kullanım Özellikleri Parametre Değerlerinin Tespit Edilmesi

Yapay zekâ görselleştirme araçları web tarayıcısı üzerinden veya plugin desteği ile çalışmaktadırlar. Bu sebepten önerilen sistem gereksinimleri 0,00€ olarak sayılacaktır. Bunun sebebi internet tarayıcısını açabilen her bilgisayar, bu yapay zekâ araçlarını kullanabilmektedir.

Yapay zekâ araçları yüksek boyutlara sahip değillerdir. Promptlar aracılığıyla komut almaktadırlar. Kullanıcıların, yapay zekâ araçlarının kontrol edebilmek için gereken tek kural bu olmaktadır. Bu sebepten Arayüz ve öğrenme durumu, tüm yapay zekâ araçlarında başarılı olarak sayılacaktır.

Kontrolün, prompt kullanılarak yapılabilmesi nedeniyle yapay zekâ araçları editörlere sahip değildir. Bu sebepten dolayı kütüphane bulundurma, malzeme editörü ve çıktı editörü parametrelerinde başarısız olarak sayılacaklardır.

Aynı zamanda eklenti olarak kurulmakta olan Arko AI ve Evolverlab Veras, Revit aracına da kurulabilmektedir. Bu sebepten BIM desteğinde bahsedilen programlar eklenti değeri olarak sayılacaklardır.

Yapılacak olan tablo çalışmasında, sayısal erişilebilirlik başlığı içerisinde yer alan ücretlendirme ve öğrenci indirimi parametreleri incelenecektir.

Tablo 4.8 Yapay Zekâ Görselleştirme Araçlarının Sayısal Erişilebilirlik Özelliklerinin İncelenmesi

Araç Adı	Ücretlendirme	Öğrenci Sürümü
Midjourney	24,00 €	(A) 8,00 €
DALL-E	20,00 €	20,00 €
Mnml AI	39,00 €	15,60 €
Prome AI	29,00 €	(A) 16,00 €
Evolverlab Veras	34,00 €	17,00 €
LookX	20,00 €	İletişim
Arko AI	31,66 €	22,50 €
Renovate AI	4,16 €	(A) 2,85 €
Visoid	23,00 €	23,00 €

(A): Alt paket mevcut

4.4 Fotogerçekçi Görselleştirme Araçları ve Yapay Zekâ Görselleştirme Araçlarının Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametre Değerlerinin Tespit Edilebilmesi için Araçlar Tarafından Görsellerin Oluşturulması ve İncelenmesi

Fotogerçekçi görselleştirme araçları ve yapay zekâ görselleştirme araçları kullanılarak, daha önce modellenen sahne üzerinden gerçekçi görseller oluşturmak amaçlanmıştır. Çalışmalarının sonucu, belirlenen nicel parametreler kullanılarak değerlendirilecektir.

Bu çalışmada dikkat edilmesi gereken en önemli konu; nitel düşüncelerin, oluşturulan görseller üzerinde kullanılmamasıdır. Çünkü estetik zevklerin her insanda farklı olması, oluşturulan görsellerin karşılaştırılmasını engelleyecek bir durum oluşturacaktır. Bazı insanlar için, ışığın yansıması bir görseli kaliteli yaparken; bazı insanlar için dokuların gerçekçi durması görseli kaliteli yapmaktadır. Bu sebeplerden dolayı sadece nicel parametreler kullanılmıştır.

4.4.1 Fotogerçekçi Görselleştirme Araçları ile Görsellerin Oluşturulması ve İncelenmesi

Fotogerçekçi Görselleştirme Araçları ile görsellerin oluşturulması için hazırlanan model sahnesi kullanılmıştır. Her aracın kendine ait olan kütüphanesindeki malzemeler ve tefrişler kullanılarak sahne süslenmiştir. Görüntü oluşturma hızlarını eşit şartlarda tespit edebilmek için, dışarıdan model ve doku sahneye yerleştirilmemiştir.

Dış mekân sahnesinden bir, iç mekân sahnesinden bir olmak üzere iki adet görsel oluşturulacaktır. Üçüncü sahnenin fotogerçekçi görselleştirme araçlarında kullanılmamasının nedeni, fotogerçekçi görselleştirme araçlarında bütünlüğün her zaman korunacak olmasıdır. Bu sebepten bu parametrenin test edilmesine gerek duyulmamıştır.

Aynı zamanda günümüzde, hiçbir fotogerçekçi görselleştirme aracı varyasyon oluşturma, otomatik tefriş işleme, otomatik revize ve ön tasarım yeteneğine sahip değildir. Fotogerçekçi görselleştirme araçlarında görüntü oluşturma hızı, görüntü kanalları çıktısı, görüntü çözünürlüğü test edilecektir. Görüntü kanallarından bir kanalın görselleştirilmesi istenecektir.

Görüntü çözünürlüğü tüm araçlarda UHD ve üzeri olarak ayarlanabilmektedir. Görüntüler, hızları eşit düzeyde ölçekbilmek amacıyla sabit bir çözünürlükte oluşturulacaktır. Bu çözünürlük FHD olarak yüksek+ kalitesinde oluşturulacaktır.

- **V-Ray**

Sketchup aracı ile modellenen sahne üzerinden V-Ray eklentisi açılmıştır. V-Ray aracı içerisinde yer alan kütüphaneden, malzemeler düzenlenmiştir. Ardından kütüphane içerisinde yer alan objeler sahneye yerleştirilerek, sahne iyileştirilmiştir. V-Ray’de dış mekân ve iç mekân sahneleri için kameralar yerleştirilmiştir. Oluşturulan görsel üzerinden çıktı editörü kullanılarak, görsel efektler uygulanmıştır.

Tablo 4.9 V-Ray Aracı Kullanılarak Görselleştirme İşlemlerinin Gerçekleştirilmesi

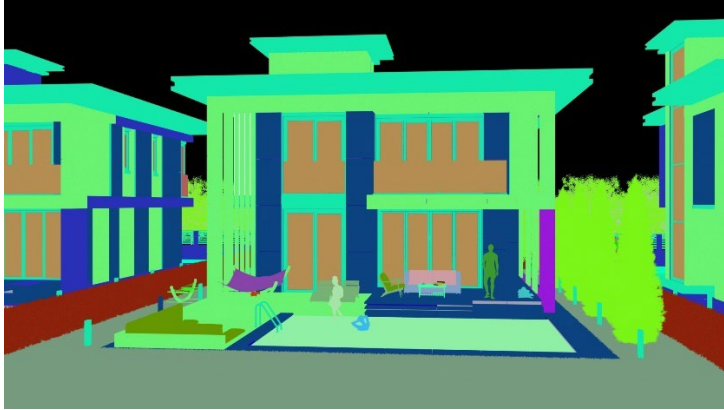
	V-Ray kütüphanesine ait dokular ve objeler dış mekân sahnesine yerleştirilmiştir.
	V-Ray ile dış mekân fotogerçekçi görselleştirme işlemi 15 dakika sürmüştür.



V-Ray kütüphanesine ait dokular ve objeler iç mekân sahnesine yerleştirilmiştir.



V-Ray ile iç mekân fotogerçekçi görselleştirme işlemi 5 dakika sürmüştür.



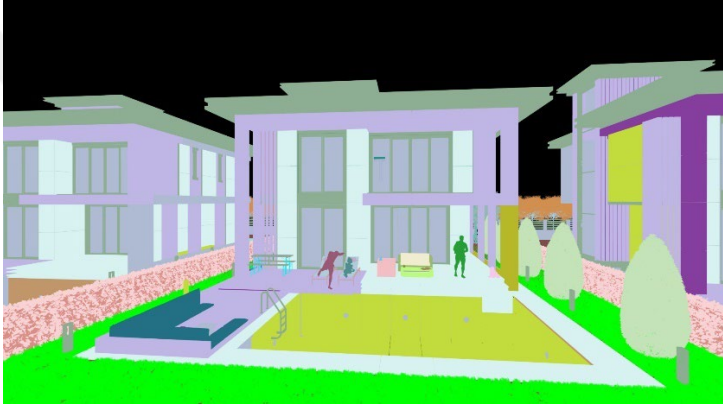
V-Ray ile görüntü kanalları çıktısı alınmıştır.

- **Enscape**

Sketchup aracı ile modellenen sahne üzerinden Enscape eklentisi açılmıştır. Enscape aracı içerisinde yer alan kütüphaneden, malzemeler Sketchup üzerinden düzenlenmiştir. Ardından kütüphane içerisinde yer alan objeler sahneye yerleştirilerek, sahne iyileştirilmiştir. Enscape’de dış mekân ve iç mekân sahneleri için kameralar yerleştirilmiştir. Görüntüler oluşturulmuştur.

Tablo 4.10 Enscape Aracı Kullanılarak Görselleştirme İşlemlerinin Gerçekleştirilmesi

	Enscape kütüphanesine ait dokular ve objeler dış mekân sahnesine yerleştirilmiştir.
	Enscape ile dış mekân fotogerçekçi görselleştirme işlemi 20 saniye sürmüştür.
	Enscape kütüphanesine ait dokular ve objeler iç mekân sahnesine yerleştirilmiştir.

	Enscape ile iç mekân fotogerçekçi görselleştirme işlemi 6 saniye sürmüştür.
	Enscape ile görüntü kanalları çıktı alınmıştır.

- **Lumion**

Sketchup aracı ile modellenen sahne Lumion aracına aktarılmıştır. Lumion aracı içerisinde yer alan kütüphaneden, malzemeler düzenlenmiştir. Ardından kütüphane içerisinde yer alan objeler sahneye yerleştirilerek, sahne iyileştirilmiştir. Lumion’da dış mekân ve iç mekân sahneleri için kameralar yerleştirilmiştir. Yerleştirilen kameralarda, dış ve iç mekân için efektler aktif hale getirilmiştir. Ray-Tracing eklentisi kullanılarak, görüntünün iyileştirmesi sağlanmıştır. Fakat Lumion aracı Ray-Tracing eklentisi olmadan, yeterli bir görüntü oluşturabilme yeteneğinden dolayı, görüntü oluşturma hızı parametresi eklentisiz süre üzerinden analiz edilecektir.

Tablo 4.11 Lumion Aracı Kullanılarak Görselleştirme İşlemlerinin Gerçekleştirilmesi

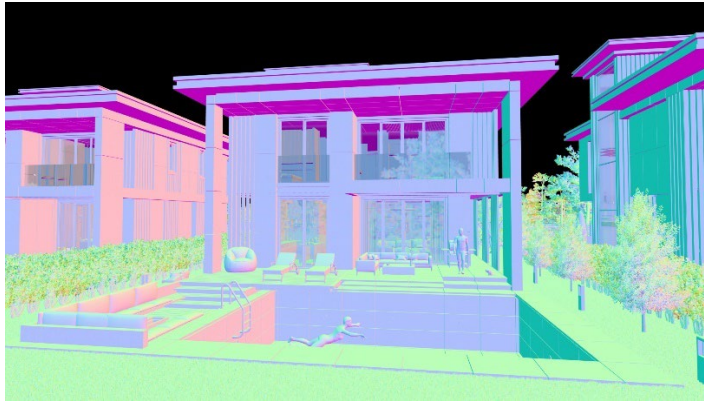
	Lumion kütüphanesine ait dokular ve objeler dış mekân sahnesine yerleştirilmiştir.
	Lumion ile dış mekân fotogerçekçi görselleştirme işlemi 35 saniye sürmüştür.
	Lumion ile dış mekân fotogerçekçi görselleştirme işlemi ray-tracing eklentisi kullanılarak 3 dakika sürmüştür.
	Lumion kütüphanesine ait dokular ve objeler iç mekân sahnesine yerleştirilmiştir.



Lumion ile iç mekân
fotogerçekçi
görselleştirme işlemi 15
saniye sürmüştür.



Lumion ile iç mekân
fotogerçekçi
görselleştirme işlemi
ray-tracing eklentisi
kullanılarak 45 saniye
sürmüştür.



Lumion ile görüntü
kanalları çıktısı
alınmıştır.

- **Unreal Engine**

Sketchup aracı ile modellenen sahne Unreal Engine aracına aktarılmıştır. Unreal Engine aracı içerisinde yer alan kütüphaneden ve topluluk kütüphanesinde bulunan malzemeler ile düzenlenmiştir. Ardından kütüphane içerisinde yer alan objeler sahneye yerleştirilerek, sahne iyileştirilmiştir. Unreal Engine’da dış mekân ve iç mekân sahneleri için kameralar yerleştirilmiştir. Yerleştirilen kameralarda, dış ve iç mekân için efektler oluşturulmuştur. Path-Tracer eklentisi kullanılarak, görüntünün iyileştirmesi sağlanmıştır. Fakat Unreal Engine aracı Path-Tracer eklentisi olmadan, yeterli bir görüntü oluşturabilme yeteneğinden dolayı, görüntü oluşturma hızı parametresi eklentisiz süre üzerinden analiz edilecektir.

Tablo 4.12 Unreal Engine Aracı Kullanılarak Görselleştirme İşlemlerinin Gerçekleştirilmesi

	Unreal Engine kütüphanesine ait dokular ve objeler dış mekân sahnesine yerleştirilmiştir.
	Unreal Engine ile dış mekân fotogerçekçi görselleştirme işlemi 12 saniye sürmüştür.



Unreal Engine ile dış mekân fotogerçekçi görselleştirme işlemi Path-Tracer eklentisi kullanılarak 96 saniye sürmüştür.



Unreal Engine kütüphanesine ait dokular ve objeler iç mekân sahnesine yerleştirilmiştir.



Unreal Engine ile iç mekân fotogerçekçi görselleştirme işlemi 9 saniye sürmüştür.



Unreal Engine ile iç mekân fotogerçekçi görselleştirme işlemi Path-Tracer eklentisi kullanılarak 37 saniye sürmüştür.

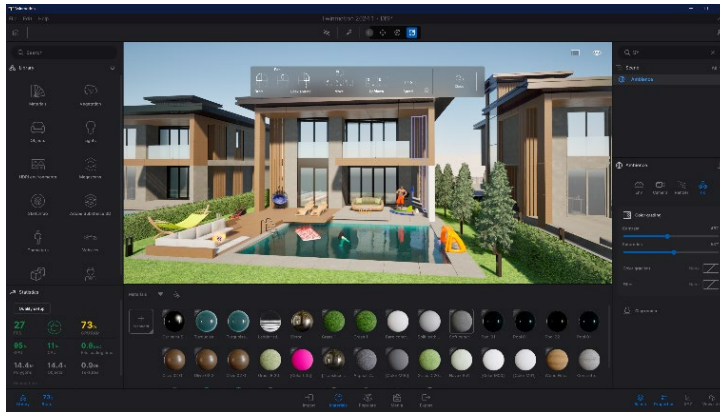


Unreal Engine ile
görüntü kanalları
çıktısı

- **Twinmotion**

Sketchup aracı ile modellenen sahne Twinmotion aracına aktarılmıştır. Twinmotion aracı içerisinde yer alan kütüphaneden, malzemeler düzenlenmiştir. Ardından kütüphane içerisinde yer alan objeler sahneye yerleştirilerek, sahne iyileştirilmiştir. Twinmotion'da dış mekân ve iç mekân sahneleri için kameralar yerleştirilmiştir. Yerleştirilen kameralarda, kamera değerleri düzenlenmiştir. Lumen ve Path Tracing eklentisi kullanılarak, görüntünün iyileştirmesi sağlanmıştır. Fakat Twinmotion aracı Lumen ve Path Tracing eklentisi olmadan, yeterli bir görüntü oluşturabilme yeteneğinden dolayı, görüntü oluşturma hızı parametresi eklentisiz süre üzerinden analiz edilecektir.

Tablo 4.13 Twinmotion Aracı Kullanılarak Görselleştirme İşlemlerinin Gerçekleştirilmesi



Twinmotion
kütüphanesine ait
dokular ve objeler dış
mekân sahnesine
yerleştirilmiştir.



Twinmotion ile dış
mekân fotogerçekçi
görselleştirme işlemi
17 saniye sürmüştür.



Twinmotion ile dış
mekân fotogerçekçi
görselleştirme işlemi
Lumen ile 24 saniye
sürmüştür.



Twinmotion ile dış
mekân fotogerçekçi
görselleştirme işlemi
Path Tracer ile 47
saniye sürmüştür.



Twinmotion
kütüphanesine ait
dokular ve objeler iç
mekân sahnesine
yerleştirilmiştir.

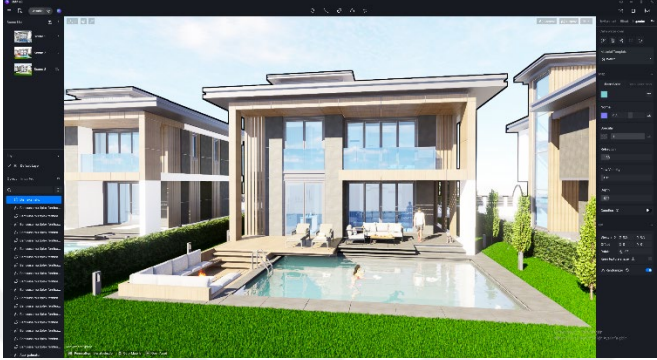
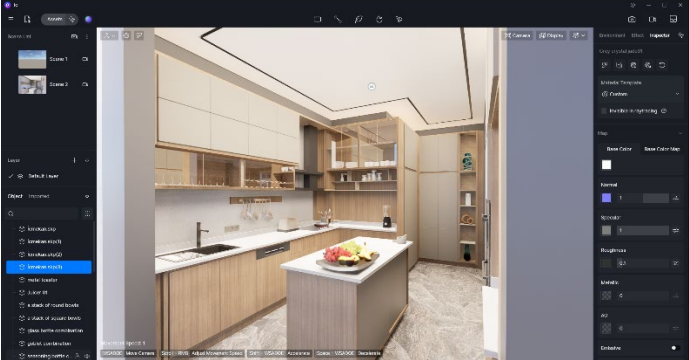
	Twinmotion ile iç mekân fotogerçekçi görselleştirme işlemi 14 saniye sürmüştür.
	Twinmotion ile iç mekân fotogerçekçi görselleştirme işlemi Lumen ile 22 saniye sürmüştür.
	Twinmotion ile iç mekân fotogerçekçi görselleştirme işlemi Path Tracer ile 26 saniye sürmüştür.

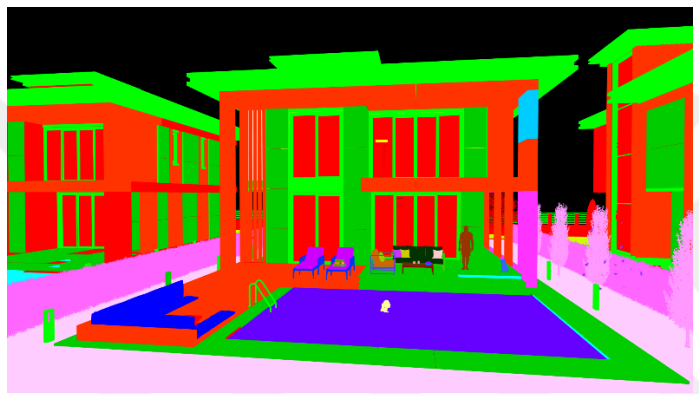
- **D5 Render**

Sketchup aracı ile modellenen sahne D5 Render aracına aktarılmıştır. D5 Render aracı içerisinde yer alan kütüphaneden, malzemeler düzenlenmiştir. Ardından kütüphane içerisinde yer alan objeler sahneye yerleştirilerek, sahne iyileştirilmiştir. D5 Render’da

dış mekân ve iç mekân sahneleri için kameralar yerleştirilmiştir. Yerleştirilen kameralarda, dış ve iç mekân için efektler aktif hale getirilmiştir. Görüntüler oluşturulmuştur.

Tablo 4.14 D5 Render Aracı Kullanılarak Görselleştirme İşlemlerinin Gerçekleştirilmesi

	D5 Render kütüphanesine ait dokular ve objeler dış mekân sahnesine yerleştirilmiştir.
	D5 Render ile dış mekân fotogerçekçi görselleştirme işlemi 46 saniye sürmüştür.
	D5 Render kütüphanesine ait dokular ve objeler iç mekân sahnesine yerleştirilmiştir.

	D5 Render ile iç mekân fotogerçekçi görselleştirme işlemi 22 saniye sürmüştür.
	D5 Render ile görüntü kanalları çıktısı

4.4.2 Yapay Zekâ Görselleştirme Araçları ile Görsellerin Oluşturulması ve İncelenmesi

Yapay zekâ görselleştirme araçları kullanılarak görüntü oluşturma işlemi, belirlenen sahne görseli referans alınarak gerçekleştirilecektir. Yapay zekâ görselleştirme araçlarına daha önce belirlenen prompt komutları kullanılacaktır. Kullanılan komutlar sonrasında yapay zekâ görselleştirme araçlarının, sahne içerisindeki yapıyı tanıyarak, geometrisini değiştirmeden kullanması istenilmektedir.

Bu inceleme içerisinde, ön tasarım aşaması en önemli aşama olmaktadır. Çünkü bu aşamada yapay zekâ aracından, yapıyı tanıması beklenmektedir. Eğer yapay zekâ aracı, ön tasarım sürecinde başarısız olursa alan çalışmasından çıkartılacaktır. Ön tasarım sürecinde yapıyı tanıyarak, kendi stiline göre dokular ataması gerekmektedir.

Ardından bütünlük parametresi araştırılacaktır. Bunun için iç mekânda oluşturulmuş iki sahneden görseller oluşturulacaktır. Geometrinin sabit kalması ve malzemelerin aynı olması beklenmektedir. Fakat geometrinin sabit kalarak yakın malzemeler ataması da başarılı sayılacaktır. Geometri sabit ve malzemeler birbirinden çok farklı ise benzer derecelendirmesine sahip olacaktır.

Revize parametresinde, havuzun ve tezgâhın büyütülmesi istenmiştir. Yapay zekâ istenilen sorunu doğru algılaması durumunda başarılı sayılacaktır. Varyasyon parametresinde, yapay zekâ aracının tasarımı sahne görselinden referans olarak değiştirmesi beklenmektedir. İşleme parametresinde ise, yapay zekanın mekânı tanıyarak, mekâna uygun tefriş yerleştirmesi beklenmektedir.

