



ENDÜSTRİYEL MİMARİ MİRASIN DİJİTAL DOKÜMANTASYONU İÇİN
DERİN ÖĞRENME TABANLI BİR MODEL ÖNERİSİ

Sefa ÇAKMAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NİSAN 2025

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Sefa ÇAKMAK

18/04/2025

ENDÜSTRİYEL MİMARİ MİRASIN DİJİTAL DOKÜMANTASYONU İÇİN DERİN ÖĞRENME TABANLI BİR MODEL ÖNERİSİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Sefa ÇAKMAK

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Nisan 2025

ÖZET

Mimari mirasın teftişi ve dokümantasyonu ve bu belgelerin saklanması günümüzde çoğunlukla geleneksel yollarla yapılmaktadır. Bu geleneksel yöntemler doğruluk oranı yüksek olmasına karşın belgeleme ve koruma sürecinde zaman kayıplarının yaşanmasına ve dolaylı olarak da mali kayıplara yol açabilmektedir. Buna karşın son yıllarda giderek artan koruma ihtiyacının karşılanabilmesi için bu alanda yapılacak her türlü çağdaş teknolojiye ihtiyaç giderek artmaktadır. Yapay zekâ, derin öğrenme ve bilgisayarlı görüş teknikleri son yıllarda büyük bir ivme kazanmıştır. Ancak bu teknolojilerin mimarlık alanında uygulamaları hala sınırlıdır. Tarihi yapıların ve anıtların tanımlanması ve belgelenmesi için akademik çevrelerde çalışmalar yapılmasına karşın endüstriyel mimari mirasın tespiti ve belgelenmesi için yapılan çalışmalar bu gelişmelerin gerisinde kalmaktadır. Bu çalışma ile endüstriyel mimari mirasın ve mimari mirasın dokümantasyonunda yapay zekâ algoritmalarının özellikle de derin öğrenme ve nesne algılama tekniklerinin potansiyelini araştırılmıştır. Endüstriyel miras kapsamında belirlenen Gazi Üniversitesi Merkez Yerleşkesi Teknoloji Fakültesi laboratuvarlarında gerçekleştirilen bu çalışma ile bu çağdaş teknolojilerin mimari mirasın korunması çalışmalarına ne ölçüde katkı sağlayabileceği tartışılmıştır. Yapıdan elde edilen görsel ve teknik veriler yardımıyla üretilen bir nesne algılama modeli ve bu modele entegre olarak çalışan raporlama sistemi, yapının iç mekânında bulunan mimari unsurları ve bozulmaların tespit edilmesi ve raporunun otomatik olarak oluşturulması amacıyla kullanılmıştır. Geliştirilen model birçok görsel kullanılarak teste tabi tutulmuş ve sonuçlar bu yöntemin kullanım olanaklarının tartışılmasında kullanılmıştır.

Bilim Kodu : 80126

Anahtar Kelimeler : Mimari miras, endüstriyel mimari miras, dokümantasyon, belgeleme, raporlama, derin öğrenme, nesne algılama, algoritma

Sayfa Adedi : 132

Danışman : Doç. Dr. Ammar İBRAHİMGİL

A DEEP LEARNING-BASED MODEL PROPOSAL FOR DIGITAL
DOCUMENTATION OF INDUSTRIAL ARCHITECTURAL HERITAGE

(M. Sc. Thesis)

Sefa ÇAKMAK

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

April 2025

ABSTRACT

Inspection and documentation of architectural heritage and preservation of these documents are mostly done by traditional methods today. Although these traditional methods have a high accuracy rate, they can cause loss of time in the documentation and protection process and indirectly lead to financial losses. On the other hand, in order to meet the increasing need for protection in recent years, the need for all kinds of contemporary technologies in this field is increasing. Artificial intelligence, deep learning and computer vision techniques have gained great momentum in recent years. However, the applications of these technologies in the field of architecture are still limited. Although studies are carried out in academic circles for the identification and documentation of historical structures and monuments, studies carried out for the identification and documentation of industrial architectural heritage lag behind these developments. This study investigates the potential of artificial intelligence algorithms, especially deep learning and object detection techniques, in the documentation of industrial architectural heritage and architectural heritage. This study, which was carried out in the laboratories of the Technology Faculty of Gazi University Central Campus, determined within the scope of industrial heritage, discussed the extent to which these contemporary technologies can contribute to the conservation of architectural heritage. An object detection model produced with the help of visual and technical data obtained from the structure and a reporting system integrated with this model were used to detect architectural elements and deteriorations in the interior of the structure and to automatically generate a report. The developed model was tested using many images and the results were used to discuss the possibilities of using this method.

Science Code : 80126

Key Words : Architectural heritage, industrial architectural heritage, documentation, reporting, deep learning, object detection, algorithm

Page Number : 132

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Ammar İBRAHİM GİL

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her adımında bana yol gösteren, destekleyen ve cesaretlendiren kıymetli danışmanım Sayın Doç. Dr. Ammar İBRAHİMGİL'e, tereddütte kaldığım anlarda desteğini esirgemeyen sevgili arkadaşım Nilüfer ALİHAN'a, tez çalışmamın ve tüm eğitim sürecimin her aşamasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli babam Mahmut ÇAKMAK, annem Hatice ÇAKMAK ve ablam Seda DEMİR'e ve karşılaştığım teknik problemlerdeki desteği için Serdar BİŞGİN'e en içten minnet ve teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	7
2.1. Mimari Miras ve Endüstriyel Mimari Miras.....	7
2.2. Tespit ve Dokümantasyon.....	9
2.3. Yapay Zekâ.....	11
2.3.1. Makine öğrenimi.....	16
2.3.2. Derin öğrenme	17
2.3.3. Nesne algılama ve YOLO	20
2.4. Mimaride Yapay Zekâ Çalışmaları	23
3. ÇALIŞMA ALANI.....	27
4. YÖNTEM	43
5. DERİN ÖĞRENME YÖNTEMİ İLE YAPI ELEMANI VE HASAR TESPİTİ	47
5.1. Derin Öğrenme Tabanlı Modelin Uygulanması	49
5.1.1. Kullanılan derin öğrenme algoritması kurgusu	49

	Sayfa
5.1.2. Veri setlerinin hazırlanması ve ön işleme	52
5.1.3. Model eğitimi ve parametre ayarları	57
5.2. Eğitim Sonuçları ve Çıktıların Değerlendirilmesi.....	59
6. RAPORLAMA VE BELGELEME SİSTEMİNİN ENTEGRASYONU	65
6.1. Sistemin Çalışma Mantığı	66
6.2. Çıktıların ve Raporların Değerlendirilmesi	68
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	87
KAYNAKLAR	91
EKLER.....	99
EK-1. Kültür Bakanlığı yazısı.....	100
EK-2. Omar Boiz ile ilgili karar	101
EK-3. Emin Onat ve Sedat Hakkı Eldem'in ücretleri konulu belge	102
EK-4. Paul Bonatz'a izin verilmesi konulu belge.....	103
EK-5. IMG_0083 rapor sonuçları	104
EK-6. IMG_0113 rapor sonuçları	108
EK-7. IMG_0194 rapor sonuçları	112
EK-8. IMG_0210 rapor sonuçları	115
EK-9. IMG_0233 rapor sonuçları	118
EK-10. IMG_4688 rapor sonuçları	122
EK-11. IMG_4675 rapor sonuçları	126
EK-12. IMG_0093 rapor sonuçları	129
ÖZGEÇMİŞ	132

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Yapay zekâ tanımları.....	13
Çizelge 2.2. Makine öğrenimi ve derin öğrenme farkları.....	19
Çizelge 2.3. Mimarlık ve koruma alanında yapılan çalışmalar	25
Çizelge 5.1. Veri setinde kullanılan etiketlemeler, açıklamaları ve etiket sayıları.....	54
Çizelge 5.2. Etiketlemelerin dağılımı.....	55
Çizelge 6.1. Sonuçlar.....	83

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Yapay zekâ, makine öğrenimi ve derin öğrenme hiyerarşisi.....	15
Şekil 2.2. Temel makine öğrenimi çalışma şeması.....	17
Şekil 2.3. Makine öğrenimi ve derin öğrenme farkı	18
Şekil 2.4. Tipik bir nesne algılama algoritması çıktısı.....	20
Şekil 2.5. Nesne algılama algoritmalarının çeşitleri	21
Şekil 2.6. Nesne algılama algoritmalarının temel çalışma prensibi.....	21
Şekil 2.7. YOLO gelişim süreci	22
Şekil 2.8. YOLOv8 modelinin öncüllerine kıyasla performans değerleri	23
Şekil 3.1. Merkez Yerleşkesi içerisinde Teknoloji Fakültesi ve çevresindeki yapılar	27
Şekil 3.2. Erkek sanat enstitüsünün temelinin atılmasına dair 21 Temmuz 1943 tarihli Akşam Gazetesi haberi.....	31
Şekil 3.3. Yapı ve orijinal yerleşkesini gösteren vaziyet planı	32
Şekil 3.4. Yapı maketi.....	33
Şekil 3.5. Çalışılan alanın merkez kampüs içerisindeki konumu	34
Şekil 3.6. Çalışılan laboratuvarın vaziyet planı içerisindeki konumu	35
Şekil 3.7. Çalışılan laboratuvarın planı.....	39
Şekil 3.8. AA Kesiti	40
Şekil 3.9. BB Kesiti	41
Şekil 3.10. CC Kesiti	41
Şekil 3.11. DD Kesiti	42
Şekil 4.1. Çalışmada izlenecek yöntem	44
Şekil 5.1. Modelin üretiminde izlenen yol.....	50
Şekil 5.2. Veri setlerinin hazırlanmasında izlenen yol	52

Şekil	Sayfa
Şekil 5.3. Roboflow platformunda görsel etiketleme işlemi.....	53
Şekil 5.4. Veri çoğaltma işlemi sonucu veri setinin değerleri	55
Şekil 5.5. Veri çoğaltma işlemleri.....	56
Şekil 5.6. Veri setinde bulunan bazı görseller	57
Şekil 5.7. Eğitim sürecinin ilk 5 epoch değerleri.....	58
Şekil 5.8. Eğitim sürecinin son 5 epoch değerleri	59
Şekil 5.9. Eğitim eğrileri.....	60
Şekil 5.10. Karmaşıklık matrisi	61
Şekil 5.11. Eğitim sonuçlarından görseller.....	62
Şekil 5.12. Eğitim sonuçlarından görseller.....	63
Şekil 5.13. Eğitim sonuçlarından görseller.....	64
Şekil 6.1. Tipik bir nesne algılama algoritması çıktısı.....	65
Şekil 6.2. Raporlama ve belgeleme sisteminin çalışma şeması.....	66
Şekil 6.3. Raporlama ve belgeleme sisteminin içerik şeması	67
Şekil 6.4. Raporların değerlendirme sürecini anlatan diyagram.....	68
Şekil 6.5. İncelenen ilk görselin “Tespit Sonuçları” sayfası.....	70
Şekil 6.6. İncelenen ilk görselin “Yapı Elemanları” sayfası.....	72
Şekil 6.7. İncelenen ilk görselin “Bozulma Listesi” sayfası.....	74
Şekil 6.8. İncelenen ilk görselin “Sonuçlar” sayfası.....	75
Şekil 6.9. İncelenen ikinci görselin “Tespit Sonuçları” sayfası.....	77
Şekil 6.10. İncelenen ikinci görselin “Bozulma Listesi” bölümünün ilk sayfası.....	79
Şekil 6.11. İncelenen ikinci görselin “Bozulma Listesi” bölümünün ikinci sayfası.....	80
Şekil 6.12. İncelenen ikinci görselin “Sonuçlar” sayfası.....	81
Şekil 6.13. YOLOv7 Segmentasyonu kullanarak çatlak tespiti.....	82

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Teknoloji Fakültesi A Blok.....	29
Resim 3.2. Ağaçışleri Endüstri Mühendisliği bölümü laboratuvarı.....	36
Resim 3.3. Ağaçışleri Endüstri Mühendisliği bölümü laboratuvarı.....	37
Resim 3.4. Ağaçışleri Endüstri Mühendisliği bölümü laboratuvarı.....	38
Resim 6.1. İncelenecek ilk görsel	69
Resim 6.2. İncelenecek ikinci görsel	76

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

m

Metre

cm

Santimetre

Kısaltmalar

Açıklamalar

AI

Artificial Intelligence

BIM

Building Information Modeling

CPU

Central processing unit

DL

Deep Learning

DÖ

Derin Öğrenme

EXIF

Exchangeable image file format

GPU

Graphics processing unit

ICOMOS

International Council on Monuments and Sites

ML

Machine Learning

MÖ

Makine Öğrenimi

YOLO

You Only Look Once

YZ

Yapay Zekâ

1. GİRİŞ

Mimari miras, bir toplumun kimliğinin, tarihsel gelişiminin ve kültürel evriminin somut bir yansıması olarak, geçmişin izlerini günümüze taşıyan, korunması ve gelecek nesillere aktarılması gereken önemli bir değerdir. Bu miras mimari yapıların fiziksel varlığının yanı sıra, onları tasarlayan ve inşa eden mimarların ve ustaların bilgi birikimini, yapıyı kullanan toplumların sosyal pratiklerini, inançlarını, geleneklerini ve zaman içinde yapıya atfedilen sembolik anlamları da kapsamaktadır. Bu bağlamda her mimari eser ait olduğu dönemin mimari üsluplarını, sosyo-ekonomik koşullarını ve teknolojik imkanlarını yansıtarak, mimari belleğin ve sürekliliğin önemli bir taşıyıcısı durumundadır.

Mimari mirasın korunması, rehabilitasyonu ve bakımı, doğru, güvenilir ve hızlı bilgilere dayanmalıdır (Llamas vd., 2017). Yapıların geçirdiği tarihsel değişimleri eksiksiz bir şekilde yansıtması amaçlanan bu bilgiler, onların evrimini, mevcut durumlarını anlamamıza ve yorumlamamıza olanak sağlamalıdır. Örneğin bir yapının hangi dönemlerde inşa edildiği, hangi onarım ve restorasyon çalışmalarından geçtiği, farklı zaman dilimlerindeki fiziki durumunu ve hangi doğal afetlerden etkilendiği gibi bilgiler yapının özgünlüğünün korunması ve doğru müdahale yöntemlerinin belirlenmesi için kritik öneme sahiptir. Bu bilgiler aynı zamanda yapının kültürel ve tarihsel bağlamını anlamamıza, onu daha iyi yorumlamamıza ve gelecek nesillere doğru bir şekilde aktarmamıza yardımcı olmaktadır.

Kavram olarak incelendiğinde endüstriyel mimari miras, mimari mirasın bir alt kategorisi olarak değerlendirilebilmektedir. Mimari miras estetik ve sanat anlayışına odaklanırken, endüstriyel miras işlevsellik, mühendislik çözümleri ve sanayi tarihine odaklanmasıyla öne çıkar. Endüstriyel mimari miras, endüstriyel faaliyetlerin izlerini taşıyan tarihsel ve kültürel öneme sahip yapıları ve bu yapılarda veya çevrelerinde bulunan her türlü geci kapsamaktadır. Ülkemizde Cumhuriyet öncesi ve sonrası dönemde yapılan endüstri yapılarının korunması ve yeniden işlevlendirilerek geleceğe aktarılması ihtiyacı giderek artmaktadır (Saner, 2012). Bu koruma ve yeniden işlevlendirme süreci beraberinde belgeleme ihtiyacını getirmektedir. Bir yapının korunması için kapsamlı ve detaylı bir şekilde belgelenmesi gerekmektedir.

Mimari mirasın geleneksel yöntemlerle belgelenmesi köklü bir geçmişe sahip ve güvenilirliği kanıtlanmış bir uygulamadır. Elle çizimler, ölçümler, fotoğraflar ve yazılı betimlemeler gibi yöntemler yapıların detaylı bir şekilde incelenmesini ve kaydedilmesini sağlamıştır. Bu yöntemler deneyimli uzmanlar tarafından uygulandığında yüksek doğruluk ve detay sunabilmektedir. Ancak bu geleneksel yaklaşımların bazı önemli dezavantajları bulunmaktadır. Bu dezavantajlardan birisi süreçlerin zaman alıcı olmasıdır. Yapıların her bir detayının elle ölçülmesi, çizilmesi ve fotoğraflanması uzun zaman gerektirmektedir. Ayrıca günümüzde giderek yaygınlaşan tarama yöntemleri hızlı ve yüksek doğruluk oranları vermesine karşın elde edilen verilerin işlenmesi ve kullanılabilir hale gelmesi uzun sürmektedir. Bu zaman ihtiyacı maliyetlerin büyük ölçüde artmasına sebebiyet verebilmektedir. Bu uzun inceleme ve düzenleme süreçleri, belgeleme ve raporlama işlemlerinin tamamlanmasını önemli ölçüde geciktirmektedir.

Detaylı inceleme ve kayıt işlemlerine dayanan geleneksel belgeleme yöntemlerinin zaman alıcılığı, uzman işgücüne olan yüksek bağımlılığı ve bunun getirdiği maliyet yükü, koruma çalışmalarının etkin bir şekilde ilerlemesini zorlaştırmaktadır. Mimarlar, restoratörler, sanat tarihçileri ve fotoğrafçılar gibi farklı uzmanlık alanlarından kişilerin koordineli bir şekilde çalışması gerekliliği, iş gücü maliyetlerini artırmaktadır. Ayrıca, elle yapılan ölçümler ve çizimler, insan hatası riskini de beraberinde getirmektedir. Tüm bu faktörler bir araya geldiğinde, geleneksel belgeleme yöntemlerinin ekonomik yükü önemli ölçüde artmaktadır. Bu durum doğruluktan ve detaydan ödün vermeden, daha verimli, hızlı ve ekonomik belgeleme yöntemlerine duyulan ihtiyacı açıkça ortaya koymaktadır.

Ayrıca elde edilen verilerin tutarsızlığı ve formatlarda farklılıklar ortak bir ortama olan ihtiyacı artırmaktadır. Dolayısıyla elde edilecek verilerin dijitalleştirilmesi veya mümkünse dijital ortamda oluşturulması büyük önem arz etmektedir. Dijital ortamda bulunan veriler, bu verilerin daha kolay paylaşılmasını, analiz edilmesini ve üzerinde değişiklik yapılabilmesini sağlayarak restorasyon ve müdahale süreçlerini önemli ölçüde kolaylaştıracağı öngörülmektedir.

Herhangi bir restorasyon veya müdahale planlamadan önce miras varlığının eksiksiz bir dijital kaydının oluşturulması büyük önem taşımaktadır. Bu dijital dokümantasyon, yapının mevcut durumunu doğru ve detaylı bir şekilde yansıtmalı ve gelecekteki restorasyon ve müdahale çalışmalarında güncellenebilir bir başvuru kaynağı olarak hizmet etmelidir.

Kapsamlı bir dijital arşiv oluşturmak, mimari mirasın korunması, gelecek nesillere aktarılması ve bilimsel çalışmalar için büyük öneme sahiptir (Llamas vd., 2017). BIM teknolojileri bu alandaki açıkların kapatılması için uygun bir ortam oluşturmaya karşın bu tür programları yetkin bir şekilde kullanabilen profesyonel sayısı sebebiyle her yapı için kullanılması pek mümkün olamamaktadır.

Özetlemek gerekirse, mevcut ve geleneksel yöntemlerin mimari mirasın belgelenmesinde yarattığı problemler beş başlık altında toplanabilir:

- Doğruluk eksikliği: Geleneksel yöntemle üretilmiş bina planları gibi belgeleme yöntemleri, doğru belgeleme için çok önemli olan titiz metrik performansı göstermeyebilir.
- Zaman alıcı olması: Geleneksel teknikler modern dijital araçlara kıyasla verimsiz olabilen verileri toplamak ve işlemek için genellikle önemli miktarda zaman gerektirir.
- Sınırlı veri barındırması: Geleneksel yöntemler kapsamlı bir veri kümesi yakalayamayabilir ve bu da ayrıntılı analiz ve koruma planlaması yapma yeteneğini sınırlayabilir.
- Karmaşık yapılar için yetersiz kalma: Geleneksel teknikler karmaşık mimari formları ve ayrıntıları doğru bir şekilde belgelemekte zorlanabilir.
- Değişiklikleri izlemede zorluk: Geleneksel yöntemler, devam eden koruma çabaları için gerekli olan, zaman içindeki değişiklikleri izlemek ve değerlendirmek için gerekli çerçeveyi sağlamayabilir.

Bu sorunlar, miras belgelemesinin doğruluğunu, verimliliğini ve kapsamlılığını iyileştirmek için modern dijital belgeleme araçlarının entegre edilmesi ihtiyacını vurgulamaktadır (Quintero vd., 2007).

Bu çalışma, bu sebepler neticesinde mimari mirasın korunması süreçlerini daha erişilebilir, verimli ve ekonomik hale getirmek amacıyla yapay zekâ teknolojilerinin sunduğu potansiyeli araştırmaktadır. Bu doğrultuda geliştirilecek bir nesne algılama algoritması, Gazi Üniversitesi Merkez Kampüsü Teknoloji Fakültesi atölyelerinde test edilerek, tarihi yapılarda yapay zekâ destekli belgeleme tekniklerinin uygulanabilirliği ve etkinliği somut verilerle değerlendirilecektir. Çalışma ön değerlendirme ve belgeleme aşamalarının

hızlandırılması, maliyetlerin düşürülmesi ve elde edilen sonuçların doğruluk oranının artırılması gibi kritik hedeflere odaklanmaktadır. Bu çalışma söz konusu sorunlara yenilikçi bir yapay zekâ tabanlı çözüm önerisi sunarak, mimari mirasın korunmasına önemli bir katkı sağlamayı hedeflemektedir.

Mimari mirasın belgelenmesinin yenilikçi yollarla yapılmasına ilişkin çalışmalar son yıllarda giderek artmaktadır. Bu yöntemlere dijital fotoğraflama yöntemleri (fotogrametri), takeometre kullanımı, lazer tarayıcılar ve yüksek çözünürlüklü panoramik fotoğraflama gibi yöntemler örnek olarak verilebilir. Ancak koruma alanında çalışan profesyonellerin ihtiyaç duyduğu bilgilerle üreticilerin bu yeni teknolojilere ilişkin iddiaları arasında önemli bir tutarsızlık mevcuttur (Quintero vd., 2007).

Buna ek olarak BIM'in mimari mirasın belgelenmesinde kullanılabilirliğine ilişkin çalışmalar da giderek yaygınlaşmaktadır. BIM yaklaşımıyla yapının fiziki durumu, geçirdiği süreçler ve dijital bir ikizinin zaman çizelgesine yerleştirilerek tarihsel sürecinin anlaşılmasına yardımcı olabileceği düşünülmektedir (Fai vd., 2011).

Ayrıca Metaverse'in de bu alanda kullanım olanaklarına ilişkin çalışmalar da vardır. Metaverse'de gerçek dünyanın bir kopyası sanal bir uzayda oluşturularak miras alanları ve bu alanlarda bulunan kültür varlıklarının bire bir ölçekli kopyalarının oluşturularak belgelenmesi ve bu yolla görsellerinin ve modellerinin ölçekli bir şekilde korunması, interaktif bir deneyim sunulması, eğitim amaçlı kullanımı, dünyanın her yerinden erişilebilir olması ve geleceğe aktarılması düşünülmektedir (Khaled Al-Tabeeb ve Ahmed Al-Desouqi, 2023). Ancak Metaverse çalışmalarının öncülünde bu yapıların ve eserlerin ölçüm ve modelleme çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Dolayısıyla bu çalışmada odaklanılacak olan dokümantasyonların hazırlık aşamasının bir sonraki aşaması olan muhafaza edilmesi aşamasında daha etkili olabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışma kapsamında sunulan yapay zekâ ve nesne algılama destekli sisteme benzer çalışmalar da son yıllarda giderek artmaktadır. Ancak bu çalışmada da ileride detaylı bir şekilde işlenecek teknik kısıtlamalar bulunmaktadır. Bunlar; kamera sistemlerinin performanslarının tutarlı olmaması, işlemci (CPU ve GPU) performansı ve kaliteli görsel veriyi işleyecek sistemlerin ekonomik olarak ulaşılabilir olmaması, nesne algılama algoritmalarında üç boyutlu objelerin tanımlanabilmesi için yüksek miktarda veri ihtiyacı ve

bu verilerin algoritmanın eğitiminde kullanımının uzun sürmesi örnek olarak verilebilir. Tüm bu sorunların aşılması durumunda dahi genel kullanıcının ekipmanının sonuçların doğruluğunu etkilemesi mümkündür. Ancak son yıllarda kamera ve çip sistemlerinin gelişimi göz önüne alındığında yakın gelecekte bu tür problemlerin ortadan kalkması mümkün görünmektedir.

Bu tez çalışmasında örnek bir çalışma olması sebebiyle endüstriyel bir mimari miras yapısı olan Gazi Üniversitesi Merkez Kampüsü Teknoloji Fakültesi atölyeleri kullanılmıştır. Yapılacak çalışma ile atölyelerdeki mimari elemanların ve bozulmaların tespiti, raporlanması, dijital olarak arşivlenmesi ve periyodik olarak izlenmesi için yapay zekâ tabanlı bir metodoloji geliştirilmesi hedeflenmektedir. Bu metodoloji, hızlı periyodik taramalar ve farklı zaman dilimlerinde elde edilen verilerin karşılaştırılması yoluyla, yapıdaki değişimlerin ve olası risklerin erken teşhisini mümkün kılacağı düşünülmektedir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Çalışmanın bu aşamasında konuya ilişkin kapsamlı bir literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Bu tarama ile mimari miras, endüstriyel mimari miras ve bu tez çalışmasının odağı olan tespit ve dokümantasyon incelenmiş, buna ek olarak kullanılacak yöntemin alt yapısının oluşabilmesi için yapay zekâ ve alt dalları (makine öğrenimi, derin öğrenme, bilgisayarlı görme) ve bu teknolojilerin mimarlık alanındaki uygulamaları detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Literatür taraması boyunca öncelikle mimari mirasın ve endüstriyel mimari miras kavramları ve bu eserlerin tespitinde ve belgelenmesinde kullanılan geleneksel yöntemlerin avantajları ve dezavantajları değerlendirilmiştir. Günümüzde etki alanı giderek artan yapay zekâ teknolojilerindeki son gelişmeler ve bu gelişmelerin mimari mirasın korunmasındaki potansiyel uygulamaları tartışılmıştır. Bu bağlamda bilgisayarlı görme teknikleri gibi derin öğrenme modellerinin miras yapılarının analizinde ve dokümantasyonunda nasıl kullanılabileceği, nesne tanıma ve görüntü segmentasyonu gibi yöntemlerin hasar tespiti gibi görevler özelinde nasıl kullanılabileceği incelenmiştir.

Son olarak, literatürde yer alan mimari alanda gerçekleştirilen yapay zekâ çalışmalarına genel bir bakış sunularak bu çalışmaların güçlü ve zayıf yönleri değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmaların mimari mirasın korunmasına hangi aşamalarda katkı sağladıkları tartışılmıştır. Özellikle son yıllarda sunulan çalışmaların mimarlık alanında ne gibi yeniliklere, kolaylıklara yol açtığı üzerine durulmuştur. Bu literatür incelemesi yapay zekâ tekniklerinin mimaride, mimari mirasın korunmasında ve belgelenmesinde hangi alanlarda kullanılabileceğini ve bu çalışmada benimsenen yöntemin temelini ve gerekçesini daha anlaşılır kılmayı hedeflemektedir.

2.1. Mimari Miras ve Endüstriyel Mimari Miras

Miras kavramı genel anlamıyla geçmişten günümüze kalan şeyleri ifade eder (Brangar, 2004). Mimari miras ise tarihi, kültürel ve sanatsal öneme sahip binalar, yapılar ve çevrelerini ifade etmektedir. Bunlar genellikle bir bölgenin veya ulusun sosyal, kültürel ve mimari tarihini yansıtmadaki değerlerinden dolayı korunur ve muhafaza edilir. Mimari miras

döneminin stillerini, inşaat tekniklerini ve malzemelerini bünyesinde barındıran geleneksel veya modern yapıları içerir ve kültürel kimliğin korunmasında ve toplumsal sürekliliğinin sağlanmasında önemli bir rol oynar (Chen vd., 2023). Geçmişte öncelikli olarak dini yapılar ve anıtlar korunurken, günümüzde bu anlayış yapıların yanı sıra çevrelerini, bölgeleri ve hatta şehirleri kapsayacak şekilde genişlemiştir. Artık sadece fiziksel koruma değil, aynı zamanda kültürel ve sosyal yaşamın korunması da önem taşımaktadır.

Mimari mirasın bir parçası olan ve belirli yapıları içeren endüstriyel miras, kültür tarihi perspektifinden ele alındığında endüstri uygarlığının tüm yaşam biçimini ve ortaya koyduğu eserleri içine alan geniş bir alanı ifade eder. Bu alanın araştırılması, yerinde tespiti, kayda geçirilmesi ve korunması ile ilgili çalışmalar “endüstri arkeolojisi” adı altında disiplinler arası bir dalı oluşturmaktadır (Brangar, 2004). Bu endüstri arkeolojisi alanı yapıları ve bu yapılarda muhafaza edilen teknikler ve makineler endüstriyel mimari miras kapsamına girmektedir. Bu mirasın ve tekniklerin belgelenmesi, korunması ve geleceğe aktarılmak üzere yeniden kullanımı, endüstriyel mimari miras çalışmaları için büyük önem arz etmektedir (Köksal, 2005).

Endüstriyel miras kavramı endüstrileşmenin ve endüstri devriminin yoğun olarak yaşandığı İngiltere’de endüstri yapılarını koruma amacıyla 1950’lerde ortaya atılmış bir kavramdır. Kavram ilk olarak “endüstri arkeolojisi” adı ile kullanılmıştır. Endüstriyel yapıların korunmasına yönelik uluslararası girişimler sonucunda “endüstri mirası” olarak benimsenmiştir (Saner, 2012).

Endüstriyel miras sadece yapıları değil bu yapılarda bulunan mekanik teçhizatları ve çevrelerini ele almaktadır. Bu kavram binaların yanı sıra makineleri, üretim süreçlerini, işçi yaşamlarını ve endüstriyel çevreleri da içermektedir. Endüstri arkeolojisi ise bu mirası korumak, incelemek, araştırmak ve belgelemek amacıyla ortaya çıkan disiplinler arası bir çalışma alanıdır. Teknoloji tarihi, arkeoloji, mimarlık tarihi, sosyoloji ve koruma gibi farklı disiplinleri bir araya getiren endüstri arkeolojisi, endüstriyel kalıntıların sosyal ve teknolojik tarih bağlamındaki önemini değerlendirir.