- **DALL-E**

DALL-E yapay zekâ aracı kullanılarak, ön tasarıma olan yeteneği test edilmiştir. Ön tasarımda yapının villa olduğunu algılayabilmiş ve villa görseli oluşturarak örnek vermiştir. Fakat istenilen sahnenin geometrisini tamamen değiştirmiştir. Bu istenmeyen bir durumdur. Ön tasarım sonuçlarının doğru sonuç vermemesi üzerine 50 tekrar yapılmıştır. Fakat her seferinde, farklı bir yapı çalışması yapılmıştır. Image to image algoritmasına sahip DALL-E yapay zekâ aracı, görüntü oluşturma ve işleme parametresinde geometriyi sabit tutamadığı için başarısız olmuştur. Bu sebepten dolayı görüntü oluşturma ve işleme alan çalışması kapsamından çıkartılmıştır.

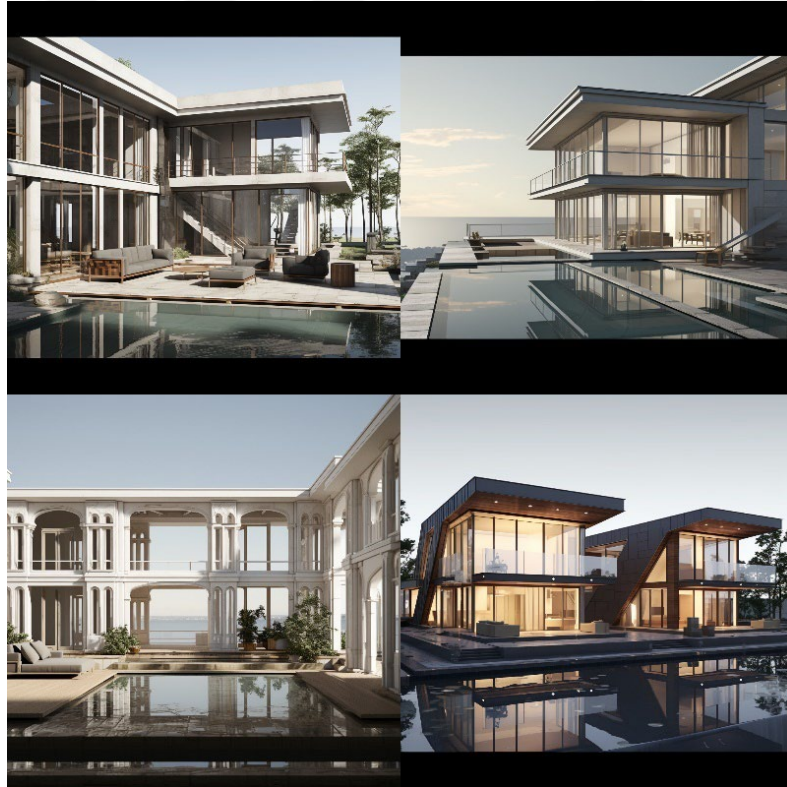


Şekil 4.15 DALL-E Yapay Zekâ Aracı Kullanılarak Görüntü Oluşturulması

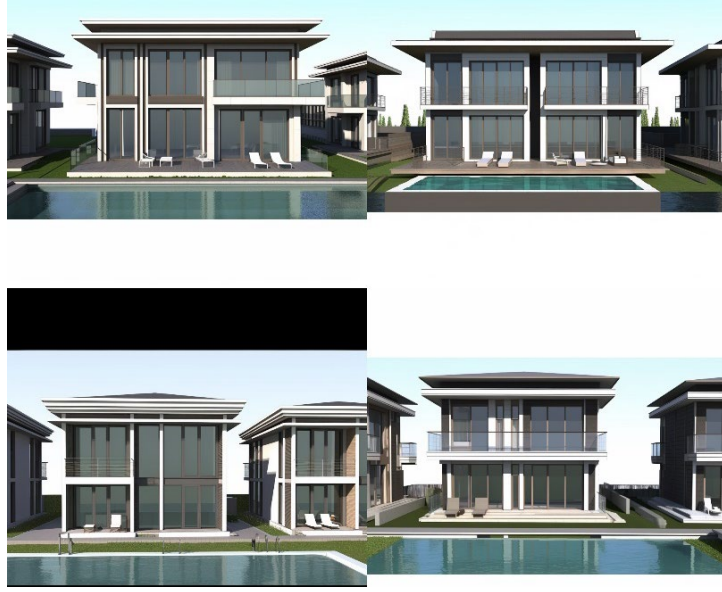
- **Midjourney**

Midjourney yapay zekâ aracı kullanılarak, ön tasarıma olan yeteneği test edilmiştir. Midjourney, yapının villa olduğunu algılamıştır. Bunun üzerine dokulu görsel ile aynı dokuları kullanarak farklı villalar oluşturulmuştur. Öneri olarak güzel sonuçlar verebilmiş fakat istenilen geometrinin sabit tutulması şartını sağlayamamıştır. Doğru sonuç almak için 4 varyasyon içeren 15 tekrar yapılmıştır. Yapılan denemelerin ardından Midjourney yapay zekâ aracı başarılı bir işlem gerçekleştirememiştir. Bu durum üzerine karıştırıcı (Blend) özelliği denenmiştir.

Midjourney yapay zekâ aracında “blend” özelliği kullanılarak, sonuç alınmaya çalışılmıştır (Şekil 4.22). Blend özelliğinin kullanılması için, görselin bir fotogerçekçi görselleştirme aracından çıktıya ihtiyaç duymaktadır. İki görselin birleştirilmesi ile çalışmaktadır. Geometri üzerine varyasyon olarak kullanılabilir olması, mimari tasarım alanında yetersiz kalmaktadır. Image to image algoritmasına sahip Midjourney yapay zekâ aracı, görüntü oluşturma ve işleme parametresinde geometriyi sabit tutamadığı için başarısız olmuştur. Bu sebepten dolayı görüntü oluşturma ve işleme alan çalışması kapsamından çıkartılmıştır.



Şekil 4.16 Midjourney Yapay Zekâ Aracı Kullanılarak Görüntü Oluşturulması



Şekil 4.17 Midjourney Yapay Zekâ Aracında Blend Tekniği Kullanılarak Görüntü Oluşturulması

- **Mnml AI**

Mnml AI yapay zekâ aracı kullanılarak, ön tasarıma olan yeteneği test edilmiştir. Test sonucunda, yüklenen görsel geometrilerini sabit tutarak, ön tasarım hazırlamıştır. Hazırlanan ön tasarım, başarılı olmaktadır. Dokusuz modelleme ve dokulu modelleme görsellerinin iki çalışmasında da başarılı olmuştur. Bu sebepten mnml AI, alan çalışması kapsamında yer alacaktır ve diğer parametreler denenecektir.

Bütünlük parametresinin şartlarında yer alan, aynı doku ve aynı geometri olmaktadır. Mnml AI yapay zekâ aracı, geometri konusunda başarı göstermiştir. Malzeme kullanımı olarak birbirine çok yakın malzemeler kullanmıştır. Bu sebepten bütünlük açısından başarılı olarak kabul edilmiştir.

Malzeme alternatifleri üretmiştir. Fakat istenilen revize “daha büyük tezgâh” ve “daha büyük havuz” olmasından kaynaklı olarak istenileni algılayamamıştır. Bu sebepten revize parametresinde başarısız olmuştur.

Varyasyon parametresi için tasarımı yeniden ele almıştır. Sadece malzeme değil, açıklık, peyzaj gibi alanlarda öneri sunmuştur. Bu sebepten dolayı başarılı sayılmıştır.

İşleme parametresinde tasarımı sabit tutmuştur. Mekân türünü tanımıştır ve mekân türüne uygun tefriş detayları eklemiştir. Bu sebepten başarılı sayılmıştır.

Tablo 4.15 Mnml AI Yapay Zekâ Aracı Kullanılarak Görselleştirme İşlemlerinin Gerçekleştirilmesi

�N TASARIM		BAşARILI
-------------------	---	-----------------

BÜTÜNLÜK		BAŞARILI
REVİZE		BAŞARISIZ
REVİZE		BAŞARISIZ
		

VARYASYON		BAŞARILI
İŞLEME		BAŞARILI

- **Prome AI**

Prome AI yapay zekâ aracı kullanılarak, ön tasarıma olan yeteneği test edilmiştir. Test sonucunda, yüklenen görsel geometrilerini sabit tutarak, ön tasarım hazırlamıştır. Hazırlanan ön tasarım, başarılı olmaktadır. Dokusuz modelleme ve dokulu modelleme görsellerinin iki çalışmasında da başarılı olmuştur. Bu sebepten Prome AI, alan çalışması kapsamında yer alacaktır ve diğer parametreler denenecektir.

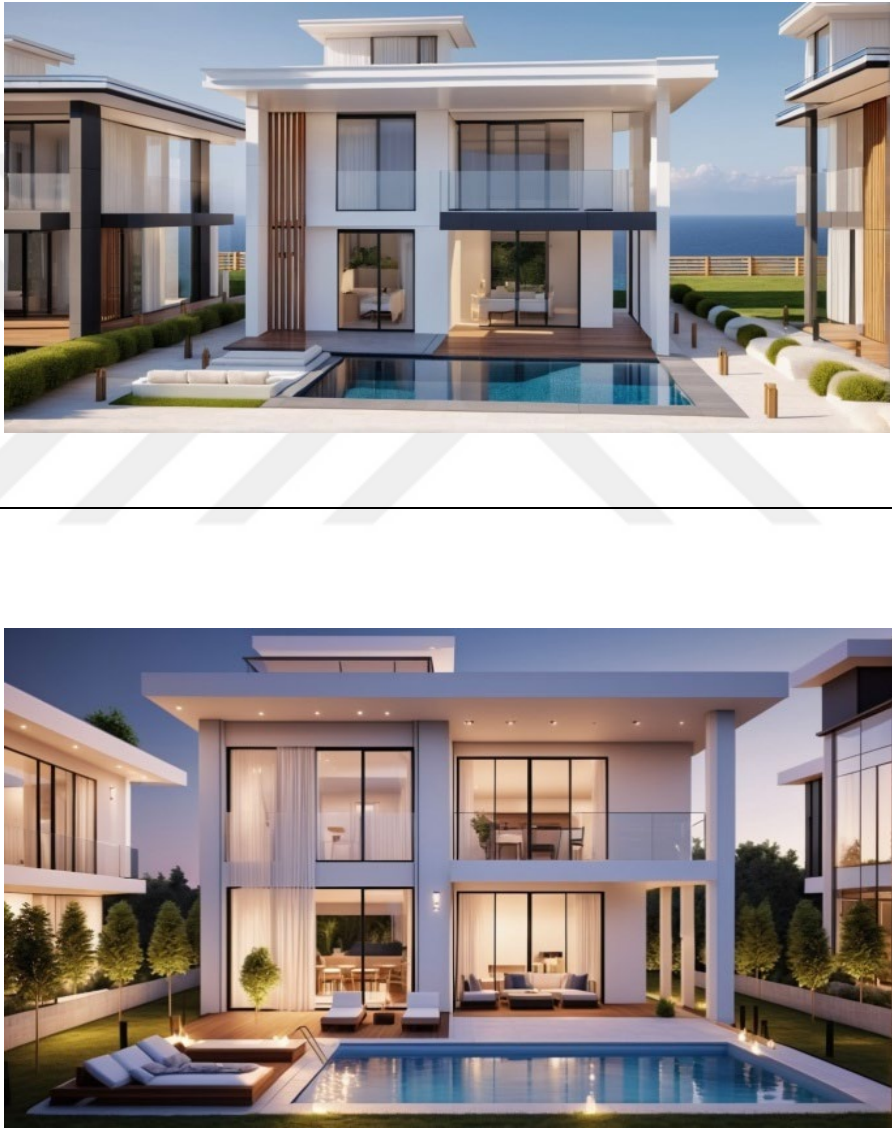
Bütünlük parametresinin şartlarında yer alan, aynı doku ve aynı geometri olmaktadır. Prome AI yapay zekâ aracı, geometri konusunda başarı göstermiştir. Malzeme kullanımı olarak birbirine çok yakın malzemeler kullanmıştır. Bu sebepten bütünlük açısından başarılı olarak kabul edilmiştir.

Malzeme alternatifleri üretmiştir. İstenilen revize “daha büyük tezgâh” olmaktadır. Bu sebepten iç mekânda başarısız sayılmıştır. Fakat “daha büyük havuz” revizesinde istenileni algılamıştır. İç mekânda revize işleminde başarısız, dış mekânda başarılı olmuştur.

Varyasyon parametresi için tasarımı yeniden ele almıştır. Sadece malzeme değil, açıklık, peyzaj gibi alanlarda öneri sunmuştur. Bu sebepten dolayı başarılı sayılmıştır.

İşleme parametresinde tasarımı sabit tutmuştur. Mekân türünü tanımıştır ve mekân türüne uygun tefriş detayları eklemiştir. Bu sebepten başarılı sayılmıştır.

Tablo 4.16 Prome AI Yapay Zekâ Aracı Kullanılarak Görselleştirme İşlemlerinin Gerçekleştirilmesi

N TASARIM		BAşARILI
--------------------	---	-----------------

BÜTÜNLÜK		BAŞARILI
REVİZE		BAŞARISIZ
		BAŞARILI

VARYASYON		BAŞARILI
İŞLEME		BAŞARILI

- **Evolvelab Veras**

Evolvelab Veras yapay zekâ aracı kullanılarak, ön tasarıma olan yeteneği test edilmiştir. Test sonucunda, yüklenen görsel geometrilerini sabit tutarak, ön tasarım hazırlamıştır. Hazırlanan ön tasarım, başarılı olmaktadır. Bu sebepten Prome AI, alan çalışması kapsamında yer alacaktır ve diğer parametreler denenecektir.

Bütünlük parametresinin şartlarında yer alan, aynı doku ve aynı geometri olmaktadır. Evolvelab Veras yapay zekâ aracı, geometri konusunda başarı göstermiştir. Malzeme kullanımı farklı malzemeler kullanmıştır. Bu sebepten bütünlük açısından benzer olarak kabul edilmiştir.

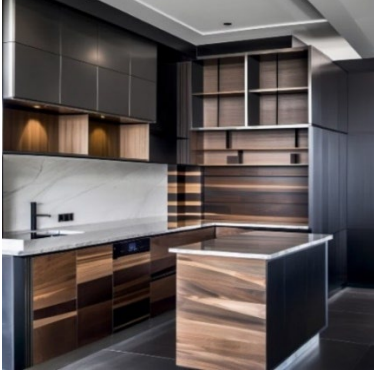
Malzeme alternatifleri üretmiştir. İstenilen revize “daha büyük tezgâh” olmaktadır. Bu sebepten iç mekânda başarısız sayılmıştır. Fakat “daha büyük havuz” revizesinde istenileni algılamıştır. İç mekânda revize işleminde başarısız, dış mekânda başarılı olmuştur.

Varyasyon parametresi için tasarımı yeniden ele almıştır. Sadece malzeme değil, tasarım stili, peyzaj gibi alanlarda öneri sunmuştur. Bu sebepten dolayı başarılı sayılmıştır.

İşleme parametresinde tasarımı sabit tutmuştur. Fakat tefriş yerleştirme işlemini gerçekleştirmemiştir. Bu sebepten başarısız sayılmıştır.

Tablo 4.17 Evolverlab Veras Yapay Zekâ Aracı Kullanılarak Görselleştirme İşlemlerinin Gerçekleştirilmesi

ÖN TASARIM		BAŞARILI
BÜTÜNLÜK		BENZER
		

REVİZE		BAŞARISIZ
		BAŞARILI
VARYASYON		BAŞARILI
İŞLEME		BAŞARISIZ

- **LookX**

LookX yapay zekâ aracı kullanılarak, ön tasarıma olan yeteneği test edilmiştir. Test sonucunda, yüklenen görsel geometrilerini sabit tutarak, ön tasarım hazırlamıştır. Hazırlanan ön tasarım, başarılı olmaktadır. Bu sebepten LookX, alan çalışması kapsamında yer alacaktır ve diğer parametreler test edilecektir.

Bütünlük parametresinin şartlarında yer alan, aynı doku ve aynı geometri olmaktadır. LookX yapay zekâ aracı, geometri konusunda başarı göstermiştir. Malzeme kullanımı farklı malzemeler kullanmıştır. Bu sebepten bütünlük açısından benzer olarak kabul edilmiştir.

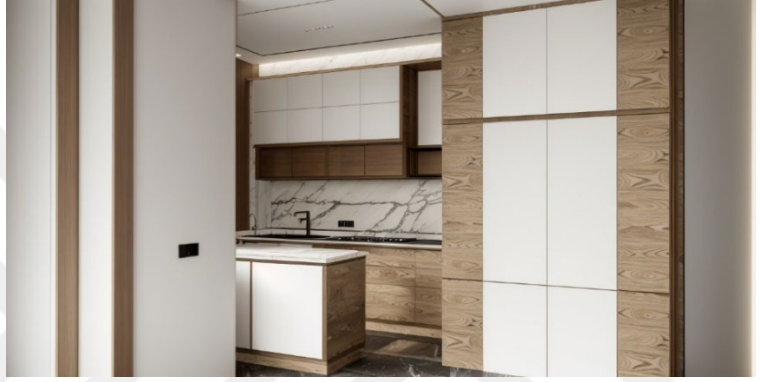
Malzeme alternatifleri üretmiştir. Fakat istenilen revize “daha büyük tezgâh” olmaktadır. Bu sebepten iç mekânda başarısız sayılmıştır. Fakat “daha büyük havuz” revizesinde istenileni algılamıştır. İç mekânda revize işleminde başarısız, dış mekânda başarılı olmuştur.

Varyasyon parametresi için tasarımı yeniden ele almıştır. Sadece malzeme değil, cephe tasarımı gibi alanlarda öneri sunmuştur. Bu sebepten dolayı başarılı sayılmıştır.

İşleme parametresinde tasarımı sabit tutmuştur. Fakat tefriş yerleştirme işlemini gerçekleştirmemiştir. Bu sebepten başarısız sayılmıştır.

Tablo 4.18 LookX AI Yapay Zekâ Aracı Kullanılarak Görselleştirme İşlemlerinin Gerçekleştirilmesi

ÖN TASARIM		BAŞARILI
-------------------	--	-----------------

BÜTÜNLÜK		BENZER
		
REVİZE		BAŞARISIZ
		BAŞARILI

VARYASYON		BAŞARILI
İŞLEME		BAŞARISIZ

- **Arko AI**

Arko AI yapay zekâ aracı kullanılarak, ön tasarıma olan yeteneği test edilmiştir. Test sonuçlarının doğru sonuç vermemesi üzerine 10 tekrar yapılmıştır. Sketchup plugini olmasından ötürü geometrinin ana hatlarını algılayabilmiştir. Fakat Arko AI yapay zekâ aracı, çok farklı sonuçlar çıkartarak, dış mekânda başarısız olmuştur. İç mekânda ise doğru sonuç vermektedir.

Arko AI yapay zekâ aracı kullanılarak, iç mekânda ön tasarıma olan yeteneği test edilmiştir. Test sonucunda, yüklenen görsel geometrilerini sabit tutarak, ön tasarım hazırlamıştır. Hazırlanan ön tasarım, başarılı olmaktadır. Bu sebepten Arko AI, alan çalışması kapsamında yer alacaktır ve diğer parametreler denenecektir.

Bütünlük parametresinin şartlarında yer alan, aynı doku ve aynı geometri olmaktadır. Arko AI yapay zekâ aracı, geometri konusunda başarı göstermiştir. Malzeme kullanımı

olarak başarısız olmuştur. Bu sebepten bütünlük açısından benzer olarak kabul edilmiştir.

Malzeme alternatifleri üretmiştir. Fakat istenilen revize “daha büyük tezgâh” olmasından kaynaklı olarak istenileni algılayamamıştır. Bu sebepten revize parametresinde başarısız olmuştur.

Varyasyon parametresi için tasarımı yeniden ele alamamıştır. Sadece malzeme değişikliği uygulamıştır. Bu sebepten başarısız sayılmıştır.

İşleme parametresinde geometride değişiklik yapmıştır. Mekân türünü tanımamış ve tefriş eklememiştir. Bu sebepten başarısız sayılmıştır.

Tablo 4.19 Arko AI Yapay Zekâ Aracı Kullanılarak Görselleştirme İşlemlerinin Gerçekleştirilmesi

ÖN TASARIM		BAŞARISIZ
		BAŞARILI

BÜTÜNLÜK		BENZER
REVİZE		BAŞARISIZ
VARYASYON		BAŞARISIZ

İŞLEME		BAŞARISIZ
--------	--	-----------

- **Renovate AI**

Renovate AI yapay zekâ aracı kullanılarak, ön tasarıma olan yeteneği test edilmiştir. Test sonucunda, yüklenen görsel geometrilerini sabit tutarak, ön tasarım hazırlamıştır. Hazırlanan ön tasarım, başarılı olmaktadır. Dokulu modelleme görseli çalışmasında başarılı olmuştur. Bu sebepten Renovate AI, alan çalışması kapsamında yer alacaktır ve diğer parametreler test edilecektir.

Bütünlük parametresinin şartlarında yer alan, aynı doku ve aynı geometri olmaktadır. Renovate AI yapay zekâ aracı, geometri konusunda başarı göstermiştir. Malzeme kullanımı olarak birbirine çok yakın malzemeler kullanmıştır. Bu sebepten bütünlük açısından başarılı olarak kabul edilmiştir.

Malzeme alternatifleri üretmiştir. Fakat istenilen revize “daha büyük tezgâh” ve “daha büyük havuz” olmaktadır. Yapay zekâ aracı revizeleri algılayamamıştır. Bu sebepten başarısız olmuştur.

Varyasyon parametresi için tasarımı yeniden ele almıştır. Sadece malzeme değil, peyzaj alanında farklı öneri sunmuştur. Bu sebepten dolayı başarılı sayılmıştır.