Endüstriyel kalıntılar, geleneksel mirasın aksine, geleneksel, eski, nadir veya daha güzel olma gibi kriterleri taşımayabilir. Ancak, 19. yüzyıl sanat tarihçisi Alois Riegl’in önerdiği değerler sistemi çerçevesinde, bu kalıntılar “göreceli sanat değeri” ve “çalışanların ve

kullanıcıların çevre algısında değişimlere yol açma” gibi özellikleriyle kültürel miras olarak değerlendirilir. Endüstriyel miras, bir toplumun teknolojik gelişiminin izlerini taşımaktadır, geçmişin endüstriyel süreçlerini ve işçi yaşamlarını anlamamıza yardımcı olur (Saner, 2012).

Endüstri mirasının gelecek kuşaklara aktarılabilmesi, yapıları uygun bir işlevle kent hayatına kazandırmanın yanı sıra, özgün kimliklerini de korumayla sağlanabilir (Köksal ve Ahunbay, 2006).

Endüstriyel mimari mirasın belgelenmesi, korunması ve/veya yeniden işlevlendirilmesi sadece tarihi ve kültürel bir sorumluluk olmamakla beraber aynı zamanda ekonomik ve sosyal bir gerekliliktir. Bu yaklaşım mevcut yapıların restorasyonu sayesinde yeni inşa maliyetlerinden tasarruf sağlayarak ekonomik sürdürülebilirliğe katkıda bulunurken doğal kaynakların ve enerjinin verimli kullanımını teşvik ederek çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir. Aynı zamanda, endüstriyel yapıların bir bölgenin veya toplumun tarihini ve kültürel kimliğini yansıtmasıyla kültürel mirasımızı gelecek nesillere aktarmamızı sağlar (Kaşlı, 2009).

Bu çalışma kapsamında ele alınan yapı olan Gazi Üniversitesi Merkez Yerleşkesi’nde bulunan Teknoloji Fakültesi ve laboratuvarları endüstriyel mimari miras kapsamında incelenmiştir. Bu laboratuvarlar strüktürel yapısı ve içerisinde bulunan makineler ve çevresinde bulunan tesisleriyle endüstriyel miras yapılarının genel çevresini açık bir şekilde yansıtmaktadır. Bu “sanat enstitüleri” kuruluşundaki ilk amacıyla sadece bir eğitim kurumu olmanın ötesinde üretimin ve üretim tekniklerinin tartışıldığı bir platform işlevi görmüş ve yeni kurulan Cumhuriyet’in ihtiyaç duyduğu teknik personelin yetiştirilmesinde önemli bir rol üstlenmiştir.

2.2. Tespit ve Dokümantasyon

Miras yapılarının koruma ve onarım sürecinde barındırdıkları öğelerin ve hasarların tespiti dokümantasyon süreci için büyük önem taşımaktadır. Bu tespit süreci yapının doğru bir şekilde anlaşılması ve uygulanacak koruma önleminin doğru bir şekilde yönetilmesini sağlamaktadır. Yapıların öğelerinin ve hasarlarının tespitinde tahribatlı ve tahribatsız olmak üzere iki farklı yöntem uygulanmaktadır.

Tahribatlı yöntemler yapının veya malzemelerin bütünlüğüne zarar verirken tahribatsız inceleme yöntemleri ise yapının veya malzemelerin orijinalliklerini değiştirmeden yapının bütününe teşhis etmeyi amaçlamaktadır. Tahribatsız inceleme yöntemleri günümüzde birçok farklı alanda kullanılan ve söz konusu yapıya zarar vermeden istenilen bilgilerin elde edilmesini sağlar. Tarihi yapıların tahribatsız incelemesi, görsel değerlendirme aşaması ile başlar. Ayrıca fotogrametri, dijital görüntü işleme, lazer tarama gibi yöntemler de bu alana dahil edilebilir (Ararat, 2023).

İnceleme ve tespit aşaması yapıların dokümantasyonunun elde edilebilmesi için ilk aşamalardan biridir. Bu aşamadan sonra elde edilen veriler işlenerek yapının fiziki durumu kayıt altına alınır.

Mimari mirasın belgelenmesi yapının fiziksel durumunu, kullanım amacını ve tarihsel bağlamını belgeleyerek onu anlamak ve değerini ortaya çıkarmak için kritik bir öneme sahiptir. Belgeleme, mimari mirasın korunmasında ilk yapılması gereken en temel unsurdur ve miras olarak değerlendirilebilecek varlıkların doğru ve sistematik bir şekilde kayıt altına alınmasını ve saklanması ifade etmektedir. Bu süreç yalnızca koruma uzmanlarının değil, yöneticilerin, kullanıcıların ve toplumun geniş kesimlerinin iş birliğini gerektirmektedir. Belgeleme geçmişi anımanın yanı sıra gelecekteki müdahalelerin planlanması için de hayati önem taşır ve değişim, tahribat veya risk durumlarında doğru kararlar alınmasını sağlar.

Yazılı analizlerden fotoğraflara, haritalardan jeofizik araştırmalara kadar çeşitli yöntemleri içeren bu süreçte genellikle müdahaleci olmayan (tahribatsız) teknikler tercih edilmelidir. Belgeleme sonuçları, halkın ilgisini artırmak, mimari mirasın korunmasına yönelik farkındalık oluşturmak ve miras yönetimi için stratejik bir temel oluşturmanın yanı sıra, doğru arşivleme ve güvenli saklama sayesinde uzun vadeli korunmayı da sağlamaktadır. Bu bilgilerin kamuya açık hale getirilmesi ve standart formatlarda paylaşılması ise hem yerel hem de uluslararası düzeyde bilgi değişimini kolaylaştırarak mimari mirasın korunmasına, akademik araştırmalara ve sürdürülebilir planlamaya önemli katkılar sunar (ICOMOS, 1996).

Mimari miras, insanlığın tarih boyunca elde ettiği başarının benzersiz bir ifadesidir ve bu miras doğal ya da insan kaynaklı risklere karşı sürekli bir tehdit altındadır. Mimari mirasın korunması ve sürdürülebilir bir şekilde gelecek kuşaklara aktarılması, öncelikli olarak onun

doğru bir şekilde belgelenmesine bağlıdır (ICOMOS, 1996). Mimari belgeleme, bir yapının mevcut durumuna ait taşıyıcı sistemi, görünümü ve çevresi hakkında çizimler, fotoğraflar ve diğer teknik veriler aracılığıyla elde edilen bilgilerin kaydedilmesidir. Bu belgeleme verileri varlığın mevcudiyette içinde bulunduğu durumu (hasarlar, korunmuş ve eksik unsurlar vb.) detaylı olarak yansıtmalıdır. Bu kapsamlı süreç çok sayıda verinin toplanmasını, işlenmesini ve belgelenmesini gerektirir. Böylesine bir çaba, farklı disiplinlerden uzmanların iş birliğini, önemli kaynakları ve etkili bir iş akışını zorunlu kılmaktadır (Coşgun, 2022).

Mimari mirasın belgelenmesi için günümüzde kullanılan yöntemler geleneksel ve modern yöntemler olarak ikiye ayrılabilir. Geleneksel yöntemlerde el ile ölçü alma işlemleri, el çizimleri, eskizler ve basit iki boyutlu fotoğraflamalar yer almaktadır. Modern yöntemlerde ise LIDAR veya lazer tarama gibi gelişmiş görüntüleme teknikleri kullanılarak veya yapının taranarak üç boyutlu modelinin çıkarılması yer almaktadır.

Mimari mirasın belgelenmesinde bugüne dek yaygın olarak kullanılan geleneksel ölçüm yöntemleri ve fotogrametrik teknikler, incelenen nesnenin doğru analizini yapabilen, anlamlı veriler toplayabilen ve bu verileri anlaşılır ve etkileyici temsiller halinde sunabilen uzmanların bilgi ve becerisine dayanmaktadır (Güleç Korumaz vd., 2011). Dolayısıyla elde edilen verilerin işlenmesi için sahada yapılacak çalışmalar sonrasında ekstra bir sürece daha ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışma, kullanım alanları sürekli genişleyen yapay zekâ teknolojilerinin tespit ve belgeleme süreçlerinde kullanılabilecek potansiyel uygulama alanlarını araştırmayı amaçlamaktadır.

2.3. Yapay Zekâ

Yapay zekâ en temel anlamıyla, insanların gerçekleştirebildiği öğrenme, çıkarım yapma ve problem çözme, algılama, dil anlama ve yaratıcılık gibi yeteneklerini taklit edebilen veya bu yetenekleri daha iyi bir şekilde ve daha hızlı gerçekleştiren bilgisayar sistemleridir. Yapay zekâ sistemleri karmaşık problemleri çözebilmek için insan zekasını taklit etmeyi amaçlamaktadır.

Bilgi çağının getirdiği veri bolluğu ve bilgi işlem teknolojilerindeki hızlı gelişmeler, yapay zekâ (AI) alanında son yıllarda dikkat çekici ilerlemelerin kaydedilmesini sağlamıştır. İnsana ait beyin fonksiyonlarını, yeteneklerini özellikle yorumlama, öğrenme ve problem çözme becerilerini taklit etmeyi hedefleyen yapay zekâ sistemleri, çeşitli uygulamalar ile günlük yaşamın ve çeşitli sektörlerin bir parçası haline gelmeye başlamaktadır. Yapay zekâ algoritmaları günümüzde otonom araçlardan sanal asistanlara, tıbbi tanılama araçlarından finansal tahmin modellerine, e-ticaret platformlarındaki kişiselleştirilmiş önerilerden karmaşık görüntü analizlerine kadar pek çok alanda kullanılarak önemli bir teknolojik ilerleme olanağı teşkil etmektedir.

Yapay zekâ sistemleri sürekli olarak bir gelişim içerisinde bulunmaları nedeniyle tanımları ve sınıflandırmaları tarihsel süreçte farklılık göstermektedir. Russel ve Norvig'e (2010) göre yapay zekâ tanımlarını dört kategoriye ayırmak mümkündür: İnsan benzeri davranış, insan benzeri düşünme, rasyonel davranış ve rasyonel düşünme eğilimi gösteren makineler. Yapay zekâ tanımları için tarihsel süreçte ortaya konan çerçeve hala önemli bir temel oluşturmakla birlikte, alandaki sürekli ve hızlı gelişmeler, farklı sınıflandırmaların ortaya çıkmasına ortam hazırlamıştır. Bu sebeple günümüzde kavramsal çerçevede farklı sınıflandırmalar mevcuttur.

Günümüzde yapay zekâ sistemlerini yeteneklerine (dar yapay zekâ, genel yapay zekâ, süper yapay zekâ), işlevlerine (reaktif sistemler, sınırlı hafızalı, zihin teorisi ve bilinçli yapay zekâ) ve kullandıkları temel teknolojilere (bilgisayarlı görme, robotik sistemler, uzman sistemler) göre sınıflandırmak, daha zengin ve çok boyutlu bir analiz imkânı sunmaktadır (URL-1).

Çizelge 2.1'de verilen tanımlar incelendiğinde yapay zekânın temel amacının insan zekâsına özgü yetenekleri makinelere kazandırmak olduğu açıkça görülmektedir. Bu yetenekler arasında karar verme, problem çözme, öğrenme, algılama, akıl yürütme ve zeki davranışlar sergileme öne çıkmaktadır. Özetle, yapay zekâ, insan zekâsının prensiplerini ve işlevlerini anlayıp bunları yapay sistemlere entegre etme çabasıdır.

Çizelge 2.1. Yapay zekâ tanımları (Russel ve Norvig, 2010)

İnsan Benzeri Davranış	(Kurzweil, 1990)	“İnsanların yaptığı ve zekâ gerektiren işlevleri yerine getiren makineler yaratma sanatı.”
	(Rich ve Knight, 1991)	“Bilgisayarların şu anda insanların daha iyi yaptığı şeyleri yapmasını sağlamaya yönelik çalışmalar.”
İnsan Benzeri Düşünme	(Haugeland, 1985)	“Bilgisayarların düşünmesini sağlamaya yönelik heyecan verici yeni çaba... tam ve gerçek anlamda zihinlere sahip makineler.”
	(Bellman, 1978)	“Karar verme, problem çözme, öğrenme gibi insan düşünmesiyle ilişkilendirdiğimiz faaliyetlerin otomasyonu.”
Rasyonel Düşünme	(Charniak ve McDermott, 1985)	“Bilgi işlem modellerini kullanarak zihinsel yeteneklerin incelenmesi.”
	(Winston, 1992)	“Algılama, akıl yürütme ve eylem yapmayı mümkün kılan hesaplamaların incelenmesi.”
Rasyonel Davranış	(Poole vd., 1998)	“Hesaplamalı Zekâ, zeki etmenleri tasarımının incelenmesidir.”
	(Nilsson, 1998)	“Yapay zekâ... yapay nesnelerde zeki davranışla ilgilenir.”

Yapay zekanın günümüzdeki uygulamalarının bu denli yaygınlaşması öncelikle bilgi işleme gücündeki artışa ve maliyetlerin azalmasına, büyük veri kümelerinin artan erişilebilirliğine (internetin yaygınlaşması ve big data) ve sürekli geliştirilen algoritmik yeniliklere dayanmaktadır. Ancak bu alandaki teorik ve kavramsal çalışmaların kökenleri 1950’li yıllara, özellikle Alan Turing’in "Hesaplayan Makineler ve Zekâ" adlı çalışmasına ve 1956 yılında gerçekleştirilen Dartmouth Konferansı gibi dönüm noktalarına kadar uzanmaktadır. Alan Turing’in çalışması ve Dartmouth Konferansı yapay zekanın bir araştırma alanı olarak resmen doğuşu olarak kabul edilmektedir. Yapay zekâ, makine öğrenimi ve derin öğrenme gibi kavramlar, bilişim bilimlerinin farklı alt dallarını temsil etmelerine rağmen birbirleriyle yakından ilişkilidir ve sıklıkla birlikte anılmaktadırlar.

Alan Turing tarafından 1950 yılında yayımlanan “Hesaplayan Makineler ve Zekâ” başlıklı makalede “Makineler düşünebilir mi?” sorusunu ortaya atarak, makinelerin insan benzeri düşünme yeteneklerine sahip olup olamayacağı konusundaki tartışmaları başlatmıştır.

Makalede öne sürülen temel fikir makinelerin potansiyel olarak insanlardan ayırt edilemeyen akıllı davranışlar sergileyebileceğiydi. Bu düşünce daha sonra “Turing Testi” olarak adlandırılan ve bir makinenin sergilediği davranışın bir insan tarafından ayırt edilemez olup olmadığını değerlendirmeyi amaçlayan bir testin geliştirilmesine öncülük etmiştir. Turing Testi günümüzde hala bu alanda yapılan araştırmalarda önemli bir ayırt edici olarak kabul edilmektedir.

Bu dönemdeki bir diğer önemli gelişme ise John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester, Claude Shannon ve diğerleri tarafından 1956 yazında Dartmouth Koleji’nde düzenlenen bir konferanstır. Bu konferans, yapay zekanın resmi bir araştırma alanı olarak doğuşu olarak kabul edilir. Katılımcılar, “yapay zekâ” terimini ilk kez bu konferansta kullanmış ve öğrenmenin her yönünün veya zekânın herhangi bir özelliğinin prensipte kesin bir şekilde tanımlanabileceği ve bu tanımlara uygun bir makinenin inşa edilebileceği varsayımını ortaya koymuşlardır. Bu varsayım, makinelerin insan beyninin bilişsel işlevlerini taklit edebileceği ve hatta insan zekâsına benzer bir zekâ sergileyebileceği fikrini temel alıyordu (McCarthy vd., 1956). Dartmouth Konferansı, yapay zekâ araştırmalarının sonraki yıllardaki yönünü büyük ölçüde etkilemiş ve bu alanda önemli bir dönüm noktası olmuştur.

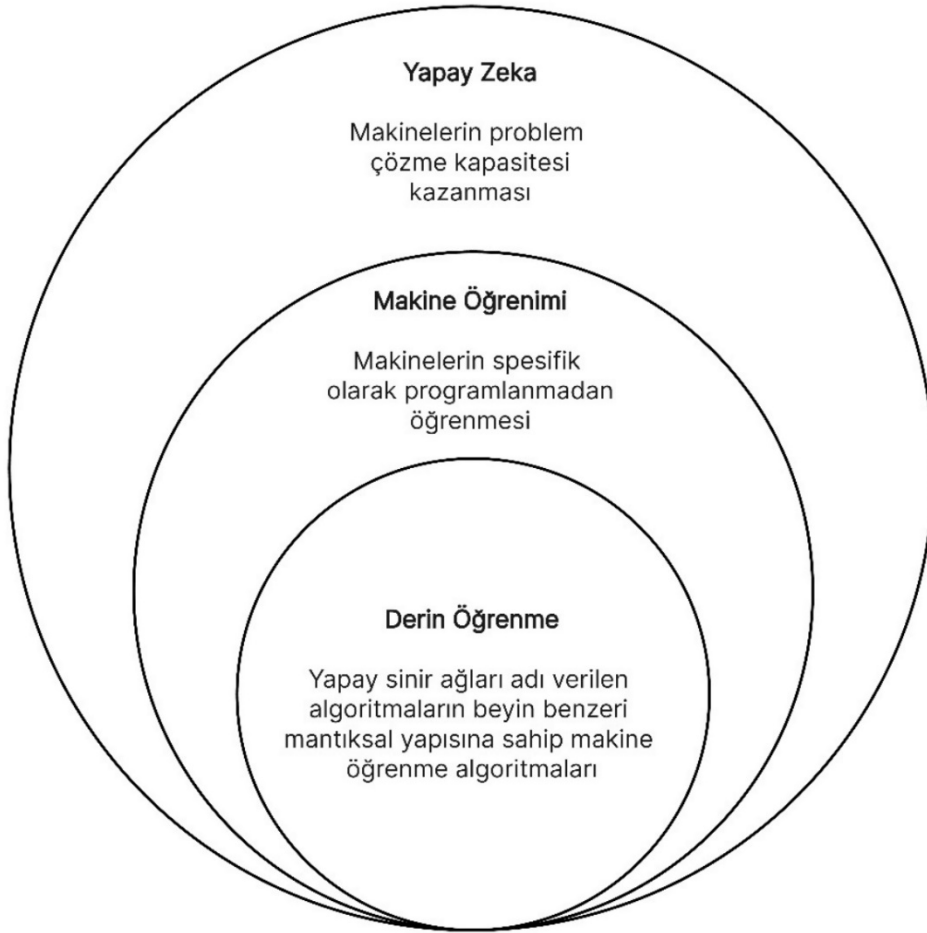
1940’lı yıllarda başlayan çalışmalar, Turing ve Dartmouth Konferansı’nı kapsayan bu yıllar yapay zekanın doğuşu olarak kabul edilmektedir. Bu dönemi takip eden 1950-1960’lı yıllar ise büyük beklentilerin olduğu yılları kapsamaktadır. Arthur Samuel (1959) tarafından üretilen dama oynama programı, John McCarthy tarafından LISP programlama dilinin üretilmesi bu dönemde gerçekleşmiştir. Tüm bu hızlı gelişmelere karşın 1970-1980’li yıllarda üretilen sistemlerin beklenen performansları verememesi, genel eleştiriler ve günün teknolojilerinin yetersizliği “Yapay Zekâ Kışı” olarak bilinen döneme yol açmış, bu dönemde maddi kaynaklar kesilmiş ve çalışmalar yavaşlamıştır (Russell ve Norvig, 2010).

1980’li yıllardan sonra özellikle 2000’li yıllarda veriye ulaşımın kolaylaşması ve internetin yaygınlaşmasıyla artan çalışmalar, yapay zekâ kavramını günümüzde her alanda adından söz ettiren bir teknoloji haline getirmiştir.

Ancak yapay zekanın artan popülaritesi ve medyada sıkça yer alması, beraberinde bazı kavramsal belirsizlikleri ve yanlış yorumlamaları da getirmiştir (Goodfellow vd., 2016).

Yapay zekâyı (AI) tam olarak anlayabilmek için temelini oluşturan makine öğrenimi (ML) ve derin öğrenme (DL) gibi yaklaşımların net bir şekilde anlaşılması gerekmektedir. Birbiriyle iç içe geçmiş bu kavramlar bu tez çalışmasında ortaya konulacak olan yöntemin özünü anlamak açısından kritik bir öneme sahiptir.

Yapay zekâ makinelerin insan zekâsını taklit etme yeteneğini hedefleyen geniş bir alandır. Makine öğrenimi ise bu hedefe ulaşmak için kullanılan temel yaklaşımlardan biridir ve bilgisayarların açıkça programlanmadan veri yoluyla öğrenmesini sağlamaktadır. Derin öğrenme ise makine öğreniminin özellikle karmaşık veri setlerinden yüksek düzeyde soyutlamalar öğrenmek için çok sayıda yapay sinir ağlarını kullanan daha özelleşmiş bir alt kümesidir. Dolayısıyla makine öğrenimi, yapay zekanın bir öğrenme metodolojisi iken, derin öğrenme bu metodolojinin daha özelleşmiş bir yöntemidir.



Şekil 2.1. Yapay zekâ, makine öğrenimi ve derin öğrenme hiyerarşisi

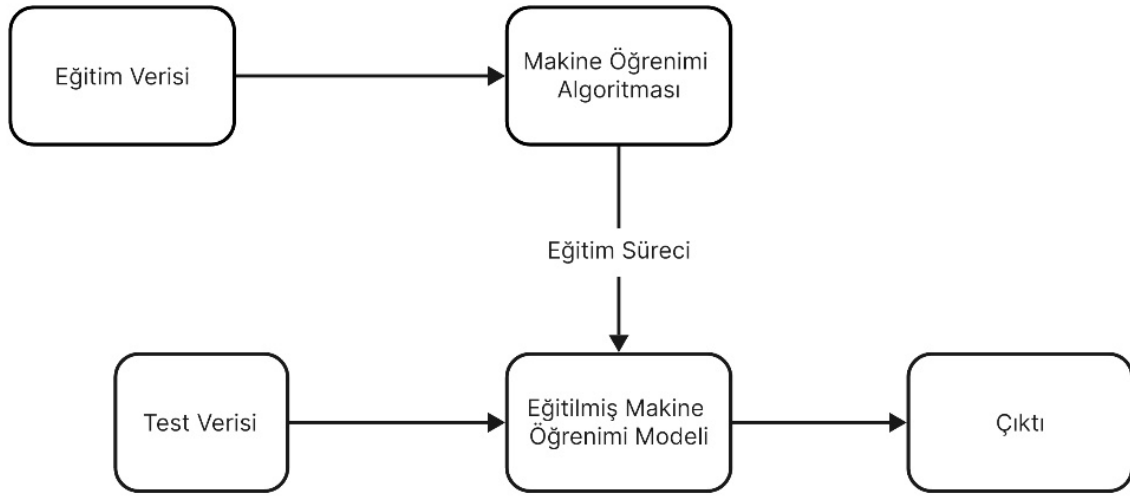
2.3.1. Makine öğrenimi

Makine öğrenimi makinelerin açık ve spesifik bir şekilde programlamaya gerek duymadan insan benzeri zekâ kazanmasını sağlamayı amaçlamaktadır (Das vd., 2015). Bir program deneyimleme sonucu doğruluk oranını artırıyor ise makine öğrenimi gerçekleştiriyor çıkarımı yapmak mümkündür. Bir başka deyişle bir program, deneyim ve tekrar ile performansını artırıyor ve verilen görevleri daha iyi bir şekilde yerine getiriyor ise öğreniyor demek mümkündür. Örneğin dama oynamayı öğrenen bir bilgisayar programı, kendisine karşı oyun oynayarak elde edilen deneyim yoluyla dama oyunları oynamayı içeren görev sınıfında, kazanma yeteneğiyle ölçülen performansını geliştirebilir (Mitchell, 1997).

Makine öğrenimi, bilgisayarların verilerden öğrenmesine ve verilere dayalı kararlar almasına olanak tanıyan algoritmaların ve istatistiksel modellerin geliştirilmesine odaklanan bir yapay zekâ alt kümesidir. Makine öğrenimi algoritmaları bir görevi gerçekleştirmek için açıkça programlanmak yerine, daha fazla veriye ve deneyime maruz kalarak performanslarını artırmaktadırlar. Bu alanın amacı verilerden öğrenmektir. Bu doğrultuda, büyük veri kümeleri üzerinde çalışmalar yaparak örüntüleri ve ilişkileri keşfetmek, tahminler yapmak, sınıflandırmalar yapmak ve kararlar vermek gibi çeşitli uygulamalarda kullanılabilir (Ararat, 2023).

Makine öğrenimi algoritmalarına büyük veri kümeleri beslenerek örüntüler gözlemlenebilir ve sıradaki veri noktaları hakkında tahminlerde bulunabilir ve daha fazla eğitim verisiyle daha doğru hale gelebilirler. Tahminin yapmanın dışında makine öğrenimi yerleşik örüntülerdeki sapmaları veya aykırı değerleri belirlemede de kullanılabilir. Aykırı değerlerin bulunması özellikle siber güvenlik ve spam mailler gibi olası tehditleri tespit etmek için kullanılmaktadır.

Makine öğrenimi, bilgisayarların verilerden öğrenmesini ve verilere dayalı tahminler veya kararlar almasını sağlayan algoritmalar geliştirmeye odaklanan yapay zekanın bir alt alanıdır. Bir bilgisayarın işlevleri gerçekleştirmek için tek tek tanımlanan talimatları takip ettiği geleneksel programlamanın aksine makine öğrenimi, bir modeli bir veri kümesi üzerinde eğitmeyi içermekte ve modelin veriler içindeki kalıpları ve ilişkileri tanımlamasını sağlamaktadır. Bu model daha sonra yeni veya eğitilmeyen veriler üzerinde görevleri gerçekleştirmek için eğitiminden elde ettiği deneyiminden çıkarım yapabilmektedir.

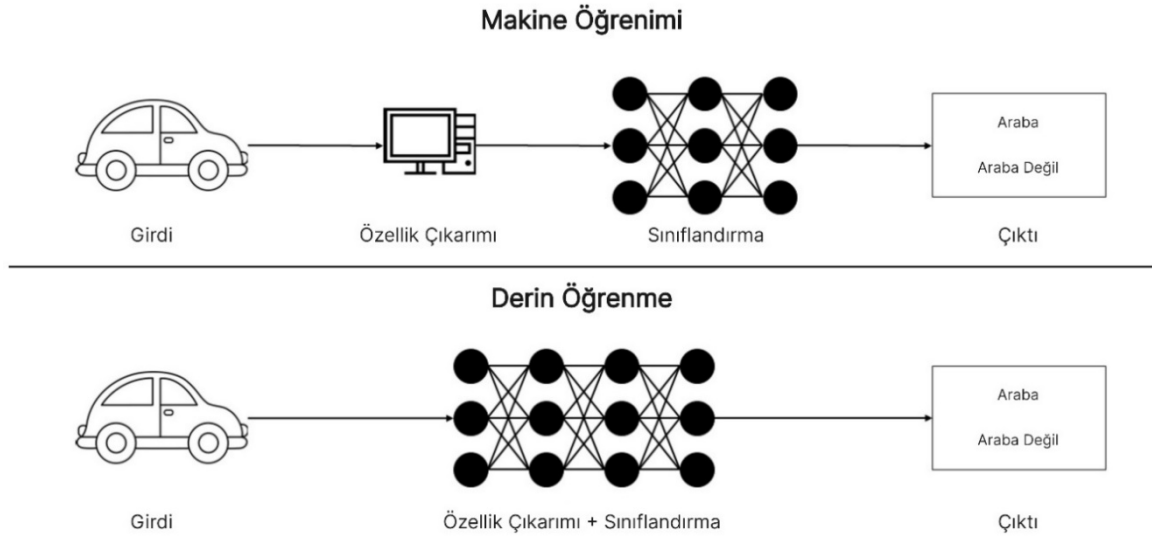


Şekil 2.2. Temel makine öğrenimi çalışma şeması (Özgenel, 2018)

Şekil 2.2’de ifade edildiği gibi temel bir makine öğreniminde süreç modelin öğrenmesi için gerekli olan eğitim verileriyle başlamaktadır. Bu veriler bir makine öğrenimi algoritması tarafından analiz edilerek modelin öğrenme kurallarını çıkarmasını sağlayan bir eğitim sürecini başlatmaktadır. Bu eğitimin sonucunda problemi çözmek için ayarlanmış bir makine öğrenimi modeli ortaya çıkmaktadır. Modelin performansı daha önce hiç görmediği test verileri kullanılarak değerlendirilir ve genelleme yeteneği ölçülür. Son adımda ise modelin test verileri üzerindeki tahminleri veya kararları çıktı olarak sunulmaktadır. Bu süreç bir makine öğrenimi modelinin geliştirilmesinden performansının değerlendirilmesine kadar tüm aşamaları kapsamaktadır.

2.3.2. Derin öğrenme

Derin öğrenme algoritmaları, makine öğrenme algoritmalarının bir alt kümesidir ve makinelerin örneklerden öğrenmelerini sağlayarak insanların öğrenme sürecini taklit etmeyi amaçlar. Derin öğrenme algoritmaları istenen sonucu üretmek için ham verilerin örtülü temsilini kendi başlarına öğrenen, sinir ağları olarak bilinen karmaşık çok katmanlı ve gizli öğrenme yapılarını kullanır (Moosakhanian ve Sridhar, 2021). Bu katmanlara evrişimli veya yapay sinir ağları da denilmektedir. Bu açıdan makine öğrenimi algoritmalarından ayrılırlar.



Şekil 2.3. Makine öğrenimi ve derin öğrenme farkı (Moosakhanian ve Sridhar, 2021)

Programlama mimarisi açısından incelendiğinde derin öğrenme algoritmaları birçok gizli katman kullanmaktadır. Bu gizli katmanlar öğrenme, karmaşık yapıların arasındaki örüntüleri çözme ve hiyerarşiyi anlama gibi görevleri yerine getirirler. Bu işlemlerin yapılması için öznitelik çıkarımı veya özellik çıkarımı adı verilen, ham veriden anlamlı verinin ayrıştırılması işlemi yapılması gerekmektedir. Derin öğrenme algoritmaları, makine öğrenimi algoritmalarının aksine özellik çıkarımı aşamasını otomatikleştirmektedir. Bu yönüyle manuel yöntemlerle uzun zaman alan veri işleme aşamasını ortadan kaldırmakta, karmaşık yapıları daha kolay tespit edebilmekte ve büyük veri kümelerinin işlenmesini kolaylaştırmaktadır.