İşleme parametresinde tasarımı sabit tutmuştur. Mekân türünü tanımıştır ve mekân türüne uygun tefriş detayları eklemiştir. Bu sebepten başarılı sayılmıştır

Tablo 4.20 Renovate AI Yapay Zekâ Aracı Kullanılarak Görselleştirme İşlemlerinin Gerçekleştirilmesi

ÖN TASARIM		BAŞARILI
BÜTÜNLÜK		BAŞARILI
		

REVİZE		BAŞARISIZ
		BAŞARISIZ
VARYASYON		BAŞARILI
İŞLEMİE		BAŞARILI

- **Visoid**

Visoid yapay zekâ aracı kullanılarak, ön tasarıma olan yeteneği test edilmiştir. Test sonucunda, yüklenen görsel geometrilerini sabit tutarak, ön tasarım hazırlamıştır. Hazırlanan ön tasarım, başarılı olmaktadır. Dokulu modelleme görseli çalışmasında başarılı olmuştur. Bu sebepten Visoid, alan çalışması kapsamında yer alacaktır ve diğer parametreler test edilecektir.

Bütünlük parametresinin şartlarında yer alan, aynı doku ve aynı geometri olmaktadır. Visoid yapay zekâ aracı, geometri konusunda başarı göstermiştir. Malzeme kullanımı olarak birbirine çok yakın malzemeler kullanmıştır. Bu sebepten bütünlük açısından başarılı olarak kabul edilmiştir.

Malzeme alternatifleri üretmiştir. İstenilen revize “daha büyük tezgâh” olmaktadır. Bu sebepten iç mekânda başarısız sayılmıştır. Fakat “daha büyük havuz” revizesinde istenileni algılamıştır. İç mekânda revize işleminde başarısız, dış mekânda başarılı olmuştur.

Varyasyon parametresi için tasarımı yeniden ele almıştır. Sadece malzeme değil, peyzaj alanında farklı öneri sunmuştur. Bu sebepten dolayı başarılı sayılmıştır.

İşleme parametresinde tasarımı sabit tutmuştur. Mekân türünü tanımıştır ve mekân türüne uygun tefriş detayları eklemiştir. Bu sebepten başarılı sayılmıştır.

Tablo 4.21 Visoid Yapay Zekâ Aracı Kullanılarak Görselleştirme İşlemlerinin Gerçekleştirilmesi

ÖN TASARIM		BAŞARILI
-------------------	--	-----------------

BÜTÜNLÜK		BAŞARILI
		
REVİZE		BAŞARISIZ
		BAŞARILI

VARYASYON		BAŞARILI
İŞLEMİ		BAŞARILI

4.5 Alan Çalışmasında Elde Edilen Bulgular ile Parametrelerin Hesaplanması

Alan çalışmasında elde edilen bulgular, kategorilere ayrılmış halde tablolara işlenecektir. İşlenen tablolar üzerinden, parametre içerisinde denk geldiği değer tespit edilecek ve değerlerin işlendiği tabloya aktarılacaktır.

Parametreler ve değerler, parametrelerin oluşturulması bölümünde yer alan çalışmalar referans alınarak kullanılmıştır. Tespit edilen değerlerin sonuçları MATLAB aracına ait FIS Editör'e işlenerek sonuç değerler tespit edilecektir. Tespit edilen değerler, araca ait puan olmaktadır. Araçlara ait aritmetik ortalamalarda hesaplanacaktır. Bunun sebebi kural için gerekli çıkış değerinin tespit edilmesidir.

4.5.1 Sayısal Erişilebilirlik Parametrelerinin Hesaplanması

Tablo 4.22 Araçlara Ait Sayısal Erişilebilirlik Bilgileri

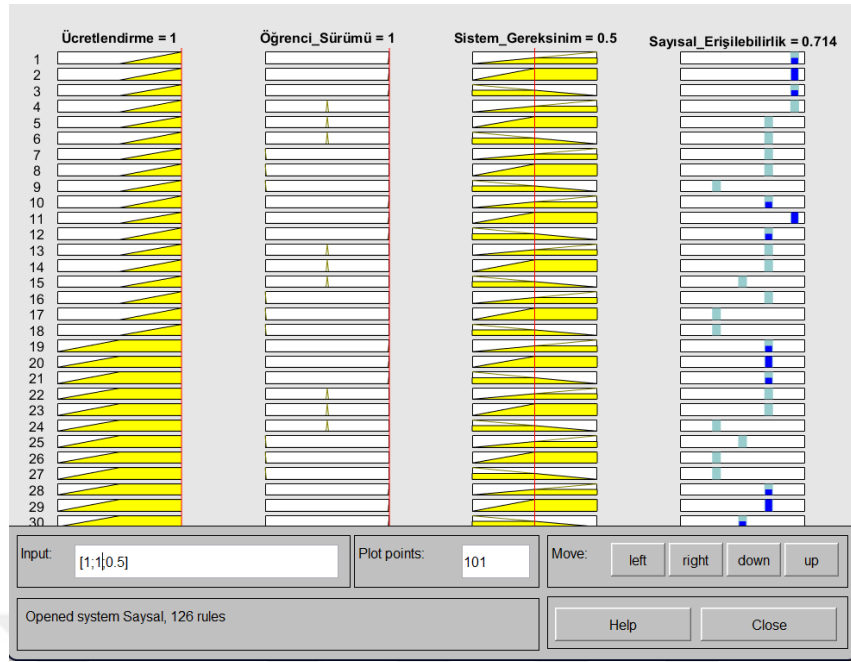
	Ücretlendirme	Öğrenci Sürümü	Önerilen Sistem Gereksinimleri
Fotogerçekçi Görselleştirme Araçları			
V-Ray	54,00 €	11,00 €	26.500,00 ₺
Enscape	76,90 €	11,17 €	29.000,00 ₺
Lumion	124,91€	0,00 €	27.000,00 ₺
Unreal Engine	0,00 €	0,00 €	35.000,00 ₺
Twinmotion	0,00 €	0,00 €	40.000,00 ₺
D5 Render	30,00 €	0,00 €	107.00,00 ₺
Yapay Zekâ Görselleştirme Araçları			
Midjourney	24,00 €	(A) 8,00 €	0,00 ₺
DALL-E	20,00 €	20,00 €	0,00 ₺
Mnml AI	39,00 €	15,60 €	0,00 ₺
Prome AI	29,00 €	(A) 16,00 €	0,00 ₺
Evolvelab Veras	34,00 €	17,00 €	0,00 ₺
LookX	20,00 €	İletişim	0,00 ₺
Arko AI	31,66 €	22,50 €	0,00 ₺
Renovate AI	4,16 €	(A) 2,85 €	0,00 ₺
Visoid	23,00 €	23,00 €	0,00 ₺

Araçlara ait sayısal erişilebilirlik bilgileri bölüm 4.3'ten alınarak, tabloya işlenmiştir. İşlenen bilgiler sonucunda bilgilerin, parametrelerin oluşturulması bölümünde belirtilen derecelendirmeler içerisindeki değerleri tespit edilmiştir. Tespit edilen değerler ile sayısal erişilebilirlik değer tablosu oluşturulmuştur (Tablo 4.23).

Oluşturulan tabloda, aritmetik değer sonuçları belirlenmiştir. Aritmetik değerlerin belirlenmesindeki amaç, kural için gerekli çıkış değerinin tespit edilmesidir. Aritmetik ortalamalar baz alındığında 0.83 puan ile Unreal Engine, erişilebilirlik için en uygun program; 0.33 puan ile Enscape ise, en zor erişilebilen program olmaktadır.

Tablo 4.23 Araçlara Ait Sayısal Erişilebilirlik Sonuç Değerleri

	Ücretlendirme	Öğrenci Sürümü	Önerilen Sistem Gereksinimleri	Aritmetik Değer
Fotogerçekçi Görselleştirme Araçları	Aritmetik Değer: 0.55			
V-Ray	Pahalı (0.24)	İndirimli (0.50)	Uygun (0.50)	Zor Erişim (0.41)
Enscape	Pahalı (0)	İndirimli (0.50)	Uygun (0.50)	Zor Erişim (0.33)
Lumion	Pahalı (0)	Ücretsiz (1)	Uygun (0.50)	Ortalama Erişim (0.5)
Unreal Engine	Ücretsiz (1)	Ücretsiz (1)	Uygun (0.50)	Kolay Erişim (0.83)
Twinmotion	Ücretsiz (1)	Ücretsiz (1)	Uygun (0.33)	Kolay Erişim (0.77)
D5 Render	Ucuz (0.51)	Ücretsiz (1)	Pahalı (0)	Ortalama Erişim (0.50)
Yapay Zekâ Görselleştirme Araçları	Aritmetik Değer: 0.61			
Midjourney	Ucuz (0.61)	Düşüncesiz (0)	Ucuz (1)	İdeal Erişim (0.53)
DALL-E	Ucuz (0.68)	Düşüncesiz (0)	Ucuz (1)	İdeal Erişim (0.56)
Mnml AI	Ortalama (0.50)	İndirimli (0.50)	Ucuz (1)	İdeal Erişim (0.66)
Prome AI	Ucuz (0.52)	Düşüncesiz (0)	Ucuz (1)	Ortalama Erişim (0.50)
Evolvelab Veras	Ortalama (0.50)	İndirimli (0.50)	Ucuz (1)	İdeal Erişim (0.66)
LookX	Ucuz (0.68)	İndirimli (0.50)	Ucuz (1)	İdeal Erişim (0.72)
Arko AI	Ortalama (0.50)	İndirimli (0.50)	Ucuz (1)	İdeal Erişim (0.66)
Renovate AI	Ucuz (0.92)	Düşüncesiz (0)	Ucuz (1)	İdeal Erişim (0.64)
Visoid	Ucuz (0.62)	Düşüncesiz (0)	Ucuz (1)	İdeal Erişim (0.54)



Şekil 4.18 Bulanık Mantık Yöntemiyle MATLAB Aracıyla FIS Editör ile Sayısal Erişilebilirlik Parametre Sonuçları (Unreal Engine)

Tablo 4.24 Araçlara Ait Sayısal Erişilebilirlik Bulanık Mantık Sonuç Değerleri

	Aritmetik Değer	Bulanık Mantık Değeri
Fotogerçekçi Görselleştirme Araçları	0.55	0.535
V-Ray	0.41	0.411
Enscape	0.33	0.344
Lumion	0.50	0.562
Unreal Engine	0.83	0.714
Twinmotion	0.77	0.689
D5 Render	0.50	0.49
Yapay Zekâ Görselleştirme Araçları	0.61	0.3915
Midjourney	0.53	0.264
DALL-E	0.56	0.278
Mnml AI	0.66	0.531
Prome AI	0.50	0.243
Evolvelab Veras	0.66	0.531
LookX	0.72	0.561
Arko AI	0.66	0.531
Renovate AI	0.64	0.319
Visoid	0.54	0.266

Bulanık mantık sonuç değerlerinin hesaplanması sonucunda:

- Fotogerçekçi görselleştirme araçları incelendiğinde, aritmetik sonuç değerlerinde ve bulanık mantık değerlerinde programların aynı sıralamada olduğu tespit edilmektedir. Unreal Engine programı erişimi en kolay program olarak sonuçlanmaktadır.
- Yapay zekâ görselleştirme araçlarının bulanık mantık sonuçları incelendiğinde, sıralama olarak aynı kaldığını fakat aldıkları değerlerin düşüş yaşadığı tespit edilebilmektedir. Bu durumun sebebi olarak öğrenci indirimi parametresi olduğu tespit edilebilmektedir.
- Öğrenci indirimi parametresin kesin küme ile oluşturulması ve kesin sonuçlar ile ifade edilmesine karşı; yapay zekâ görselleştirme araçlarının daha erişilebilir olduğu önerilen sistem gereksinimlerinin bulanık bir kümede oluşturulması ve doğrusal bir yapıda olması kaynaklı olduğu tespit edilebilmektedir.
- Öğrenci indirimlerine sahip olmayan yapay zekâ araçlarının bulanık mantık değerinde düşüşte olduğu açıkça görülebilmektedir. Bu durumda bulanık mantık yapay zekâ sistemi için, öğrenci indirimi parametresinin önemini görebilmekteyiz. Bu durum fotogerçekçi görselleştirme araçlarını daha erişilebilir bir hale getirmektedir.

4.5.2 Kullanım Özellikleri Parametresinin Hesaplanması

Araçlara ait kullanım özellikleri bilgileri bölüm 4.3'ten alınarak, tabloya işlenmiştir. İşlenen bilgiler sonucunda bilgilerin, parametrelerin oluşturulması bölümünde belirtilen derecelendirmeler içerisindeki değerleri tespit edilmiştir. Tespit edilen değerler kullanılarak, bilgilerin ve değerlerin yer aldığı tablo birlikte oluşturulmuştur (Tablo 4.25).

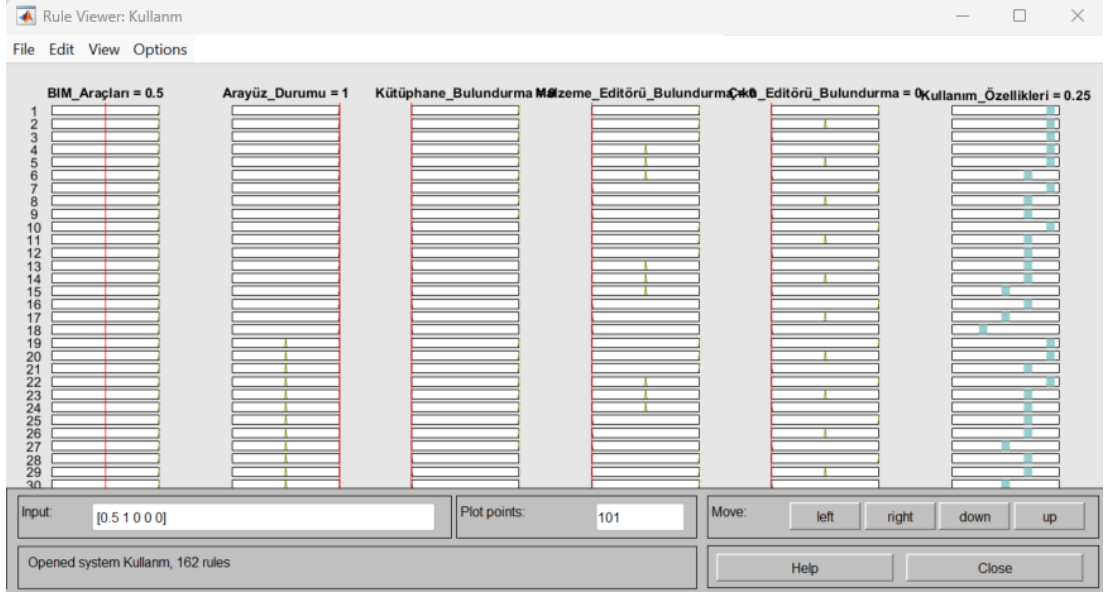
Tablo 4.25 Araçlara Ait Kullanım Özellikleri Bilgileri ve Sonuç Değerleri+

	BIM Araçları	Arayüz Durumu	Kütüphane Bulundurma	Malzeme Editörü	Çıktı Editörü	Aritmetik Değer
Fotogerçekçi Görselleştirme Araçları	Aritmetik Değer: 0.78					
V-Ray	Plugin (0.5)	Orta (0.5)	Mevcut (1)	Detaylı (1)	İleri Seviye (1)	Yetenekli (0.80)
Enscape	Plugin (0.5)	Kolay (1)	Mevcut (1)	Mevcut (0.5)	Mevcut (0.5)	Kullanışlı (0.70)
Lumion	Entegre (1)	Kolay (1)	Mevcut (1)	Mevcut (0.5)	Mevcut (0.5)	Yetenekli (0.80)
Unreal Engine	Entegre (1)	Zor (0)	Mevcut (1)	Detaylı (1)	İleri Seviye (1)	Yetenekli (0.80)
Twinmotion	Entegre (1)	Kolay (1)	Mevcut (1)	Mevcut (0.5)	Mevcut (0.5)	Yetenekli (0.80)
D5 Render	Entegre (1)	Kolay (1)	Mevcut (1)	Mevcut (0.5)	Mevcut (0.5)	Yetenekli (0.80)
Yapay Zekâ Görselleştirme Araçları	Aritmetik Değer: 0.22					
Midjourney	Yok (0)	Kolay (1)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Kullanışsız (0.2)
DALL-E	Yok (0)	Kolay (1)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Kullanışsız (0.2)
Mnml AI	Yok (0)	Kolay (1)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Kullanışsız (0.2)
Prome AI	Yok (0)	Kolay (1)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Kullanışsız (0.2)
Evolvelab Veras	Plugin (0.5)	Kolay (1)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Vasat (0.3)
LookX	Yok (0)	Kolay (1)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Kullanışsız (0.2)
Arko AI	Plugin (0.5)	Kolay (1)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Vasat (0.3)
Renovate AI	Yok (0)	Kolay (1)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Kullanışsız (0.2)
Visoid	Yok (0)	Kolay (1)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Kullanışsız (0.2)

Oluşturulan tabloda, aritmetik değer sonuçları belirlenmiştir. Aritmetik değerlerin belirlenmesindeki amaç, kural için gerekli çıkış değerinin tespit edilmesidir. Aritmetik ortalamalar baz alındığında 0.80 puan ile Enscape hariç tüm fotogerçekçi görselleştirme kullanım özellikleri açısından çok uygundur. Yapay zekâ araçları ise, kullanım özellikleri olarak 0.22 puan ortalaması ile, kontrolün kullanıcıda olmadığını göstermektedir.

Tablo 4.26 Araçlara Ait Kullanım Özellikleri Bulanık Mantık Sonuçları

	Aritmetik Değer	Bulanık Mantık Değeri
Fotogerçekçi Görselleştirme Araçları	0.78	0.95
V-Ray	0.80	1
Enscape	0.70	0.75
Lumion	0.80	1
Unreal Engine	0.80	1
Twinmotion	0.80	1
D5 Render	0.80	1
Yapay Zekâ Görselleştirme Araçları	0.22	0.05
Midjourney	0.20	0
DALL-E	0.20	0
Mnml AI	0.20	0
Prome AI	0.20	0
Evolvelab Veras	0.30	0.25
LookX	0.20	0
Arko AI	0.30	0.25
Renovate AI	0.20	0
Visoid	0.20	0



Şekil 4.19 Bulanık Mantık Yöntemiyle MATLAB Aracıyla FIS Editör ile Kullanım Özellikleri Parametre Sonuçları (Arko AI)

Kullanım özellikleri parametresi kesin küme ile kurgulanmıştır. Bu sebepten dolayı, sisteme işlenen değerler net bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Bu parametre sonucunda, yapay zekâ görselleştirme araçlarında kontrolün kullanıcıda olmadığı ve fotogerçekçi görselleştirme araçları ise, tam anlamıyla kullanıcı kontrolü altında olduğu net bir şekilde tespit edilmiştir.

4.5.3 Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametresinin Hesaplanması

Araçlara ait görüntü oluşturma ve işleme bilgileri, 4.4 bölümünde oluşturulan görseller sonucunda elde edilerek tabloya işlenmiştir. İşlenen bilgiler sonucunda bilgilerin, parametrelerin oluşturulması bölümünde belirtilen derecelendirmeler içerisindeki değerleri tespit edilmiştir. Tespit edilen değerler kullanılarak, bilgilerin ve değerlerin yer aldığı tablo birlikte oluşturulmuştur (Tablo 4.27).

Revize yapabilme durumunda dış mekânda başarılı olup, iç mekânda başarısız olan araçlarda, aracın revize yapabildiği fakat istenilen revizenin veya prompt komutunun hata barındırdığı tespit edilmiştir. Bu sebepten dolayı dış mekânda revize yapabilen araçlar, başarılı olarak sayılacaktır.

Ön Tasarım yapabilme durumunda dış mekânda başarısız, iç mekânda başarılı olan sadece Arko AI aracı bulunmaktadır. Arko AI iç mekân özelinde incelenmiştir. Bu sebepten ön tasarım parametresi başarılı olarak kabul edilecektir.

Tablo 4.27 Araçlara Ait Görüntü Oluşturma ve İşleme Bilgileri ve Değerleri

	Görüntü Oluşturma Hızı	Görüntü Kanalları	Görüntü Çözünürlüğü	Bütünlük	Revize	Ön Tasarım	Varyasyon	İşleme	Aritmetik Değer
Fotogerçekçi Görselleştirme Araçları	Aritmetik Değer: 0,558								
V-Ray	15 dk Hızlı (0.85)	Mevcut (1)	UHD (1)	Bütün (1)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Kütüphane (0.5)	Kullanışlı (0.543)
Enscape	<1 dk Çok Hızlı (1)	Mevcut (1)	UHD (1)	Bütün (1)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Kütüphane (0.5)	Kullanışlı (0.562)
Lumion	<1 dk Çok Hızlı (1)	Mevcut (1)	UHD (1)	Bütün (1)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Kütüphane (0.5)	Kullanışlı (0.562)
Unreal Engine	<1 dk Çok Hızlı (1)	Mevcut (1)	UHD (1)	Bütün (1)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Kütüphane (0.5)	Kullanışlı (0.562)
Twinmotion	<1 dk Çok Hızlı (1)	Mevcut Değil (0)	UHD (1)	Bütün (1)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Kütüphane (0.5)	Kullanışlı (0.562)
D5 Render	<1 dk Çok Hızlı (1)	Mevcut (1)	UHD (1)	Bütün (1)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Kütüphane (0.5)	Kullanışlı (0.562)
Yapay Zekâ Görselleştirme Araçları	Aritmetik Değer: 0.714								
Midjourney									
DALL-E									
Mnml AI	<1 dk Çok Hızlı (1)	Mevcut Değil (0)	UHD (1)	Bütün (1)	Başarısız (0)	Mevcut (1)	Mevcut (1)	Mevcut (1)	Yetenekli (0.75)
Prome AI	<1 dk Çok Hızlı (1)	Mevcut Değil (0)	UHD (1)	Bütün (1)	Başarılı (1)	Mevcut (1)	Mevcut (1)	Mevcut (1)	Yetenekli (0.875)
Evolvelab Veras	<1 dk Çok Hızlı (1)	Mevcut Değil (0)	UHD (1)	Benzer (0.5)	Başarılı (1)	Mevcut (1)	Mevcut (1)	Mevcut Değil (0)	Kullanışlı (0.687)
LookX	<1 dk Çok Hızlı (1)	Mevcut Değil (0)	UHD (1)	Benzer (0.5)	Başarılı (1)	Mevcut (1)	Mevcut (1)	Mevcut Değil (0)	Kullanışlı (0.687)
Arko AI	<1 dk Çok Hızlı (1)	Mevcut Değil (0)	HD (0.25)	Benzer (0.5)	Başarılı (1)	Mevcut (1)	Mevcut Değil (0)	Mevcut Değil (0)	Vasat (0.468)
Renovate AI	<1 dk Çok Hızlı (1)	Mevcut Değil (0)	HD (0.25)	Bütün (1)	Başarısız (0)	Mevcut (1)	Mevcut (1)	Mevcut (1)	Kullanışlı (0.656)
Visoid	<1 dk Çok Hızlı (1)	Mevcut Değil (0)	UHD (1)	Bütün (1)	Başarılı (1)	Mevcut (1)	Mevcut (1)	Mevcut (1)	Yetenekli (0.875)

Yapay zekâ araçları görüntü çözünürlüğü olarak HD, UHD gibi terimler kullanmak yerine; Upscale mantığı ile çalışmaktadır. Upscale bir görüntünün çözünürlüğünün katlanarak büyütülme işlemidir. Yapay zekâ araçlarında upscale komutu kullanılarak, ulaşabildiği piksel değerleri; UHD, QHD, FHD ve HD piksel değerleri ile karşılaştırılarak hangisine yakın olduğu tespit edilecektir. Eğer yüksek çözünürlüklere ulaşabiliyorsa UHD olarak kabul edilmiştir.