Derin öğrenme algoritmaları uygulama alanları olarak da makine öğrenimi algoritmalarından ayrılmaktadır. Daha karmaşık verileri işleme becerisi sebebiyle görüntüler, dil, ses dosyaları ve videolar gibi karmaşık veri setlerinin işlenmesi için daha uygun bir ortam oluşturmaktadır. Uygulama alanları arasında, görüntü işleme (bilgisayarlı görme, nesne algılama), dil analizi, konuşma tanıma ve otonom sistemler yer almaktadır.

Gerçekleştirilmesi istenen işlemlerde karmaşıklık düzeyine bağlı olarak derin öğrenme algoritmaları makine öğrenimi algoritmalarından daha iyi performans gösterir. Bu işlemlerin gerçekleştirilebilmesi için büyük miktarda veri ve özel donanıma ihtiyaç duyulmaktadır (Janiesch vd., 2021).

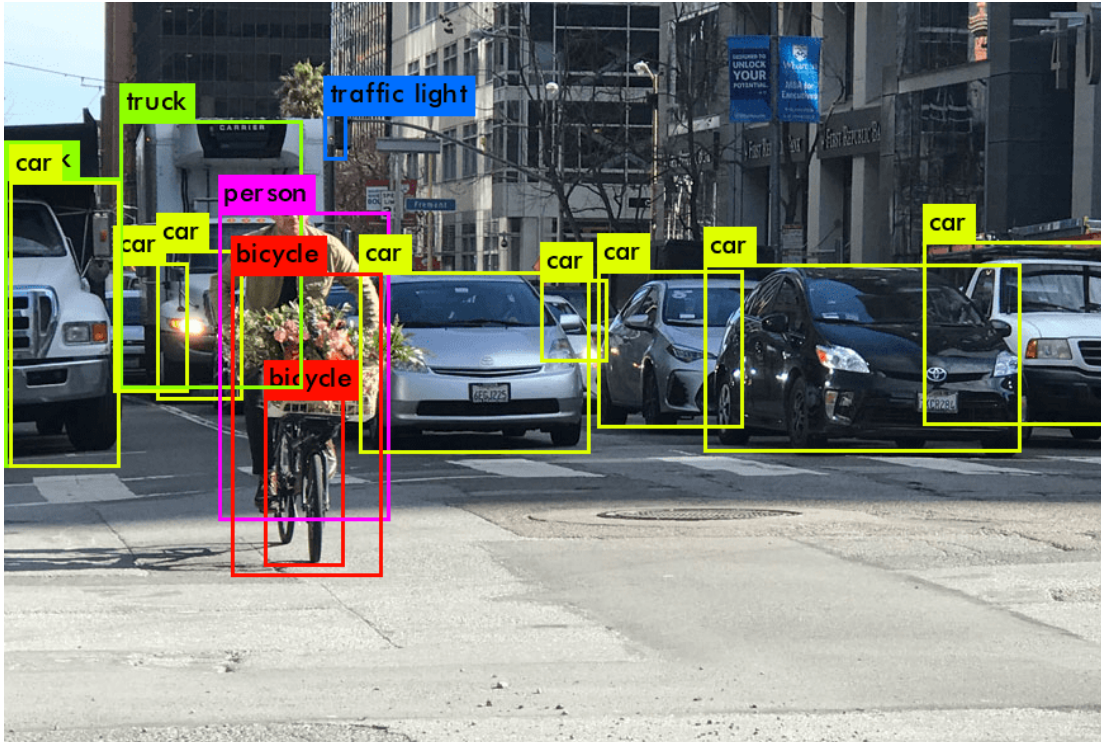
Çizelge 2.2. Makine öğrenimi ve derin öğrenme farkları

	Makine Öğrenimi	Derin Öğrenme
Tanım ve kapsam	Sistemlerin verilerden öğrenmesini ve açık programlamaya gerek kalmadan görevlerdeki performansı iyileştirmesini sağlayan algoritmaları ifade eder.	Ham verilerden hiyerarşik özellik çıkarımlarını otomatik olarak öğrenmek için birden fazla gizli katmana sahip derin sinir ağlarını kullanan bir makine öğrenimi alt kümesidir.
Özellik çıkarma yöntemi	Özellik çıkarımının manuel yollarla yapılmasına ihtiyaç duyar.	Özellik çıkarımını otomatikleştirir. Ayırt edici özellikler ham veriden doğrudan elde edilir. Bu sebeple büyük ölçekli, karmaşık ve düzenlenmesi zor verilerde kullanılır.
Veri ihtiyacı	Sonuçlara göre küçük veri kümeleri ve düşük boyutlu verilerle iyi performans gösterir.	Karmaşık desenleri ve özellikleri öğrendiği için büyük veri kümelerine ve yüksek boyutlu verilere ihtiyaç duyar.
Model karmaşıklığı	Daha basit görevleri çözmeye yönelik modeller içerir.	Evrişimli sinir ağları (CNN), yinelemeli sinir ağları (RNN) gibi daha karmaşık mimarileri içerir
Performans	Sınırlı veri veya daha basit görevler içeren senaryolarda derin öğrenmeden daha iyi performans gösterebilir.	Hiyerarşik özellik çıkarımı gerektiren karmaşık görevlerde makine öğreniminden daha iyi performans gösterir.
Altyapı gereksinimi	Sınırlı kaynaklar için daha uygundur. Daha az altyapı gerektirir.	Çok sayıda parametre içermesi ve yüksek miktarda hesaplama ihtiyacı sebebiyle özel donanım gerektirir.
Uygulama alanları	Spam tespiti, kredi puanlaması ve müşteri segmentasyonu gibi görevler için uygundur.	Bilgisayarlı görüş, doğal dil işleme ve konuşma tanıma gibi karmaşık veri uygulamalarında kullanılır.

2.3.3. Nesne algılama ve YOLO

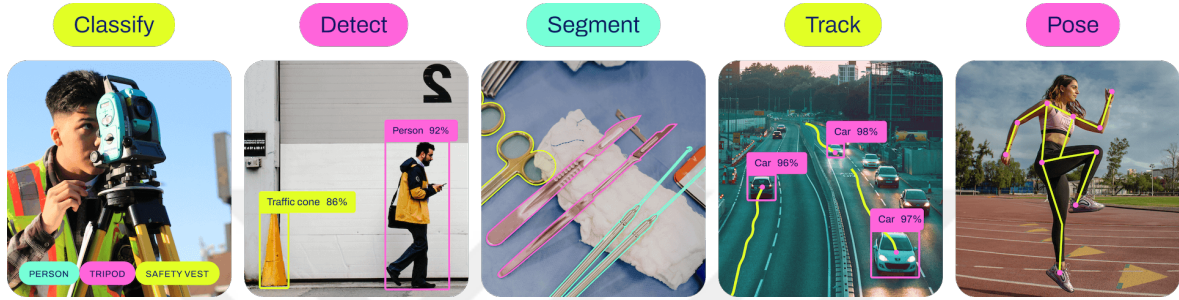
Nesne algılama dijital görüntülerden, videolardan veya diğer görsel girdilerden anlamlı ve yararlı bilgiler elde etmeye yarayan bir yapay zekâ alt dalıdır. İnsanların görme ve karar verme yetilerini taklit ederek bir seri insana özgü yeteneklerin taklidini gerçekleştirmeyi amaçlar. Temelde tek bir görüntüden, bir dizi görüntüden veya videolardan istenen bilgilerin otomatik olarak tespit edilmesi, analiz edilmesi ve anlaşılmasıyla ilgilenmektedir (Sarker, 2022).

Nesne algılama, bir görüntü veya videodaki istenen nesnelerin tanımlanması ve yerlerinin belirlenmesini içermektedir. Sınıflandırma (nesnenin ne olduğunu belirleme) ve lokalizasyon (nesnenin nerede olduğunu belirleme) işlemlerinin birleştirilmesi ile meydana gelir. Sonuçta elde edilen çıktı genellikle algılanan nesnenin etrafına sınırlayıcı kutuların yerleştirilmesi ve hangi sınıfa ait olduğunu belirtildiği etiketleri içerir. Nesne algılama, otonom araçlar, robotik, video gözetimi, tıbbi görüntüleme, tarım ve daha fazlası gibi uygulamalarda yaygın olarak kullanılır. Nesne algılama için popüler algoritmalar arasında YOLO (You Only Look Once), R-CNN, SSD ve Faster R-CNN bulunur (Terven ve Córdova-Esparza, 2023).



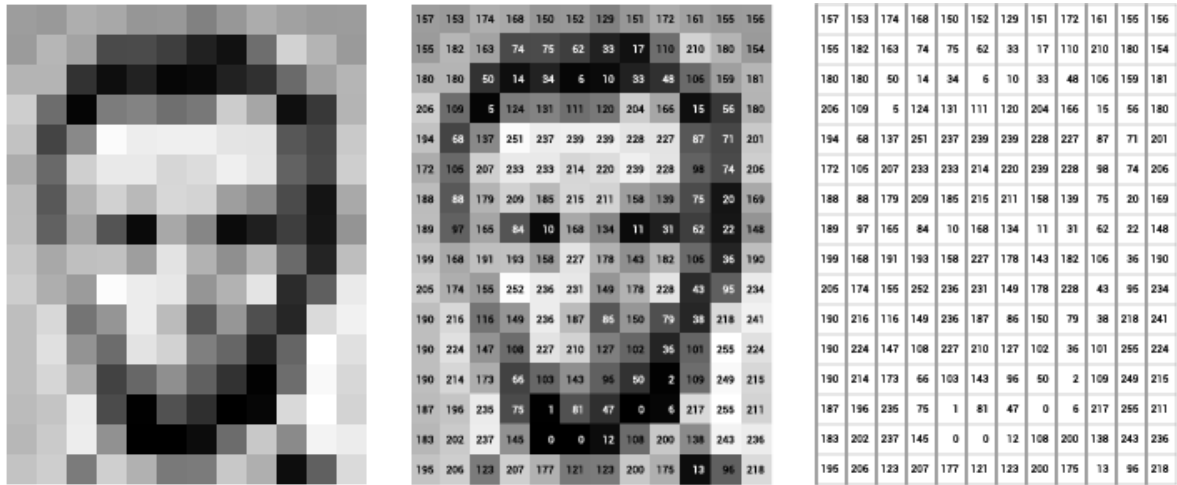
Şekil 2.4. Tipik bir nesne algılama algoritması çıktısı (URL-2)

Çalışma sistemi olarak verilen görüntü veya diğer görsel girdilerin parçalarına ayrılarak anlamlandırılması, teorik ve algoritmik bir temelin oluşturulmasına dayanır. Görsel analiz ve bilgisayarlı görme alanında verilerin işlenmesi ve istenen sonuçların elde edilmesi için farklı türlerde tipik görevler yer alır. Bu görevler arasında nesne sınıflandırma, algılama, maskeleyme, takip, pozlama veya hareket analizi yer alır. Bu görevlerin her biri farklı alanlarda duyulan ihtiyaçlara göre kullanılmaktadır.



Şekil 2.5. Nesne algılama algoritmalarının çeşitleri (URL-3)

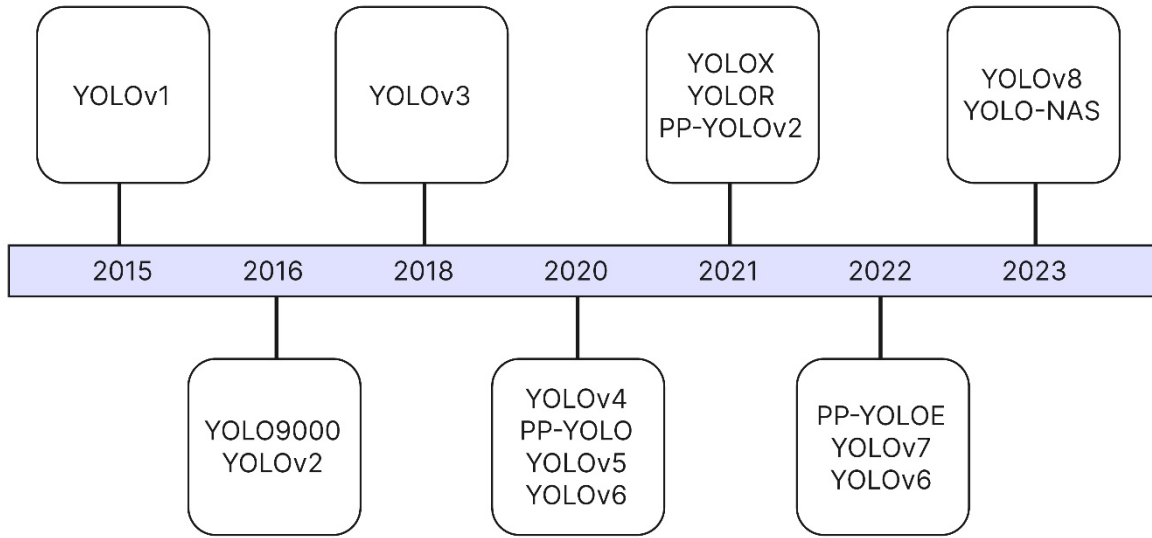
Nesne algılama algoritmalarının çalışma prensibi temelde görsel verilerin bilgisayarların anlayabileceği türden verilere çevrilip bu matematiksel verinin işlenmesine dayanır. Şekilde 2.5'te bulunan örnekte verildiği gibi insanlar tarafından kolayca anlamlandırabilen bir görselin her pikseli matematiksel değere çevrilir ve nesne algılama algoritması bu spesifik matematiksel değerler üzerinden eğitilir. Sonuçta aynı veya yakın değerlere sahip matematiksel kombinasyonlara maruz kalması durumunda algoritma önceden eğitilen veriye bir benzerlik oranıyla kıyaslayarak çıkarımlar elde edilir.



Şekil 2.6. Nesne algılama algoritmalarının temel çalışma prensibi (URL-4)

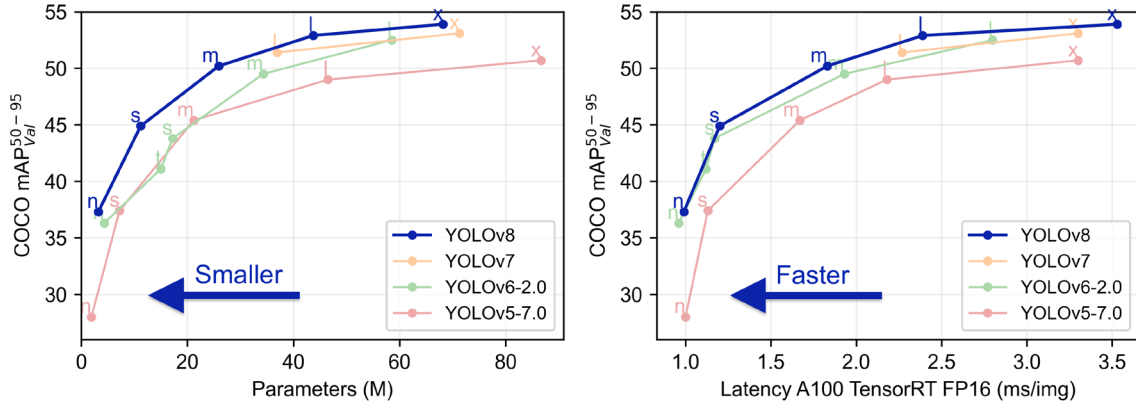
Derin öğrenme algoritmalarının yaygınlaşması, bu nesne algılama algoritmalarının gizli katmanlar (CNNs) kullanarak daha doğru ve hızlı tahminler yapılmasına katkı sağlamıştır (Zou vd., 2023). Ancak gizli katmanların etkin bir biçimde kullanılması yüksek işlem gücü gerektirdiğinden, bu teknik uzun yıllar boyunca bilinmesine rağmen yetersiz donanım imkanları nedeniyle pratik uygulamada yaygınlaşamamıştır.

YOLO nesne algılama algoritması Redmon, Divvala, Girshick ve Farhadi (2015) tarafından yayımlanmıştır. İlk yayımlandığı tarihten günümüze sürekli gelişme göstermekte ve kabiliyetleri artmaktadır. Bu çalışmanın yapıldığı tarihte en son sürüm olan ve 2023 yılında yayımlanan YOLOv8 versiyonu kullanılmıştır. Farklı nesne algılama algoritmaları arasında YOLO (You Only Look Once) algoritması, görüntülerdeki nesnelerin hızlı ve güvenilir bir şekilde tanımlanmasına olanak tanıyan yüksek hız ve doğruluk dengesiyle öne çıkmaktadır (Terven ve Córdova-Esparza, 2023).



Şekil 2.7. YOLO gelişim süreci

YOLO algoritmaları, ilk ortaya çıktığı dönemde yüksek hızı ve ileri düzeyde doğruluk oranlarıyla önemli bir ilerleme kaydetmesine rağmen, özellikle küçük boyutlu ve birbirine yakın konumlanmış nesneleri saptamada bazı sınırlılıklar göstermekteydi. Ayrıca iki aşamalı nesne tespit yöntemlerine kıyasla yer belirleme (localization) konusunda nispeten daha düşük bir hassasiyete sahipti (Zou vd., 2023). Ancak YOLOv8 ile küçük nesnelerin tespitinde önemli bir ilerleme kaydedilmiştir. Bu yeni sürüm, önceki modellere kıyasla hem hız hem de doğruluk oranlarında kayda değer iyileştirmeler sunmaktadır (Bkz. Şekil 2.8).



Şekil 2.8. YOLOv8 modelinin öncüllerine kıyasla performans değerleri (URL-5)

YOLOv8'in yüksek doğruluk performansı, kullanımındaki pratiklik, çoklu görevleri destekleme yeteneği, farklı ölçeklere uyarlanabilirliği ve yüksek işlem hızı sunması, bu çalışmada tercih edilmesinde belirleyici faktörler olmuştur.

Bu algoritmanın özellikleri ve yararları göz önüne alındığında; otonom araçlar, güvenlik kamerası izleme uygulamaları, robotik, tıbbi görüntüleme, tarımsal uygulamalar, perakende ve e-ticaret, spor analizi, üretim ve kalite kontrol, trafik analizi, yabani hayat gözlemi, drone uygulamalarında, insan hareketlerinin analizinde, afet kontrolünde, eğitim alanında ve akıllı binalar gibi alanlarda kullanıma uygun olduğu görülmektedir. Farklı alanlarda yapılan literatür taramalarında özellikle trafik analizi, tıbbi görüntüleme ve insan hareketlerinin analizinde kullanımına dair çalışmaların yapıldığı tespit edilmiştir. Bu çalışma kapsamında ise bu algoritmanın mimarlık alanında kullanım olanakları incelenecektir.

2.4. Mimaride Yapay Zekâ Çalışmaları

Yapay zekâ teknolojileri günümüzde birçok alanda hızla ilerleme kaydetmektedir, buna paralel olarak mimarlık alanındaki uygulamalar da gelişim halindedir. Ancak bu tür çalışmaların disiplinler arası bir bilgi birikimine ihtiyaç duyması gelişmelerin diğer alanlara kıyasla yavaş ilerlemesine sebebiyet vermektedir. Buna karşın mimarlar, mimarlık alanına özgü olmamakla birlikte farklı disiplinlerde geliştirilmiş yapay zekâ modellerinden yararlanmaya çalışmaktadırlar. Özellikle yaratıcı görsel içerikler oluşturmak amacıyla

geliştirilen Midjourney gibi platformlar mimarlar tarafından sıklıkla tercih edilmekte ve tasarım süreçlerine entegre edilmektedir.

Öte yandan, mimarlık alanında aktif olarak çalışan profesyoneller tarafından geliştirilen bazı sistemler de bulunmaktadır. Bunlardan biri olan ve Stanislas Caillou tarafından tasarlanan ArchiGAN, basit görsel betimlemelerden yola çıkarak kat planları oluşturabilmektedir. Ancak, bu modelin performansı ve kullanım alanını sınırlayan bazı dezavantajları mevcuttur (Leach, 2021). Söz konusu sistemlerin yanı sıra plan oluşturma ve iç mekân tasarımlarını otomatikleştirme amacıyla akademik çevrelerde ve ticari sektörde de çeşitli çalışmalar yürütülmektedir.

Yapay zekâ ve mimarlık alanındaki uygulamalar, çoğunlukla teknik ve analitik sistemler üzerine yoğunlaşmaktadır. Özellikle büyük miktarda verinin işlenmesini ve analiz edilmesini gerektiren alanlarda yapay zekâ sistemleri tercih edilmektedir. Örneğin, akıllı ev sistemlerinde enerji tüketimini optimize etmek, sirkülasyon alanlarının analizinde insan hareketlerini modellemek, kamusal alanlarda kalabalık yönetimi ve güvenlik analizleri yapmak, iç mekân iklimlendirme analizlerinde konfor ve enerji verimliliğini dengelemek, şehir ve bölge planlamada trafik akışını ve arazi kullanımını optimize etmek ve akustik analizlerde mekanların ses kalitesini iyileştirmek gibi konularda yapay zekâ etkili bir şekilde kullanılmaktadır.

Bahsedilen çalışmalara ek olarak, piyasada üç boyutlu modellerden veya basit el çizimlerinden etkileyici ve gerçekçi görselleştirmeler (renderlar) oluşturmak için tasarlanmış çok sayıda ticari yapay zekâ çözümü mevcuttur.

Tüm bu çalışmaların dışında mimari mirasın korunması ve belgelenmesi amacıyla yapılan çalışmalar da son yıllarda giderek artmaktadır. Çizelge 2.3’de gösterilen çalışmalar yapay zekâ, makine öğrenimi ve derin öğrenmenin mimarlık, koruma ve dokümantasyon alanında yapılan akademik çalışmaları göstermektedir.

Çizelge 2.3. Mimarlık ve koruma alanında yapılan çalışmalar

Referans çalışma	Çalışmanın konusu
(Chu ve Tsai, 2012)	Mimari görüntü sınıflandırması ve ürün görüntü araması için görsel desen keşfi
(Oses vd., 2014)	Görüntü tabanlı çizim ve yapı miras duvarcılığının sınıflandırılması
(Llamas vd., 2017)	Derin öğrenme teknikleri kullanılarak mimari miras görüntülerinin sınıflandırılması
(Grilli vd., 2019)	Mimari miras nokta bulutlarının sınıflandırılması için makine ve derin öğrenme stratejilerinin uygulanması
(Palma, 2019)	Derin öğrenme yöntemleriyle anıt tanımlama mobil uygulaması
(Abed vd., 2020)	CNN ile derin öğrenme kullanılarak mimari miras görsellerinin sınıflandırılması
(Ararat ve Karadayı Yenice, 2020)	Tarihi yapıların restorasyonunda yapay zekâ ve kullanım olanakları
(Matrone vd., 2020)	Büyük üç boyutlu miras semantik segmentasyonu için makine ve derin öğrenme yöntemlerinin karşılaştırılması
(Yurtsever, 2023)	Teknoloji ile kültürel mirasın belgelenmesi: Bazı mimari belgeleme örnekleri üzerinden değerlendirme ve YZ'ye (Yapay zekâ) kısa bir bakış
(Ararat, 2023)	Tarihi yapılarda yapay zekâ destekli hasar tespiti için bir model önerisi
(Mishra ve Lourence, 2024)	Kültürel mirasın görsel incelenmesi için yapay zekâ destekli son teknolojik gelişmeler

Çizelge 2.3'teki çalışmalar incelendiğinde, yapay zekâ, makine öğrenimi ve derin öğrenme yöntemlerinin mimari mirasın incelenmesi, sınıflandırılması ve korunması alanında yapılan çalışmaların gün geçtikçe arttığı ve etkili araçlar olarak kullanım olanaklarının incelendiği görülmektedir. Bu araştırmalar görüntü sınıflandırması ve nesne algılama yoluyla mimari mirasın analizi, nokta bulutu analizi ile üç boyutlu yapısal bilgilerin çıkarılması, derin öğrenme algoritmaları aracılığıyla hasar tespiti ve yapay zekâ tabanlı belgeleme teknikleri gibi çeşitli uygulama alanlarını kapsamaktadır.

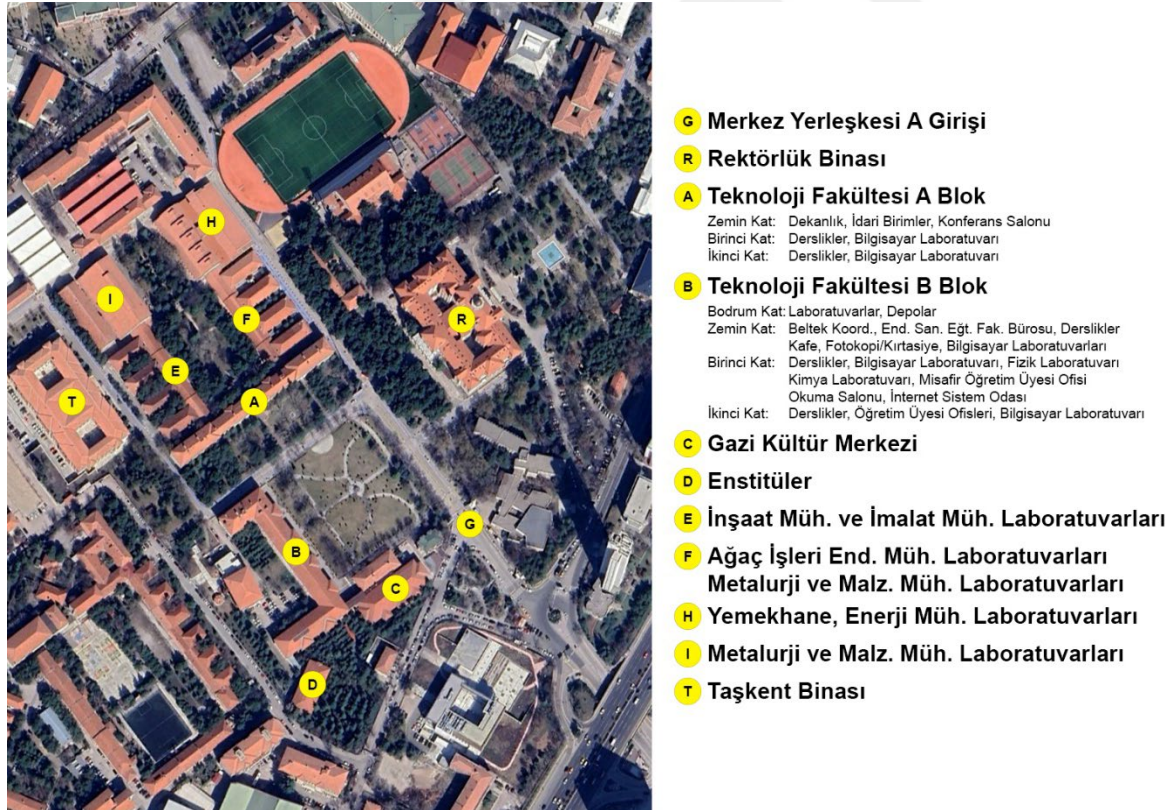
Bu geniş yelpaze, yapay zekanın mimari mirasın korunması, detaylı analizi ve kapsamlı bir şekilde anlaşılması süreçlerinde giderek artan rolünü araştıran çalışmaları göstermektedir. Özellikle derin öğrenme tekniklerinin, mimari mirasın kendine özgü karmaşık görsel özelliklerini işleme ve anlamlandırma konusundaki performansı, bu alandaki araştırma ve uygulamalara ivme kazandırmakta ve yeni olanaklar sunmaktadır.



3. ÇALIŞMA ALANI

Bu tez çalışması kapsamında üretilecek sistemin üretileceği ve test edileceği alan olarak seçilen Gazi Üniversitesi Merkez Yerleşkesi'nde bulunan Teknoloji Fakültesi bünyesindeki laboratuvarlarda saha çalışmaları yürütülmüştür.

Bu saha çalışmalarından elde edilecek çizimler, ölçümler, fotoğraflar ve videoların yanı sıra, daha önce gerçekleştirilmiş çalışmalardan elde edilen çizimler, belgeler ve veriler de bu araştırmanın ana materyallerini oluşturmaktadır. Elde edilen bu materyaller mevcut yapının detaylı ölçümleri, fotoğrafları, restorasyon raporları, tarihi dokümanları ve benzeri bilgileri içermektedir. Bu sayede hem mevcut verilerden yararlanılması hem de yeni veriler toplanarak daha kapsamlı bir veri tabanı oluşturulması planlanmıştır. Oluşturulacak bu zengin veri tabanı, geliştirilecek yapay zekâ algoritmasının eğitilmesi ve test edilmesi için kritik bir öneme sahiptir.



Şekil 3.1. Merkez Yerleşkesi içerisinde Teknoloji Fakültesi ve çevresindeki yapılar

Şekil 3.1’de verilen genel kroki incelendiğinde Teknoloji Fakültesi’nin A ve B blokları açıkça görülmektedir. Teknoloji Fakültesi A Blok binasında bulunan ve “E” ile “F” olarak işaretlenmiş laboratuvarlar bu çalışmanın inceleme kapsamındadır. Ağaçişleri Endüstri Mühendisliği, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, İnşaat Mühendisliği ve İmalat Mühendisliği bölümlerine ait toplam sekiz laboratuvar, Teknoloji Fakültesi A Blok yapısına eklenmiş bir durumdadır.

Bu tez çalışmasında Şekil 3.1’de “F” ile işaretlenmiş olan laboratuvar kanadında Ağaçişleri Endüstri Mühendisliği’ne ait olan bir laboratuvarla detaylı çalışmalar yapılması planlanmıştır. Çalışmanın bu aşamasında yapının endüstriyel mimari miras olarak değerlendirilmesinde öne çıkan en önemli unsurlar; tarihi geçmişi, mimari özellikleri, tarihsel bağlamdaki önemi ve günümüzdeki kullanım biçimi incelenecektir.