Fotogerçekçi görselleştirme araçlarında, sahneler kalabalıklaştıkça görüntü oluşturma süresi uzamaktadır. Sahnenin yoğun olma durumu, mimari tasarımda çokça karşılaşılabilecek bir durumdur. Bu sebepten görüntü oluşturma hızı parametresinde, yoğun olan dış mekân görüntülerinin oluşturulma hızları dikkate alınmıştır.

Görüntü oluşturma ve işleme parametresi, görüntü oluşturma hızı hariç kesin küme ile kurgulanmıştır. Bu sebepten dolayı, sisteme işlenen değerler net bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Bu parametre sonucunda, yapay zekâ görselleştirme araçlarının görüntü oluşturma ve işleme parametresi altında fotogerçekçi görselleştirme araçlarından daha başarılı olduğunu söylememiz uygun olacaktır. Bu duruma rağmen yapay zekâ görselleştirme aracı olan Arko AI, en etkin olmayan program olmaktadır.

Midjourney ve DALL-E yapay zekâ görselleştirme araçlarının, görüntü oluşturma ve işleme parametresi altında başarısız olması sebebiyetiyle, sonuç değerlerinde yer alan ortalamalara dahil edilmemiştir.

```
>> % FIS dosyasını yükleyin
fis = readfis('Gornt');

% Değerleri girin (örnek giriş değerleri)
inputValues = [0.85 1 1 1 0 0 0 0.5];

% Değerlendirme
output = evalfis(fis, inputValues);

% Sonucu göster
disp(output);
0.6000
0.5968
```

Şekil 4.20 Bulanık Mantık Yöntemiyle MATLAB Aracıyla ile Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametre Sonuçları (V-Ray)

Fazla kural içeren parametreler, MATLAB aracı içerisinde yer alan FIS Editör'ün yavaş çalışmasına neden olabilmektedir. Bu sebepten dolayı MATLAB aracı ile sonuç değerinin tespit edilebilmesi için farklı bir yöntem bulunmaktadır. Bu yöntem Ek 4.6'da detaylı olarak aktarılmıştır.

Tablo 4.28 Araçlara Ait Görüntü Oluşturma ve İşleme Bulanık Mantık Sonuçları

	Aritmetik Değer	Bulanık Mantık Değeri
Fotoğercekçi Görselleştirme Araçları	0,558	0,599
V-Ray	0.543	0.596
Enscape	0.562	0.6
Lumion	0.562	0.6
Unreal Engine	0.562	0.6
Twinmotion	0.562	0.6
D5 Render	0.562	0.6
Yapay Zekâ Görselleştirme Araçları	0.714	0,742
Midjourney		
DALL-E		
Mnml AI	0.75	0.75
Prome AI	0.875	0.975
Evolvelab Veras	0.687	0.75
LookX	0.687	0.75
Arko AI	0.468	0.25
Renovate AI	0.656	0.75
Visoid	0.875	0.975

4.6 Alan Çalışmasından Elde Edilen Bulgular Kullanılarak Genel Sonuç Değerlerinin Tespit Edilmesi

Alan çalışmasında gerçekleştirilen işlemler sonucunda elde edilen bulanık mantık değerleri, araçlar ve araç türleri üzerinden tabloya işlenecektir. Tabloya işlenen bu değerler, alan çalışmasında hazırlanan bulanık mantık sisteminde yer alan genel sonuç parametresi kullanılarak, bulanık mantık sistemine işlenecektir. İşleme sonrasında elde edilen sonuçlar, araçların ve araç türlerinin yapılmış olan tüm alan çalışması sonucundaki değerlerini tespit edilmesini sağlayacaktır.

Görüntü oluşturma ve işleme parametresi altında başarısız olan yapay zekâ görselleştirme araçlarından, Midjourney ve DALL-E araçlarının sayısal erişilebilirlik ve kullanım özellikleri parametrelerinden aldığı değerler göz ardı edilecektir. Bu

sebepten yapay zekâ görselleştirme araç türü başlığının, sayısal erişilebilirlik ve kullanım özellikleri bulanık mantık sonuç değerlerinde, değişiklik yaşanacaktır. Bu durumun sebebi, araçların bireysel olarak aldıkları bulanık mantık değerlerinin aritmetik ortalaması sonucunda ortaya çıkmasından kaynaklanmaktadır. Aritmetik ortalama işlemi, toplam dokuz (9) adet yapay zekâ görselleştirme aracının elde ettiği değerlerin toplanması sonucunda, araç sayısına bölünmesi ile elde edilmektedir. İki aracın dahil edilmemesi sonucunda, yedi yapay zekâ görselleştirme araçları için bu işlem tekrarlanacaktır (Tablo 4.29).

Tablo 4.29 Yapay Zekâ Görselleştirme Araçlarının, Güncellenmiş Bulanık Mantık Değerleri

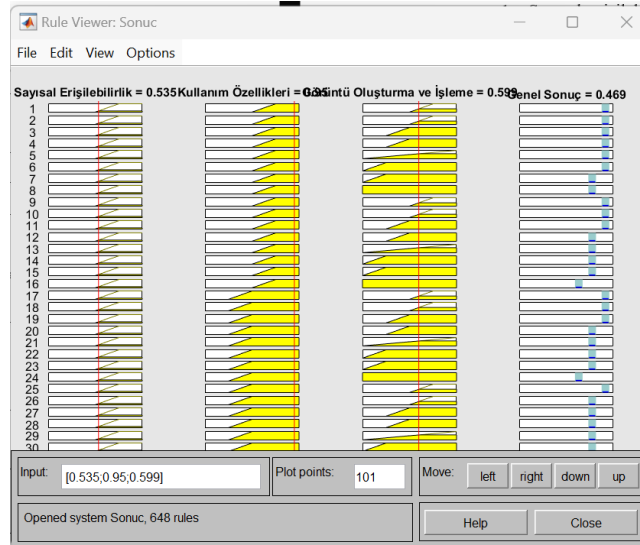
	9 Araçlı Bulanık Mantık Değeri	7 Araçlı Bulanık Mantık Değeri
Sayısal Erişilebilirlik Parametresi	0.3915	0.426
Kullanım Özellikleri Parametresi	0.05	0.07

Fotogerçekçi görselleştirme araçları ve yapay zekâ görselleştirme araçlarının bulanık mantık genel sonuç değerlerinin tespiti için, aritmetik ortalama kullanılmayacaktır. Çünkü araç türlerine ait, parametre değerleri bilinmektedir. Bu sebepten araçların aldığı bulanık mantık sonuç değerlerinin ortalamasından farklı olacaktır.

Tablo 4.30 Fotogerçekçi Görselleştirme Araçları ve Yapay Zekâ Görselleştirme Araçlarının Karşılaştırılmasında Elde Edilen Bulanık Mantık Sonuç Değerleri

	Fotogerçekçi Görselleştirme Araçları	Yapay Zekâ Görselleştirme Araçları
Sayısal Erişilebilirlik Parametresi	İdeal Erişim (0.535)	Zor Erişim (0.426)
Kullanım Özellikleri Parametresi	Yetenekli (0.95)	Kullanışsız (0.07)
Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametresi	Kullanışlı (0,599)	Kullanışlı (0,742)
Genel Sonuç	Ortalama Altı (0.469)	Ortalama Altı (0.338)

- Araçlara Ait Genel Sonuç Değerlerinin Tespit Edilmesi



Şekil 4.21 Bulanık Mantık Yöntemiyle MATLAB Aracıyla FIS Editör ile Genel Sonuç (Fotogerçekçi Görselleştirme Araçları)

Tablo 4.31 Araçlara Ait Görüntü Oluşturma ve İşleme Bulanık Mantık Sonuç Değerleri

	Sayısal Erişilebilirlik Bulanık Mantık Değeri	Kullanım Özellikleri Bulanık Mantık Değeri	Görüntü Oluşturma ve İşleme Bulanık Mantık Değeri	Genel Sonuç Bulanık Mantık Değeri
Fotogerçekçi Görselleştirme Araçları				
V-Ray	0.411	1	0.596	0.448
Enscape	0.344	0.75	0.6	0.440
Lumion	0.562	1	0.6	0.478
Unreal Engine	0.714	1	0.6	0.505
Twinmotion	0.689	1	0.6	0.502
D5 Render	0.531	1	0.6	0.468
Yapay Zekâ Görselleştirme Araçları				
Mnml AI	0.531	0	0.75	0.3211
Prome AI	0.243	0	0.975	0.320
Evolvelab Veras	0.531	0.25	0.75	0.395
LookX	0.561	0	0.75	0.316
Arko AI	0.531	0.25	0.25	0.250
Renovate AI	0.319	0	0.75	0.288
Visoid	0.266	0	0.975	0.268

4.7 Bölüm Sonucu

Alan çalışmasının gerçekleştirilmesinde, (Çilek, 2021)'in daha önce yapmış olduğu çalışma referans alınarak, ilk üç adım uygulanmıştır. Uygulanan adımlar sonrasında yapay zekâ görselleştirme araçları ve fotogerçekçi görselleştirme araçları ile ilgili bilgiler tespit edilmiş, görseller oluşturulmuştur. Elde edilen bilgiler ışığında, araçların parametreler içerisinde aldığı değerler tespit edilmiştir. Tespit edilen değerler bulanık mantık yapay zekâ sistemine işlenerek, alan çalışmasının sonucuna ulaşılabilmesi için gerekli değerlere sahip olunmasını sağlamıştır.

Fotogerçekçi görselleştirme araçları ve yapay zekâ görselleştirme araçları arasında gerçekleştirilen alan çalışmasında elde edilen bulgular ve parametreler kullanılarak genel sonuç parametre tabloları oluşturulmuştur. Oluşturulan tablolardan yararlanılarak araçlar ve araç türlerinin alan çalışmasından aldıkları sonuç değerleri tespit edilebilmiştir. Tespit edilen değerler üzerinden *“Yapay zekâ görselleştirme araçları, mimari fotogerçekçi görselleştirme araçlarının yerini alabilecek mi?”* ve *“Mimari görselleştirme mesleği risk altında mıdır?”* araştırma sorularına yanıt aranmıştır.

Yapılmış olan alan çalışmasından elde edilen bulanık mantık sonuç değeri bulguları incelendiğinde:

- 1- Sayısal erişilebilirlik parametresinde, bir kullanıcının araca erişebilmesi maddi yönden araştırılmıştır. Sayısal erişilebilirlik parametresinde; fotogerçekçi görselleştirme aracı olan Unreal Engine programı en yüksek değeri alması sonucunda, en kolay erişilebilen program olduğu tespit edilmiştir. Fotogerçekçi görselleştirme araçlarından biri olan Enscape ise, en zor erişilebilen program olarak belirlenmiştir.

Fotogerçekçi görselleştirme araçları ve yapay zekâ görselleştirme araçları karşılaştırma durumunda ise; fotogerçekçi görselleştirme araçlarının daha kolay erişime sahip olduğu tespit edilmiştir.

- 2- Kullanım özellikleri parametresinde, kullanıcının araç üzerindeki kontrol durumu araştırılmıştır. Kullanım özellikleri parametresinde; fotogerçekçi görselleştirme araçlarından biri olan Enscape programı hariç, diğer

programların aynı değeri alarak bu alanda yetenekli olduğu ortaya konulmuştur. Yapay zekâ görselleştirme araçlarında ise BIM desteği sunmakta olan EvolveLab Veras ve Arko AI araçları haricinde, alan çalışmasında yer alan diğer yapay zekâ görselleştirme araçlarının kullanım özelliklerinde kullanışsız olduğu tespit edilmiştir.

Fotogerçekçi görselleştirme araçları ve yapay zekâ görselleştirme araçları karşılaştırma durumunda ise; fotogerçekçi görselleştirme araçlarının kullanım özellikleri parametresi altında, yapılacak olan görselleştirme üzerinde yapay zekâ görselleştirme araçlarının aksine kullanıcının daha fazla söz hakkı ve kontrolün kullanıcıda olduğu tespit edilmiştir.

- 3- Görüntü oluşturma ve işleme parametresinde, aracın kullanıcı denetimine minimum ihtiyaç duyarak görüntüyü oluşturma, işleme ve düzenleme durumu araştırılmıştır. Görüntü oluşturma ve işleme parametresinde; yapay zekâ görselleştirme araçlarından Visoid ve Prome AI aracı, aynı değeri alarak bu alanda en yetenekli araçlar olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda yapay zekâ görselleştirme araçlarından birisi olan Arko AI bu alanda en az değer alan araç olmuştur. Fotogerçekçi görselleştirme araçları ise, birbirlerine yakın/eşit değer alarak görüntü oluşturma konusunda işlevsel olarak benzer oldukları çıkarımı yapılmıştır.

Fotogerçekçi görselleştirme araçları ve yapay zekâ görselleştirme araçları karşılaştırma durumunda ise; yapay zekâ görselleştirme araçlarının görüntü oluşturma ve işleme parametresi altında, araçların kullanıcıya minimum ihtiyaç duyarak, görüntüyü oluşturabilme, işleyebilme ve hazırlayabilme konularında fotogerçekçi görselleştirme araçlarına göre daha etkin olduğu tespit edilmiştir.

- 4- Genel sonuç parametresinde, fotogerçekçi görselleştirme araçlarının ve yapay zekâ görselleştirme araçlarının, incelenen parametreler doğrultusunda toplam dereceleri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda fotogerçekçi görselleştirme araçları ortalama altı bir değer; yapay zekâ görselleştirme araçları ise, kötü sınırında olacak şekilde ortalama altı bir değer almıştır.

Fotogerçekçi görselleştirme araçları, alan çalışmasında belirlenen nicel parametreler doğrultusunda yapay zekâ görselleştirme araçlarına karşı daha başarılı olduğu tespit edilmiştir.

- 5- Araçlar özelinde genel sonuç değerleri incelendiğinde, en yüksek değer alan araç, fotogerçekçi görselleştirme aracı olan Unreal Engine programı; en düşük değer alan araç ise, yapay zekâ görselleştirme aracı olan Arko AI aracı olduğu tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar özetlenecek olursa günümüzde farklı yetenek düzeyinde yapay zekâ uygulamaları olmasına rağmen henüz fotogerçekçi görselleştirme araçlarından daha başarılı olmadıkları söylenebilir. Tasarımcıya katkı sağlamakta ancak kullanıcı kontrolünde ve bütün bir ürün oluşturma konusunda yetersiz kalmaktadır. Bu sonuçlar özellikle sunum için sonuç görsellerin üretilebilmesinden henüz uzak oldukları söylenebilir. Ancak az zamanda farklı örnekler gösterebilmek, hızlı kararlar alabilmek ve tasarımcı ile iş veren arasındaki toplantılarda, işin her iki taraf içinde daha kolay ilerleyebilmesi adına özellikle tasarımın sürecinin erken aşamalarında katkı sağlayabilirler. Sonuç ürün elde etmede fotogerçekçi görselleştirme araçlarının bir süre daha kullanılmasının kaçınılmaz olduğu düşünüldüğünde bu işi yapan meslek insanlarının bir süre daha risk altında olmadığını ve hatta dönüşerek belki de birer Yapay zekâ görsel üreticiye dönüşebileceklerini söylemek yanlış olmaz.

5. SONUÇ

Tez kapsamında gerçekleştirilen alan çalışmasında, kullanım özellikleri ve görüntü oluşturma ve işleme parametreleri sonucunda elde edilen değerlere bakıldığında;

- Fotogerçekçi görselleştirme araçlarında kontrol kullanıcısıdır. Bu sebepten dolayı kullanıcı tasarımı, revize işlemini, mekâna tefriş işlemeyi kendi fikirlerine göre şekillendirebilmektedir.
- Fotogerçekçi görselleştirme araçları gerçek zamanlı olarak çalıştığı zaman, yeterli donanıma sahip bir bilgisayarı bulunan kullanıcı, yapay zekâ görselleştirme araçları kadar hızlı sonuçlar üretebilmektedir.
- Fotogerçekçi görselleştirme araçları çıktı editörüne ve görüntü kanalları çıktılarına sahip oldukları için editör üzerinden veya Photoshop üzerinden görüntü düzenleme işlemlerini detaylı ve hızlı bir şekilde yapabilirken; yapay zekâ görselleştirme araçlarında, Photoshop kullanarak ısı, ışık gibi skalalarda oynanabilmektedir. Fakat objelerin seçimi ve görüntü katmanları oluşturularak yansıma değerinin artırılması gibi detay işlemler gerçekleştirilememektedir.
- Yapay zekâ görselleştirme araçları, tasarım oluşturulmadan önce tasarım önerisinde bulunma yeteneğine sahiptir. Aynı zamanda yapılan tasarım üzerine varyasyonlar önererek, farklı tasarımlar oluşturulması için kullanıcıya fikir verebilmektedir.
- Yapay zekâ görselleştirme araçları ön tasarım yeteneği ile önceden tasarlanmış bir model üzerinde, malzeme önerisi sunabilmektedir.
- Yapay zekâ görselleştirme araçları tefrişleri işleme konusunda mekanları tanıyabilmektedir. Bu işleme işlemi fotogerçekçi görselleştirme araçlarındaki gibi detaylı ve istenilen kontrolde olmamasının karşılığında; kütüphaneden objenin aranması, yerleştirilmesi, açısının ayarlanması gibi durumlar içermediği için, işlem süresi olarak daha kısa sürmektedir. Bu sebepten dolayı, düşünülen tasarım sahnesinin canlandırılarak, fikir vermesinde yardımcı olmaktadır.

- Yapay zekâ görselleştirme araçları, bütünlük sağlamakta sorun yaşadığı için teslim projesi olarak teslim edilemezler. Bunun sebebi, teslim projelerinde çok sayıda mimari görselleştirme yer almasından kaynaklı olarak farklı açılarda malzemelerde farklılıklarına sahip olacaktır. Bu teslim projesi için istenilen bir durum değildir. Çünkü müşteri, teslim projesinde projeyi tek bir parça ve son ürün olarak görmek istemektedir. Yapay zekâ görselleştirme araçları, teslim projesi yerine fikir projesi, moodboard gibi durumlarda bütünlük parametresi önemsenmediği için kullanımında bir problem oluşturmayacaktır.

Çıkarımlar sonucunda yapay zekâ görselleştirme araçları, fikir verme konusunda ileri çıkmaktadır fakat sonuç ürün olmakta başarısız olmaktadır. Fotogerçekçi görselleştirme araçları ise detaylı tasarım, detaylı işleme gibi detay işlemleri başarabilmesi ile öne çıkmaktadır. Bu durum göz önüne alındığında tezin ilk araştırma sorusu olan *“Yapay zekâ görselleştirme araçları, mimari fotogerçekçi görselleştirme araçlarının yerini alabilecek mi?”* sorusuna sonuç ürünler göz önüne alındığında yapay zekâ görselleştirme araçları, sonuç aşaması için kullanılmakta olan mevcut fotogerçekçi görselleştirme araçlarının yerini günümüz (Eylül, 2024) koşullarında henüz alamamaktadır yanıtını verebiliriz. Fakat yapay zekâ, çok hızlı bir gelişim yaşamaktadır. Eğer yapay zekâ uygulamaları kontrol konusunda kullanıcıya daha fazla yetki vermeyi başarabilirse ve kendisine verilen verileri sentezleyip yeni bir bilgiye dönüştürebilirse, çok yakın bir gelecekte fotogerçekçi görsellerin yerini alabileceği tahmin etmek yanlış olmayacaktır.

Alan çalışmasından elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, yapay zekâ görselleştirme araçlarının, mimari tasarım sürecinde etkin işler yapabileceği tespit edilebilmektedir. Fakat sonuç ürünlerin mevcut fotogerçekçi görselleştirme araçlarına göre istenileni verememesi *“Yapay zekâ görselleştirme araçları mimari tasarım için yeterlilik sağlıyor ise, tasarım sürecinin hangi aşamasında yer alacaktır?”* sorusuna ön tasarım, hızlı ve alternatif çözüm, anlık düşünceleri somutlaştırabilme yetenekleri sebebiyetiyle, günümüz koşullarında mimari tasarım projelerinin ön tasarım aşamasında yer alabileceği şeklinde yanıtlamak mümkün olacaktır.

Tezin üçüncü araştırma sorusu olan *“Mimari görselleştirme mesleği risk altında mıdır?”* sorusu ise tartışmaya açık bir konudur. Bu konudaki yanıtımız, yapay zekâ görselleştirme araçlarının geldiği aşamaya bakıldığında mimari görselleştirme

mesleğine sahip olan bireylerin, yapay zekâ kullanımı nedeniyle işsiz kalma endişesi duymaması gerektiğidir. Çünkü ileride gelişmişlik düzeyleri artsa bile tasarım sürecinde yaratma gücü, yapay zekâ uygulamalarında kullanıcının elinde olacaktır.