1930’lu yıllarda ülkemizde Millî Eğitim Bakanlığı tarafından “sanat okulları” açılmaya başlamıştır. 1933 yılında kurulan “Mesleki ve Teknik Öğretim Genel Müdürlüğü” 1936 yılında “Teknik Eğitim Planı”nı hazırlamıştır. Hazırlanan bu plan ile 1941 yılında çıkarılan “Teknik Öğretim Yasası”nın temelleri oluşmuş ve bakanlıkta “Mesleki ve Teknik Eğitim Müsteşarlığı” kurulmuştur. Teknik Öğretim Yasası ile var olan sanat okulların sayısını arttırmak, yeni okullar açmak ve bu alanda yetişecek personelin sayısının artışı planlanmıştır. Bu müsteşarlığa bağlı olarak kurulan “Erkek Teknik Öğretim Müdürlüğü” kurulmuş ve proje bürosunun başına Alman mimar Paul Bonatz getirilmiştir (Güner ve Tuncer, 2018). Bu yapılar farklı dönemlerde sanat okulu, sanat enstitüsü, teknik okul, teknik yüksekokulu ve teknik öğretmen okulu gibi çeşitli isimlerle anılmıştır.

Bu dönemde yerel ve modern unsurları bir arada kullanarak yaptığı tasarımlar ile tanınan Bonatz’ın başında bulunduğu ekip tarafından döneminde tasarlanan en büyük eğitim kampüsü, günümüzde Gazi Üniversitesi Merkez Yerleşkesinde bulunan bugün Teknoloji Fakültesinin bulunduğu yapıdır. Yapımına 1928 yılında yapımına karar verilen yapı 1943 yılında tamamlanmıştır ve Ankara Erkek Teknik Öğretmen Okulu adını almıştır (Güner ve Tuncer, 2018).



Resim 3.1. Teknoloji Fakültesi A Blok (URL-6)

Yapının inşası için seçilen arazi, “15/01/1938 tarihli Ankara’da inşasına karar verilen Yüksek Teknik Okulu için ayrılan arsaya dair Kültür Bakanlığı’nın yazısı” ile kesinleşmiştir (EK-1). Bu karara göre yapının yapılması düşünülen bölgenin özel şahısların elinde olması, maliyet ve gecikmeler sebebiyle değiştirilerek günümüzde Gazi Üniversitesi Rektörlük Binası olarak kullanılan yapının çevresinde hazır bulunan bölgenin kullanılması kararlaştırılmıştır. Bu belgede yapı “Yüksek Teknik Okulu” olarak geçmektedir ve okulun inşasına 1928 yılında karar verildiği anlaşılmaktadır. Bu isimden yola çıkarak yapılan araştırmalarla devlet arşivlerinde taramalar yapılmıştır.

“Ankara’da inşa edilecek politeknik okulları binalarının projelerinin Omar Boiz’e düzenletirilmesi” kararıyla bu yapının ve çevresindeki binaların avan projelerini hazırlamak üzere 1928 yılında Omar Boiz görevlendirilmiştir (EK-2). Bu belgede yapı “Teknikom ve Politeknik Mektebi” olarak geçmektedir. 1938 yılında Kültür Bakanlığı tarafından yayımlanan kararda 1928 yılında planlandığına dair bir ifade yer alması, bu iki farklı ismin aynı eğitim kurumunu işaret ettiği düşünülmektedir.

Projenin mimari ve estetik nitelikleri ise Sedat Hakkı Eldem ve Emin Onat tarafından denetlenmiştir (EK-3). Ayrıca, Paul Bonatz’ın 1950’de yayımlanan “Lebend und Bauen” adlı eserinde belirttiğine göre, kendisi de proje sürecinde yer almış, görüşlerini sunmuş ve bazı değişiklikler yapmıştır (Alpagut, 2005).

Paul Bonatz tarafından 6 Ağustos 1945 tarihli bir mektupta iki yıldır ülkede olmasına karşın hayata geçirilen projeler arasında sadece Sanat Enstitüsü’nün yer aldığını ifade etmektedir. Mimarın 1944 ve 1945 yıllarına ait ajandalarında da sürekli olarak bir Sanat Enstitüsü inşaatından bahsedilmesi bu durumu desteklemektedir. Kendi mektup ve ajandalarında da sürekli geçen bu Sanat Enstitüsü’nün bu çalışma kapsamında ele alınan yapı olması ihtimaldir. Ancak ne mimarın Frankfurt’taki Deutsches Architektur Museum tarafından yayımlanan kitabında ne de diğer kaynaklarda kesin olarak yapının mimarının Paul Bonatz olduğu yazmamaktadır (Can Bilge, 2017).

Konu ile alakalı devlet arşivlerinde 11 Ekim 1943 tarihli “Alman uyruklu Prof. Paul Bonatz’ın Ankara Yüksek Teknik Okulu ile Teknik öğretimin yeni inşaat ve öğretim işlerinde çalıştırılmasına izin verilmesi” başlıklı belgede “15/09/1943 tarihinden itibaren çalışmasına izin verilmiştir” ibaresi yer almaktadır (EK-4). Goethe Enstitüsü tarafından Bir Başkentin Oluşumu başlıklı internet sitesinde de “Gazi Eğitim Enstitüsü, Erkek Teknik Öğretmen Okulu” olarak geçen yapı Paul Bonatz’a atfedilmiştir (URL-6).

Ancak söz konusu yapının 1943 yılında tamamlanmış olma ihtimali sebebiyle bu belgenin Bonatz’ın danışmanlığını yaptığı Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi’ne ait olabileceği düşünülmektedir. Buna karşın Fen Fakültesi’nin kurulmasına dair TBMM tarafından 17 Eylül 1943 tarihli resmî gazetede yayımlanan “Ankara’da Bir Fen Fakültesi Kurulması Hakkında Kanun”da belirtildiği üzere Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi’nin ismi aynı

kalmıştır (T.C. Resmî Gazete, 17 Ekim 1943, sayı: 5514). Dolayısıyla sözü edilen belgelerde geçen Yüksek Teknik Okulu ile Fen Fakültesi'nin farklı yapılar olduğu düşünülmektedir.

Yine aynı dönem aralığında gazetelerde yapılan incelemelerde Akşam gazetesinin 21 Temmuz 1943 tarihinde çıkan bir haberine göre Maarif Vekili Hasan Ali Yücel'in de katılımıyla Erkek Sanat Enstitüsünün temel atımı gerçekleşmiştir (Akşam Gazetesi, 21 Temmuz 1943).

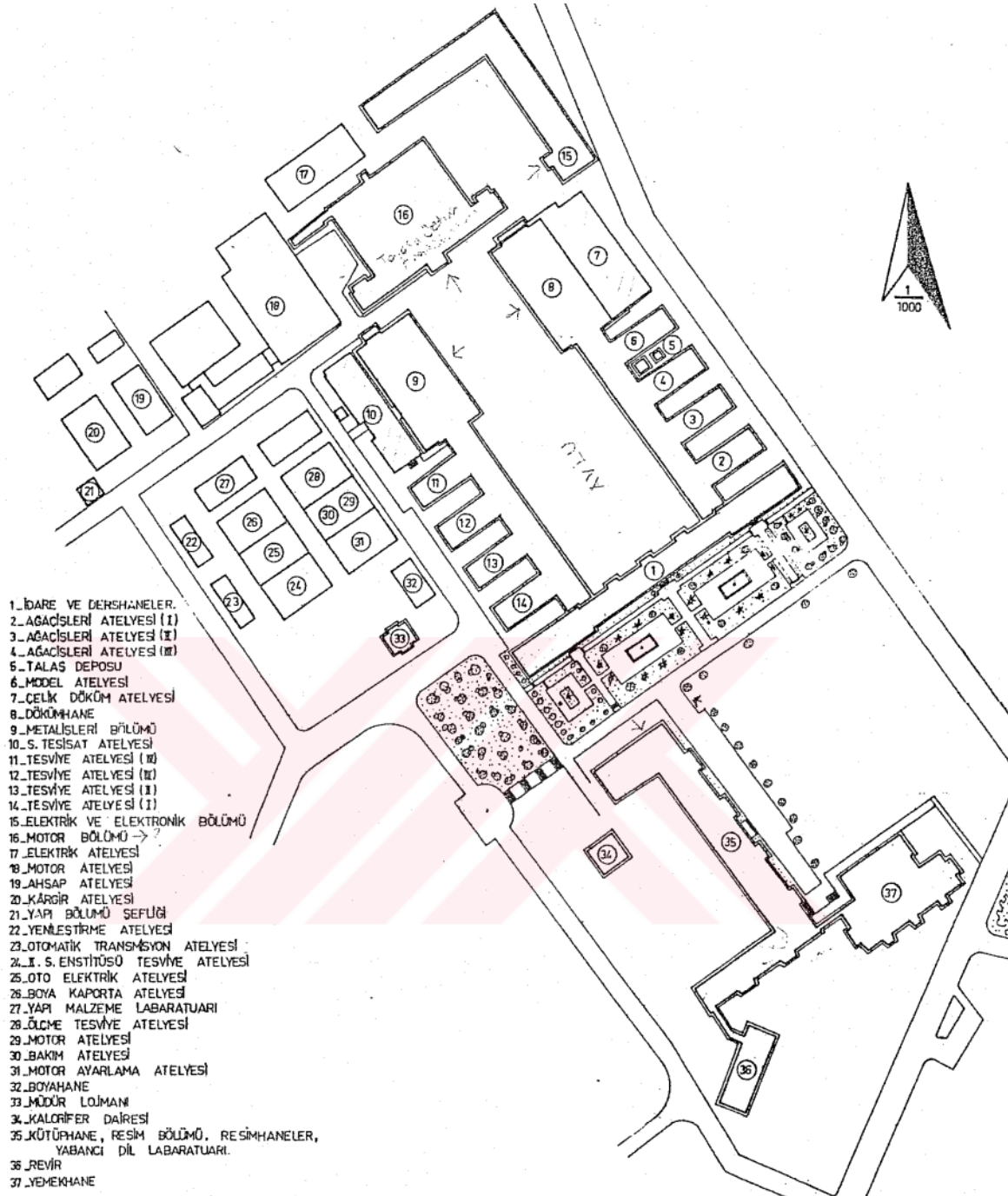


Şekil 3.2. Erkek sanat enstitüsünün temelinin atılmasına dair 21 Temmuz 1943 tarihli Akşam Gazetesi haberi (Akşam Gazetesi, 21 Temmuz 1943)

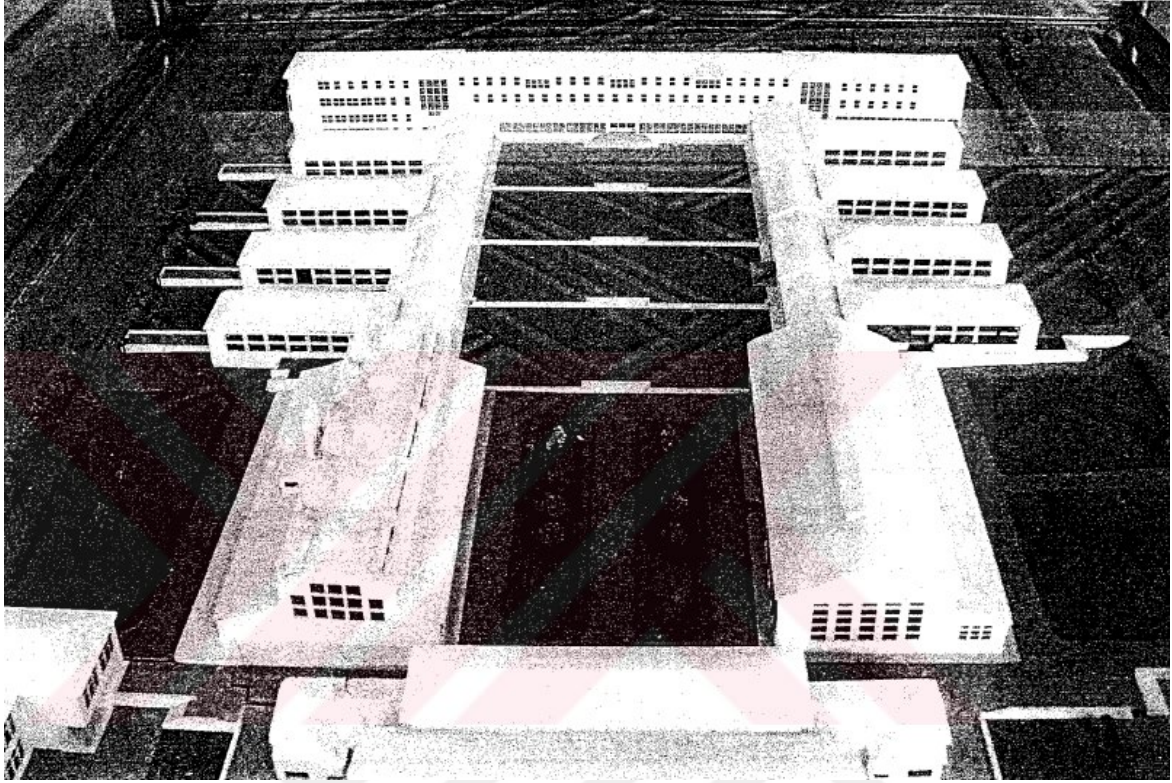
T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı tarafından “Film Mirasım” adlı internet sayfasında paylaşılan İsmet İnönü’nün katılım sağladığı, “Erkek Teknik Yüksek Öğretmen Okulu Diploma Töreni” başlıklı videoda “Erkek Teknik Yüksek Öğretmen Okulu 28. devre mezuniyet töreninden görüntüler” açıklamasıyla paylaşılan videoda okulun Teknik Öğretmen Okulu adı ile 1937 yılında kurulduğu belirtilmektedir (URL-7). Videonun ilerleyen bölümlerinde Şekil 3.4’de verilen yapı maketi görülmektedir.

Ancak bu tarih okulun inşa edildiği yılı değil, 1937-1938 eğitim-öğretim yılında Millî Eğitim Bakanlığı tarafından Ulus’ta günümüzde Ulus Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi’nin bulunduğu Ankara Birinci Erkek Sanat Okulu binasında açılan “Erkek Meslek Öğretmen Okulu”nun başlangıcını işaret ettiği düşünülmektedir. Okul, mevcut binalarının 1943 yılında tamamlanmasıyla bu yeni yerine taşınmıştır (URL-8). Ana yapı ve çevresindeki ilk yapılar günümüze dek önemli bir değişim göstermemiştir. Ancak zaman içinde eklenen yeni binalar ve mevcut yapıların kullanım amaçları farklılaşmıştır (Bkz. Şekil 3.1 ve Şekil 3.3).

Fakülte yapısı yönetim ve eğitim birimleri ile laboratuvarlar olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Güneydoğu-kuzeybatı yönünde konumlanan 150 metrelik yönetim ve dekanlık işlevlerinin görüldüğü yapıya iki kol olarak yerleştirilmiş dörder adet laboratuvar bulunmaktadır. Ana yapı laboratuvarları birbirine bağlamaktadır.



Şekil 3.3. Yapı ve orijinal yerleşkesini gösteren vaziyet planı (Alpagut, 2005)



Şekil 3.4. Yapı maketi (Alpagut, 2005)

Ana yapı, İkinci Ulusal Mimarlık üslubunun belirgin özelliklerini yansıtmaktadır. Simetrik bir düzende tasarlanmış olup, merkezi bir girişin yanı sıra iki yanda da girişleri mevcuttur. Merkez giriş yönetim ofislerine ve tam karşısındaki kapıdan laboratuvarlar arasında yer alan iç bahçeye açılmaktadır. Yapının iki uç kısmında çıkmalar göze çarpmaktadır (Bkz. Resim 3.1). Ana giriş taş bir çerçeve ile belirginleştirilmiştir. Günümüzde A Blok olarak adlandırılan bu yapı ile karşısında yer alan ve başlangıçta yemekhane olarak düşünülmüş ancak şu anda Gazi Kültür Merkezi olarak kullanılan bina arasındaki geniş alan o dönemin sanat enstitülerinde yaygın olan spor etkinlikleri için ayrılmıştır.

Yapı ve çevresi, ilk planlandığı hali ile sadece bir eğitim yapısından öte yönetim birimleri, geniş bir bahçe, yemekhane ve yatakhaneleriyle birlikte bir kampüs yerleşkesi durumundadır (Bkz. Şekil 3.3). Üretim ve teknik bilginin geliştirilmesi amacıyla yapılan girişimler sonucu yapılan yapı ülkemizdeki endüstriyel miras yapılarına örnek niteliğindedir.

Tüm bu yapıların taşıyıcı sistemi betonarme iskelettir. Yapıların bodrum katları Ankara taşı ile kaplanmıştır. Ana yapı ek yapılar ve laboratuvarların çatıları kiremit kırma çatıdır.

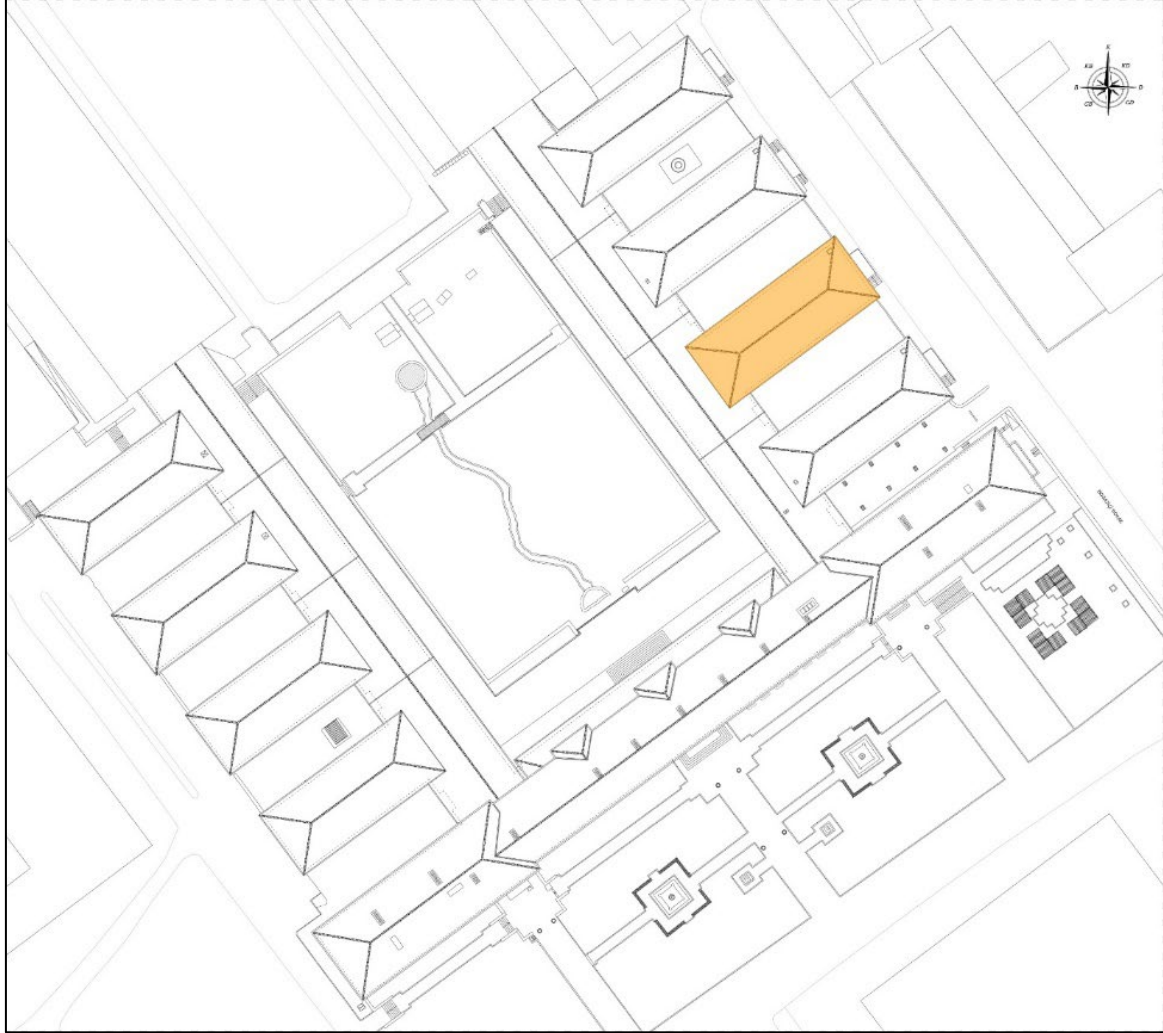


Şekil 3.5. Çalışılan alanın merkez kampüs içerisindeki konumu

Teknoloji fakültesindeki laboratuvarlar, U şeklinde bir yerleşim düzeni etrafında sıralanmıştır. Bu düzenleme, laboratuvarlara ortak bir koridor aracılığıyla kolay erişim imkânı sağlamaktadır. Toplamda sekiz adet laboratuvardan oluşan bu yapı kompleksi, mimari tasarım açısından genel bir bütünlük sergilemekle birlikte bazı laboratuvarlar arasında iç mekân düzenlemeleri ve yapısal detaylar açısından farklılıklar bulunmaktadır. Bazı laboratuvarlarda daha sonradan yapılan çelik strüktür yardımıyla ara kat yapılması bu farklılığa örnek olarak verilebilir.

Bu büyük laboratuvarları her biri farklı bir amaca hizmet etmektedir. Bu sekiz laboratuvarda imalat mühendisliği laboratuvarları, ağaç işleri laboratuvarları ve metalurji ve malzeme mühendisliği laboratuvarları yer almaktadır. Ağaçişleri Endüstri Mühendisliği Bölümü atölyeleri ahşap ve ahşap bazlı malzemeler başta olmak üzere, bu malzemelerin kompozit

yapılarla birlikte kullanıldığı tasarımların geliştirildiği, aynı zamanda bu tasarımların hayata geçirilme yöntemlerinin ve tekniklerinin incelendiği üretim odaklı mekanlardır (URL-9).



Şekil 3.6. Çalışılan laboratuvarın vaziyet planı içerisindeki konumu

Bu çalışmada kullanılan ve incelenilen atölye Şekil 3.2’de işaretlenmiş olan kuzey kanadında bulunan Ağaçışleri Endüstri Mühendisliği bölümü laboratuvarıdır.

Söz konusu laboratuvar, belirgin bir doğrusal aks boyunca uzanan dikdörtgen bir plana sahiptir. Yapının taşıyıcı sistemi, betonarme kolon ve kiriş elemanlarından oluşmakta ve mekânda düzenli bir ızgara strüktürü oluşturmaktadır. Kirişlerin kolonlarla birleşiminde gözlenen guseli detaylar, mekânda düzenli bir strüktürel örüntü meydana getirmektedir.



Resim 3.2. Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği bölümü laboratuvarı

Mekânın doğal aydınlatması, her iki uzun duvarda konumlanan yirmi sekiz adet eşit aralıklı büyük pencere aracılığıyla sağlanmaktadır. Bu sayede bol miktarda gün ışığı elde edilerek yapay aydınlatma gereksinimi azaltılmakta ve atölye işlevselliği önemli ölçüde desteklenmektedir.

Laboratuvarın zemininde dökme mozaik döşeme kullanılmıştır. Duvarlar zemin katta taş duvar üzerine sıva ile kapatılmıştır. Tavanda betonarme strüktürün üzerine sıva ve boya işlemleri uygulanmıştır. Kapılar ahşap üzerine boya uygulaması yapılmış olup pencereler ise atölye kullanıcılarıyla yapılan görüşmeler sonucunda elde edilen bilgilere göre, son yıllarda yaşanan iç mekân sıcaklık kaybı ve yağmur sızıntısı sorunları nedeniyle ahşap görünümlü modern pencerelerle değiştirilmiştir.



Resim 3.3. Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği bölümü laboratuvarı

Eskiden soba ile ısıtılan bu mekân, yangın geçirmiş olması ve diğer etkenler sebebiyle merkezi ısıtma sistemine (kalorifer) geçmiştir. Ancak bu geçiş sürecinde tesisat ve elektrik kablolarının entegrasyonu yeterince planlanmamış sonuç olarak duvarlar ve kirişler boyunca çok sayıda boru ve kablo açıkta kalmıştır. Kapılarda ise yer yer boyamadan kaynaklı akıntılar ve soyulmalar gözlemlenmiştir.

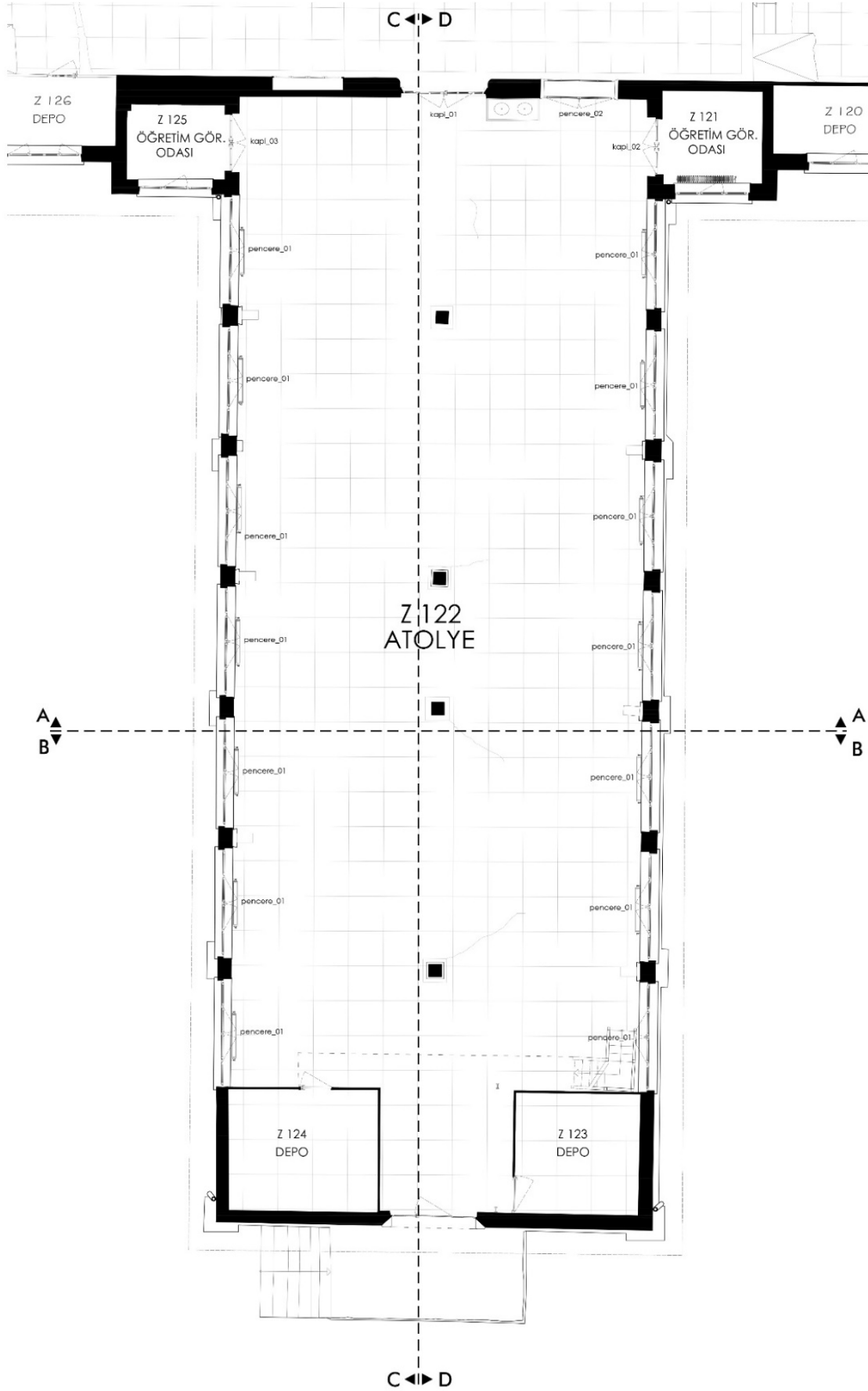
Zeminde tesisat borularını saklamak amacıyla yer yer boşluklar açılmış ancak bu borular yeterince gizlenememiştir. Derzlerde ve bazı bölgelerde ise belirgin aşınmalar ve çatlaklar mevcuttur. Zeminde geçmişte yapılan onarım çalışmalarının izleri de görülebilmektedir. Tüm bunlara ek olarak, giriş bölümünde eskiden soba bulunan alanda zeminde yanık izleri tespit edilmiştir.



Resim 3.4. Aaçişleri Endüstri Mühendisliği bölümü laboratuvarı

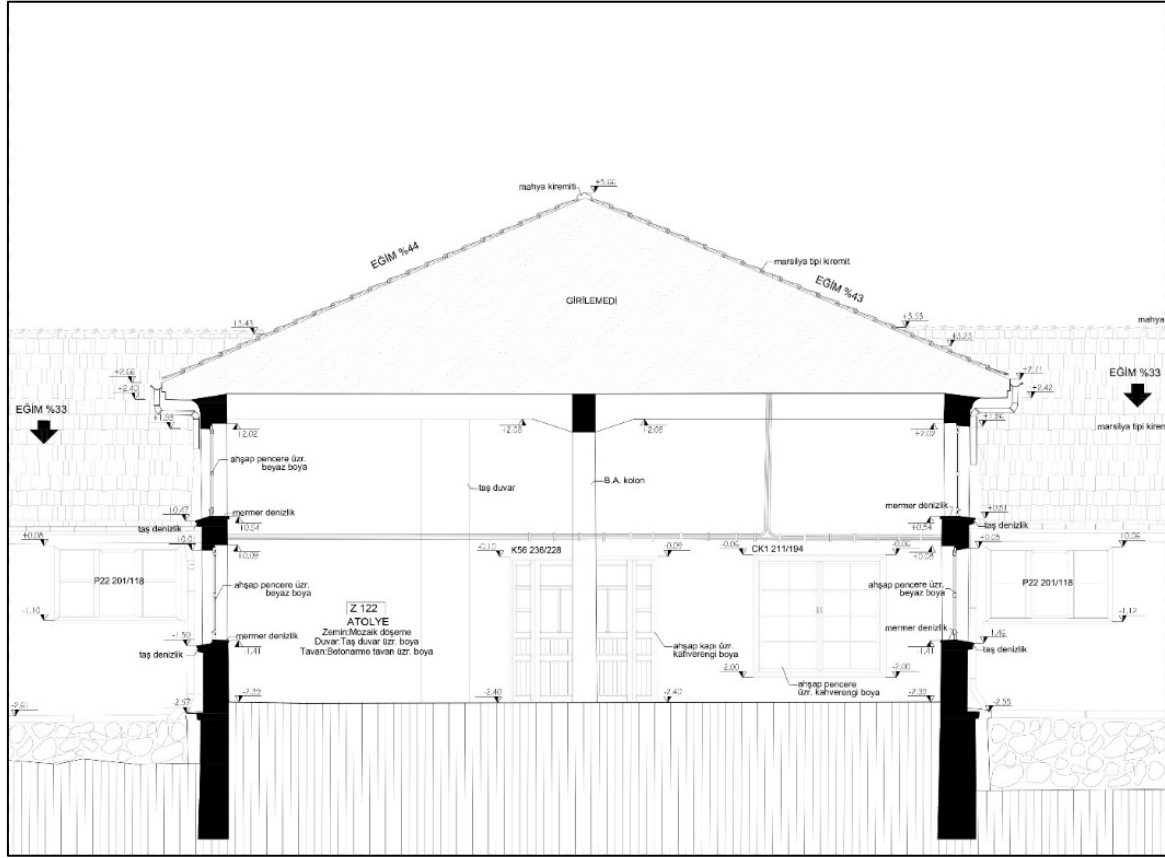
Laboratuvarın uç kısmında bir asma kat mevcuttur. Bu bölümde alttaki alanlar planda depo, üst kattaki alanlar ile ofis olarak kullanıldığı görülmektedir. Ayrıca kapı tarafında vitrin görevi gören bir pencere bulunmaktadır.