İleride yapay zekâ araçlarının gelişimiyle, ön tasarım aşamasından sonuç aşamasına kadar yer alan bütün süreç boyunca kullanılabilen bir mimari araca dönüşebileceklerdir. Geçmişte olduğu gibi aynı anda farklı dönemlere ait mimari çizim araçlarını beraber kullanıldığı düşünüldüğünde benzer bir durumun yapay zekâ uygulamaları içinde geçerli olabileceğini düşünmek çok da hayalci olmadığını söyleyebiliriz. Bilgisayarla çizimin tasarım sürecine katılmasında yaratılan sinerjiyi hatırladığımızda yapay zekanın mimari tasarım alanına dahil olması ile farklı tasarımlar, yeni akımlar, yeni tarzlar ve yeni malzeme kombinasyonlarının ortaya çıkma ihtimali bulunabilir.

Aynı zamanda, yapay zekâ görselleştirme araçları kullanılarak mimarlık mesleğinde yeni istihdam olanakları ve farklı çalışma konuları yaratılabileceği tahmin edilmektedir. Yapay zekâ görselleştirme araçlarını yetkin bir şekilde kullanabilen mimarlar ve/veya mimari yapay zekâ uzmanları ortaya çıkabilir. Böylece yapay zekâ araçlarının, mimari projelerin tüm tasarım aşamalarında yer almasıyla birlikte, tasarım kararlarının daha hızlı alınabilmesi, alternatif mekânlar üretilebilmesi, yeni malzeme kombinasyonları önerilebilmesi ve müşteri ile daha kolay bir fikir alışverişi sağlanabilmesi gerçekleşebilir.

KAYNAKÇA

- Aggarwal, C. C., & Zhai, C. (2012). A survey of text classification algorithms. *Mining text data* (ss. 163-222). Springer.
- Ağyar, Z. (2015). Yapay sinir ağlarının kullanım alanları ve bir uygulama. *Mühendis ve Makine*, 56(662), 22-23.
- Akın, H. L., & Levent, H. (1997). Yapay zekâda vücut ve beyin problemi. *Bilgisayar ve Beyin*. Nar Yayınları.
- Alcı, M., & Karatepe, M. (2002). *Bulanık mantık ve MATLAB uygulamaları* (Birinci baskı). https://egefuzzylogic.weebly.com/uploads/4/9/1/9/49194479/fuzzy_matlab_uygulamalari.pdf (Erişim Tarihi: 26 Mayıs 2024)
- Allahverdi, N. (2002). *Uzman sistemler: Bir yapay zekâ uygulaması*. Atlas Yayın Dağıtım.
- Altaş, İ. H. (1999). Bulanık Mantık: Bulanıklık Kavramı. *Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e*, 62, 80-85. İstanbul: Bileşim Yayıncılık A.Ş.
- Altun, D. (2019). *Sanal Gerçeklik ve Yapay Zekâ*. In G. Telli (Ed.), *Yapay Zekâ ve Gelecek* (ss. 139-157). İstanbul: Doğu Kitapevi.
- Armağan, Y. (2019). *Mobilya tasarımında yapay zekâ: Tasarım ve Ar-Ge merkezleri üzerinden bir değerlendirme* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Ankara: Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü.
- Asar, H. (2018). *Mimari Temsil Araçlarından Maketin Tasarım Düşüncesindeki Yeri* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü.
- Atalay, O. F., Önder, A., Sargın, G. A., Uluoğlu, B., Kolatan, S., & Baykan, C. (2002). Mimarlık ve sanallık. *Çağdaş Mimarlık Sorunları Dizisi 1*, Boyut Yayıncılık.
- Ateş, G. (1999). *Görsel Etki Analizinde Simülasyonun Kullanımı* (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bengio, Y. (2009). Learning deep architectures for AI. *Foundations and Trends in Machine Learning*, 2(1), 1-127.

- Bengio, Y., Courville, A., & Vincent, P. (2013). Representation learning: A review and new perspectives. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 35(8), 1798-1828.
- Bingöl, K., Er Akan, A., Örmecioğlu, H. T., & Er, A. (2020). Depreme dayanıklı mimari tasarımda yapay zekâ uygulamaları: Derin öğrenme ve görüntü işleme yöntemi ile düzensiz taşıyıcı sistem tespiti. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35(4), 2197-2210.
<https://doi.org/10.17341/gazimmfd.647981>
- Boesch, G. (2023). *What is computer vision? The complete tech guide for 2024*. Viso.Ai. <http://viso.ai/computer-vision/what-is-computer-vision/>
- Boeykens, S., & Neuckermans, H. (2008). *Representational limitations and improvements in building information modeling*. ResearchGate.
https://www.researchgate.net/publication/30868070_Representational_Limitations_and_Improvements_in_Building_Information_Modeling
- Cambria, E., Poria, S., Gelbukh, A., & Thelwall, M. (2017). Sentiment analysis is a big suitcase. *IEEE Intelligent Systems*, 32(6), ss. 74-80.
- Chollet, F. (2018). *Deep learning with Python* (1st ed.). Manning Publications Co.
- Chowdhary, V. (2020). Natural language processing. In V. Chowdhary (Ed.), *Fundamentals of artificial intelligence* (ss. 603-649). Springer.
- Çekmiş, A. (2016). Fuzzy logic in architectural site planning design. *12th International Conference on Application of Fuzzy Systems and Soft Computing (ICAFFS)*, ss. 176-182. Vienna, Austria.
- Coşkun, F., & Gülleroğlu, H. D. (2021). Yapay Zekanın Tarih İçindeki Gelişimi ve Eğitimde Kullanılması. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 54(3), 947-966.
- Çilek, M. [Mr. Çilek]. (2021). *Matlab ile bulanık mantık (Fuzzy Logic) uygulama örneği* [Video]. YouTube.
https://www.youtube.com/watch?v=rWD64tjF5ng&ab_channel=Mr%C3%87ilek
- Dalgacı, T. (2001). *Yapay zekâ, bilinç ve tasarım* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Darshan, S., Varik, A., Katti, A. N., Singh, A. K., & Kamath, R. R. (2013). Size and topological optimization of cantilever beam. *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*, 4(5). ISSN: 2231-5381.
- Doğan, O. (2016). Yapay Sinir Ağları.

- Dunn, N. (2010). *Architectural Model Making*. London: Laurence King Publishing.
- Ekin, S. B., & Yıldız, N. B. (2018). Yapay zekâ uygulamalarının mimari tasarım sürecine faydasının örnekler üzerinden incelenmesi. In 2023: *Mimarlık, planlama ve tasarımda öncü ve çağdaş çalışmalar* (ss. 5-27). İzmir: Duvar Yayınları.
- Engin, O. (2001). *Akış tipi çizelgeleme problemlerinin genetik algoritma ile çözüm performansının artırılmasında parametre optimizasyonu* (Yayımlanmamış doktora tezi). İstanbul: İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Erkmen, N. (1998). Keza zekâ. *Cogito-Yapay Zekâ*, (13), 87-95.
- Ertel, W. (2009). *Introduction to artificial intelligence*. Springer.
- Fernandez, P. (2022). Technology behind text to image generators. *Library Hi Tech News*, 39(10), 1-4.
- Fogel, L. J., Owens, A. J., & Walsh, M. J. (1966). *Artificial intelligence through simulated evolution*. Wiley.
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2013). *The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation?* Oxford, UK: University of Oxford, Martin School.
- Gavrilova, Y., & Stryungis, R. (2020). Machine learning: Algorithm classification overview. Serokell. <https://serokell.io/blog/machine-learning-algorithm-classification-overview> (Erişim Tarihi: 30 Mart 2024)
- Goldberg, D. E. (1989). *Genetic algorithms in search, optimization and machine learning*. Addison-Wesley.
- Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A., & Bengio, Y. (2014). Generative adversarial nets. In *Advances in Neural Information Processing Systems 27 (NIPS)*. Montreal, QC.
- Güç, B., & Karadayı, A. (2007). WEB Üzerinden Etkileşimli Bir Model Önerisi: Üniversite Kampüsü Örneği. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, 1-11, KTÜ, Trabzon.
- Güngör, Ö. (2010). *Genetik algoritmaya dayalı kitlessel bireyselleştirme amacıyla konut tasarım modeli* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Handuo, Z. (2018). *You only look once (YOLO) -- (1)*. Zhang Handuo's Site. <http://zhanghanduo.github.io/post/yolo1/>
- He, X., & Deng, L. (2017). Deep learning for image-to-text generation: A technical overview. *IEEE Signal Processing Magazine*, 34(6), 109-116.

- Holland, J. H. (1975). *Adaptation in natural and artificial systems: An introductory analysis with applications to biology, control and artificial intelligence*. MIT Press.
- Hosni, Y. (2022). *Overview of computer vision tasks & applications*. Towards AI. <https://pub.towardsai.net/overview-of-the-computer-vision-tasks-applications-647f63e66e9f> (Erişim Tarihi: 20 şubat 2024)
- Hoşer, M., & Kyymen, E. (2023). Analysis of text-to-image artificial intelligence systems in terms of contribution to interior coloring. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 16(4), ss. 275-283.
- Howard, J. (2019). Artificial intelligence: Implications for the future of work. *American Journal of Industrial Medicine*, 62(11), 917-926.
- 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 (ACADIA)* (ss. 156-165). Mexico.
- İen, D., & Gnay, S. (2014). Uzman sistemler ve istatistik. *İstatikiler Dergisi: İstatistik & Akterya*, 7, ss. 37-45. Akterya Derneği.
- Isola, P., Zhu, J. Y., Zhou, T., & Efros, A. A. (2017). Image-to-image translation with conditional adversarial networks. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*.
- Jang, J. S. R. (1997). *Neuro-fuzzy and soft computing: A computational approach to learning and machine intelligence*. In Chapter 7: Derivative-free optimization (ss. 173-196). Prentice-Hall.
- Jocher, G., Waxmann, S., & Chaurasia, A. (2023). *Ultralytics YOLOv8 modes*. Ultralytics YOLOv8 Docs. <http://docs.ultralytics.com/#yolo-a-brief-history>
- Kabalı, E. (2014). *Yapay sinir ağları* [Ders notları]. <https://ekblc.files.wordpress.com/2013/09/ysa.pdf>
- Koza, J. R. (1992). Genetic programming: On the programming of computers by means of natural selection. A Bradford Book. MIT Press.
- Kömürcüoğlu, G., & Soygeniş, M. (2002). *Yapay zekâ ve mimarlık* (Yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kul, S. (2020). Türkçe ders anlatan yapay zekaya giden yolda doğal dil işleme. *Yönetim Bilişim Sistemleri Dergisi*, 6(2), ss. 43-56.

- Liang, J., Koperski, K., Dhillon, N. S., Tusk, C., & Bhatti, S. (2013). U.S. Patent No. 8,594,996. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Maltarollo, V. G., Honório, K. M., & Da Silva, A. B. F. (2013). Applications of artificial neural networks in chemical problems. In *Intechopen* (ss. 203-223). London.
- McCarthy, J. (2007). What is artificial intelligence? *Stanford University*.
<http://jmc.stanford.edu/artificial-intelligence/what-is-ai> (Erişim Tarihi: 20 Aralık 2024)
- Mirza, M., & Osindero, S. (2014). Conditional generative adversarial nets. *arXiv*.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.1411.1784>
- Murdock, K. L. (2009). *Google SketchUp and SketchUp Pro 7 Bible*.
https://books.google.com.tr/books?id=CHKdorM71c8C&pg=PA1&hl=tr&source=gbs_toc_r&cad=2#v=onepage&q&f=false
- Olgun, R., & Yılmaz, T. (2014). *Peyzaj mimarlığında bilgisayar destekli tasarım ve tasarım aşamaları*. *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(1), 48-59.
- Özaktaş, H. M. (1998). Yapay zekâ: Bilgi çağında akıl-beden sorunu. *Cogito-Yapay Zekâ*, (13), 77-85.
- Özgür, S. (2021). Algoritmalar, yapay zekâ, makine öğrenmesi, derin öğrenme ve uygulamaları: Beşerî fayda üretiminin yazılımlar tarafından karşılanması. *Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 10(1).
- Özmen, M. C. (2019). *Ethics of artificial intelligence: Moral responsibility of self-driving cars and sex robots* [Yüksek lisans tezi, Sosyal Bilimler, Felsefe. Orta Doğu Teknik Üniversitesi]. <http://etd.lib.metu.edu.tr/upload/12623792/index.pdf> (Erişim Tarihi: 21 Aralık 2023)
- Öztemel, E. (2006). *Yapay sinir ağları*. Papatya Yayıncılık.
- Öztürk, K., & Şahin, M. E. (2018). Yapay sinir ağları ve yapay zeka'ya genel bir bakış. *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 6, ss. 25-36.
- Öztürkoğlu, M. (2023). Predicting various architectural styles using computer vision methods. *Journal of Architectural Sciences and Applications*, 8(2), 811-828.
- Pirim, A. G. H. (2006). Yapay zekâ. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 1(1), 81-93.
- Pomerol, J. C. (1997). Artificial intelligence and human decision making. *European Journal of Operational Research*, 99(1), 3-25.

- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. In *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. <https://doi.org/10.1109/cvpr.2016.91>
- Reviriego, P., & Merino-Gómez, E. (2022). Text to image generation: Leaving no language behind. *arXiv*, 2208.09333. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2208.09333>
- Sariel, S. (2017). Günümüzde Yapay Zekâ. In M. Karaca (Ed.), *İnsanlaşan Makineler ve Yapay Zekâ* (ss. 21-25). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Vakfı Dergisi.
- Savaş, S. (2020). *Derin öğrenme algoritmaları*. Medium. <https://medium.com/yapay-zekâ-makine-%C3%B6%C4%9Frenmesi-derin-%C3%B6%C4%9Frenme/derin-%C3%B6%C4%9Frenme-algoritmalar%C4%B1-8dea99d9b41f>
- Sinha, N., Chakrabarti, R., & Chattopadhyay, P. K. (2003). Evolutionary programming techniques for economic load dispatch. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 7(1), 83-94. <http://dx.doi.org/10.1109/TEVC.2002.806788>
- Sun, Q., Wang, B., Gu, Z., & Fu, Y. (2018). Vectorization methods in recommender systems. *Proceedings of the 38th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA)*. <https://paperswithcode.com/paper/vectorization-methods-in-recommender-system>
- Szeliski, R. (2010). *Computer vision* (1st ed., p. 5). Springer.
- Şahinler, O. (1982). *Artistik Perspektiv*. İstanbul Devlet Güzel Sanatlar Akademisi Yayın No: 87, İstanbul İDGSA Matbaası, İstanbul, Türkiye.
- Şeker, Ş. E. (2015). Doğal dil işleme (Natural language processing). *YBS Ansiklopedi*, 2(4).
- Tapk1, S. (2024). Mimari tasarımın erken tasarım evresinde eskizin yaratıcı düşünmeye etkisi. *Beykoz Akademi Dergisi*, Özel Sayı, 248-274. <https://doi.org/10.14514/beykozad.1369449>
- Taşkın, Ç., & Emel, G. G. (2002). Genetik algoritmalar ve uygulama alanları. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(1), ss. 129-152.
- Tuğtekin, U., & Kaleci, D. (2011). 3D Modelleme Tekniği Kullanılarak Bilgisayar Oyunu Tasarımı. *Akademik Bilişim '11- XIII. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri*, 2-4 Şubat 2011, İnönü Üniversitesi, Malatya.
- Telli, G. (2019). *Yapay Zekâ ve Geleceğin Meslekleri*. In G. Telli (Ed.), *Yapay Zekâ ve Gelecek* (pp. 186-197). İstanbul: Doğu Kitapevi.

- Turhost. (2021). *Makine öğrenmesi (Machine Learning) nedir?* Turhost.
<https://www.turhost.com/blog/makine-ogrenmesi-machine-learning-nedir/>
(Erişim Tarihi: 17 Nisan 2024)
- Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59, ss. 433-460.
- Uğur, A., & Özgür, E. (2003). İnternet Üzerinde Üç Boyut ve Mimarlıkta Web 3D.
IX. *Türkiye’de İnternet Konferansı (INET-TR 2003)*, İstanbul, 24-30.
- Upstairs. (2024). *The ultimate render engine comparison for architects* [Video].
YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=uDvzYI5jpDk&ab>
- Uslu, D. N. (2008). *İç mimarlık tasarımlarının sunum aşamasında, el çizimi ve bilgisayar destekli çizimin kullanımı* (Yüksek lisans tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İç Mimarlık Anabilim/Ana Sanat Dalı, İstanbul.
- Uzunoğlu, N., & Onar, S. (2003). Her yönü ile MATLAB.
<https://play.google.com/books/reader?id=UEM5CQAAQBAJ&pg=GBS.PR4&hl=tr>
- Üçoluk, G. (2004). Evrimsel bilgi işleme. ODTÜ.
<https://user.ceng.metu.edu.tr/~ucoluk/research/ec/>
- Ünlü, O., Demir, H., & Kaya, N. (2023). Kiriş ve sac plaka yapılarında yapay sinir ağları ile mesnet konum optimizasyonları. *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(3).
- Ünver, M., & Altunok, C. (2020). Medikal endüstride yapay zekâ ve uzman sistemlerin sürekli iyileştirmeye etkisi. In *8th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science (ISITES)* (ss. 482-490). 23-25 Ekim 2020, Bursa.
- Vartiainen, H., & Tedre, M. (2023). Using artificial intelligence in craft education: Crafting with text-to-image generative models. *Digital Creativity*, 34(1), 1-21.
- Vázquez, F. (2017). Deep learning made easy with Deep Cognition. *Becoming Human*. <https://becominghuman.ai/deep-learning-made-easy-with-deep-cognition-403fbc445351> (Erişim Tarihi: 31 Mart 2024)
- Viana, F. A. C. (2015). A tutorial on Latin hypercube design of experiments. *Quality and Reliability Engineering International*, 32(5), 1975-1985.
<https://doi.org/10.1002/qre.1924>

- Vural, E., Erdoğan, H., Oflazer, K., & Yanıkoğlu, B. (2004). An online handwriting recognition system for Turkish. In *Proceedings of the IEEE 12th Signal Processing and Communications Applications Conference* (ss. 25-30). 25-30 Nisan, Kuşadası, Türkiye.
- Waterman, D. A. (1986). *A guide to expert systems*. Addison-Wesley.
- Webster, J. J. (1992). Tokenization as the initial phase in NLP. In *COLING 1992 Volume 4: The 15th International Conference on Computational Linguistics*.
- Williams, K. (2021). *How to build a computer vision model*. Medium.
<http://medium.com/mlearning-ai/what-does-end-to-end-really-mean-f634b193ba00>
- Winstanley, G. (1991). *Artificial intelligence in engineering*. New York.
- Yetginer, S. M. (2007). *Bilgisayar destekli peyzaj tasarımıda kullanılabilecek üç boyutlu modelleme ve animasyon teknikleri: Mustafa Kemal Üniversitesi Tayfur Sökmen Kampüsü simülasyonu* (Yüksek lisans tezi). Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Hatay.
- Yıldırım, B., & Demirarslan, D. (2020). İç mimarlıkta yapay zekâ uygulamalarının tasarım sürecine faydalarının değerlendirilmesi. *NWSA Academic Journals*, 15(2), 62-80.
- Yıldırım, B., & Demirarslan, S. (2021). İç mimarlıkta yapay zekâ: İnsana öykünen makineler çağında yapay zekânın mesleki paydaşlığı. In *Yapay zekâ ve dijital teknoloji* (s. 101). İksad Publishing House.
- Yıldız, B., & Aktaş, B. (2017). Mimari tasarım sürecinde karar verme: Bulanık mantık tabanlı cephe modeli önerisi. In *11. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Ulusal Sempozyumu* (ss. 172-181). Ankara: Bildiriler Kitabı.
- Yıldırım, T., Özen Yavuz, A., & İnan, N. (2010). Mimari tasarım eğitiminde geleneksel ve dijital görselleştirme teknolojilerinin karşılaştırılması. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 3(3), 2010
- Yılmaz, H., & Yumuşak, S. (2021). Açık kaynak doğal dil işleme kütüphaneleri. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(1).
- Yurtçu, Ş., & İçağa, Y. (2006). Evrimsel algoritmaların inşaat mühendisliği sistemlerinde kullanımı. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2006(1), 51-59.
- Yurtcu, Ş., & Özocak, A. (2016). Prediction of compression index of fine-grained soils using statistical and artificial intelligence methods. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 31(3), 597-608.

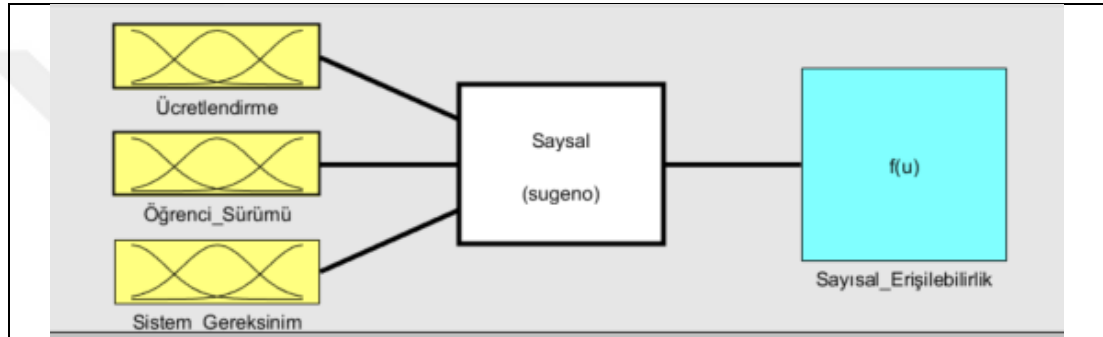
Zadeh, L. A. (1997). Toward a theory of fuzzy information granulation and its centrality in human reasoning and fuzzy logic. *Fuzzy Sets and Systems*, 90(2), 111-127.