Laboratuvarların her biri kendi ihtiyaçlarına göre düzenlenmiştir. Bu çalışma kapsamında incelenen laboratuvarda üretilen ürünlerin sergilenmesi amacıyla ana kapı üzerine ahşap bir parça eklenerek üretilen sandalye modelleri asılmıştır.



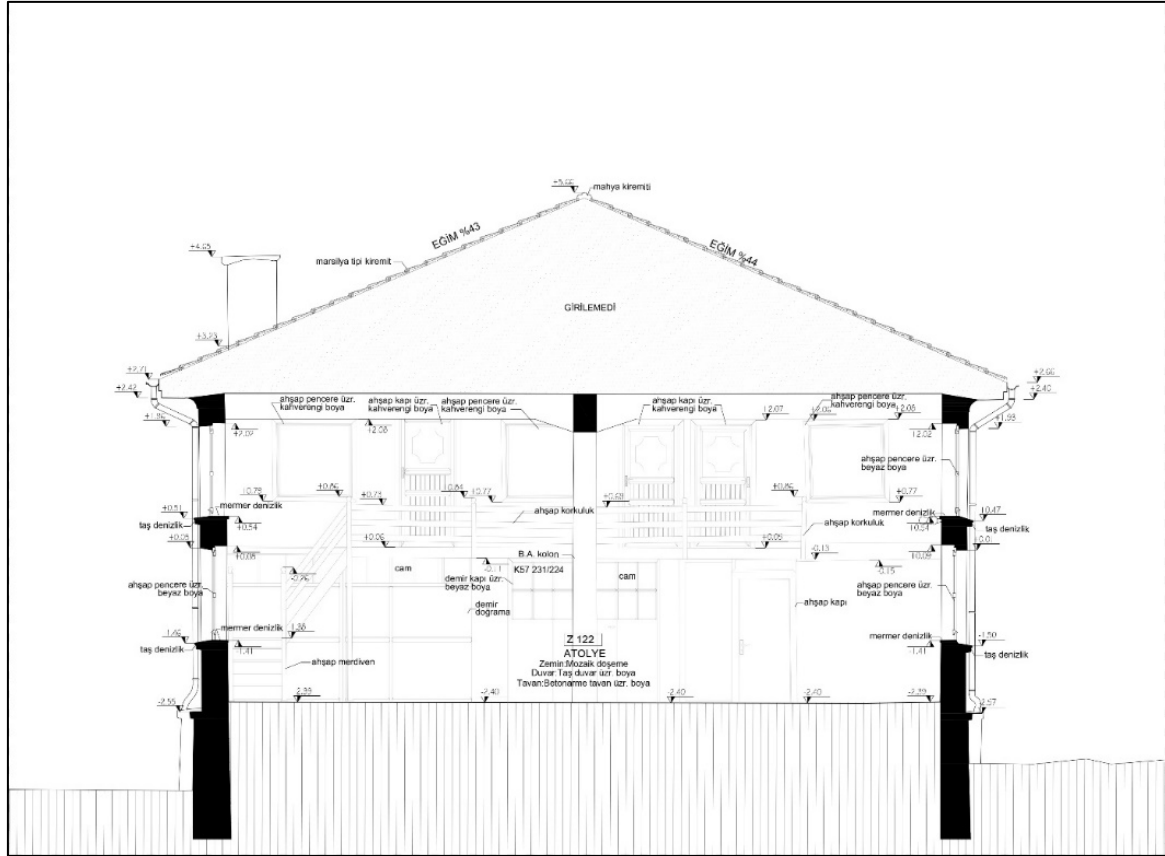
Şekil 3.7. Çalışılan laboratuvarın planı

Laboratuvar planı incelendiğinde giriş kısmında koridora paralel karşılıklı iki adet araştırma görevlisi odası görülmektedir. Buna ek olarak sıralı pencere yapısı ve bazı zemin bozulmaları (çatlaklar) Şekil 3.5'te belirgin bir şekilde görülmektedir.

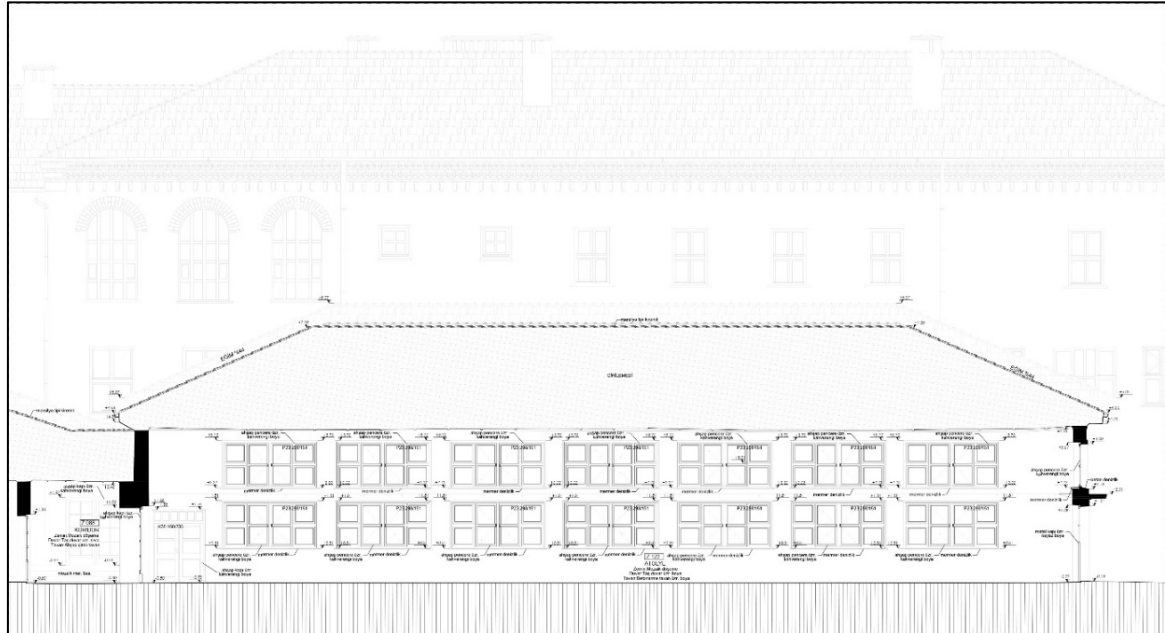


Şekil 3.8. AA Kesiti

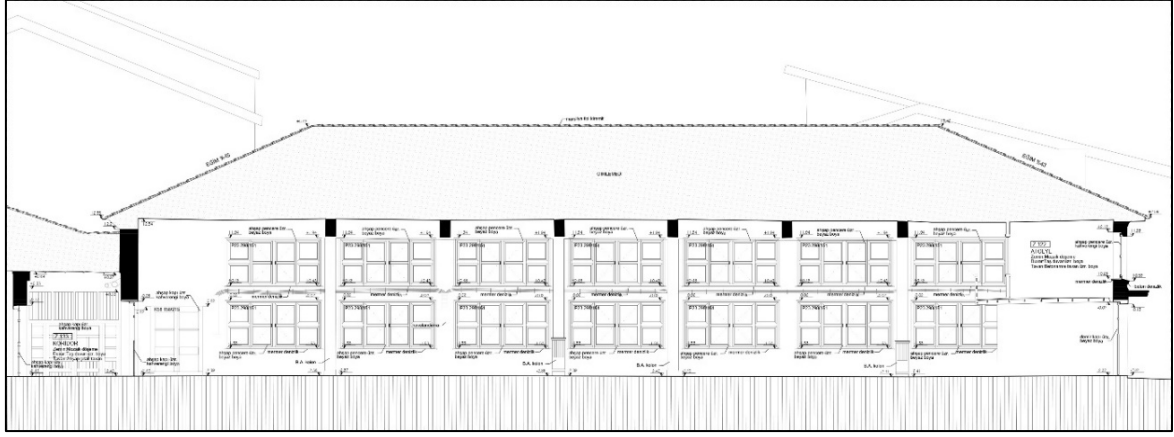
Kesitler incelendiğinde kat yüksekliği ve diğer mimari elemanların yerleşimi anlaşılmaktadır. Yine bu kesitlerde duvarlarda tesisat ve elektrik kabloları görülmektedir. Kat yüksekliği teknik çizimlerden ve saha çalışmaları süresinde alınan ölçülerden 4,80 m ile 4,82 m arasında değiştiği görülmektedir.



Şekil 3.9. BB Kesiti



Şekil 3.10. CC Kesiti



Şekil 3.11. DD Kesiti

Yatay kesitler (CC ve DD) incelendiğinde mekânda tekrar eden strüktürel sistem ve tekrar eden pencereler net bir şekilde okunmaktadır. Çalışılan atölyedeki teknik detaylar diğer tüm atölyelerde gözlenmesine karşın atölyelerin kullanım amaçlarına göre yer yer farklılıklar mevcuttur.

4. YÖNTEM

Bu çalışmada kullanılacak yöntemin belirlenmesinde ve uygulanmasında, çalışmaya başlarken koyulan hedefler önemli bir rol oynamıştır. Bu araştırmanın hedefi temelde yapay zekâ algoritmalarından yararlanarak mimari mirasın ve endüstriyel mimari mirasın belgelenmesi alanına yenilikçi bir yaklaşım getirmektir.

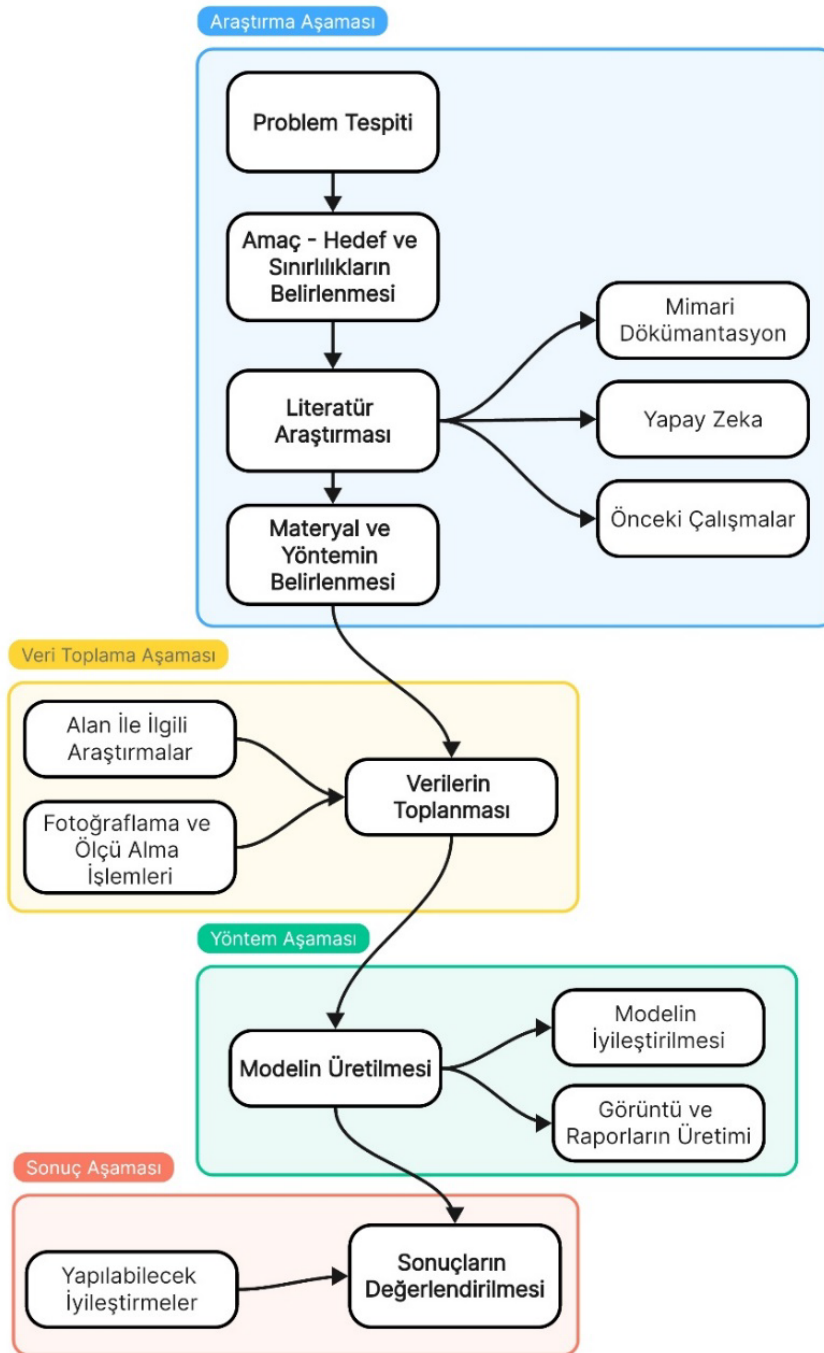
Bu bağlamda, geliştirilecek algoritmanın temel amacı, mimari mirasın mevcut durumunu analiz etmek, yapı envanterinin çıkarılmasına katkı sağlamak ve koruma süreçlerine destek sağlamaktır. Teknoloji Fakültesi atölyelerinde yapılacak saha çalışmaları bu algoritmanın geliştirilmesi ve test edilmesi için pratik bir zemin sunmaktadır. Bu süreçte elde edilen nicel veriler (ölçüm hataları, tahmin doğruluk oranları vb.) algoritmanın performansını değerlendirmek için kullanılacaktır. Ayrıca elde edilecek görseller sınıflandırılarak üretilen algoritmanın eğitim ve test aşamaları için kullanılacaktır.

Bu çalışmada uygulanacak yöntemin bir diğer önemli katkısı ise, geliştirilen yapay zekâ modelinin doğruluğunu ve uygulanabilirliğini değerlendirmektir. Bu amaçla, daha önce yapılmış rölöve çalışmaları ve üretilen modelin raporlama aşamalarında elde edilen görsel ve yazılı veriler karşılaştırılacaktır. Rölöve çalışmaları mevcut yapının detaylı ölçümlerini ve çizimlerini içermektedir. Yapay zekâ modeli sonucu elde edilecek veriler bu verilerle kıyaslanarak doğrulukları tartışılacak ve modelin kullanım olanaklarına dair bir çıkarım yapılacaktır.

Bu karşılaştırma sayesinde, modelin manuel değerlendirme çalışmalarına ne kadar yakın sonuçlar ürettiği ve olası farklılıkların nedenleri analiz edilecektir. Bu analizler sonucunda elde edilecek veriler ile modelin güçlü ve zayıf yönlerinin belirlenmesi ve iyileştirme çalışmaları yapılarak modelin doğruluğu ve kullanım olanakları artırılması planlanmaktadır. Böylece, geliştirilen yapay zekâ algoritmasının mimari mirasın korunması alanında pratik ve etkili bir araç olarak kullanılabilirliği değerlendirilecektir.

Çalışmada izlenecek yöntem dört temel aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama olan araştırma aşamasında, mimari miras ve endüstriyel mimari miras kavramları ve tespit ve dokümantasyon aşamalarında günümüzde kullanılan yöntemlerin gösterdiği güçlü yanlar,

zorluklar ve bu zorlukların aşılmasında güncel teknolojilerin potansiyel katkıları incelenmiştir. Mevcut dokümantasyon yöntemlerinin (örneğin, geleneksel rölöve çalışmaları, fotografik belgeleme vb.) zaman alıcı olması, insan hatasına açıklığı, karmaşık yapılarda detay eksikliği gibi dezavantajları detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda, teknolojik çözümlerin bu sorunlara nasıl bir alternatif sunabileceği değerlendirilmiş ve çalışmanın amacı, hedefleri ve kapsamı ortaya konmuştur.



Şekil 4.1. Çalışmada izlenecek yöntem

Bu kapsamda bir yapının kapı, pencere gibi mimari elemanlarının envanterinin çıkarılması, bu elemanlar üzerindeki bozulmaların ve sonradan eklenen unsurların tespit edilmesi hedeflenmiştir. Bu mimari elemanlara ek olarak mekânda bulunabilecek diğer bozulmaların hataların tespit edilebilmesinin ve raporlanmasının önemi üzerine durulmuştur. Bu hedeflere ulaşmak için, yapay zekânın görüntü işleme alt alanının, özellikle nesne algılama ve görüntü analizi algoritmalarının söz konusu görevler için uygun bir çözüm olabileceği düşünülmüştür.

İkinci aşama olan literatür araştırması aşamasında ise üç ana konuya odaklanılmıştır: miras ve endüstriyel miras yapılarında tespit ve dokümantasyon uygulamalarının tarihsel gelişimi ve günümüzdeki sorunları, yapay zekâ, makine öğrenimi ve derin öğrenme ve yapay zekâ alanında ve mimarlık disiplinde gerçekleştirilen çalışmalar. Bu araştırma kapsamı ile yapay zekâ teknolojilerinin mimarlığın bu alanında kullanım olanaklarına dair genel bir bağlam oluşturulması planlanmıştır.

Geleneksel tespit ve dokümantasyon uygulamaları incelenerek bu yöntemlerin güçlü ve zayıf yönleri, kullanım alanları ve karşılaştığı zorluklar incelenmiştir. Günümüzde bu yöntemlerin karşılaştığı sorunlar (örneğin, artan belgeleme talepleri, uzman personel eksikliği, teknolojik gelişmelerle uyum zorluğu ve maliyet artışları) ele alınmıştır. Aynı zamanda yapay zekâ alanında özellikle görüntü işleme, nesne tanıma, derin öğrenme gibi konularda yapılan son araştırmalar ve uygulamalar taranmıştır. Mimarlık alanında mimari mirasın belgelenmesi, restorasyonu ve analizi konularında yapay zekâ kullanımına yönelik gerçekleştirilmiş çalışmalar incelenerek, benzer yaklaşımlar, başarılı uygulamalar tespit edilmeye çalışılmıştır.

Veri toplama aşaması, geliştirilecek yapay zekâ algoritmasının etkin bir şekilde eğitilmesi ve test edilmesi için kritik bir öneme sahiptir. Bu nedenle veri toplama alanı titizlikle seçilmiştir. Gazi Üniversitesi Merkez Kampüsü içerisinde yer alan Teknoloji Fakültesi atölyeleri, bu çalışma için ideal bir ortam sunmuştur. Atölyelerin mimari yapısı birden fazla tekrar eden elemana (pencereler, kapılar, sütunlar vb.) ve farklı atölyeler arasında çeşitli varyasyonlara sahip olması, geliştirilecek algoritmanın farklı mimari özellikleri tanıma ve ayırt etme yeteneğini test etmek için iyi bir fırsat sunmaktadır. Bu çeşitlilik algoritmanın genelleme yeteneğini artırarak farklı mimari stillere uygulanabilirliğini destekleyecektir. Ayrıca atölyelerin tarihsel süreç içerisinde farklı dönemlerden izler taşıması ve koruma

statüsünde bulunması, bu alanı aynı zamanda bir endüstriyel mimari miras örneği haline getirmektedir. Bu durum algoritmanın endüstriyel mimari miras yapılarında kullanım potansiyelini değerlendirmek için önemli bir avantaj sağlamaktadır.

Veri toplama süreci hem mevcut verilerden yararlanmayı hem de yeni ve kapsamlı veriler toplamayı içermektedir. Bu kapsamda atölyeler hakkında daha önceden yapılmış rölöve çalışmalarından elde edilen planlar, kesitler, cephe çizimleri ve raporlar detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu belgeler, atölyelerin mimari özellikleri, ölçüleri ve tarihsel geçmişi hakkında önemli bilgiler sağlamıştır. Bunun yanı sıra, farklı zaman aralıklarında atölyelere gidilerek yerinde ölçümler alınmış ve bu ölçümler rölöve verileriyle karşılaştırılarak doğrulukları kontrol edilmiştir. Veri toplama sürecinin önemli bir parçasını ise fotoğraf ve video çekimleri oluşturmuştur. Farklı kameralar kullanılarak hem genel görünüm fotoğrafları hem de detay fotoğrafları çekilmiş ve böylece mimari elemanların farklı ölçeklerdeki görüntüleri kaydedilmiştir. Ayrıca video kayıtları ile atölyelerin farklı açılardan ve ışık koşullarında görüntüleri elde edilerek, uygulanacak yöntemin farklı görsel koşullara uyum yeteneği test edilmek istenmiştir.

Toplanan verilerin doğruluğunu ve kalitesini sağlamak amacıyla, elde edilen tüm veriler (ölçümler, fotoğraflar, videolar) detaylı bir şekilde incelenmiş ve kayıt altına alınmıştır. Ayrıca algoritma sonuçlarının manuel inceleme sonuçlarıyla karşılaştırılabilmesi için, daha önceden uzmanlar tarafından atölyelerde yapılan profesyonel incelemeler detaylı raporlar halinde kaydedilmiştir. Bu sayede algoritmanın performansının nesnel bir şekilde değerlendirilmesi planlanmıştır.

Elde edilen tüm bu materyaller (rölöve verileri, yerinde ölçümler, fotoğraflar, videolar ve manuel inceleme raporları), bir sonraki aşama olan yapay zekâ modelinin geliştirilmesi aşamasında kullanılmıştır. Bu verilerin bir kısmı algoritmanın eğitilmesi için kullanılırken, diğer bir kısmı ise eğitilmiş algoritmanın performansının test edilmesi ve doğrulanması için ayrılmıştır. Bu yolla, kapsamlı ve çeşitli bir veri seti kullanılarak daha güvenilir ve etkili bir yapay zekâ modeli geliştirilmesi hedeflenmiştir.

5. DERİN ÖĞRENME YÖNTEMİ ile YAPI ELEMANI ve HASAR TESPİTİ

Tarihi yapıların korunması ve gelecek nesillere aktarılması mimari mirasımızın sürekliliği için büyük önem arz eden bir aşamadır. Bu yapıların onarım, bakım ve restorasyon süreçlerinde yapıdaki hasarların ve mimari elemanların doğru bir şekilde tespit edilmesi ve değerlendirilmesi kritik bir öneme sahiptir (Ahunbay, 2023). Bu tespit ve değerlendirme süreçlerinin yanı sıra bu aşamaların doğru bir şekilde belgelenmesi de büyük bir önem taşımaktadır. Dolayısıyla doğru tespit ve belgeleme, uygun müdahalelerinin belirlenmesinde ve yapının özgün dokusunun korunmasında temel belirleyicidir. Ancak tarihi yapıların karmaşık yapıları, kullanılan çeşitli malzemeler ve zamanın etkileriyle ortaya çıkan çeşitli hasar türleri, bu süreci zorlu ve zaman alıcı hale getirmektedir (Fais vd., 2018).

Geleneksel ve sıklıkla kullanılan hasar tespit ve rölöve yöntemleri uzmanların görsel incelemelerine, ölçümlerine ve bu mekanların bazı tarama araçlarıyla taramasına dayanmaktadır. Ancak bu inceleme ve değerlendirmeler uygun koşullarda yapılmaması durumunda subjektif değerlendirmelere, yanlış müdahalelere, zaman kaybına ve bu durumlara bağlı olarak maddi kayıplara yol açabilmektedir. Ayrıca alanında uzman kişilerin veya bu teçhizatların afet, savaş veya ulaşım zorlukları sebebiyle her yere ulaşması her zaman mümkün olmamaktadır. Bu sebeple hızlı ve uzman kişilere ihtiyacı azaltan belgeleme ve tespit yöntemlerine ihtiyaç giderek artmaktadır.

Günümüzde ise teknolojinin sunduğu imkanlar ve yeni geliştirilen teknolojilerin bu alana entegre edilmesi, miras yapılarının tespit ve dokümantasyon sürecinde etkili, daha az maliyetli ve hızlı çözümler sunacağı düşünülmektedir. Gelişmiş görüntüleme tekniklerinin, tahribatsız inceleme yöntemlerinin ve dijital modelleme araçlarının, hasar tespit, belgeleme ve değerlendirme süreçlerini daha erişilebilir ve doğru sonuçlar veren süreçlere dönüştürmesini mümkün kılacağı düşünülmektedir (Ararat, 2023).

Bilgisayarlı görme, bilişsel bilimler, yapay zekâ, matematik ve mühendislik gibi farklı disiplinlerde yaşanan gelişmelerin sonucunda doğmuş multidisipliner bir araştırma alanıdır. Son yıllarda özellikle derin öğrenme alanında gerçekleşen dikkate değer ilerlemeler, görsel verilerden (fotoğraflar, videolar ve canlı akışlar) otomatik bilgi çıkarımını daha ulaşılabilir ve verimli hale getirmektedir. Bu teknolojik gelişmeler sayesinde görüntülerde bulunan

spesifik örüntülerin ve nesnelerin tespiti ve sınıflandırılması mümkün hale gelmiştir. Evrişimsel sinir ağları (CNN) gibi derin öğrenme modellerinin büyük veri kümeleri üzerinde eğitilmesiyle geleneksel yöntemlere kıyasla niceliksel olarak daha üstün sonuçlar elde edilebilmektedir. Görüntü işleme algoritmaları vasıtasıyla gerçekleştirilen bu otomatik tespit işlemine “bilgisayarlı görme” veya daha spesifik bir terminolojiyle “nesne algılama” adı verilmektedir.

Nesne algılama, dijital bir görüntü veya video içerisinde önceden tanımlanmış nesne sınıflarına (mimari elemanlar, hasar tipleri, doku farklılıkları, örüntüler) ait elemanların bulunup bulunmadığını ve konumunu yüksek doğrulukla ve hızlı bir şekilde belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu süreç tek bir nesne, bozulma veya birden fazla nesne, bozulma durumu gibi çok sayıda sınıflara ayrılarak eş zamanlı ve hızlı bir şekilde tespit edilmesini sağlamaktadır. Mimari mirasın belgelenmesi, korunması ve restorasyonu süreçlerine destek olmak için, son yıllarda nesne algılama tekniklerinin kullanımına odaklanan çalışmalar giderek yaygınlaşmaktadır (Oses vd., 2014).

Örneğin tarihi bir yapı üzerinde yapılacak tespitlerde, pencereler, kapılar, kemerler gibi farklı mimari unsurlar veya farklı türde bozulmalar eş zamanlı ve hızlı bir şekilde tespit edilebilir ve her bir nesne için bir konum bilgisi (genellikle tespit edilen nesnenin iki boyutlu görüntü düzlemindeki konumunu ve boyutunu tanımlayan dikdörtgen bir geometrik şekil olan sınırlayıcı kutu) ve algoritmanın gerçekleştirdiği sınıflandırmanın doğruluğuna ilişkin bir güvenilirlik katsayısı (genellikle 0 ile 1 arasında bir değer veya yüzde olarak) sunulur. Bu tespit ile elde edilen veriler işlenerek hızlı bir sonuç alınabilmektedir. Bu yolla sadece görseller üzerinden tespiti istenilen öğeler bulunarak istenilen formatta bu bilgiler kaydedilebilmektedir.

Çalışmanın bu aşamasında, Gazi Üniversitesi Merkez Kampüsü Teknoloji Fakültesi laboratuvarlarından toplanan veriler ve fotoğraflar kullanılarak bir nesne algılama modeli geliştirilecektir. Bu bölümde modelin mimarisi, veri hazırlık aşamaları ve model eğitimi detaylı olarak açıklanacaktır, bu aşama raporlama sisteminin temelini oluşturan derin öğrenme tabanlı nesne algılama modelinin eğitimi ve oluşturulma sürecini kapsamaktadır.

5.1. Derin Öğrenme Tabanlı Modelin Uygulanması

Bu çalışmada gerçek zamanlı nesne algılama alanında sıkça kullanılan ve doğruluk ve hız gibi alanlarda kendini kanıtlamış olan YOLOv8 nesne algılama algoritması kullanılmıştır. Ultralytics şirketi tarafından 2023 yılında kullanıma sunulan YOLOv8, önceki sürümlerine kıyasla artırılmış doğruluk ve hız performansı ile öne çıkmaktadır (Terven ve Córdova-Esparza, 2023). Hazırlanan veri seti üzerinde eğitilecek olan bu algoritma geliştirilecek raporlama sisteminin temel bileşeni olarak görev yapacak ve nesnelerin otomatik olarak tespiti ve sınıflandırılması süreçlerini yapan bir araç görevi görecektir.

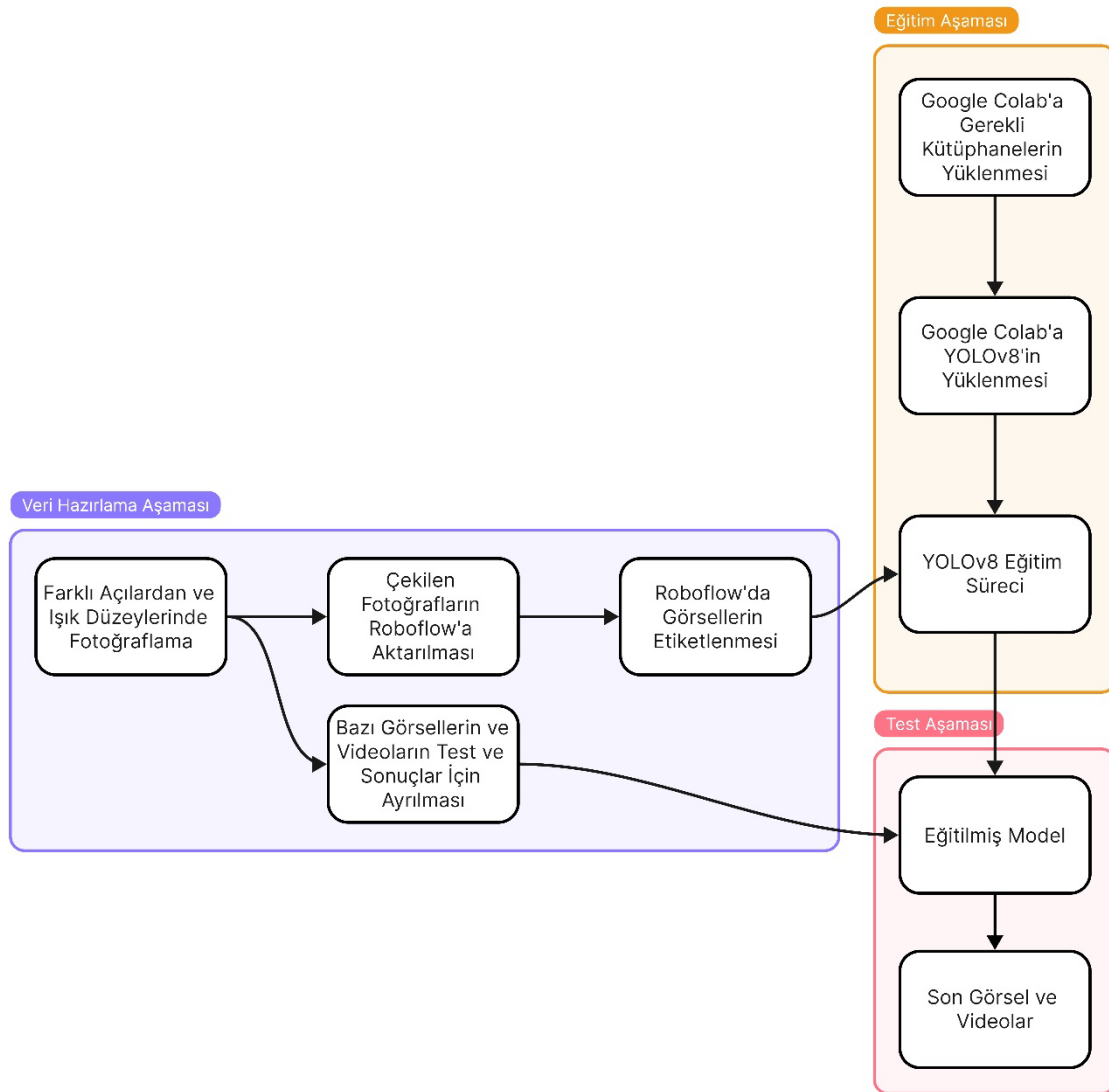
Bu algoritmadan elde edilecek görseller ve veriler otomatik olarak işlenerek çalışmanın asıl hedefi olan raporlama sisteminin üretiminde kullanılacaktır. Bu sebeple nesne algılama modelinin hızlı ve yüksek doğrulukla sonuçlar vermesi raporlama süreci için büyük önem taşımaktadır.

5.1.1. Kullanılan derin öğrenme algoritması kurgusu

Derin öğrenme teknolojisinde son yıllarda yaşanan gelişmeler, nesne algılama algoritmalarının da gelişimine katkıda bulunmaktadır. Geleneksel yapay zekâ algoritmalarının tersine derin öğrenme algoritmaları verilerden otomatik bir şekilde öğrenerek yüksek doğruluk oranlarına ulaşılmasını sağlamaktadır. Yapay sinir ağları, karmaşık görseller üzerinde istenen nesnelerin tanınmasında ve tespitinin yapılmasında kullanılmaktadır. Büyük veri kümeleri üzerinde eğitilen derin öğrenme modelleri, farklı nesne sınıflarını yüksek hassasiyetle ve hızlı bir şekilde tespit edebilmektedir.

Nesne algılama, bilgisayarla görme alanının temellerini oluşturmaktadır. Nesne algılama, verilen bir görüntü veya videodan istenilen nesnelerin otomatik olarak tespit edilmesi, sınıflandırılması ve yerlerinin işaretlenmesi sürecini ifade etmektedir. Bu tekniğin kullanım alanları günümüzde giderek genişlemektedir. Örneğin robotik sistemlerin çevrelerini ve verilen görevleri yerine getirme becerileri, otonom araçların etraflarını algılayıp karar verme süreci, güvenlik ve yol analizlerinden tıbbi görüntülemeye kadar birçok alanda nesne algılama algoritmalarının kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Nesne algılama, dijital verilerin anlamlandırılması ve yorumlanması açısından kritik bir rol oynamaktadır (Zang vd., 2024).

Nesne algılama modelinin çalışabilmesi için bu çalışmada seçilen YOLOv8 derin öğrenme ve nesne algılama algoritmasının hedeflenen nesneleri doğru bir şekilde tespit edebilmesi amacıyla eğitilmesi gerekmektedir. Bu süreç, bu çalışmada “model eğitimi” olarak adlandırılmaktadır. Model eğitiminin temelini ise, modelin öğrenme yeteneğini destekleyen ve performansını doğrudan etkileyen bir veri setinin oluşturulması teşkil etmektedir. Dolayısıyla, etkili bir nesne algılama sistemi geliştirmek için, uygun ve kapsamlı bir veri setinin hazırlanması ve bu veri setinin model eğitime doğru bir şekilde entegre edilmesi gerekmektedir.



Şekil 5.1. Modelin üretiminde izlenen yol

Hedeflenen nesnelerin tespiti için eğitilecek YOLOv8 modelinin oluşturulma süreci üç temel aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalardan ilki olan “Veri Hazırlama Aşaması” modelin

performansı açısından büyük öneme sahiptir ve Teknoloji Fakültesi laboratuvarlarında tespit edilecek nesnelerin kapsamlı bir şekilde görsel verilerinin toplanmasını içerir. Bu amaçla laboratuvar ortamının farklı açılardan ve günün farklı saatlerindeki aydınlatma koşullarını yansıtacak şekilde fotoğraf ve video çekimleri gerçekleştirilecektir. Toplanan görsel verilerin bir kısmı, modelin eğitim sürecinden bağımsız olarak performansının değerlendirilmesinde kullanılmak üzere test veri seti olarak ayrılacaktır.

Kalan görseller ise etiketleme işlemi için Roboflow platformuna yüklenecektir. Burada “etiketleme” olarak adlandırılan işlem, görüntülerdeki hedef nesnelerin sınırlayıcı kutular (bounding boxes) kullanılarak işaretlenmesini ve ilgili nesne sınıflarıyla ilişkilendirilmesini içerir. Etiketleme işlemi tamamlandıktan sonra veri seti, model eğitimi için hazır hale gelecektir.

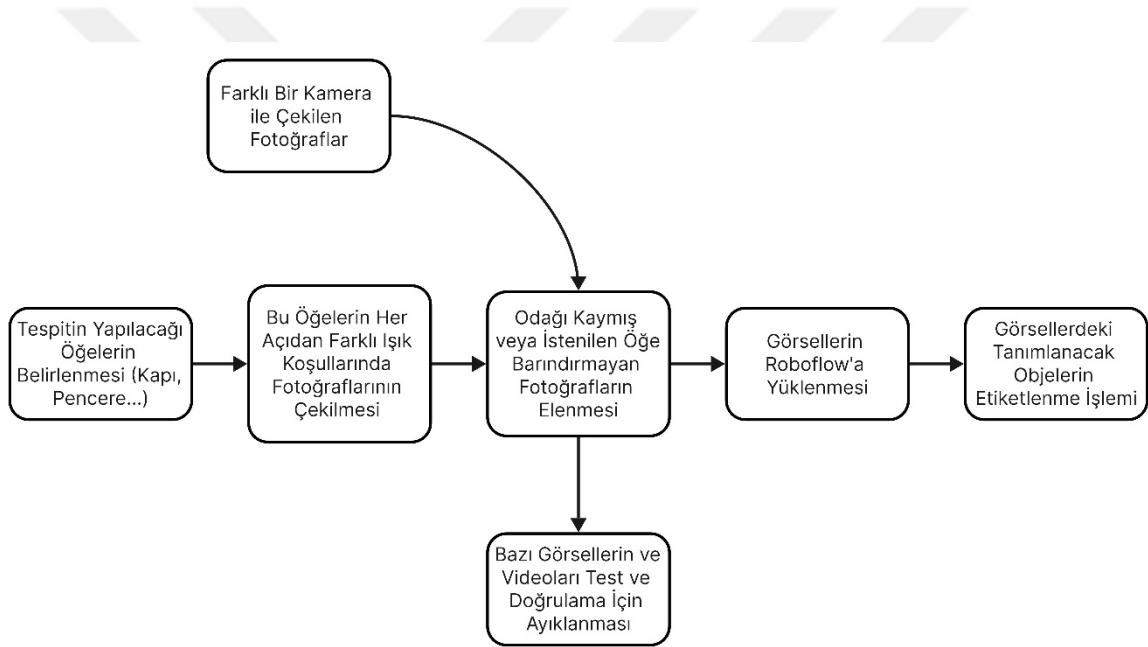
İkinci aşama olan eğitim aşaması, Google Colab adı verilen platformda gerçekleştirilecektir. Google Colab bulut tabanlı, ücretsiz bir Jupyter not defteri ortamıdır ve derin öğrenme modelleri eğitmek için GPU ve TPU gibi donanımlara ücretsiz erişim sağlar (URL-10). Bu çalışmada ele alınan hasar tespiti gibi ince detay gerektiren uygulamalarda, küçük nesnelerin ve bozulmaların tespiti büyük önem arz etmektedir.

Model eğitimine geçmek için önce Colab çalışma ortamına YOLOv8 nesne algılama modeli entegre edilecektir. Ardından, daha önce oluşturulmuş ve etiketlenmiş olan veri kümesi bu ortama aktarılacaktır. Bu işlemlerin tamamlanmasıyla birlikte, model eğitime başlanabilecektir.

Modelin eğitiminin ardından gerçekleştirilecek ve son aşama olan test aşamasında, modelin performansı ve eğitim süreci kapsamlı bir analize tabi tutulacaktır. Bu analizde, modelin ürettiği çıktı grafikleri (hassasiyet, doğruluk, karışıklık matrisi vd.) ve performans metrikleri incelenerek modelin doğruluğu ve başarısı değerlendirilecektir. Ek olarak, veri hazırlama aşamasında ayrılan test görselleri kullanılarak, modelin daha önce karşılaşmadığı görüntülerdeki performansı da test edilerek genelleme yeteneği ölçülecektir.

5.1.2. Veri setlerinin hazırlanması ve ön işleme

Veri setlerinin hazırlanması işlemi modelin doğruluk ve istenilen tespit işlemini yerine getirmesi açısından kritik bir öneme sahiptir (Moosakhanian ve Sridhar, 2021). Bilgisayar biliminin ilk dönemlerinde algoritmalar ön plandayken yapay zekâ alanındaki güncel araştırmalar, veri miktarının artmasıyla birlikte veri kalitesine ve miktarına daha fazla odaklanmanın ve algoritma seçimine daha az önem vermenin bazı sorunlar için daha etkili bir yaklaşım olduğunu göstermektedir. Yani, “doğru algoritmayı bulmak” yerine “yeterince ve doğru veriye sahip olmak” bazı koşullarda daha önemli olmaktadır (Russell ve Norvig, 2010).

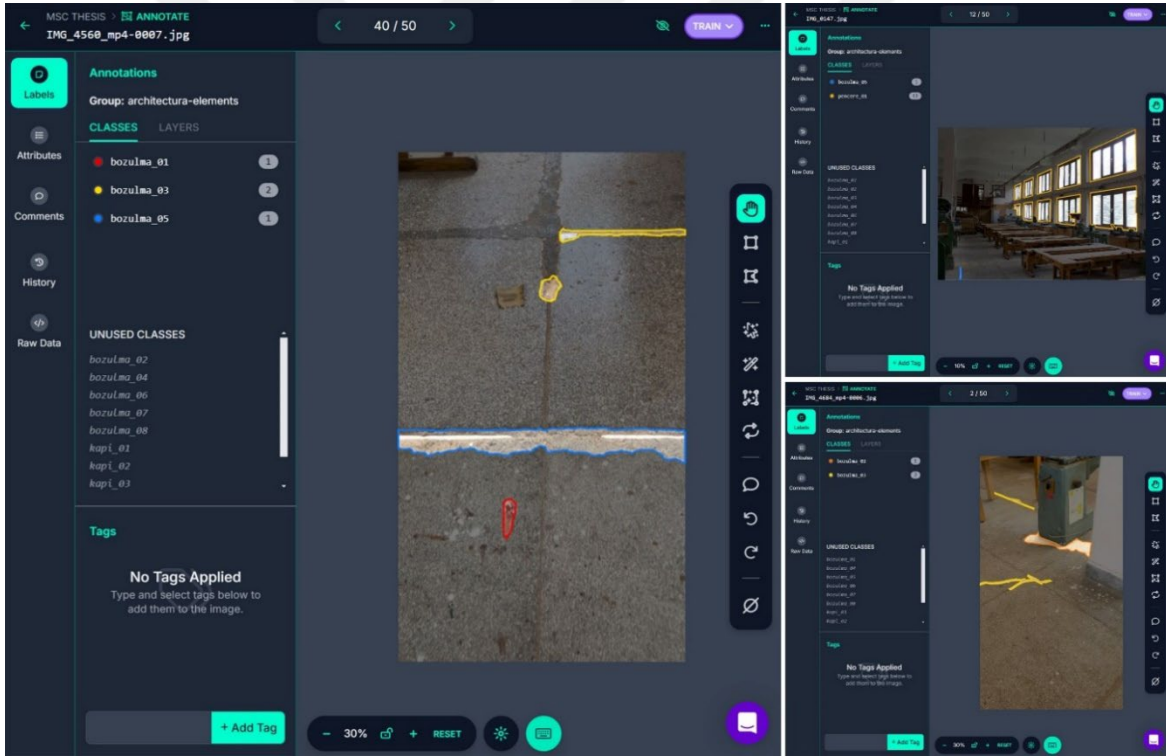


Şekil 5.2. Veri setlerinin hazırlanmasında izlenen yol

Çalışma alanını oluşturan atölyelerde saha çalışmasına başlamadan önce, incelenecek mimari elemanlar ve gözlemlenecek bozulma türleri detaylı bir liste halinde belirlenmiştir. Bu ön çalışma sayesinde, fotoğraf ve video çekimleri sırasında doğru ve hedefe yönelik verilerin toplanması hedeflenmiştir. Saha çalışması aşamasında ise seçilen atölyelerde farklı açılardan, farklı ışık koşullarında (günün farklı saatlerinde) ve farklı kamera ekipmanları kullanılarak kapsamlı bir fotoğraf ve video çekimi gerçekleştirilmiştir. Çekimler sırasında, önceden tanımlanmış olan mimari eleman ve bozulma sınıflarının hem genel görünimleri hem de detaylı yakın çekimleri kaydedilmiştir.

Çekilen fotoğraflar bilgisayar ortamında incelenerek odaklanmamış veya tespit için gerekli öğeleri barındırmayan fotoğraflar elenmiştir. Ayrıca bu aşamada modelin doğruluğunu test edebilmek için bazı görseller ayrılmış ve eğitim aşamasında kullanılmamıştır. Sonuçta kalan 715 adet fotoğraf Roboflow adlı platforma yüklenmiştir.

Roboflow nesne tespit ve bilgisayarlı görme projelerine kullanılmak üzere veri kümeleri oluşturmayı, yönetmeyi ve iyileştirmeyi amaçlayan bir platformdur. Nesne algılama, sınıflandırma ve segmentasyon gibi işlemlerin uygulanmasında kullanılan derin öğrenme algoritmalarının eğitimlerinde kullanılacak veri setlerinin hazırlanma süresini kısaltabilecek kolay kullanımlı araçlara sahiptir (URL-11). Hızlı ve kolay düzenleme seçenekleri sebebiyle bu platformun kullanılması tercih edilmiştir.



Şekil 5.3. Roboflow platformunda görsel etiketleme işlemi

Etiketleme süreci, bir görseldeki anlamlı ve tespit edilmesi hedeflenen kısımların işaretlenerek, önceden tanımlanmış sınıf isimleriyle ilişkilendirilmesi ve bu bilgilerin veri setine eklenmesidir. Projenin başlangıç aşamasında hazırlanan listede yer alan tespit edilecek durumlar ve nesneler, Roboflow platformunda ilgili sınıflar olarak oluşturulmuş ve toplamda 715 görsel, tek tek incelenerek etiketleme işlemine tabi tutulmuştur.

Elde edilen etiketleme çalışmaları neticesinde, beş farklı mimari eleman türü ve sekiz farklı bozulma türünün tespiti ve test edilmesi hedeflenmiştir. Veri setini oluşturan 715 görsel üzerinde, görsel başına ortalama 3,9 adet etiketleme işlemi gerçekleştirilmiş olup, toplamda 2816 etiket kaydedilmiştir.

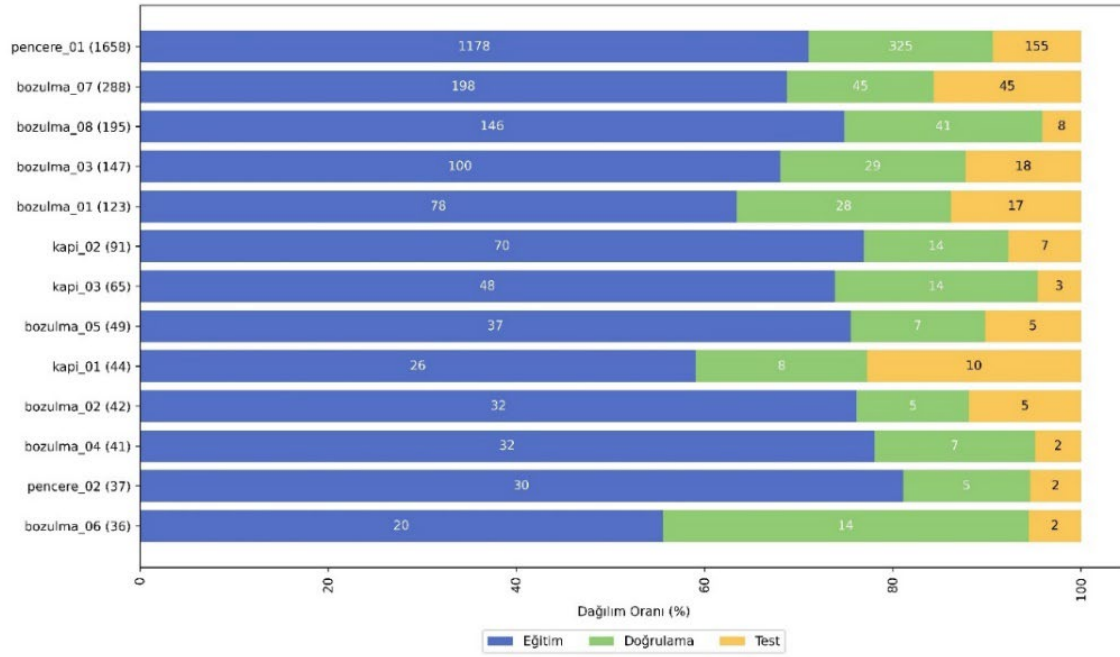
Çizelge 5.1. Veri setinde kullanılan etiketlemeler, açıklamaları ve etiket sayıları

Kategori	Etiket	Açıklama	Etiket Sayısı
Mimari Eleman	pencere_01	Ana cephe pencereleri	1658
	pencere_02	İç koridora bakan pencere	37
	kapi_01	Ana giriş kapısı	44
	kapi_02	Öğretim görevlisi odası kapısı	91
	kapi_03	Öğretim görevlisi odası kapısı	65
Bozulmalar	bozulma_01	Zeminde dolgu/tadilat	123
	bozulma_02	Zeminde beton dolgular	42
	bozulma_03	Zemin çatlakları ve derzlerde bulunan bozulmalar/aşınmalar	147
	bozulma_04	Zemin yanıkları	41
	bozulma_05	Zeminde tesisat boruları ve dolgular	49
	bozulma_06	Duvarlarda bulunan sıva çatlakları	36
	bozulma_07	Duvarlarda sıva dökülmeleri	288
	bozulma_08	Duvarlarda sıva dökülmeleri	195

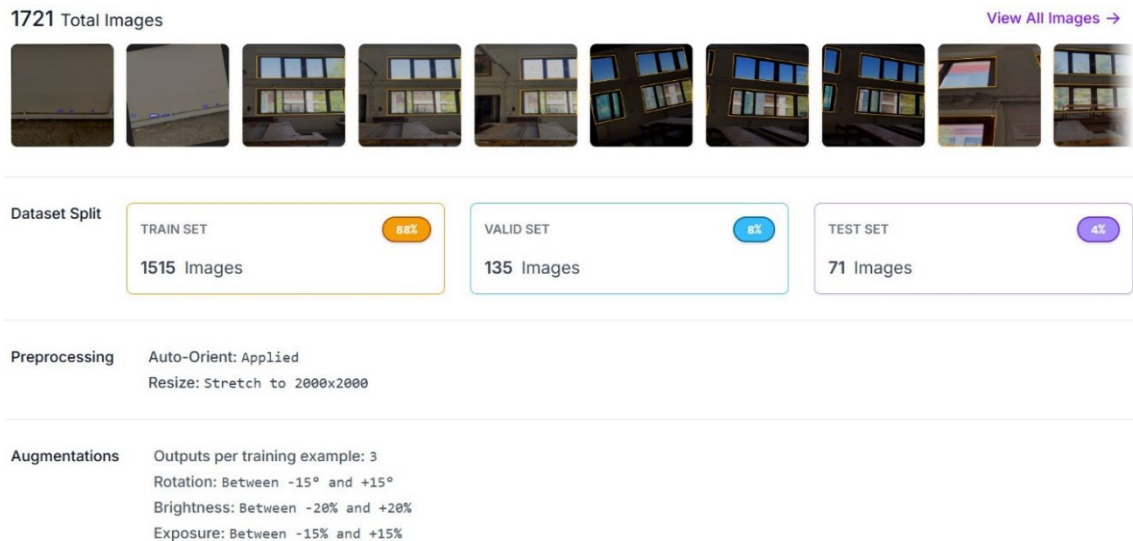
Veri setleri, makine öğrenmesi ve derin öğrenme modellerini eğitmek, doğrulamak ve test etmek için genellikle üç ayrı kümeye ayrılmaktadır: eğitim kümesi, doğrulama kümesi ve test kümesi. Bu ayrımın temel nedeni, modelin gerçek dünya performansını doğru bir şekilde değerlendirmek ve aşırı öğrenme (overfitting) sorununu önlemektir.

Veri setlerindeki sınıfların önceden belirlenen oranlarda üçe ayrılması gerekmektedir. Bu durum modelin doğru bir şekilde performans göstermesini sağlamaktadır. Dengesiz veri kümeleri fazla uyum sağlanmasına sebep olarak modelin yanlış kalıplardan öğrenmesini ve performansının düşmesine sebebiyet verebilmektedir (URL-12).

Çizelge 5.2. Etiketlemelerin dağılımı



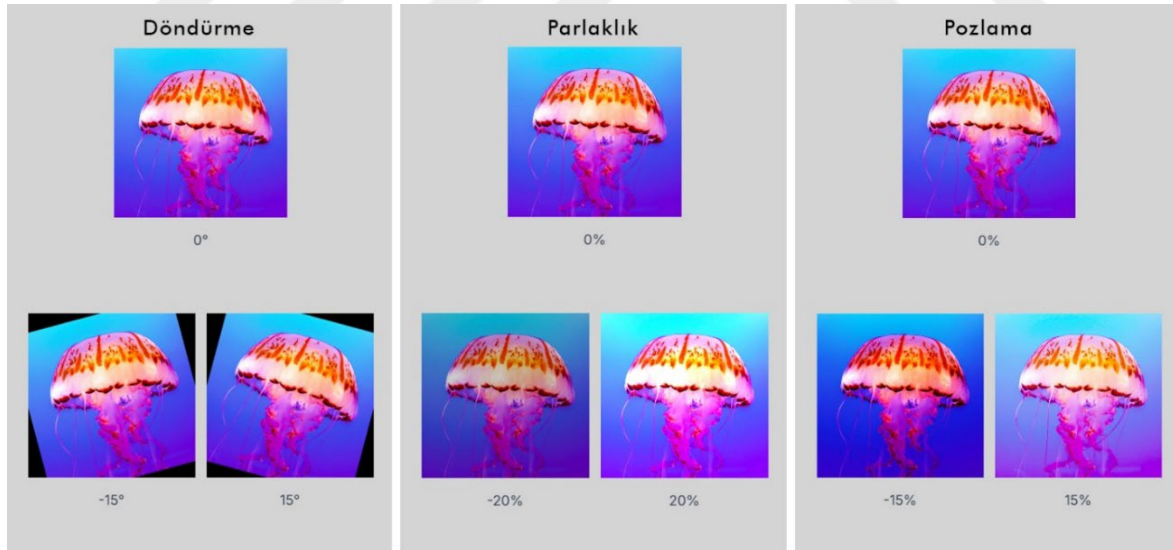
Tüm etiketleme işlemleri tamamlandıktan sonra veri çoğaltma işlemi yapılacaktır. Bu aşama daha fazla görsel etiketlemeye gerek kalmadan algoritmanın eğitiminde kullanılabilecek ekstra veri setlerinin üretilmesine yardımcı olmaktadır (Zou vd., 2023). Veri çoğaltma, derin öğrenme modellerinin daha iyi genelleme yapmasını, aşırı öğrenmeyi önlemesini, veri yetersizliğini gidermesini ve gerçek dünya koşullarına daha iyi uyum sağlamasını sağlar. Bu yöntemler, modelin performansını ve güvenilirliğini artırmak için önemli bir araçtır (Terven ve Córdova-Esparza, 2023).



Şekil 5.4. Veri çoğaltma işlemi sonucu veri setinin değerleri

Ön-işleme aşaması veri setinin daha tutarlı ve standart bir formata gelmesini sağlamaktadır. Bu çalışmada kullanılan 515 adet etiketli görsel, ön işleme aşamalarından geçirilmiştir. İlk olarak, “Auto-Orient” (otomatik yönlendirme) fonksiyonu uygulanarak tüm görsellerin EXIF verilerinden arındırılması ve diskte depolandıkları orijinal yönlerinde görüntülenmeleri sağlanmıştır. İkinci ön işleme adımında ise, tüm veri setinin çözünürlüğü 2000x2000 piksele yeniden boyutlandırılmıştır. Bu standardizasyon ile daha tutarlı bir veri kümesi oluşturulması amaçlanmıştır.

İkinci işlem aşaması veri çoğaltmadır ve bu aşamada üç farklı teknik uygulanmıştır: Nesnelerin farklı açılardan görünümünü simüle etmek ve algoritmanın yönden bağımsız doğru tahminler üretebilmesini sağlamak amacıyla görseller -15° ile $+15^\circ$ arasında döndürülmüştür; farklı ışık koşullarını ve gölgede kalan nesnelerin tespitini iyileştirmek için görsellerin parlaklığı $\%-20$ ile $\%+20$ arasında değiştirilmiştir (hem parlaklık artışı hem de karartma uygulanmıştır); son olarak, sensöre ulaşan ışık miktarını simüle etmek ve aşırı parlak veya aşırı karanlık nesnelerin daha iyi tespit edilebilmesi için görsellerin pozlaması $\%-15$ ile $\%+15$ arasında ayarlanmıştır.

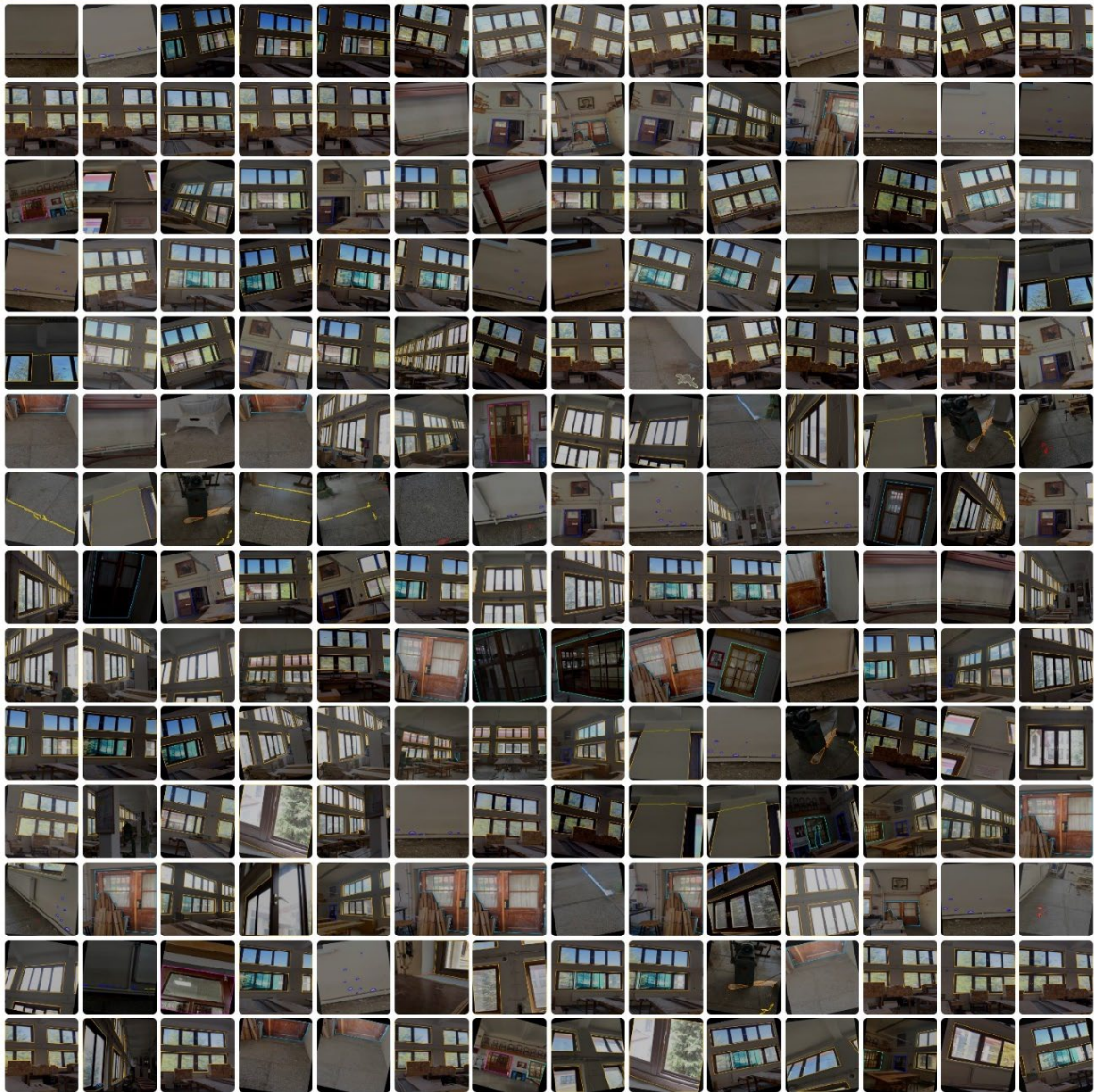


Şekil 5.5. Veri çoğaltma işlemleri

Tüm bu ön işleme ve veri çoğaltma işlemleri sonucunda veri seti 1721 görselden oluşmaktadır. Son olarak görseller eğitim, doğrulama ve test olmak üzere üç ayrı gruba ayrılmıştır. Bu haliyle veri seti, eğitim ve diğer işlemler için hazır bulunmaktadır.