EKLER

EK 4.1 Karşılaştırmada Kullanılacak Olan Parametrelerin FIS Editor Kullanılarak Detaylı Olarak Oluşturulması

- Sayısal Erişilebilirlik Parametrelerinin FIS Editör Kullanılarak Oluşturulması



Sayısal Erişilebilirlik Parametresi

Name='Saysal'

Type='sugeno'

Version=2.0

NumInputs=3

NumOutputs=1

NumRules=126

AndMethod='min'

OrMethod='max'

ImpMethod='prod'

AggMethod='sum'

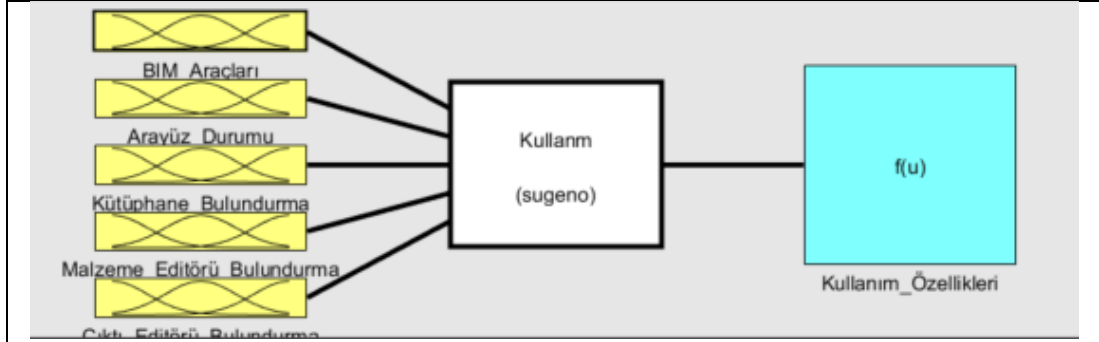
DefuzzMethod='wtaver'

3 Girişten ve 1 çıkıştan oluşan, 126 kurallı bir sugeno tipi parametre oluşturulmuştur. Minimum ve maximum değerleri arasında ağırlıklı bir aritmetik işlem kullanılmaktadır.

	Ücretlendirme Name='Ücretlendirme' Range=[0 1] NumMFs=5 MF1='Ücretsiz': 'trimf', [0.5 1 1] MF2='Ucuz': 'trimf', [0 1 1] MF3='Ortalama': 'trapmf', [0 0.5 1 1] MF4='Pahalı': 'trapmf', [0 0 1 1] MF5='Çok_Pahalı': 'smf', [0 0] Bulanık mantık yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. Grafik üzerinde sağ tarafa (Ücretsiz) gidildikçe, kapsadığı kural sayısı artarak, test edilecek aracın değerinin yükselmesine sebep olmaktadır.
	Öğrenci Sürümü Name='Öğrenci_Sürümü' Range=[0 1] NumMFs=3 MF1='Ücretsiz': 'trapmf', [1 1 1 1] MF2='İndirimli': 'trapmf', [0.5 0.5 0.5 0.5] MF3='Düşüncesiz': 'trapmf', [0 0 0 0] Ayrık zamanlı küme yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. Grafikte belirlenen noktalar üzerinden değer alınabilmektedir.

	Önerilen Sistem Gereksinimleri Name='Sistem_Gereksinim' Range=[0 1] NumMFs=3 MF1='Ucuz': 'trimf', [0 1 1] MF2='Uygun': 'trapmf', [0 0.5 1 1] MF3='Pahalı': 'trimf', [0 0 1] Bulanık mantık yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. Grafik üzerinde sağ tarafa (Ucuz) gidildikçe, kapsadığı kural sayısı artarak test edilecek aracın değerinin yükselmesine; sol taraftan (Pahalı) uzaklaştıkça, değerinin düşmesine neden olacak kuralların dışarısında kalmasına neden olmaktadır.
	Sayısal Erişilebilirlik Sonuç Name='Sayısal_Erişilebilirlik' Range=[0 1] NumMFs=5 MF1='Kolay_Erişim': 'constant', [1] MF2='İdeal_Erişim': 'constant', [0.75] MF3='Ortalama_Erişim': 'constant', [0.5] MF4='Zor_Erişim': 'constant', [0.25] MF5='Çok_Zor_Erişim': 'constant', [0] Constant küme yöntemi ile bulanık mantık kullanılarak oluşturulmuştur. Sonuç değerlerinden elde edilen değer, yaklaşık değeri üzerine uygun kuralların uygulaması ile değerlendirilmektedir.

- **Kullanım Özellikleri Parametrelerinin FIS Editör Kullanılarak Oluşturulması**



Kullanım Özellikleri Parametresi

Name='Kullanm'

Type='sugeno'

Version=2.0

NumInputs=5

NumOutputs=1

NumRules=162

AndMethod='min'

OrMethod='max'

ImpMethod='prod'

AggMethod='sum'

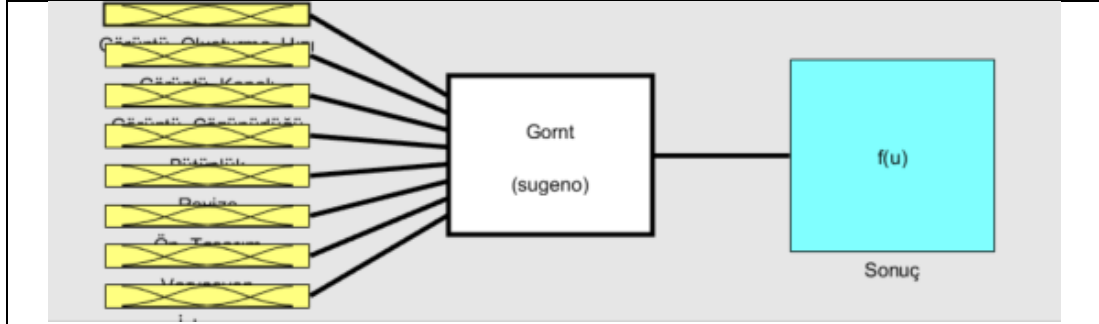
DefuzzMethod='wtaver'

5 Girişten ve 1 çıkıştan oluşan, 162 kurallı bir sugeno tipi parametre oluşturulmuştur. Minimum ve maximum değerleri arasında ağırlıklı bir aritmetik işlem kullanılmaktadır.

	BIM Araçları Name='BIM_Araçları' Range=[0 1] NumMFs=3 MF1='Entegre': 'trimf', [1 1 1] MF2='Plugin': 'trimf', [0.5 0.5 0.5] MF3='Mevcut_Değil': 'trimf', [0 0 0] Ayrık zamanlı küme yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. Grafikte belirlenen noktalar üzerinden değer alınabilmektedir.
	Arayüz Durumu Name='Arayüz_Durumu' Range=[0 1] NumMFs=3 MF1='Kolay': 'trimf', [1 1 1] MF2='Orta': 'trimf', [0.5 0.5 0.5] MF3='Zor': 'trimf', [0 0 0] Ayrık zamanlı küme yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. Grafikte belirlenen noktalar üzerinden değer alınabilmektedir.
	Kütüphane Bulundurma Name='Kütüphane_Bulundurma' Range=[0 1] NumMFs=2 MF1='Sahip': 'trimf', [1 1 1] MF2='Sahip_Değil': 'trimf', [0 0 0] Kesin küme yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. Grafikte belirlenen noktalar üzerinden değer alınabilmektedir.

	Malzeme Editörü Bulundurma Name='Malzeme_Editörü_Bulundurma' Range=[0 1] NumMFs=3 MF1='Detaylı': 'trimf',[1 1 1] MF2='Sahip': 'trimf',[0.5 0.5 0.5] MF3='Sahip_Değil': 'trimf',[0 0 0] Ayrık zamanlı küme yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. Grafikte belirlenen noktalar üzerinden değer alınabilmektedir.
	Çıktı Editörü Bulundurma Name='Çıktı_Editörü_Bulundurma' Range=[0 1] NumMFs=3 MF1='İleri_Seviye': 'trimf',[1 1 1] MF2='Sahip': 'trimf',[0.5 0.5 0.5] MF3='Sahip_Değil': 'trimf',[0 0 0] Ayrık zamanlı Kesin küme yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. Grafikte belirlenen noktalar üzerinden değer alınabilmektedir.
	Kullanım Özellikleri Sonuç Name='Kullanım_Özellikleri' Range=[0 1] NumMFs=5 MF1='Yetenekli': 'constant',[1] MF2='Kullanışlı': 'constant',[0.75] MF3='Ortalama': 'constant',[0.5] MF4='Vasat': 'constant',[0.25] MF5='Kullanışsız': 'constant',[0] Constant küme yöntemi ile bulanık mantık kullanılarak oluşturulmuştur. Sonuç değerlerinden elde edilen değer, yaklaşık değeri üzerine uygun kuralların uygulaması ile değerlendirilmektedir.

- **Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametrelerinin FIS Editör Kullanılarak Oluşturulması**



Kullanım Özellikleri Parametresi

Name='Gornt'

Type='sugeno'

Version=2.0

NumInputs=8

NumOutputs=1

NumRules=10800

AndMethod='min'

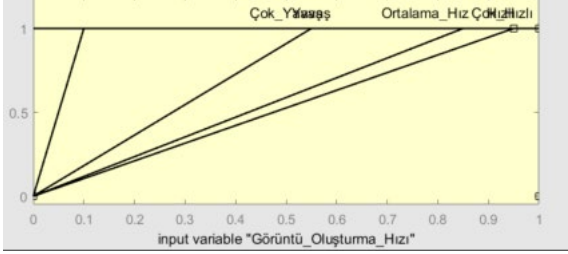
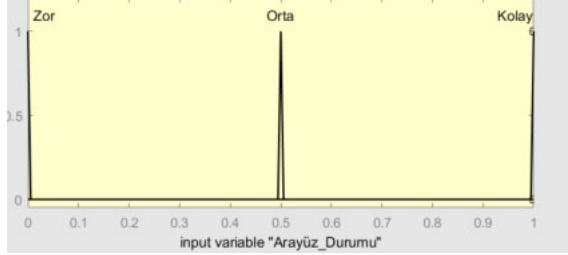
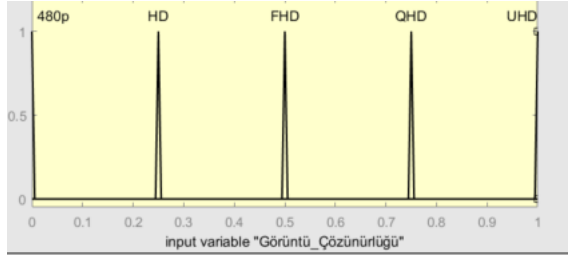
OrMethod='max'

ImpMethod='prod'

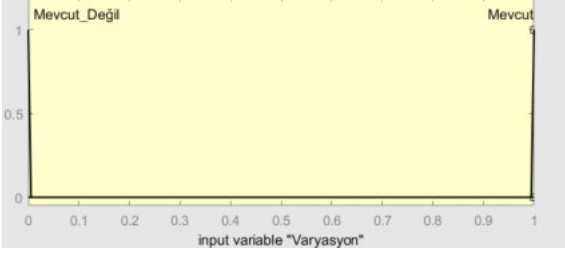
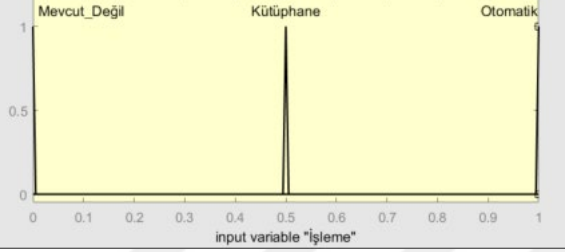
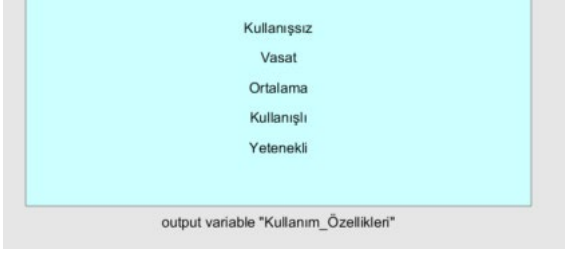
AggMethod='sum'

DefuzzMethod='wtaver'

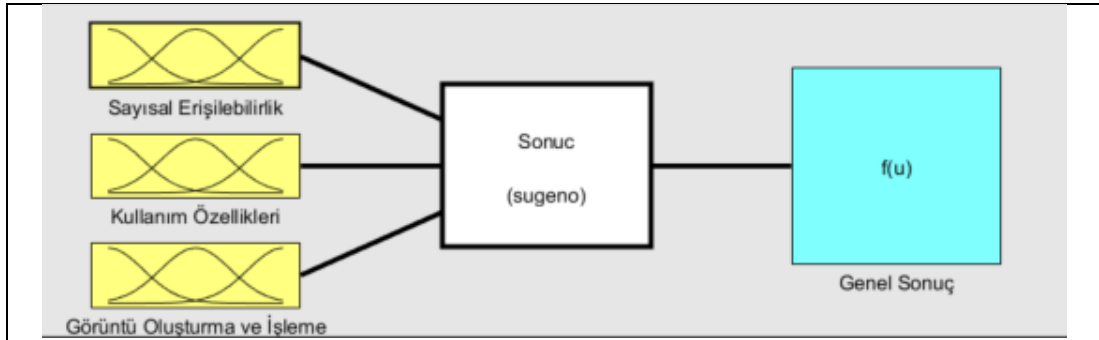
8 Girişten ve 1 çıkıştan oluşan, 10800 kurallı bir sugeno tipi parametre oluşturulmuştur. Minimum ve maximum değerleri arasında ağırlıklı bir aritmetik işlem kullanılmaktadır.

	Görüntü Oluşturma Hızı Name='Görüntü_Oluşturma_Hızı' Range=[0 1] NumMFs=5 MF1='Çok_Hızlı': 'trapmf',[0 0.95 1 1] MF2='Hızlı': 'trapmf',[0 0.85 1 1] MF3='Ortalama_Hız': 'trapmf',[0 0.55 1 1] MF4='Yavaş': 'trapmf',[0 0.1 1 1] MF5='Çok_Yavaş': 'trapmf',[0 0 1 1] Bulanık küme yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. Grafik üzerinde sağ tarafa (Çok Hızlı) gidildikçe, kapsadığı kural sayısı artarak, test edilecek aracın değerinin yükselmesine sebep olmaktadır.
	Görüntü Kanalı Çıktısı Name='Görüntü_Kanali' Range=[0 1] NumMFs=2 MF1='Mevcut': 'trimf',[1 1 1] MF2='Mevcut_Değil': 'trimf',[0 0 0] Ayrık zamanlı küme yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. Grafikte belirlenen noktalar üzerinden değer alınabilmektedir.
	Görüntü Çözünürlüğü Name='Görüntü_Çözünürlüğü' Range=[0 1] NumMFs=5 MF1='UHD': 'trimf',[1 1 1] MF2='QHD': 'trimf',[0.75 0.75 0.75] MF3='FHD': 'trimf',[0.5 0.5 0.5] MF4='HD': 'trimf',[0.25 0.25 0.25] MF5='480p': 'trimf',[0 0 0] Ayrık zamanlı küme yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. Grafikte belirlenen noktalar üzerinden değer alınabilmektedir.

	Bütünlük Name='Bütünlük' Range=[0 1] NumMFs=3 MF1='Bütün': 'trimf',[1 1 1] MF2='Benzer': 'trimf',[0.5 0.5 0.5] MF3='Alakasız': 'trimf',[0 0 0] Ayrık zamanlı küme yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. Grafikte belirlenen noktalar üzerinden değer alınabilmektedir.
	Revize Name='Revize' Range=[0 1] NumMFs=3 MF1='Doğru_ve_Bütün': 'trimf',[1 1 1] MF2='Doğru': 'trimf',[0.5 0.5 0.5] MF3='Mevcut_Değil': 'trimf',[0 0 0] Ayrık zamanlı küme yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. Grafikte belirlenen noktalar üzerinden değer alınabilmektedir.
	Ön Tasarım Name='Ön_Tasarım' Range=[0 1] NumMFs=2 MF1='Mevcut': 'trimf',[1 1 1] MF2='Mevcut_Değil': 'trimf',[0 0 0] Kesin küme yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. Grafikte belirlenen noktalar üzerinden değer alınabilmektedir.

	Varyasyon Name='Varyasyon' Range=[0 1] NumMFs=2 MF1='Mevcut': 'trimf', [1 1 1] MF2='Mevcut_Değil': 'trimf', [0 0 0] Kesin küme yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. Grafikte belirlenen noktalar üzerinden değer alınabilmektedir.
	Ön Tasarım Name='İşleme' Range=[0 1] NumMFs=3 MF1='Otomatik': 'trimf', [1 1 1] MF2='Kütüphane': 'trimf', [0.5 0.5 0.5] MF3='Mevcut_Değil': 'trimf', [0 0 0] Kesin küme yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. Grafikte belirlenen noktalar üzerinden değer alınabilmektedir.
	Görüntü Oluşturma ve İşleme Sonuç Name='Sonuç' Range=[0 1] NumMFs=5 MF1='Yetenekli': 'constant', [1] MF2='Kullanışlı': 'constant', [0.75] MF3='Ortalama': 'constant', [0.5] MF4='Vasat': 'constant', [0.25] MF5='Kullanışsız': 'constant', [0] Constant küme yöntemi ile bulanık mantık kullanılarak oluşturulmuştur. Sonuç değerlerinden elde edilen değer, yaklaşık değeri üzerine uygun kuralların uygulaması ile değerlendirilmektedir.

- Genel Sonuç Parametrelerinin FIS Editör Kullanılarak Oluşturulması



Sayısal Erişilebilirlik Parametresi

Name='Sonuc'

Type='sugeno'

Version=2.0

NumInputs=3

NumOutputs=1

NumRules=729

AndMethod='min'

OrMethod='max'

ImpMethod='prod'

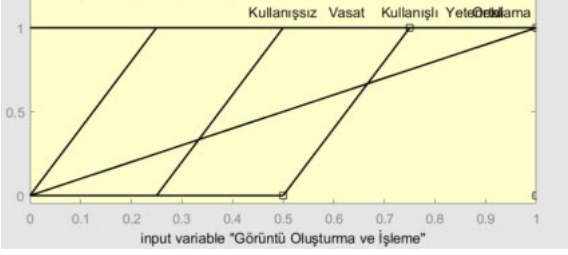
AggMethod='sum'

DefuzzMethod='wtaver'

3 Girişten ve 1 çıkıştan oluşan, 729 kurallı bir sugeno tipi parametre oluşturulmuştur. Minimum ve maximum değerleri arasında ağırlıklı bir aritmetik işlem kullanılmaktadır.

Diğer parametre çıkış değerlerinin, giriş değeri olarak kullanılarak genel sonucun elde edildiği bir parametre olmaktadır.

	Sayısal Erişilebilirlik Sonuç Parametresi Name='Sayısal Erişilebilirlik' Range=[0 1] NumMFs=5 MF1='Kolay Erişim': 'trapmf',[0.5 0.75 1 1] MF2='İdeal Erişim': 'trapmf',[0.25 0.5 1 1] MF3='Ortalama Erişim': 'trapmf',[0 1 1 1] MF4='Zor Erişim': 'trapmf',[0 0.25 1 1] MF5='Çok Zor Erişim': 'trapmf',[0 0 1 1] Bulanık mantık yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. Grafik üzerinde sağ tarafa (Kolay Erişim) gidildikçe, kapsadığı kural sayısı artarak, test edilecek aracın değerinin yükselmesine sebep olmaktadır.
	Kullanım Özellikleri Sonuç Parametresi Name='Kullanım Özellikleri' Range=[0 1] NumMFs=5 MF1='Yetenekli': 'trapmf',[0.5 0.75 1 1] MF2='Kullanışlı': 'trapmf',[0.25 0.5 1 1] MF3='Ortalama': 'trapmf',[0 1 1 1] MF4='Vasat': 'trapmf',[0 0.25 1 1] MF5='Kullanışsız': 'trapmf',[0 0 1 1] Bulanık mantık yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. Grafik üzerinde sağ tarafa (Yetenekli) gidildikçe, kapsadığı kural sayısı artarak, test edilecek aracın değerinin yükselmesine sebep olmaktadır.

	Önerilen Sistem Gereksinimleri Name='Görüntü Oluşturma ve İşleme' Range=[0 1] NumMFs=5 MF1='Yetenekli': 'trapmf',[0.5 0.75 1 1] MF2='Kullanışlı': 'trapmf',[0.25 0.5 1 1] MF3='Ortalama': 'trapmf',[0 1 1 1] MF4='Vasat': 'trapmf',[0 0.25 1 1] MF5='Kullanışsız': 'trapmf',[0 0 1 1] Bulanık mantık yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur. Grafik üzerinde sağ tarafa (Yetenekli) gidildikçe, kapsadığı kural sayısı artarak, test edilecek aracın değerinin yükselmesine sebep olmaktadır.
	Genel Sonuç Name='Genel Sonuç' Range=[0 1] NumMFs=7 MF1='Çok İyi': 'constant',[1] MF2='İyi': 'constant',[0.83] MF3='Ortalama Üstü': 'constant',[0.66] MF4='Ortalama': 'constant',[0.5] MF5='Ortalama Altı': 'constant',[0.33] MF6='Kötü': 'constant',[0.16] MF7='Çok Kötü': 'constant',[0] Constant küme yöntemi ile bulanık mantık kullanılarak oluşturulmuştur. Sonuç değerlerinden elde edilen değer, yaklaşık değeri üzerine uygun kuralların uygulaması ile değerlendirilmektedir.

EK 4.2 Sayısal Erişilebilirlik Parametre Değerlerinin Kurallarının Detaylı Olarak Oluşturulması

Skala Dereceleri	Ücretlendirme	Öğrenci İndirimi	Önerilen Sistem Gereksinimleri	Sonuç
1	Ücretsiz	Ücretsiz	Ucuz	Kolay E
2	Ucuz	İndirimli	Uygun	İdeal E
3	Ortalama	Düşüncesiz	Pahalı	Ortalama E
4	Pahalı			Zor E
5	Çok Pahalı			Çok Zor E

Skala Derecelerinin Excel Üzerinden Tespiti

Daha önce belirlenmiş olan skala dereceleri işlem yapılabilmesi için Excel programına işlenmiştir.

Matematiksel Seçim Hesabının Yapılması

Kuralların tespit edilebileceği formülazasyon işleminin yapılabilmesi için, bir hesaplanma işlemi gerekmektedir. Bu işlem matematiksel seçim hesabı olmaktadır. Bu işlem üzerinden, bir başlık altında kaç seçim yapabileceği üzerinedir. Ücretlendirme parametresinde 5, Öğrenci indirim parametresinde 3, Önerilen sistem gereksinimleri parametresinde 3 parametre bulunmaktadır. Bu sebepten yapılması gereken işlem “5x3x3” olmaktadır. Fakat bu parametre içerisinde ara değerler bulunmaktadır.

Örneğin: Ucuz parametresi, 0.99 ve 0.51 değeri alabilmektedir. Aldığı değer üzerinden parametre başlığı sabit kalsa dahi, sonuç ortalama değeri değişecektir. Bu sebepten parametrelerin minimum ve maximum değerleri üzerinden hesaplanması gerekmektedir. Bu sebepten gerek işlem “7x3x6” olarak, 126 kural olduğu tespit edilebilmektedir.

[illegible]

Seçilim Hesabının Excel Programına İşlenmesi

Toplam kural sayısının 126 olduğu bilinmektedir. İlk parametrenin ücretlendirme olmasından kaynaklı olarak, toplam alabileceği değer sayısı olan 7'ye bölünmesi sonucu, her bir parametre değerinden 18 tane olması gerektiği tespit edilmektedir.

Ücretsiz	1	Ücretsiz	1
Ücretsiz	1	Ücretsiz	1
Ücretsiz	1	Ücretsiz	1
Ücretsiz	1	İndirimli	0,5
Ücretsiz	1	İndirimli	0,5
Ücretsiz	1	İndirimli	0,5
Ücretsiz	1	Düşünces	0
Ücretsiz	1	Düşünces	0
Ücretsiz	1	Düşünces	0
Ücretsiz	1	Ücretsiz	1
Ücretsiz	1	Ücretsiz	1
Ücretsiz	1	Ücretsiz	1
Ücretsiz	1	İndirimli	0,5
Ücretsiz	1	İndirimli	0,5
Ücretsiz	1	İndirimli	0,5
Ücretsiz	1	Düşünces	0
Ücretsiz	1	Düşünces	0
Ücretsiz	1	Düşünces	0

18 tane değerin içerisinde, ikinci parametre olan öğrenci indiriminin işlenmesi gerekmektedir. Bunun için alabileceği değer sayısı 3'e bölünmesi sonucu, her bir öğrenci indirimi parametre değerinden 6 tane olması gerektiği tespit edilmektedir.

Ücretsiz	1	Ücretsiz	1	Ucuz	1
Ücretsiz	1	Ücretsiz	1	Uygun	0,66
Ücretsiz	1	Ücretsiz	1	Pahalı	0,33
Ücretsiz	1	İndirimli	0,5	Ucuz	1
Ücretsiz	1	İndirimli	0,5	Uygun	0,66
Ücretsiz	1	İndirimli	0,5	Pahalı	0,33
Ücretsiz	1	Düşünces	0	Ucuz	1
Ücretsiz	1	Düşünces	0	Uygun	0,66
Ücretsiz	1	Düşünces	0	Pahalı	0,33
Ücretsiz	1	Ücretsiz	1	Ucuz	0,66
Ücretsiz	1	Ücretsiz	1	Uygun	0,33
Ücretsiz	1	Ücretsiz	1	Pahalı	0
Ücretsiz	1	İndirimli	0,5	Ucuz	0,66
Ücretsiz	1	İndirimli	0,5	Uygun	0,33
Ücretsiz	1	İndirimli	0,5	Pahalı	0
Ücretsiz	1	Düşünces	0	Ucuz	0,66
Ücretsiz	1	Düşünces	0	Uygun	0,33
Ücretsiz	1	Düşünces	0	Pahalı	0

Kalan 6 değer ise, önerilen sistem gereksinimi parametresinin alabileceği değer sayısına eşit olduğundan işlemlerimizin doğru olduğu tespit edilebilmektedir.

Üç adet minimum, üç adet maximum değerleri ele alınarak işlemler yapılacaktır.

Sonuç Değerinin Tespit Edilmesi

Bu işlem için Excel üzerinden formül kullanılması gerekmektedir: Aritmetik çıkış değerinin sonucuna ulaşabilmek için “=(C6+F6+I6)/3” formülü kullanılarak parametrenin ortalaması alınması gerekmektedir.

Ücretsiz	1	Ücretsiz	1	Ucuz	1	I6)/3
Ücretsiz	1	Ücretsiz	1	Uygun	0,66	0,88667
Ücretsiz	1	Ücretsiz	1	Pahalı	0,33	0,77667
Ücretsiz	1	İndirimli	0,5	Ucuz	1	0,83333
Ücretsiz	1	İndirimli	0,5	Uygun	0,66	0,72
Ücretsiz	1	İndirimli	0,5	Pahalı	0,33	0,61

Sonuç Değeri Çıktısının Tespit Edilmesi

Bu işlem için Excel üzerinden formül kullanılması gerekmektedir. Aritmetik çıkış değerinin, skala derecelendirmeleri üzerinden adlandırılması gerekmektedir. Bu işlem sonucunda, sonucun hangi değer çıktısına ait olduğu tespitini yapmaktadır.

Sonuç skalası üzerinde yer alan, dereceler üzerinden: “=ÇOKEĞER(K6=1; "Kolay Erişim"; K6>0,75; "Kolay Erişim"; K6>0,5; "İdeal Erişim"; K6=0,5; "Ortalama Erişim"; K6>0,25; "Zor Erişim"; K6=>0; "Çok Zor Erişim")” formülü uygulanmaktadır. Bu formülde skala dereceli olan 1 ile 0,75 arası Kolay erişim; 0,50’den büyükse İdal erişim derecelendirmesi işlenmektedir.

1	"İdeal Erişim";K6=
0,88667	Kolay Erişim
0,77667	Kolay Erişim
0,83333	Kolay Erişim

Kuralların İşlenmesi

- Yöntem 1: Excel Kullanarak Bulanık Mantık Kodlaması Yapılması

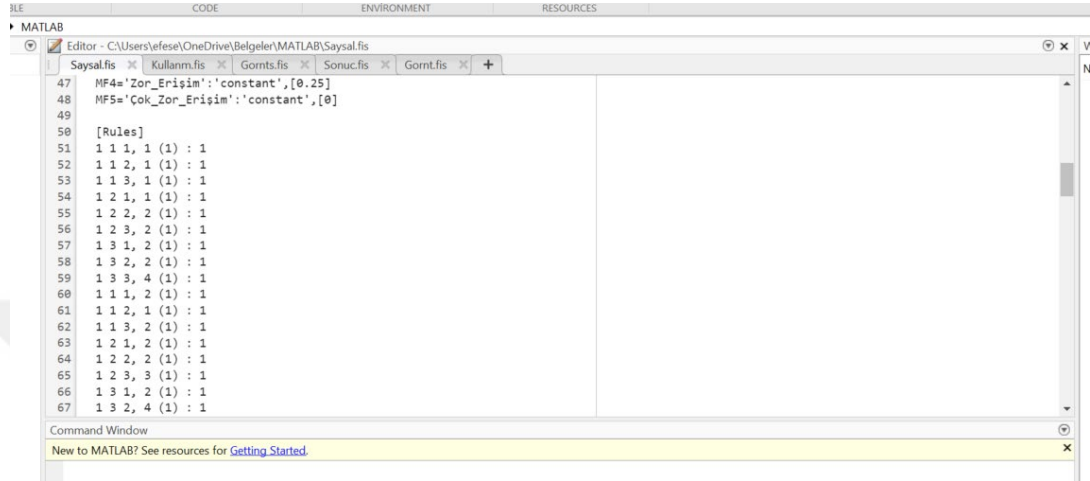
Bu işlem için Excel üzerinden formül kullanılması gerekmektedir. Belirlenen parametre değerlerinin, skala içerisinde kaçınıcı dereceye denk geldiğinin tespiti ve bu işlemleri MATLAB uygulamasına uygun bir yazılımsal dil ile ifade edilmesi gerekmektedir. Bu sebepten dolayı, parametre derecelerinin adlandırılmasının numerik verilere dönüştürülmesi gerekmektedir.

Belirlenen adlandırmaların, parametre içerisindeki kaçınıcı skala değerine denk geldiğinin tespiti için “=ÇOKEĞER(B6="Ücretsiz"; 1; B6="Ucuz"; 2; B6="Ortalama"; 3; B6="Pahalı"; 4; B6="Çok Pahalı"; 5)” formülü uygulanmaktadır. Formül, tüm parametre başlıklarına sıralı bir şekilde uygulanmalıdır. Bu yazılım dili (Parametre sayısı ve Değerleri) (,) [(Sonuç Değeri) (1):1] olarak ifade edilmektedir.

Ücretsiz	1	Ücretsiz	1	Ucuz	1	1	Kolay Erişim	si	1	1	1	(1):1
Ücretsiz	1	Ücretsiz	1	Uygun	0,66	0,88667	Kolay Erişim	1	1	2	1	(1):1
Ücretsiz	1	Ücretsiz	1	Pahalı	0,33	0,77667	Kolay Erişim	1	1	3	1	(1):1
Ücretsiz	1	İndirimli	0,5	Ucuz	1	0,83333	Kolay Erişim	1	2	1	1	(1):1
Ücretsiz	1	İndirimli	0,5	Uygun	0,66	0,72	İdeal Erişim	1	2	2	2	(1):1

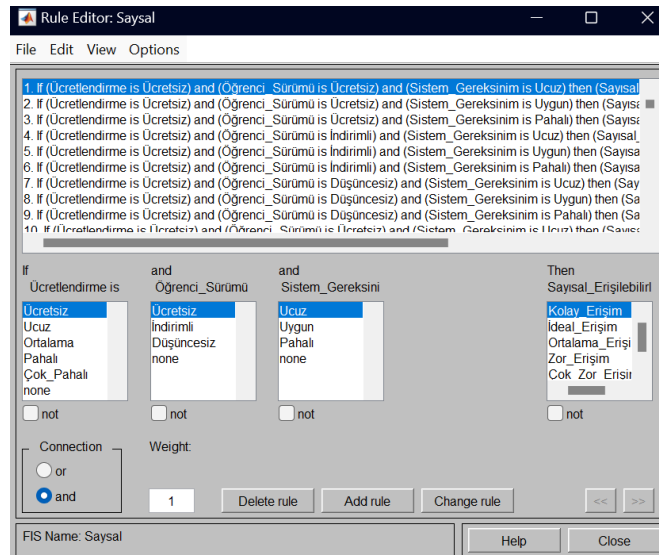
Kodlamanın MATLAB Aracına İşlenmesi

MATLAB aracına uygun bir dil oluşturulması üzerine, elde edilen tüm veriler kopyalanmalıdır. MATLAB yazılımı üzerinden gerekli pencere açılması üzerine, bu pencere içerisinde yer alan [Rules] başlığı altına kodlamanın yapıştırılması yeterli olacaktır.



• Yöntem 2: FIS Editör Kullanarak Kuralların İşlenmesi

Bu yöntem manuel (el ile) yapılmakta olan bir yöntemdir. FIS Editör içerisinde yer Edit menüsü içerisinde yer alan Rules sekmesinden, tüm parametre dereceleri ve parametre derecelerine ait çıkış değerlerinin, alt kısımda yer alan menüden seçilerek eklenmesi gerekmektedir.



EK 4.3 Kullanım Özellikleri Parametre Değerlerinin Kurallarının Detaylı Olarak Oluşturulması

Skala Dereceleri Parametreler	1	2	3	4	5
BIM Araçları	Entegre (1)	Plugin (0.5)	Mevcut Değil (0.00)		
Arayüz Durumu	Öğrenimi Kolay (1)	Öğrenimi Orta (0.50)	Öğrenimi Zor (0.00)		
Kütüphane Bulundurma	Sahip (1)	Sahip Değil (0.00)			
Malzeme Editörü Bulundurma	Detaylı Editör (1)	Sahip (0.50)	Sahip Değil (0.00)		
Çıktı Editörü Bulundurma	İleri Seviye (1)	Sahip (0.50)	Sahip Değil (0.00)		
Kullanım Özellikleri Parametresinde Sonuç	Yetenekli (1-0.75)	Kullanışlı (0.75-0.50)	Ortalama (0.50)	Vasat (0.50-0.25)	Kullanışsız (0.25-0.00)

Skala Derecelerinin Alan Çalışması Kullanılarak Tespit Edilmesi

Kuralların belirlenmesi başlığı altında yer alan tablo 4.2 kullanılarak Excel dosyaları oluşturulmuştur.

Matematiksel Seçim Hesabının Yapılması

Kuralların tespit edilebileceği formülazasyon işleminin yapılabilmesi için, bir hesaplanma işlemi gerekmektedir. Bu işlem matematiksel seçim hesabı olmaktadır. Bu işlem üzerinden, bir başlık altında kaç seçim yapabileceği üzerinedir. BIM Araçları parametresinde 3, Arayüz Durumunda 3 ve 2,3,3 olarak devam etmektedir. Bu sebepten “3x3x2x3x3” işlemi ile 162 kural olduğu tespit edilebilmektedir.

Seçilimin Excel Üzerine İşlenmesi

Toplam 162 kuralın olduğu bilinmesi üzerine, ilk parametre olan BIM Araçlarının 3 skalası olduğu bilinmektedir. Bu sebepten Kullanım Özellikleri Parametresinde yer alan kurallarda 54 adet Entegre, 54 adet Plugin ve 54 adet mevcut değil parametre derecesi olacağı hesaplanabilmektedir. Bu işlemler tekrarlanarak, 54 adet kural içerisinde, hangi parametre değerinden kaç tane olması gerektiği hesaplanmalıdır.

BIM ARAÇLARI	ARAYÜZ DURUMU	KÜTÜPHANE BULUNDURMA	MALZEME EDITÖRÜ BULUNDURMA	ÇIKTI EDITÖRÜ BULUNDURMA
54	54/3=18	18/2=9	9/3=3	3/3=1

Hesaplamalar sonucunda BIM Araçları içerisinde yer alan bir derece içerisinde, 3 dereceden 18 Arayüz Durumu derecesi; 18 Arayüz Durumu içerisinde 2 dereceden 9 Kütüphane Bulundurma derecesi yer alacak şekilde işlemler devam etmektedir. En sonunda 1 sonucu elde edilmesi, matematiksel işlemlerin doğrulandığını ifade etmektedir.

Seçilim Hesabının Excel Programına İşlenmesi ve Excel Programıyla Bulanık Mantık Kodlaması Yapılması

Bu başlıkta yapılan işlemler, EK 4.2’de detaylı olarak anlatılmıştır. Elde edilen yazılımsal dil, MATLAB aracına yöntem 1 (EK 4.2’de açıklanmıştır.) kullanılarak işlenmiştir. Bu sebepten elde edilen kural tablosunun kısmi örneği aşağıdaki gibidir:

Entegre	1 Kolay	1 Sahip	1 Detaylı	1 İleri Seviye	1	1	Yetenekli	1 1 1 1 1	1 (1):1
Entegre	1 Kolay	1 Sahip	1 Detaylı	1 Sahip	0,5	0,9	Yetenekli	1 1 1 1 2	1 (1):1
Entegre	1 Kolay	1 Sahip	1 Detaylı	1 Sahip Deği	0	0,8	Yetenekli	1 1 1 1 3	1 (1):1
Entegre	1 Kolay	1 Sahip	1 Sahip	0,5 İleri Seviye	1	0,9	Yetenekli	1 1 1 2 1	1 (1):1
Entegre	1 Kolay	1 Sahip	1 Sahip	0,5 Sahip	0,5	0,8	Yetenekli	1 1 1 2 2	1 (1):1
Entegre	1 Kolay	1 Sahip	1 Sahip	0,5 Sahip Deği	0	0,7	Kullanışlı	1 1 1 2 3	2 (1):1
Entegre	1 Kolay	1 Sahip	1 Sahip Deği	0 İleri Seviye	1	0,8	Yetenekli	1 1 1 3 1	1 (1):1
Entegre	1 Kolay	1 Sahip	1 Sahip Deği	0 Sahip	0,5	0,7	Kullanışlı	1 1 1 3 2	2 (1):1
Entegre	1 Kolay	1 Sahip	1 Sahip Deği	0 Sahip Deği	0	0,6	Kullanışlı	1 1 1 3 3	2 (1):1
Entegre	1 Kolay	1 Sahip Deği	0 Detaylı	1 İleri Seviye	1	0,8	Yetenekli	1 1 2 1 1	1 (1):1
Entegre	1 Kolay	1 Sahip Deği	0 Detaylı	1 Sahip	0,5	0,7	Kullanışlı	1 1 2 1 2	2 (1):1
Entegre	1 Kolay	1 Sahip Deği	0 Detaylı	1 Sahip Deği	0	0,6	Kullanışlı	1 1 2 1 3	2 (1):1
Entegre	1 Kolay	1 Sahip Deği	0 Sahip	0,5 İleri Seviye	1	0,7	Kullanışlı	1 1 2 2 1	2 (1):1
Entegre	1 Kolay	1 Sahip Deği	0 Sahip	0,5 Sahip	0,5	0,6	Kullanışlı	1 1 2 2 2	2 (1):1
Entegre	1 Kolay	1 Sahip Deği	0 Sahip	0,5 Sahip Deği	0	0,5	Ortalama	1 1 2 2 3	3 (1):1
Entegre	1 Kolay	1 Sahip Deği	0 Sahip Deği	0 İleri Seviye	1	0,6	Kullanışlı	1 1 2 3 1	2 (1):1
Entegre	1 Kolay	1 Sahip Deği	0 Sahip Deği	0 Sahip	0,5	0,5	Ortalama	1 1 2 3 2	3 (1):1
Entegre	1 Kolay	1 Sahip Deği	0 Sahip Deği	0 Sahip Deği	0	0,4	Vasat	1 1 2 3 3	4 (1):1
Entegre	1 Orta	0,5 Sahip	1 Detaylı	1 İleri Seviye	1	0,9	Yetenekli	1 2 1 1 1	1 (1):1
Entegre	1 Orta	0,5 Sahip	1 Detaylı	1 Sahip	0,5	0,8	Yetenekli	1 2 1 1 2	1 (1):1
Entegre	1 Orta	0,5 Sahip	1 Detaylı	1 Sahip Deği	0	0,7	Kullanışlı	1 2 1 1 3	2 (1):1
Entegre	1 Orta	0,5 Sahip	1 Sahip	0,5 İleri Seviye	1	0,8	Yetenekli	1 2 1 2 1	1 (1):1
Entegre	1 Orta	0,5 Sahip	1 Sahip	0,5 Sahip	0,5	0,7	Kullanışlı	1 2 1 2 2	2 (1):1
Entegre	1 Orta	0,5 Sahip	1 Sahip	0,5 Sahip Deği	0	0,6	Kullanışlı	1 2 1 2 3	2 (1):1
Entegre	1 Orta	0,5 Sahip	1 Sahip Deği	0 İleri Seviye	1	0,7	Kullanışlı	1 2 1 3 1	2 (1):1
Entegre	1 Orta	0,5 Sahip	1 Sahip Deği	0 Sahip	0,5	0,6	Kullanışlı	1 2 1 3 2	2 (1):1
Entegre	1 Orta	0,5 Sahip	1 Sahip Deği	0 Sahip Deği	0	0,5	Ortalama	1 2 1 3 3	3 (1):1
Entegre	1 Orta	0,5 Sahip Deği	0 Detaylı	1 İleri Seviye	1	0,7	Kullanışlı	1 2 2 1 1	2 (1):1
Entegre	1 Orta	0,5 Sahip Deği	0 Detaylı	1 Sahip	0,5	0,6	Kullanışlı	1 2 2 1 2	2 (1):1
Entegre	1 Orta	0,5 Sahip Deği	0 Detaylı	1 Sahip Deği	0	0,5	Ortalama	1 2 2 1 3	3 (1):1
Entegre	1 Orta	0,5 Sahip Deği	0 Sahip	0,5 İleri Seviye	1	0,6	Kullanışlı	1 2 2 2 1	2 (1):1
Entegre	1 Orta	0,5 Sahip Deği	0 Sahip	0,5 Sahip	0,5	0,5	Ortalama	1 2 2 2 2	3 (1):1
Entegre	1 Orta	0,5 Sahip Deği	0 Sahip	0,5 Sahip Deği	0	0,4	Vasat	1 2 2 2 3	4 (1):1
Entegre	1 Orta	0,5 Sahip Deği	0 Sahip Deği	0 İleri Seviye	1	0,5	Ortalama	1 2 2 3 1	3 (1):1
Entegre	1 Orta	0,5 Sahip Deği	0 Sahip Deği	0 Sahip	0,5	0,4	Vasat	1 2 2 3 2	4 (1):1
Entegre	1 Orta	0,5 Sahip Deği	0 Sahip Deği	0 Sahip Deği	0	0,3	Vasat	1 2 2 3 3	4 (1):1
Entegre	1 Zor	0 Sahip	1 Detaylı	1 İleri Seviye	1	0,8	Yetenekli	1 3 1 1 1	1 (1):1
Entegre	1 Zor	0 Sahip	1 Detaylı	1 Sahip	0,5	0,7	Kullanışlı	1 3 1 1 2	2 (1):1
Entegre	1 Zor	0 Sahip	1 Detaylı	1 Sahip Deği	0	0,6	Kullanışlı	1 3 1 1 3	2 (1):1
Entegre	1 Zor	0 Sahip	1 Sahip	0,5 İleri Seviye	1	0,7	Kullanışlı	1 3 1 2 1	2 (1):1
Entegre	1 Zor	0 Sahip	1 Sahip	0,5 Sahip	0,5	0,6	Kullanışlı	1 3 1 2 2	2 (1):1
Entegre	1 Zor	0 Sahip	1 Sahip	0,5 Sahip Deği	0	0,5	Ortalama	1 3 1 2 3	3 (1):1
Entegre	1 Zor	0 Sahip	1 Sahip Deği	0 İleri Seviye	1	0,6	Kullanışlı	1 3 1 3 1	2 (1):1
Entegre	1 Zor	0 Sahip	1 Sahip Deği	0 Sahip	0,5	0,5	Ortalama	1 3 1 3 2	3 (1):1
Entegre	1 Zor	0 Sahip	1 Sahip Deği	0 Sahip Deği	0	0,4	Vasat	1 3 1 3 3	4 (1):1
Entegre	1 Zor	0 Sahip	1 Sahip Deği	0 Sahip Deği	0	0,3	Vasat	1 3 1 4 1	2 (1):1

EK 4.4 Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametre Değerlerinin Kurallarının Detaylı Olarak Oluşturulması

Tablo 4.3 Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametrelerinin Dereceleri

Skala Dereceleri Parametreler	1	2	3	4	5
Görüntü Oluşturma Hızı	Çok Hızlı (1-0.95)	Hızlı (0.94-0.85)	Ortalama Hız (0.84-0.55)	Yavaş (0.54-0.10)	Çok Yavaş (0.09-0.00)
Görüntü Kanalları Oluşturma	Mevcut (1)	Mevcut Değil (0.00)			
Görüntü Çözünürlüğü	UHD-4K (1)	QHD-2K (0.75)	FHD (0.50)	HD (0.25)	480p (0.00)
Bütünlük	Bütün (1)	Benzer (0.50)	Alakasız (0.00)		
Revize	Doğru ve Bütün (1)	Doğru (0.50)	Mevcut Değil (0.00)		
Ön Tasarım	Mevcut (1)	Mevcut Değil (0.00)			
Varyasyon	Mevut (1)	Mevcut Değil (0.00)			
İşleme	Otomatik (1)	Kütüphane (0.50)	Mevcut Değil (0.00)		
Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametresinde Sonuç	Yetenekli (1-0.75)	Kullanışlı (0.75-0.50)	Ortalama (0.50)	Vasat (0.50-0.25)	Kullanışsız (0.25-0.00)

Skala Derecelerinin Alan Çalışması Kullanılarak Tespit Edilmesi

Kuralların belirlenmesi başlığı altında yer alan tablo 4.3 kullanılarak Excel dosyaları oluşturulmuştur.