1721 Total Images

Train 1515 Valid 135 Test 71



Şekil 5.6. Veri setinde bulunan bazı görseller

5.1.3. Model eğitimi ve parametre ayarları

Model eğitimi, bir veya birden fazla nesnenin tanınması amacıyla oluşturulmuş bir veri kümesinin kullanılarak bir nesne algılama algoritmasını o objeleri tanımasını sağlayacak şekilde eğitmektir. Başka bir deyişle modelin öğrenmesini sağlamak için önceden hazırlanan veri setiyle beslenmesidir.

Bu işlem eğitim yapılacak olan sistemin veya bilgisayarın donanım özelliklerine göre uzun sürebilmektedir. Bu süre, algoritmaya tanımlanacak parametrelere göre değişebilmektedir.

Derin öğrenme modelleri eğitilirken, modelin verilere tekrar tekrar bakması gerekmektedir. Bu işleme “Epoch” değeri adı verilmektedir. Epoch eğitim veri kümesinin model tarafından kaç kez tamamen tarandığını veya işlendiğini ifade etmektedir. Yani tüm eğitim verilerinin modelden kaç kez geçtiğini göstermektedir (Carta, 2022).

Bu duruma gerçek hayattan bir örnek vermek gerekirse veri setlerini ezberlememiz gereken bir kitap olarak düşünersek, bir “epoch” o kitabı bir kez okumaya eşdeğerdir. Bu kitabı ne kadar çok kez okursak kitabın içeriğine o kadar hâkim olabiliriz. Derin öğrenme modellerinde de aynı şekilde epoch sayısı modelin verilere maruz kalmasını artırarak örüntüleri, nesneleri ve ilişkileri daha iyi anlamasını sağlamaktadır.

Bu aşamada dikkat edilen ikinci bir parametre ise görsel boyutlarıdır. Veri seti oluşturma aşamasında görseller 2000x2000 piksel boyutlarına sığdırılmıştır. YOLO mimarisi görselleri herhangi bir parametre belirtilmemesi halinde 640x640 piksel boyutlarına sığdırmaktadır. Bu durumdan kaçınmak ve daha fazla detayı yakalayabilmek adına ikinci bir parametre olan görsel boyutu kullanılmıştır.

Tüm bu işlemler sonucu eğitime başlanmış, 150 adet epoch’un bu model için yeterli olduğu anlaşılmıştır. 150 epoch eğitim süreci toplamda 2 saat 15 dakika sürede tamamlanmıştır.

Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	dfl_loss	Instances	Size
1/150	38.3G	1.37	8.066	1.675	55	2016: 100% 95/95 [00:54<00:00, 1.75it/s]
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50 mAP50-95): 100% 5/5 [00:03<00:00, 1.29it/s]
	all	135	534	0.56	0.206	0.188 0.12
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	dfl_loss	Instances	Size
2/150	35G	1.037	1.737	1.331	59	2016: 100% 95/95 [00:51<00:00, 1.86it/s]
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50 mAP50-95): 100% 5/5 [00:02<00:00, 2.20it/s]
	all	135	534	0.416	0.327	0.297 0.187
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	dfl_loss	Instances	Size
3/150	34.9G	1.02	1.255	1.293	70	2016: 100% 95/95 [00:50<00:00, 1.87it/s]
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50 mAP50-95): 100% 5/5 [00:02<00:00, 2.23it/s]
	all	135	534	0.732	0.274	0.328 0.197
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	dfl_loss	Instances	Size
4/150	35.2G	0.9686	1.083	1.262	86	2016: 100% 95/95 [00:50<00:00, 1.87it/s]
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50 mAP50-95): 100% 5/5 [00:02<00:00, 2.18it/s]
	all	135	534	0.702	0.269	0.325 0.222
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	dfl_loss	Instances	Size
5/150	34.9G	0.9643	1.014	1.263	57	2016: 100% 95/95 [00:50<00:00, 1.87it/s]
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50 mAP50-95): 100% 5/5 [00:02<00:00, 2.27it/s]
	all	135	534	0.502	0.361	0.396 0.231

Şekil 5.7. Eğitim sürecinin ilk 5 epoch değerleri

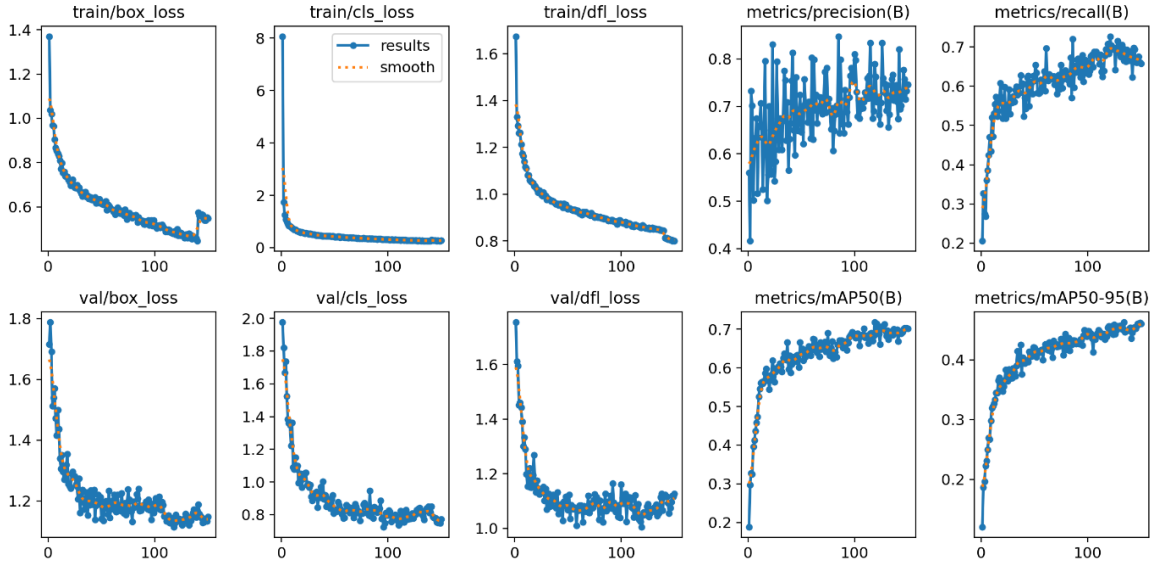
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	dfl_loss	Instances	Size	
146/150	35G	0.5441	0.2707	0.8046	37	2016: 100% 95/95 [00:50<00:00, 1.89it/s]	
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50	mAP50-95): 100% 5/5 [00:02<00:00, 2.29it/s]
	all	135	534	0.777	0.661	0.701	0.457
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	dfl_loss	Instances	Size	
147/150	34.9G	0.5408	0.2718	0.8043	50	2016: 100% 95/95 [00:50<00:00, 1.89it/s]	
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50	mAP50-95): 100% 5/5 [00:02<00:00, 2.46it/s]
	all	135	534	0.757	0.674	0.703	0.461
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	dfl_loss	Instances	Size	
148/150	34.9G	0.5391	0.2666	0.8003	41	2016: 100% 95/95 [00:50<00:00, 1.89it/s]	
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50	mAP50-95): 100% 5/5 [00:02<00:00, 2.35it/s]
	all	135	534	0.716	0.675	0.702	0.46
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	dfl_loss	Instances	Size	
149/150	35G	0.552	0.2665	0.8032	33	2016: 100% 95/95 [00:50<00:00, 1.88it/s]	
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50	mAP50-95): 100% 5/5 [00:02<00:00, 2.35it/s]
	all	135	534	0.733	0.66	0.703	0.462
Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	dfl_loss	Instances	Size	
150/150	34.9G	0.5491	0.2715	0.8012	46	2016: 100% 95/95 [00:50<00:00, 1.89it/s]	
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50	mAP50-95): 100% 5/5 [00:02<00:00, 2.34it/s]
	all	135	534	0.746	0.659	0.701	0.46

Şekil 5.8. Eğitim sürecinin son 5 epoch değerleri

Eğitim aşaması sonucunda elde edilen model tespit yapma ve diğer işlemler için kullanıma hazır duruma gelmektedir. Ancak modelin performansını ve tutarlılığını doğrulamak için eğitim metriklerini ve doğruluk oranlarını incelemek büyük önem taşımaktadır. Bu metrikler yardımıyla yapılan eğitimin ve modelin tutarlı olup olmadığı ölçülebilmektedir. Bu tutarlılığı anlayabilmek için algorithmadan elde edilen bazı değerler ve grafikler bu çalışmanın bir sonraki aşamasında açıklanacak ve modelin tutarlılığı tartışılacaktır.

5.2. Eğitim Sonuçları ve Çıktıların Değerlendirilmesi

Eğitim işleminin sonuçlanmasının ardından algoritma, eğitim sürecinin değerlendirilmesi ve sonuçların yorumlanması amacıyla birçok diyagram ve grafik üretmektedir. Bu grafik verilere örnek vermek gerekirse: Karmaşıklık matrisi (confusion matrix), F1 eğrisi (F1 curve), P eğrisi, R eğrisi, PR eğrisi, etiket sınıfları analizi ve eğitim eğrileri bu verilere örnek olarak verilebilir. Bu çalışma kapsamında karmaşıklık matrisi, eğitim eğrileri detaylı olarak tartışılacaktır.

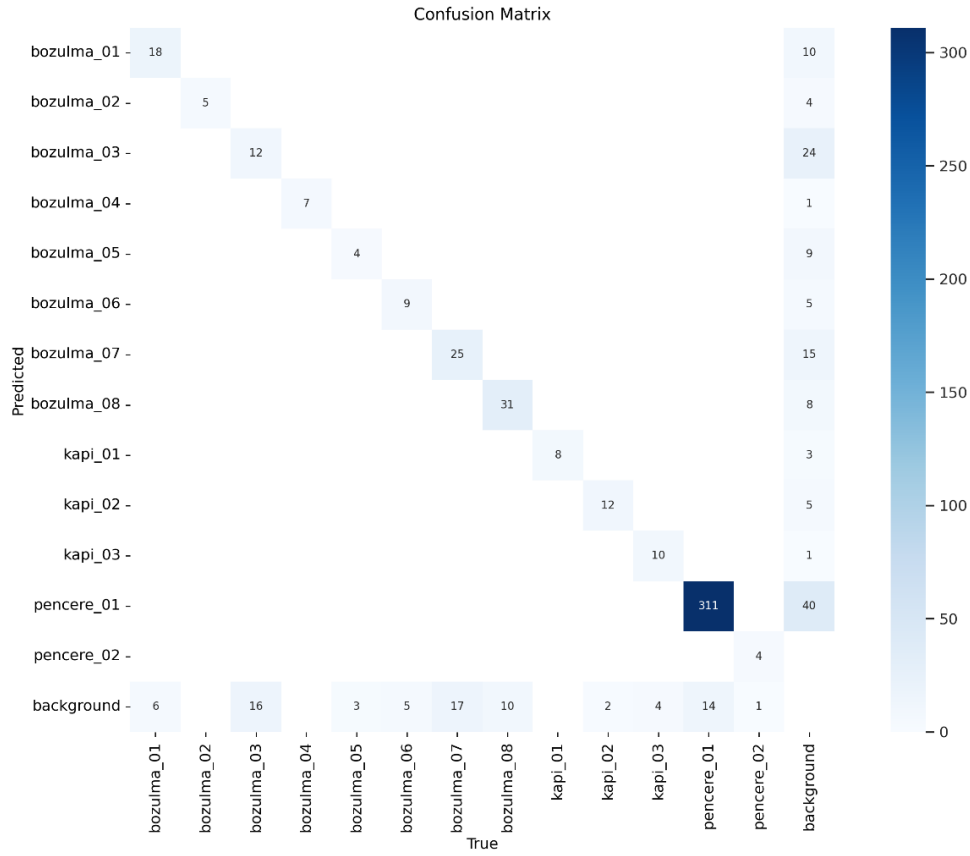


Şekil 5.9. Eğitim eğrileri

Eğitim eğrileri grafikleri, eğitim sonuçlarının değerlendirilmesi için büyük öneme sahiptir. Grafikler modelin eğitim süreci boyunca performansının şematik anlatımıdır ve genellikle eğitim ve doğrulama setlerinin değerlerini karşılaştırmaktadır. Bu grafiklerin her biri farklı bir değeri anlatmaktadır.

Eğitim ve doğrulama setleri için oluşturulan grafikler üç ana kaybı göstermektedir: sınırlayıcı kutu kaybı (box_loss), sınıflandırma kaybı (cls_loss / classification loss) ve dağılım odak kaybı (df_l_loss / distribution focal loss). Bu kayıplardan sınırlayıcı kutu kaybı tespit edilen nesnelerin konumundaki hataları ifade ederken sınıflandırma kaybı ise nesnelerin doğru sınıflara atanıp atanmadığını ölçmekte, yani tespit edilen nesnelerin gerçekte ait olmaları gereken sınıflarla eşleşip eşleşmediğini göstermektedir.

Bu çalışmada eğitilen modelin kayıp grafiklerinin istenen değerler ile tutarlı olduğu görülmektedir. Epoch sayısının artırmanın bu modeli daha fazla geliştirmeyeceği grafiklerden okunabilmektedir.



Şekil 5.10. Karmaşıklık matrisi

Karmaşıklık matrisi bir derin öğrenme modelinin tahmin sonuçlarını gerçek sınıflarla karşılaştırarak, modelin doğruluğunu ve hata oranlarını detaylı bir şekilde gösteren tablodur. Karmaşıklık matrisi gerçek sınıflarla modelin tahmin ettiği sınıflar arasındaki örtüşmeleri ve sapmaları görselleştirmektedir. Bu karmaşıklık matrisi modelin belirli sınıfları ne kadar iyi tanıdığını ve hangi sınıflarda daha fazla iyileştirmeye ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Bu tür bir analiz yoluyla modelin zayıf noktalarını belirlemeye ve iyileştirme alanlarını keşfetmeye yardımcı olmaktadır. Modelin performansını artırmak için özellikle yanlış tahmin edilen sınıflar üzerinde daha fazla çalışma yapılabilir ve bu sınıflar için daha fazla görsel veri setine eklenebilmektedir. Ancak karmaşıklık matrisinde yüksek oranda hatalar çoğunlukta ise veri setinin güncellenmesi veya epoch sayısının artırılması gerekmektedir.

Eğitim veri seti üzerinde 150 epoch ile gerçekleştirilen eğitim sonucunda elde edilen modelin karmaşıklık matrisine bakıldığında, sonuçların belirgin bir diyagonal hat oluşturduğu gözlemlenmektedir. Karmaşıklık matrisinde diyagonal üzerinde yer alan

değerler, doğru tahminleri temsil etmektedir. Dolayısıyla, güçlü bir diyagonal hat, modelin yüksek doğrulukla çalıştığını ve tutarlı sonuçlar ürettiğini işaret etmektedir.

Buna karşın “pencere_01” olarak etiketlenen ana pencerelerin sayısının diğer etiketlere kıyasla fazla olduğu dikkat çekmektedir. Bu durum bahsedilen “overfitting” durumuna yol açması durumunda pencere içeren bazı görsellerin veri setinden çıkarılması veya diğer öğelerin sayısının artırılması gerekmektedir.



Şekil 5.11. Eğitim sonuçlarından görseller

Son olarak algoritma doğrulama setlerinden 24 adet örnek görseli üç set halinde sunmaktadır. Bu setler incelenerek modelin yaptığı tahminlerin doğru veya yanlış yönleri tartışılabilmektedir. Ayrıca bu örnek tespit görselleri kullanılarak modelin tespit etmesi gereken ama etmediği durumların da analizi yapılabilmektedir. Şekil 5.10, Şekil 5.11 ve Şekil 5.12'deki görseller analiz edildiğinde modelin doğrulama veri kümeleri üzerindeki tahminlerinin, beklenen sonuçlarla yüksek düzeyde uyumluluk gösterdiği tespit edilmiştir. Buradan yola çıkarak modelin doğru bir şekilde veri setini öğrendiği sonucu çıkarılmaktadır.



Şekil 5.12. Eğitim sonuçlarından görseller



Şekil 5.13. Eğitim sonuçlarından görseller

Tespit sonuçları, hedeflenen nesnelerin sınırlarının başarılı bir şekilde belirlendiğini göstermektedir. Ancak ana pencerelerin tespitinde kullanılan veri miktarının azaltılarak zaman tasarrufu sağlanabileceği düşünülmektedir. Sayıca daha az olan öğelerin doğru tespiti ana pencereler için kullanılan veri miktarının gereğinden fazla olabileceğine işaret etmektedir.

6. RAPORLAMA ve BELGELEME SİSTEMİNİN ENTEGRASYONU

Nesne algılama algoritmalarının ham çıktıları (sınırlayıcı kutular ve sınıf etiketleri) tek başına bu alandaki teknik uzmanlar dışındaki kişiler için doğrudan bir anlam ifade etmeyebilir. Bu nedenle bu çıktıların erişilebilir ve eyleme dönüştürülebilir bilgiye dönüştürülmesi kritik bir öneme sahiptir. Okunabilir bir rapor, algoritmaların tespit ettiği nesneleri bir düzen içerisinde sunarak, konumlarını görselleştirerek, sayısal özetler sunarak ve potansiyel çıkarımları vurgulayarak bu boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır.

Günümüzde nesne algılama algoritmalarının farklı veri kümeleri üzerinde eğitilerek spesifik nesnelerin otomatik tespiti standart bir uygulamadır (Zhang ve Cheng, 2023). Ancak elde edilen ham görsel ve diğer verilerin anlamlı ve okunabilir bilgiye dönüştürülmesi esastır. Bu çalışmanın bu aşamasında amaç, önceki evrede geliştirilen nesne tespit modelini kapsamlı bir raporlama ve belgeleme sistemiyle entegre etmektir. Böylece eğitilmiş model aracılığıyla yapı elemanları ve tanımlanan tüm hasar türleri sistematik olarak bir araya getirilerek detaylı bir rapor sunulacaktır.

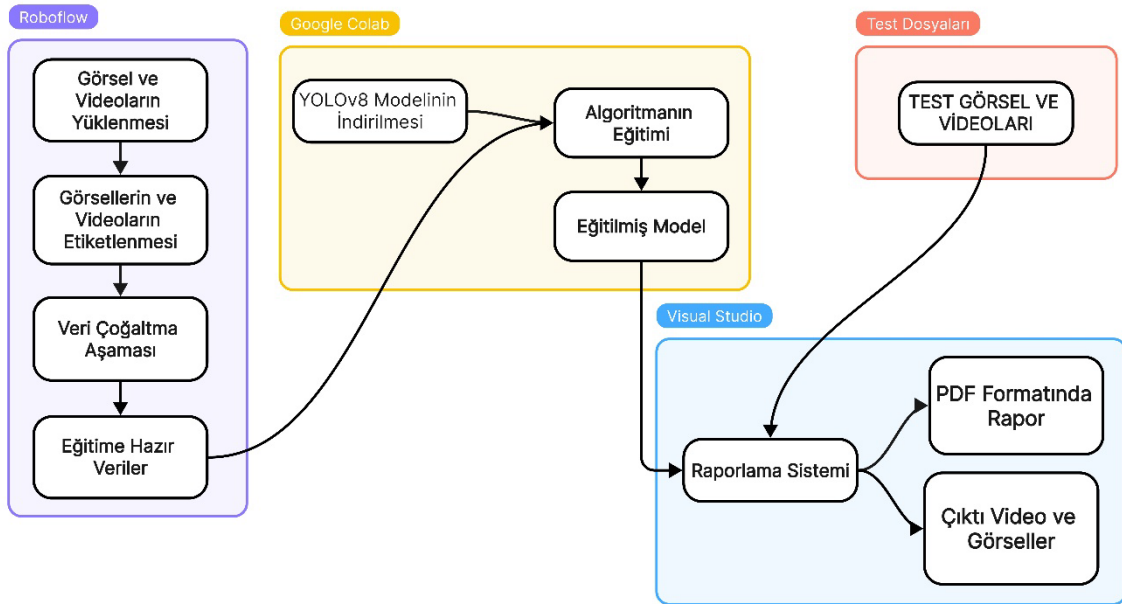


Şekil 6.1. Tipik bir nesne algılama algoritması çıktısı (URL-13)

6.1. Sistemin Çalışma Mantığı

Bu tez çalışmasının önceki aşamalarında açıklanan model üretim sürecini takiben, bir raporlama ve belgeleme sistemi geliştirilmiştir. Çalışmanın bu aşamasının odak noktası, nesne algılama algoritmasından elde edilen ham verilerin işlenerek anlamlı ve okunabilir bir formata dönüştürülmesidir.

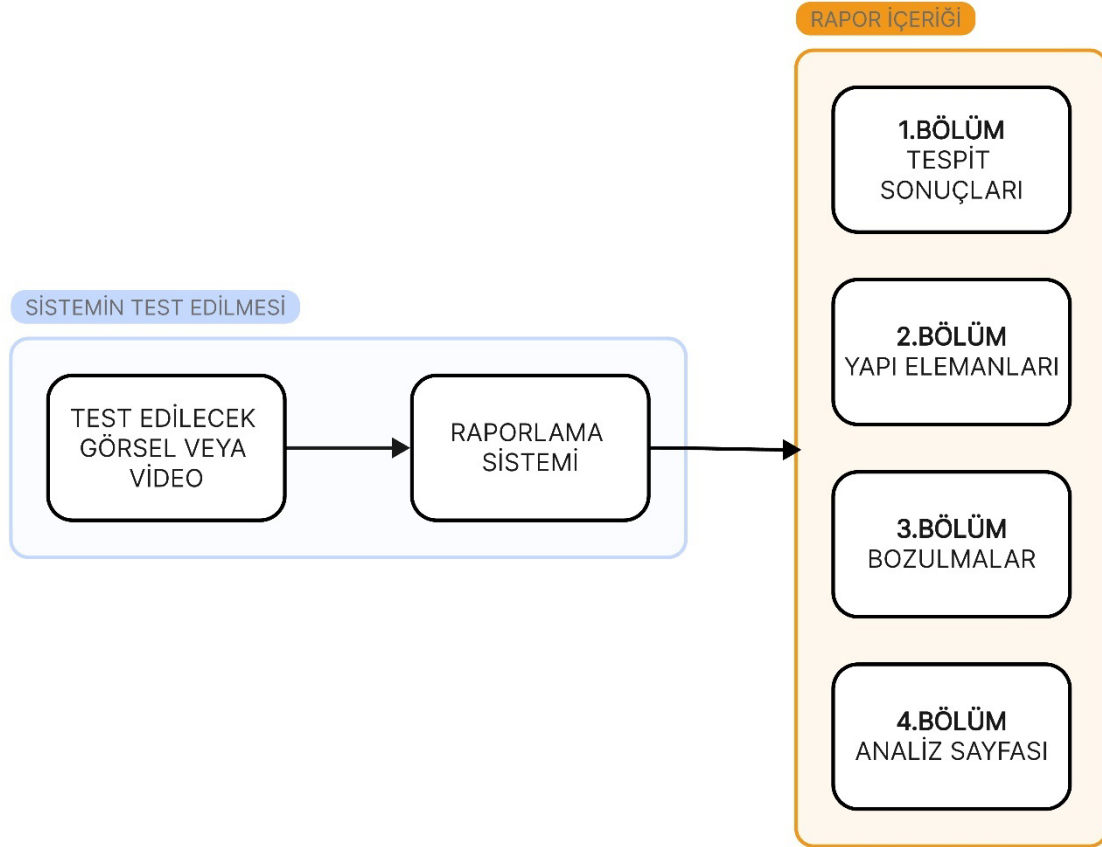
Raporlama ve belgeleme sisteminin geliştirilmesi başlıca üç aşamadan oluşmaktadır: Veri toplama, model üretimi ve raporlama sisteminin oluşturulması. Veri toplama ve model üretimi aşamaları bu çalışmanın önceki bölümlerinde detaylı bir şekilde açıklanmaktadır. Raporlama sisteminin entegrasyonu için, eğitilmiş model Google Colab ortamından indirilerek yerel bilgisayarda Visual Studio Code (VS Code) ortamında geliştirilmeye devam edilecektir. Visual Studio Code, Microsoft tarafından geliştirilen, modern yazılım geliştirme için zengin özellikler ve geniş eklenti desteği sunan güçlü bir kaynak kodu düzenleyicisidir. Ücretsiz ve açık kaynaklı olması, aynı zamanda çok sayıda programlama dilini desteklemesi nedeniyle bu çalışmada tercih edilmiştir (URL-14).



Şekil 6.2. Raporlama ve belgeleme sisteminin çalışma şeması

Raporlama sisteminin işleyiş prensibi, Şekil 5.1’de gösterildiği gibi elde edilen ham verilerin işlenmesine dayanmaktadır. Entegre edilen sistem, bu ham verileri alarak sayılarını, ait

oldukları sınıfları ve sınırlayıcı kutularını (bounding box) düzenler ve sonuçları PDF formatında bir belge olarak oluşturur. Belge oluşturma sürecinde, elde edilen veriler analiz edilerek rapor içeriğine dahil edilir. Bu raporlama sistemine verilen test görsellerinin veya videolarının işlenmesi ve nesne tespiti aşamalarında, önceden eğitilmiş model kullanılmaktadır.



Şekil 6.3. Raporlama ve belgeleme sisteminin içerik şeması

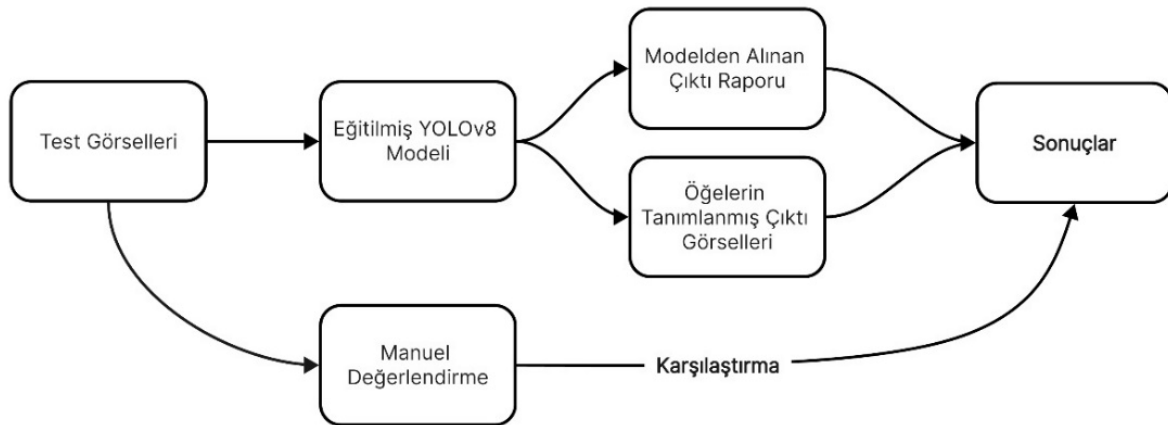
Sonuç raporları dört ana bölümden oluşmaktadır. “Tespit Sonuçları” başlıklı ilk bölümde, algoritmaya girdi olarak verilen orijinal görselin veya videonun bir ekran görüntüsü ve hemen ardından elde edilen tespit sonuçlarını gösteren bir görsel bulunmaktadır. İkinci bölüm “Yapı Elemanları” adını taşımakta ve bu kısımda kapı, pencere gibi tespit edilen mimari elemanlar listelenmektedir. Üçüncü bölüm olan “Bozulma Listesi” ise incelenen görseldeki tespit edilen bozulmaların detaylı bir listesi sunulmaktadır. Raporun son bölümü “Sonuçlar” başlığını taşımaktadır. Bu bölümde elde edilen veriler analiz edilerek, tespit edilen mimari elemanların ve bozulmaların sayısını gösteren bir çubuk grafik ve bozulma türlerinin dağılımını görselleştiren bir daire grafiği yer almaktadır.

Bu bölümlerden sadece ikinci bölüm olan “Yapı Elemanları” ve üçüncü bölüm olan “Bozulma Listesi”, tespit yapılacak görsel veya videodaki çıktıları göre değişmektedir. Örneğin verilen bir video veya görselde yapı elemanına rastlanmaması durumunda raporda bu bölüme yer verilmemektedir. Aynı şekilde herhangi bir bozulma tespit edilmemesi durumunda “Bozulma Listesi” rapordan çıkarılmaktadır.

Sonuçlar bölümünde ise bozulmaların raporları bulunmaktadır. Ancak herhangi bir bozulma tespit edilmemesi durumunda bu bölümde yapı elemanlarını içeren bir analize yer verilmektedir.