Matematiksel Seçim Hesabının Yapılması

Kuralların tespit edilebileceği formülazasyon işleminin yapılabilmesi için, bir hesaplanma işlemi gerekmektedir. Bu işlem matematiksel seçim hesabı olmaktadır. Bu işlem üzerinden, bir başlık altında kaç seçim yapabileceği üzerinedir. Görüntü Oluşturma Hızı parametresinde 5, Görüntü Kanalları Oluşturma parametresinde 2 ve 5,3,3,2,2,3 olarak devam etmektedir. Bu sebepten “5x2x5x3x3x2x2x3” işlemi ile 5400 kural olduğu tespit edilebilmektedir. Fakat bu parametre içerisinde ara değerler bulunmaktadır.

Örneğin: Yavaş parametresi, 0.54 ve 0.10 değeri alabilmektedir. Aldığı değer üzerinden parametre başlığı sabit kalsa dahi, sonuç ortalama değeri değişecektir. Bu sebepten parametrelerin minimum ve maximum değerleri üzerinden hesaplanması gerekmektedir. Bu sebepten gerek işlem “10x2x5x3x3x2x2x3” olarak, 10800 kural olduğu tespit edilebilmektedir.

Seçilimin Excel Üzerine İşlenmesi

Toplam 10800 kuralın olduğu bilinmesi üzerine, ilk parametre olan Görüntü Oluşturma Hızına ait 10 skala olduğu bilinmektedir. Bu sebepten Görüntü oluşturma ve İşleme Parametresinde yer alan kurallarda 2160 adet Çok Hızlı (minimum ve maximum olacak şekilde), 2160 adet Hızlı olarak devam edecek şekilde parametre derecesi olacağı hesaplanabilmektedir. Bu işlemler tekrarlanarak, 2160 adet kural içerisinde, hangi parametre değerinden kaç tane olması gerektiği hesaplanmalıdır.

Görüntü Oluşturma Hızı	Görüntü Kanalları Oluşturma	Görüntü Çözünürlüğü	Bütünlük	Revize	Ön Tasarım	Varyasyon	İşleme
2160	2160/2=1080	1080/5=216	216/3=72	72/3=24	24/2=12	12/2=6	6/3=2

Hesaplamalar sonucunda Görüntü Oluşturma Hızı içerisinde yer alan bir derece içerisinde 2 dereceden 1080 Görüntü Kanalları derecesi; 1080 Görüntü Kanalları içerisinde 5 dereceden 216 Görüntü Çözünürlüğü derecesi yer alacak şekilde işlemler devam etmektedir. En sonunda 1 sonucu elde edilmesi, matematiksel işlemlerin doğrulandığını

Seçilim Hesabının Excel Programına İşlenmesi ve Excel Programıyla Bulanık Mantık Kodlaması Yapılması

Hizli	0,50	0,85	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	6,25	6,50	6,75	7,00	7,25	7,50	7,75	8,00	8,25	8,50	8,75	9,00	9,25	9,50	9,75	10,00	10,25	10,50	10,75	11,00	11,25	11,50	11,75	12,00	12,25	12,50	12,75	13,00	13,25	13,50	13,75	14,00	14,25	14,50	14,75	15,00	15,25	15,50	15,75	16,00	16,25	16,50	16,75	17,00	17,25	17,50	17,75	18,00	18,25	18,50	18,75	19,00	19,25	19,50	19,75	20,00	20,25	20,50	20,75	21,00	21,25	21,50	21,75	22,00	22,25	22,50	22,75	23,00	23,25	23,50	23,75	24,00	24,25	24,50	24,75	25,00	25,25	25,50	25,75	26,00	26,25	26,50	26,75	27,00	27,25	27,50	27,75	28,00	28,25	28,50	28,75	29,00	29,25	29,50	29,75	30,00	30,25	30,50	30,75	31,00	31,25	31,50	31,75	32,00	32,25	32,50	32,75	33,00	33,25	33,50	33,75	34,00	34,25	34,50	34,75	35,00	35,25	35,50	35,75	36,00	36,25	36,50	36,75	37,00	37,25	37,50	37,75	38,00	38,25	38,50	38,75	39,00	39,25	39,50	39,75	40,00	40,25	40,50	40,75	41,00	41,25	41,50	41,75	42,00	42,25	42,50	42,75	43,00	43,25	43,50	43,75	44,00	44,25	44,50	44,75	45,00	45,25	45,50	45,75	46,00	46,25	46,50	46,75	47,00	47,25	47,50	47,75	48,00	48,25	48,50	48,75	49,00	49,25	49,50	49,75	50,00	50,25	50,50	50,75	51,00	51,25	51,50	51,75	52,00	52,25	52,50	52,75	53,00	53,25	53,50	53,75	54,00	54,25	54,50	54,75	55,00	55,25	55,50	55,75	56,00	56,25	56,50	56,75	57,00	57,25	57,50	57,75	58,00	58,25	58,50	58,75	59,00	59,25	59,50	59,75	60,00	60,25	60,50	60,75	61,00	61,25	61,50	61,75	62,00	62,25	62,50	62,75	63,00	63,25	63,50	63,75	64,00	64,25	64,50	64,75	65,00	65,25	65,50	65,75	66,00	66,25	66,50	66,75	67,00	67,25	67,50	67,75	68,00	68,25	68,50	68,75	69,00	69,25	69,50	69,75	70,00	70,25	70,50	70,75	71,00	71,25	71,50	71,75	72,00	72,25	72,50	72,75	73,00	73,25	73,50	73,75	74,00	74,25	74,50	74,75	75,00	75,25	75,50	75,75	76,00	76,25	76,50	76,75	77,00	77,25	77,50	77,75	78,00	78,25	78,50	78,75	79,00	79,25	79,50	79,75	80,00	80,25	80,50	80,75	81,00	81,25	81,50	81,75	82,00	82,25	82,50	82,75	83,00	83,25	83,50	83,75	84,00	84,25	84,50	84,75	85,00	85,25	85,50	85,75	86,00	86,25	86,50	86,75	87,00	87,25	87,50	87,75	88,00	88,25	88,50	88,75	89,00	89,25	89,50	89,75	90,00	90,25	90,50	90,75	91,00	91,25	91,50	91,75	92,00	92,25	92,50	92,75	93,00	93,25	93,50	93,75	94,00	94,25	94,50	94,75	95,00	95,25	95,50	95,75	96,00	96,25	96,50	96,75	97,00	97,25	97,50	97,75	98,00	98,25	98,50	98,75	99,00	99,25	99,50	99,75	100,00
Hizli	0,50	0,85	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			

EK 4.5 Genel Sonuç Parametre Değerlerinin Kurallarının Detaylı Olarak Oluşturulması

Tablo 4.4 Tüm Sonuç Parametre Dereceleri

Skala Dereceleri Sonuçlar	1	2	3	4	5	6	7
Sayısal Erişilebilirlik Parametresinde Sonuç Değerler	Kolay Erişim (1-0.75)	İdeal Erişim (0.75-0.50)	Ortalama Erişim (0.50)	Zor Erişim (0.50-0.25)	Çok Zor Erişim (0.25-0.00)		
Kullanım Özellikleri Parametresinde Sonuç	Yetenekli (1-0.75)	Kullanışlı (0.75-0.50)	Ortalama (0.50)	Vasat (0.50-0.25)	Kullanışsız (0.25-0.00)		
Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametresinde Sonuç	Yetenekli (1-0.75)	Kullanışlı (0.75-0.50)	Ortalama (0.50)	Vasat (0.50-0.25)	Kullanışsız (0.25-0.00)		
Genel Sonuç	Çok İyi (1-0.83)	İyi (0.83-0.66)	Ortalama Üstü (0.66-0.50)	Ortalama (0.50)	Ortalama Altı (0.50-0.33)	Kötü (0.33-0.16)	Çok Kötü (0.16-0.00)

Skala Derecelerinin Alan Çalışması Kullanılarak Tespit Edilmesi

Kuralların belirlenmesi başlığı altında yer alan tablo 4.4 kullanılarak Excel dosyaları oluşturulmuştur.

Matematiksel Seçim Hesabının Yapılması

Kuralların tespit edilebileceği formülazasyon işleminin yapılabilmesi için, bir hesaplanma işlemi gerekmektedir. Bu işlem matematiksel seçim hesabı olmaktadır. Bu işlem üzerinden, bir başlık altında kaç seçim yapabileceği üzerinedir. Sayısal Erişilebilirlik Parametresinde 5, Kullanım Özellikleri Parametresinde 5 ve Görüntü Oluşturma ve İşleme Parametresinde 5 adet derece skalası bulunmaktadır. Bu sebepten “5x5x5” işlemi ile 125 kural olduğu tespit edilebilmektedir. Fakat bu parametre içerisinde ara değerler bulunmaktadır.

Örneğin: Vasat parametresi, 0.50 ve 0.25 değeri alabilmektedir. Aldığı değer üzerinden parametre başlığı sabit kalsa dahi, sonuç ortalama değeri değişecektir. Bu sebepten parametrelerin minimum ve maximum değerleri üzerinden hesaplanması gerekmektedir. Bu sebepten gerek işlem “9x9x9” olarak, 729 kural olduğu tespit edilebilmektedir.

Seçimin Excel Üzerine İşlenmesi

Toplam 729 kuralın olduğu bilinmesi üzerine, ilk parametre olan Sayısal Erişilebilirlik Sonuç Parametresine ait 9 skala olduğu bilinmektedir. Bu sebepten Genel Sonuç Parametresinde yer alan kurallarda 81 adet Çok Hızlı minimum, 81 adet Çok Hızlı maximum olarak devam edecek şekilde parametre derecesi olacağı hesaplanabilmektedir. Bu işlemler tekrarlanarak, 729 adet kural içerisinde, hangi parametre değerinden kaç tane olması gerektiği hesaplanmalıdır.

Sayısal Erişilebilirlik Sonuç	Kullanım Özellikleri Sonuç	Görüntü Oluşturma ve İşleme Sonuç
729	$729/9=81$	$81/9=9$

Hesaplamalar sonucunda Sayısal Erişilebilirlik Sonuç içerisinde yer alan bir derece içerisinde 9 dereceden 81 Kullanım Özellikle Sonuç derecesi; 81 Kullanım Özellikle Sonuç içerisinde 9 dereceden 9 Görüntü Oluşturma ve İşleme derecesi yer alacak şekilde işlemler devam etmektedir. En sonunda 1 sonucu elde edilmesi, matematiksel işlemlerin doğrulandığını ifade etmektedir. Fakat bu parametre içerisinde sonuç 9 çıkmaktadır. Bu durumun sebebi, minimum ve maximum değerleri içerisinde yer alacak olmasıdır. Son parametre içerisinde 5 skala derecesi ve 4 ara değer bulunmasından dolayı her bir dereceye karşılık gelmesinden kaynaklanmaktadır.

Seçilim Hesabının Excel Programına İşlenmesi ve Excel Programıyla Bulanık Mantık Kodlaması Yapılması

Bu başlıkta yapılan işlemler, EK 4.2’de detaylı olarak anlatılmıştır. Elde edilen yazılımsal dil, MATLAB aracına yöntem 1 (EK 4.2’de açıklanmıştır.) kullanılarak işlenmiştir. Bu sebepten elde edilen kural tablosunun kısmi örneği aşağıdaki gibidir:

Kolay Erişim	1 Yetenekli	1 Yetenekli	1	1 Çok İyi	1 1 1, 1 (1):1
Kolay Erişim	1 Yetenekli	1 Yetenekli	0,75	0,916667 Çok İyi	1 1 1, 1 (1):1
Kolay Erişim	1 Yetenekli	1 Kullanışlı	0,75	0,916667 Çok İyi	1 1 2, 1 (1):1
Kolay Erişim	1 Yetenekli	1 Kullanışlı	0,5	0,833333 Çok İyi	1 1 2, 1 (1):1
Kolay Erişim	1 Yetenekli	1 Ortalama	0,5	0,833333 Çok İyi	1 1 3, 1 (1):1
Kolay Erişim	1 Yetenekli	1 Vasat	0,5	0,833333 Çok İyi	1 1 4, 1 (1):1
Kolay Erişim	1 Yetenekli	1 Vasat	0,25	0,75 İyi	1 1 4, 2 (1):1
Kolay Erişim	1 Yetenekli	1 Kullanışsız	0	0,666667 İyi	1 1 5, 2 (1):1
Kolay Erişim	1 Yetenekli	0,75 Yetenekli	1	0,916667 Çok İyi	1 1 1, 1 (1):1
Kolay Erişim	1 Yetenekli	0,75 Yetenekli	0,75	0,833333 Çok İyi	1 1 1, 1 (1):1
Kolay Erişim	1 Yetenekli	0,75 Kullanışlı	0,75	0,833333 Çok İyi	1 1 2, 1 (1):1
Kolay Erişim	1 Yetenekli	0,75 Kullanışlı	0,5	0,75 İyi	1 1 2, 2 (1):1
Kolay Erişim	1 Yetenekli	0,75 Ortalama	0,5	0,75 İyi	1 1 3, 2 (1):1
Kolay Erişim	1 Yetenekli	0,75 Vasat	0,5	0,75 İyi	1 1 4, 2 (1):1
Kolay Erişim	1 Yetenekli	0,75 Vasat	0,25	0,666667 İyi	1 1 4, 2 (1):1
Kolay Erişim	1 Yetenekli	0,75 Kullanışsız	0	0,583333 Üstü	1 1 5, 3 (1):1
Kolay Erişim	1 Kullanışlı	0,75 Yetenekli	1	0,916667 Çok İyi	1 2 1, 1 (1):1
Kolay Erişim	1 Kullanışlı	0,75 Yetenekli	0,75	0,833333 Çok İyi	1 2 1, 1 (1):1
Kolay Erişim	1 Kullanışlı	0,75 Kullanışlı	0,75	0,833333 Çok İyi	1 2 2, 1 (1):1
Kolay Erişim	1 Kullanışlı	0,75 Kullanışlı	0,5	0,75 İyi	1 2 2, 2 (1):1
Kolay Erişim	1 Kullanışlı	0,75 Ortalama	0,5	0,75 İyi	1 2 3, 2 (1):1
Kolay Erişim	1 Kullanışlı	0,75 Vasat	0,5	0,75 İyi	1 2 4, 2 (1):1
Kolay Erişim	1 Kullanışlı	0,75 Vasat	0,25	0,666667 İyi	1 2 4, 2 (1):1
Kolay Erişim	1 Kullanışlı	0,75 Kullanışsız	0	0,583333 Üstü	1 2 5, 3 (1):1
Kolay Erişim	1 Kullanışlı	0,5 Yetenekli	1	0,833333 Çok İyi	1 2 1, 1 (1):1
Kolay Erişim	1 Kullanışlı	0,5 Yetenekli	0,75	0,75 İyi	1 2 1, 2 (1):1
Kolay Erişim	1 Kullanışlı	0,5 Kullanışlı	0,75	0,75 İyi	1 2 2, 2 (1):1
Kolay Erişim	1 Kullanışlı	0,5 Kullanışlı	0,5	0,666667 İyi	1 2 2, 2 (1):1
Kolay Erişim	1 Kullanışlı	0,5 Ortalama	0,5	0,666667 İyi	1 2 3, 2 (1):1
Kolay Erişim	1 Kullanışlı	0,5 Vasat	0,5	0,666667 İyi	1 2 4, 2 (1):1
Kolay Erişim	1 Kullanışlı	0,5 Vasat	0,25	0,583333 Üstü	1 2 4, 3 (1):1
Kolay Erişim	1 Kullanışlı	0,5 Kullanışsız	0	0,5 Ortalama	1 2 5, 4 (1):1
Kolay Erişim	1 Ortalama	0,5 Yetenekli	1	0,833333 Çok İyi	1 3 1, 1 (1):1
Kolay Erişim	1 Ortalama	0,5 Yetenekli	0,75	0,75 İyi	1 3 1, 2 (1):1
Kolay Erişim	1 Ortalama	0,5 Kullanışlı	0,75	0,75 İyi	1 3 2, 2 (1):1

EK 4.6 MATLAB Aracı ile Sonuç Değerinin Tespit Edilebilmesi

Çok fazla kural içeren bulanık mantık sistemleri FIS Editör ile çalışırken donmalar yaşamakta veya açılma süresi uzun olmaktadır. Bu sebepten MATLAB Aracı içerisinde, toplam 4 komut içeren yazılımsal bir dil ile bu problem giderilerek sonuç değerine ulaşılabilmektedir.

Komut Yazma Penceresi

MATLAB aracı içerisinde alt kısımda bulunmaktadır.

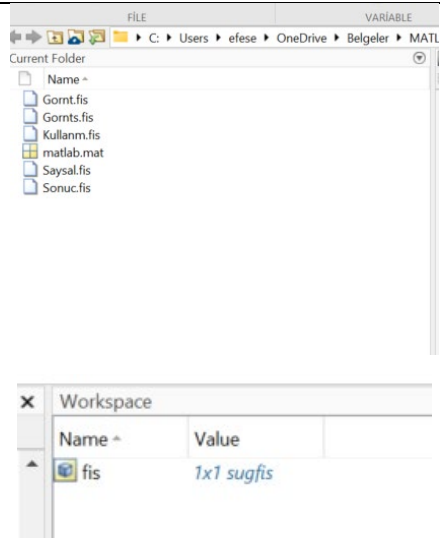


```
64 1 2 2, 2 (1) : 1
65 1 2 3, 3 (1) : 1
66 1 3 1, 2 (1) : 1
67 1 3 2, 4 (1) : 1

Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started.

To get started, type doc.
For product information, visit www.mathworks.com.

>> fuzzy
Warning: fuzzy will be removed in a future release. Use the fuzzyLogicDesigner instead.
> In fuzzy (line 599)
>> % FIS dosyasını yükleyin
fis = readfis('Saysal');
Warning: fuzzy will be removed in a future release. Use the fuzzyLogicDesigner instead.
> In fuzzy (line 599)
In wslqLocalReadFIS (line 247)
Warning: ruleedit will be removed in a future release. Use the Fuzzy Logic Designer app instead.
> In ruleedit (line 349)
In fuzzy (line 1019)
fis >>
```



Komut 1: FIS Dosyasını seçmek

MATLAB aracı içerisinde, yaratılmış ve işlenilmiş .fis uzantılı dosyalarınız yer almaktadır. Bu dosyalar readfis komutu ile yazılım penceresi (Command Window)’a tanımlanmaktadır. Tanımlanan dosya, workspace alanına gelmektedir.

“(Workspace için Adlandırma)= readfis('FIS Dosyasının adı');”

Örnek: *fis=readfis('Saysal');*

Komut 2: Sonuç için İstenilen Giriş Değerlerini Girmek

Test edilecek aracın, gerekli parametrelerden aldığı değerlerin, skala sistemi içerisinde yer aldığı numerik derecelerin, FIS Editör içerisinde oluşturulan parametrelere uygun bir şekilde sıralı olarak yazılması gerekmektedir. FIS Editör içerisinde yer alan INPUT VALUES menüsü ile aynı işleve sahiptir.

“inputValues = [Skala Dereceleri];”

Örnek:

```
% Değerleri girin (örnek giriş değerleri)
inputValues = [0.85 1 1 1 0 0 0 0.5];
```

Komut 3: Değerlendirmeyi Başlatmak

.FIS uzantılı dosya için değerlendirme işlemi başlatan komut:

“output = evalfis(fis, inputValues);”

Komut 4: Sonuç Verilerini Talep Etmek

.FIS uzantılı dosya için değerlendirme işleminin sonucuna ulaşılan komut:

“disp(output);”

Örnek:

```
>> % FIS dosyasını yükleyin
fis = readfis('Gornt');

% Değerleri girin (örnek giriş değerleri)
inputValues = [0.85 1 1 1 0 0 0 0.5];

% Değerlendirme
output = evalfis(fis, inputValues);

% Sonucu göster
disp(output);
    0.6000
    0.5968
```

Kodun Kopyalama Yöntemiyle Kullanımı için Paylaşılması

Kodun kullanılabilmesi için paylaşım yapılması amaçlanmıştır. Koyu yazı türü ile yazılan alanlar, kullanmak için değiştirilmesi gereken alanları ifade etmektedir. Kod aşağıdaki gibi kopyalanarak, tek parça halinde komut penceresine atılması halinde çalışacaktır.

Eğer bir yazının başında “%” ifadesi bulunuyorsa, MATLAB aracı ve diğer yazılım araçları, bu ifadeden sonra bulunan yazıyı veya komutu algılamamaktadır. Bu sebepten kaynaklı olarak, yazılım araçları içerisinde notlar almaya yaramaktadır.

% FIS dosyasını yükleyin

fis = readfis('Gornt');

% Değerleri girin (örnek giriş değerleri)

inputValues = [**0.5 1 1 1 1 1 1**];

% Değerlendirme

output = evalfis(fis, inputValues);

% Sonucu göster

disp(output)