6.2. Çıktıların ve Raporların Değerlendirilmesi

Raporlama sisteminin çıktılarının doğruluğunu değerlendirmek amacıyla görseller üzerinde manuel incelemeler veya saha çalışmaları yoluyla bir referans noktası oluşturulmuştur. Bu referans temel alınarak, sisteme verilen görseller üzerinde detaylı incelemeler yapılmış ve raporlama sisteminin ürettiği sonuçlar bu incelemelerle karşılaştırılarak doğruluk oranları tespit edilmiştir.



Şekil 6.4. Raporların değerlendirme sürecini anlatan diyagram



Resim 6.1. İncelenecek ilk görsel

Çalışmanın bu aşamasında iki görsel üzerinden örnek olması amacıyla detaylı bir inceleme yapılacaktır. Diğer görsel ve videolar için toplu bir analiz yapılacaktır. Öncelikle raporlama sistemine sunulan görsel manuel olarak incelenecek daha sonra sistemin sonuçları ve elde edilen rapor verilecektir.

Resim 5.1 incelendiğinde, bir laboratuvarın içinden cepheye doğru bakış açısı görülmektedir. Bu görselin örnek olarak seçilmesinin nedeni, çeşitli mimari elemanları ve bozulmaları içermesidir. Bu nedenle bu görselden elde edilecek veriler, raporlama sisteminin etkinliğini ve doğru çalışıp çalışmadığını göstermesi açısından iyi bir örnek teşkil edecektir.

Fotoğraf mimari elemanlar açısından değerlendirildiğinde bir adet tam olarak görünen pencere ve üç adet kısmi olarak görünen pencere tespit edilmektedir. Bunlara ek olarak, bir adet kapı da kısmen görünmektedir. Görsel detaylı bir incelemeye tabi tutulduğunda, tam olarak görünen pencerenin sol alt köşesinde sıva dökülmesi dikkat çekmektedir. Bu mimari elemanlar ve tespit edilen bozulma dışında, algoritmanın belirlemesi beklenen başka bir unsur bulunmamaktadır.

YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU

Bölüm 1 : Tespit Sonuçları



Orijinal GörSEL



Sonuc GörSeli

Şekil 6.5. İncelenen ilk görselin “Tespit Sonuçları” sayfası

Şekil 6.5'te, Resim 6.1'de bulunan görsel raporlama sistemine verildiğinde çıktı olarak alınan raporun ilk sayfası görülmektedir. İlk sayfa ve birinci bölüm olan “Tespit Sonuçları” sayfasında verilen görselin orijinal hali ve nesne algılama algoritmasından çıkan sonuç görseli alt alta verilmektedir. Bu giriş sayfası tespitlerin doğru yapıp yapılmadığını anlamak için bir ön görseldir. Bu görseller incelenerek raporun doğru tespit yapıp yapmadığına dair bir ön fikir oluşması hedeflenmiştir.

Gelecek çalışmalarda burada bulunan orijinal görsel ve sonuç görseli yerine kaydedilmiş videoların da dahil edilebileceği düşünülmüştür. Ayrıca sonuç görseli üzerinde tespit edilen verilere dair bir özetin de eklenebileceği düşünülmektedir. Böylelikle uzun raporlarda tüm sayfaları incelemeye gerek kalmadan ilk sayfadan genel bir bilgi edinilmesi mümkün olacaktır.

Bu görsel incelendiğinde bahsedilen dört pencere, bir kapı ve bozulmanın tespit edildiği görülmektedir. Ayrıca detaylı bir şekilde incelenmedikçe tespit edilemeyecek olan bozulma bilgisini sistem 0,71 doğruluk oranıyla tespit edebilmiştir. Diğer mimari öğelerin tespit oranları 0,95 ile 0,97 arasında değişmektedir.

Nesne algılama algoritmalarının sunduğu önemli avantajlardan biri de insan gözünün ve algısının ötesine geçebilme yetenekleridir. İnsan algısı çevresel faktörler, dikkat dağılması veya nesnelerin küçük boyutları, düşük kontrastları ya da hızlı hareketleri gibi nedenlerle bazı objeleri gözden kaçırabilmektedir. Ancak uygun şekilde eğitilmiş nesne algılama algoritmaları, insan tarafından fark edilmesi zor olan nesneleri dahi yüksek bir doğrulukla tespit edebilir.

YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU

Bölüm 2 : Yapı Elemanları

GÖRSEL	KOD	AÇIKLAMA
	pencere_01 #1	Ahsap Pencere
	pencere_01 #2	Ahsap Pencere
	pencere_01 #3	Ahsap Pencere
	kapi_02 #1	Öğretim Görevlisi Odası Kapisi
	pencere_01 #4	Ahsap Pencere

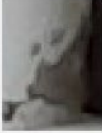
Şekil 6.6. İncelenen ilk görselin “Yapı Elemanları” sayfası

İkinci bölüm olan “Yapı Elemanları” verilen görseldeki algoritmaya tanımlanan kapı ve pencere gibi mimari öğeleri barındırmaktadır. Burada ilk sütunda tespit edilen öğelerin kırılmış fotoğrafları, ikinci sütunda veri toplama aşamasında bu öğelere verilen kodlar bulunmaktadır. Ayrıca kod sütununda tespit edilen nesnelerin sayısı da bulunmaktadır. Son sütun olan açıklama sütununda ise tespit edilen nesnelerin ne olduğuna dair kısa bir bilgi yer almaktadır. Burada yer alan nesne sayma sistemi bilgilendirme amaçlı olup raporun son sayfasında detaylı ve daha okunaklı bir şekilde verilmektedir.

Gelecek aşamalarda, tanımlanabilen yapı elemanı çeşitliliğinin artırılmasıyla daha kapsamlı nesne tespiti mümkün olacaktır. Bu sayede, daha detaylı ve zengin içerikli bir rapor elde edilebileceği öngörülmektedir.

Raporun üçüncü bölümünde ise bozulmaların tablosu yer almaktadır. Verilen görselde sadece bir adet bozulma bilgisi yer alması sebebiyle bu tabloda sadece bir öğe bulunmaktadır. Yapı elemanları sayfasında olduğu gibi burada da kırılmış görsel, kodu ve açıklaması bulunmaktadır.

Birden fazla bozulmanın bulunduğu görsellerde tüm bozulmalar verilen görselden kırılarak rapor tablosuna yerleştirilmektedir. Bu yöntemle bozulmaların tespitinin ve izole bir şekilde görülen bozulmanın daha iyi analiz edilebileceği düşünülmüştür.

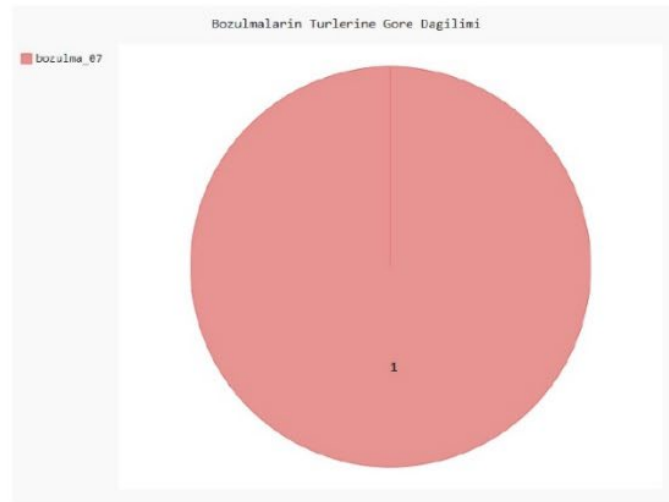
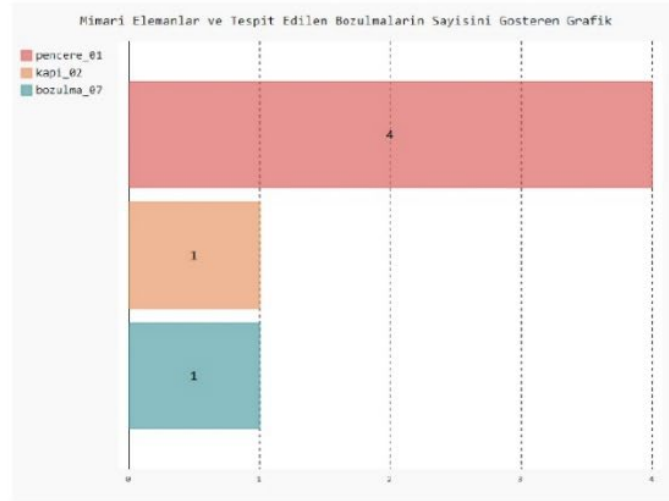
YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU		
Bölüm 3 : Bozulma Listesi		
GÖRSEL	KOD	AÇIKLAMA
	bozulma_07 #1	Duvarda Siva Dökülmesi

Sayfa 3

Şekil 6.7. İncelenen ilk görselin “Bozulma Listesi” sayfası

YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU

Bölüm 4 : Sonuçlar



Şekil 6.8. İncelenen ilk görselin “Sonuçlar” sayfası

Raporun son sayfası “Sonuçlar” olarak geçmektedir. Bu sayfada bulunan tüm mimari elemanların ve bozulmaların nicel olarak bir analizi görülmektedir. Üstte bulunan grafikte verilen görsel veya videoda tespit edilen tüm nesnelerin ve bozulmaların sayısı yer almaktadır. Daire grafiğinde ise bozulmalar kendi içlerinde analiz edilerek hangisinden ne kadar bulunduğu görsel olarak sunulmaktadır. Bu görselde tek bir bozulma olması sebebiyle dairesel grafik tamamen “bozulma_07” olarak kodlanan “Duvarda Sıva Dökülmesi” etiketini göstermektedir.



Resim 6.2. İncelenecek ikinci görsel

İkinci görsel olarak, yoğun bozulmalar içeren ve farklı bozulma türlerini barındıran bir örnek seçilerek sistemin bu tür görüntülerdeki başarısının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Resim 6.2'de sunulan görsel, laboratuvar zeminine ait bir fotoğraftır ve özellikle test amacıyla zemindeki farklı türdeki kusurların yoğunlaştığı bir bölgede çekilmiştir.

YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU

Bölüm 1 : Tespit Sonuçları



Orijinal Görsel



Sonuc Görseli

Şekil 6.9. İncelenen ikinci görselin “Tespit Sonuçları” sayfası

Tespit sonuçları sayfası incelendiğinde bozulmaların genel olarak konumlarıyla tutarlı bir şekilde belirlendiği gözlemlenmektedir. Bununla birlikte, bazı devamlı çatlakların birbirinden ayrı nesneler olarak algılandığı saptanmıştır. Bu durumun kullanılan veri kümesi özelliklerinden, eğitim sürecindeki parametrelerden veya seçilen algoritmanın doğasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Raporda bir adet “bozulma_01” ve beş adet “bozulma_03” tespiti bildirilmesine rağmen, ilgili görselin detaylı incelemesi aslında dört adet "bozulma_03" içerdiğini ortaya koymaktadır.

Bu görselde hedeflenen herhangi bir mimari öge bulunmadığı için “Yapı Elemanları” bölümü atlanmış ve doğrudan “Bozulma Listesi” sayfasına geçilmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında öncelikli olarak sekiz farklı bozulma türünün tespiti amaçlanmaktadır. Ancak ilerleyen süreçte bu tanımlı bozulma kütüphanesi genişletilerek daha fazla sayıda hasar türünün otomatik olarak belirlenmesi mümkün hale gelecektir.

YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU

Bölüm 3 : Bozulma Listesi

GÖRSEL	KOD	AÇIKLAMA
	bozulma_03 #1	Zemin Çatlagı / Hasar Görmüş Derz Bosluklari
	bozulma_03 #2	Zemin Çatlagı / Hasar Görmüş Derz Bosluklari
	bozulma_03 #3	Zemin Çatlagı / Hasar Görmüş Derz Bosluklari
	bozulma_01 #1	Zemin Dolgu Malzemesi (Detay)

Şekil 6.10. İncelenen ikinci görselin “Bozulma Listesi” bölümünün ilk sayfası

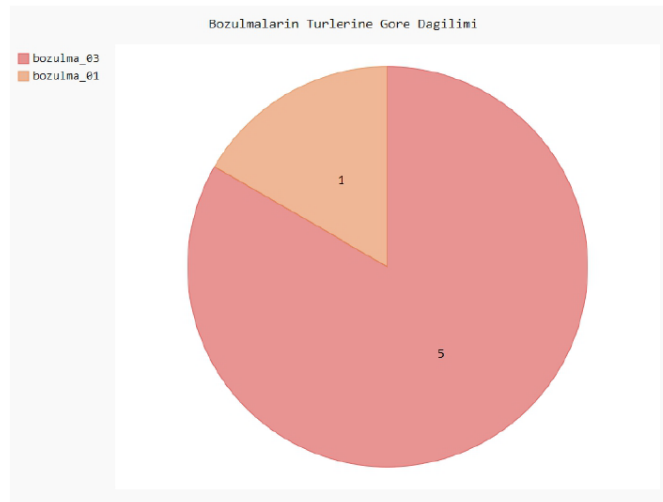
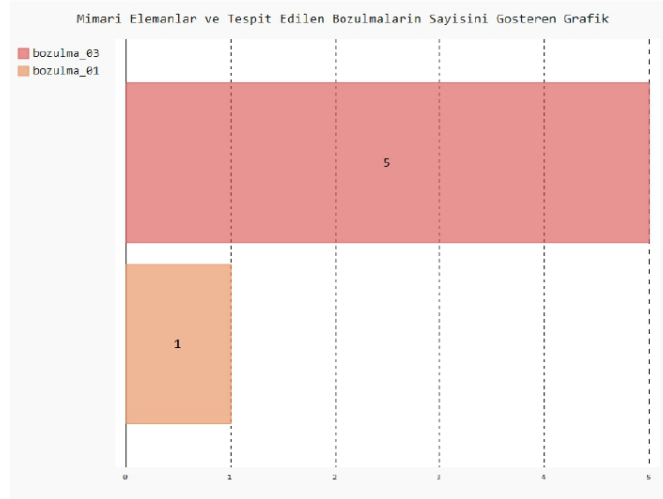
YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU		
	bozulma_03 #4	Zemin Çatlagı / Hasar Görmüş Derz Bosluklari
	bozulma_03 #5	Zemin Çatlagı / Hasar Görmüş Derz Bosluklari

Sayfa 3

Şekil 6.11. İncelenen ikinci görselin “Bozulma Listesi” bölümünün ikinci sayfası

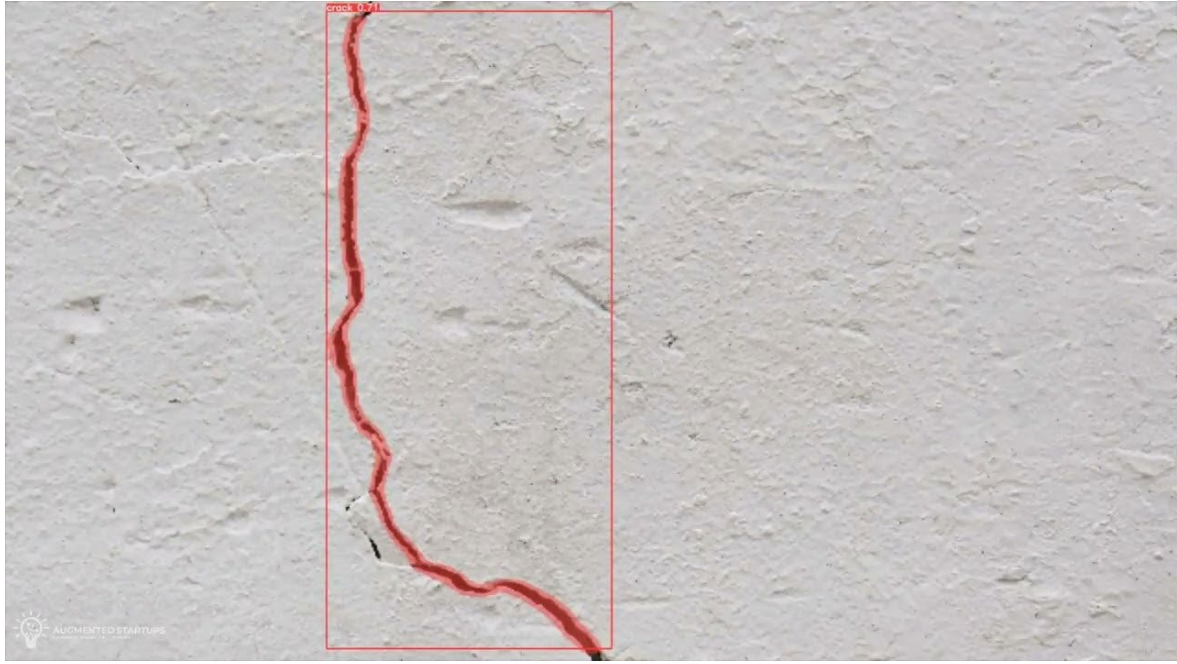
YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU

Bölüm 4 : Sonuçlar



Şekil 6.12. İncelenen ikinci görselin “Sonuçlar” sayfası

Sistemde hasarların bulunmasında nesne tespiti yöntemi kullanılmıştır. Ancak sonuç görsellerinden yola çıkarak, segmentasyon yöntemi ile daha detaylı verilerin elde edilebileceği öngörülmektedir. Hasar tespitinde nesne tespiti, bu çalışmada yapıldığı gibi hasarlı bölgelerin etrafına sınırlayıcı kutular çizerek genel bir lokalizasyon sağlarken segmentasyon, her pikseli hasar türüne göre sınıflandırarak hasarın tam şeklini, boyutunu ve yaygınlığını daha detaylı bir şekilde ortaya koyar.



Şekil 6.13. YOLOv7 Segmentasyonu kullanarak çatlak tespiti (URL-15)

Şekil 6.13’de verilen örnek çalışma incelendiğinde bozulma olan bölgenin maskelenerek sınırlarının net bir şekilde vurgulanması, bu çalışmada kullanılan yöntem ek olarak daha iyi bir analiz imkânı sunabileceği düşünülmektedir. Özellikle karmaşık düzensiz şekilli veya yoğun hasarların analizinde, segmentasyon piksel seviyesindeki sınıflandırması sayesinde daha doğru sınırlar çizmekte, farklı hasar türlerini ayırt etmekte ve hasarlı alanın miktarını tahmin edebilmektedir. Bu detaylı bilgi ile hasarın ciddiyetinin değerlendirilmesi ve uygun müdahale stratejilerinin geliştirilmesi açısından nesne algılamaya kıyasla önemli avantajlar sunar.

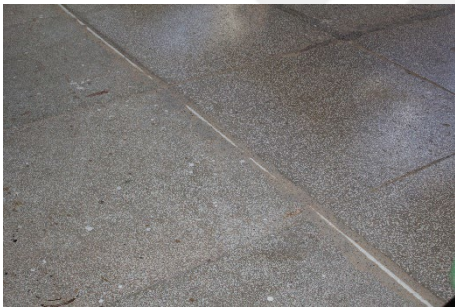
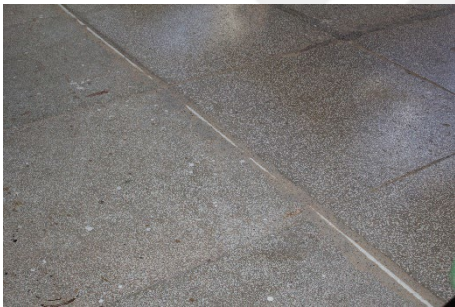
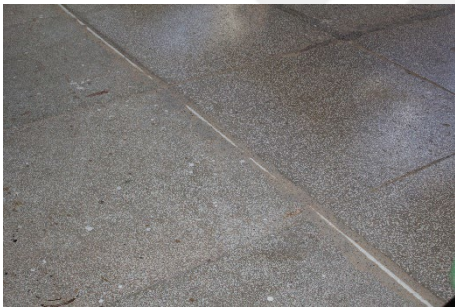
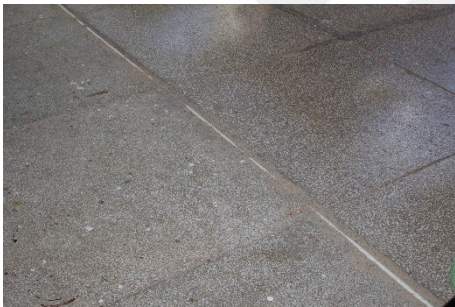
Çizelge 6.1. Sonuçlar

Görsel	İsim ve EK	Manuel yolla tespit edilen öğeler	Raporlama sistemi yoluyla tespit edilen öğeler
	IMG_0083 (EK-5)	pencere_01 (4 Adet) bozulma_07 (3 Adet)	pencere_01 (4 Adet) bozulma_07 (2 Adet)
	IMG_0113 (EK-6)	bozulma_08 (9 Adet)	bozulma_08 (9 Adet)
	IMG_0194 (EK-7)	pencere_01 (2 Adet) pencere_02 (1 Adet) kapi_02 (1 Adet) bozulma_07 (1 Adet)	pencere_01 (2 Adet) pencere_02 (1 Adet) kapi_02 (1 Adet)

Çizelge 6.1. (devam) Sonuçlar

	IMG_0210 (EK-8)	pencere_01 (5 Adet) bozulma_07 (1 Adet)	pencere_01 (5 Adet)
	IMG_0233 (EK-9)	pencere_01 (8 Adet) kapi_01 (1 Adet) bozulma_07 (2 Adet)	pencere_01 (7 Adet) kapi_01 (1 Adet)
	IMG_4688 (EK-10)	pencere_01 (2 Adet) bozulma_06 (1 Adet) bozulma_07 (1 Adet)	pencere_01 (2 Adet) bozulma_06 (1 Adet)

Çizelge 6.1. (devam) Sonuçlar

Tespit ve raporlama sisteminin sonuçları incelendiğinde, mimari elemanlar olan ve veri kümesinde daha fazla görsel kullanılan kapı ve pencere gibi sınıfların tespit oranlarının daha yüksek ve eksiksiz olduğu görülmektedir. Sadece bir durumda çok az görünmesi sebebiyle bir pencerenin tespit edilemediği görülmektedir (Bkz. EK-9).

Bozulmaların tespitinde ise yer yer eksik (Bkz. EK-10) veya aynı olan nesnenin birden fazlaymış gibi tespit edildiği durumlar görülmüştür. Bu durumun dışında nesnenin bir kısmının tespit edilmesi veya önüne bir engel geçmesi halinde aynı nesneymiş gibi tespit yapıldığı görülmektedir (Bkz. EK-11).

Videolar üzerinde yapılan çalışmalarda ise tespit aşamasında herhangi bir problem olmadığı sadece sayma işlemlerinin videoda tespiti istenen nesnelerin başka nesnelerin arkasında

kalması sebebiyle tekrar sayıldığı görülmüştür. Bu durum raporun doğruluk oranını büyük oranda düşürmektedir.

Çalışmanın tüm aşamaları tekrar kurgulanarak düşünüldüğünde bu tür hataların sebepleri veri setindeki görüntülerin çekildiği kameranın kalitesi, yetersiz ışık koşullarında çekim, tespiti istenen nesne için yetersiz veri, etiketleme aşamasında yapılan küçük hatalar veya eğitim sürecinde yapılan hatalar olabilmektedir. Bu tür süreç kaynakları hataların dışında algoritmanın kaynak kodunda yapılabilecek düzeltmeler veya sadece bu işlem için üretilecek bir algoritma yoluyla bu tür problemlerin aşılabileceği düşünülmektedir.

Elde edilen bulguların genel değerlendirmesi, tutarlı sonuçlar üreten, yüksek hızlı tespitler gerçekleştiren ve düşük kaynak tüketimiyle çalışan etkili bir raporlama sisteminin başarıyla oluşturulduğunu göstermektedir. Burada örnek olarak verilen on adet görselin istenen tespit ile raporlama sisteminin sonuçları oranlandığında toplamda 59 nesnenin algılanması istenmiştir. Buna karşılık 51 adet nesne tespit edilmiştir. Bu durumda raporlama ve belgeleme sisteminin yaklaşık 86,44% doğruluk oranıyla çalıştığı görülmektedir.

7. SONUÇ ve ÖNERİLER

Günümüzde mimari mirasın korunmasının önemi giderek artarken, bu durum mevcut koruma yaklaşımlarının da bu değişen ve artan ihtiyaçlara cevap verecek şekilde evrilmesini ve yenilenmesini gerektirmektedir. Geleneksel belgeleme ve koruma yöntemleri yüksek doğruluk oranlarına sahip olmalarına karşın zaman alıcı süreçler ve prosedürler sebebiyle çeşitli problemlere yol açmaktadır. Bu zaman alıcı sürecin bir sonucu olarak artan maliyetler ve yetersiz kaynaklar, yeterince yapının koruma altına alınamamasına sebebiyet vermektedir. Ayrıca korunmaya ve dokümantasyona ihtiyacı olan yapıların ulaşılması zor alanlarda olması veya zor hava koşulları gibi durumlar koruma çalışmalarını olumsuz etkilemektedir. Bu bağlamda çağdaş teknolojik yaklaşımların benimsenmesi ve dokümantasyon süreçlerine entegre edilmesi, bu alanda verimliliği ve etkinliği artırmak adına kritik bir öneme sahiptir.

Yapay zekâ algoritmalarının artan popülaritesi ve çeşitli disiplinlerdeki uygulama alanlarının genişlemesi, bu teknolojilerin bu çalışmada sunulan sorunların üstesinden gelinmesinde etkili bir araç olabileceği düşünülmektedir. Ancak geçmişte olduğu gibi günümüzde de yeni teknolojilerin yaygın bir uygulama haline gelmesi zaman almaktadır. Bu tür sistemlerin geliştirilmesi ve potansiyel hatalarının giderilmesi için çalışmalar gerekmektedir.

Bu sebeple bu çalışmada derin öğrenme ve nesne algılama algoritmaları bir endüstriyel mimari miras yapısı üzerinde kullanılarak tespit ve belgeleme alanına katkı sağlayabilecek bir model üretilmesi ve bu alanda yapılacak gelişmelerde bu yöntemin kullanım olanakları araştırılmıştır. Geliştirilen bu modelin, mimari mirasımızı oluşturan yapıların dijital olarak belgelenmesi sürecini daha hızlı, yüksek doğrulukla ve daha düşük maliyetle gerçekleştirip gerçekleştiremeyeceği test edilmesi amaçlanmıştır. Bu sayede insan kaynaklı hataların, maliyetin ve sorunların azaltılması ve dolayısıyla daha fazla yapının koruma altına alınabilmesi mümkün hale geleceği düşünülmektedir.

Sistemin geliştirilmesi ve test edilmesi amacıyla seçilen Gazi Üniversitesi Merkez Yerleşkesi Teknoloji Fakültesi laboratuvarlarında yapılan saha çalışmaları sonucu tutarlı ve detaylı bir veri seti oluşturulmuş, bu veri seti bir nesne algılama algoritmasını eğitmek için

kullanılmıştır. Buradan elde edilen eğitilmiş model kullanılarak da entegre çalışan bir raporlama sistemi kurgulanmıştır. Üretilen yöntem bir dizi görsel veri ile test edilmiş, geleneksel yollarla elde edilen verilerle karşılaştırılarak yöntemin tutarlılığı ve kullanım olanakları tartışılmıştır.

Çalışmada kullanılan 715 görselin başlangıçta el ile etiketlenmesi önemli bir zaman gerektirmesine karşın bu işlemin bir defaya mahsus olması bu dezavantajı dengelediği düşünülmektedir. Ayrıca bu görsellerin büyük bir bölümünün pencere tespiti amacıyla kullanıldığı göz önünde bulundurulduğunda daha az görsel ile de benzer doğrulukta sonuçlar elde etme potansiyeli bulunmaktadır.

Bu tür sistemlerin performansını daha da iyileştirmek için daha homojen ve tutarlı bir veri setine ihtiyaç duyulmaktadır. Mevcut görüntüleme teknolojileri, kamera sistemleri ve bilgisayar donanımlarının kapasitesi henüz bu tür sistemlerin dokümantasyon alanında yaygın ve tek başına kullanımını kısıtlamaktadır. Ancak görüntüleme teknolojileri ve bilgisayar sistemlerindeki hızlı ilerlemeler sayesinde yakın gelecekte bu ve benzeri sistemlerin mimari mirasın korunması alanında önemli uygulama yenilikleri getireceği düşünülmektedir.

Bununla birlikte bu tür görüntüleme sistemlerinin etkinliği, kaliteli ve tutarlı veri kümelerinin oluşturulmasındaki zorluklar ve evrensel bir veri setinin yokluğu nedeniyle, nesne algılama algoritmalarının genelleme kapasitesi üzerinde önemli sınırlamalar getirmektedir. Görüntü tabanlı analiz sistemlerinin başarısı girdi verisinin kalitesine doğrudan bağlıdır. Düşük çözünürlüklü kameralar yetersiz ışıklandırma veya nesne üzerine gölge düşmesi gibi faktörler, görüntüdeki detayların kaybedilmesine ve dolayısıyla nesne algılama algoritmalarının performansının düşmesine neden olmaktadır.

Dolayısıyla bu çalışmada kullanılan normal kameraların aksine termal kameralar gibi farklı türde görüntüleme araçlarının da bu alanda kullanım olanaklarının araştırılması gerekmektedir.

Bu çalışmada bozulma tespiti için nesne tespiti metodu uygulanmıştır. Ancak ilerleyen analizler, segmentasyon yönteminin potansiyel olarak daha üstün sonuçlar sunabileceğini göstermiştir. Özellikle mimari elemanların nesne tespitiyle belirlenmesi ve bozulmaların ise

segmentasyon aracılığıyla piksel düzeyinde analiz edilmesi, daha tutarlı ve detaylı bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir.

Geliştirilen modelin gelecekteki uygulamaları arasında sahada mobil cihazlar üzerinden anlık tespit ve detaylı belgeleme yapabilmelerini sağlayacak kullanıcı dostu bir mobil uygulama düşünülmüştür. Böyle bir uygulamanın, gerçek zamanlı nesne ve hasar tespiti, konum tabanlı bilgi kaydı, yapı entegrasyonu, özelleştirilebilir not alma imkânı ve merkezi veri tabanı entegrasyonu gibi özellikler sunarak belgeleme süreçlerini hızlandıracak ve veri kalitesini artırabileceği düşünülmektedir. Ayrıca kullanıcıların kolayca etkileşim kurabileceği interaktif bir arayüz geliştirilerek, modelin erişilebilirliği ve kullanım kolaylığının artırılması planlanmış, böylece mimari mirasın korunması çabalarına daha geniş bir katılım sağlanabileceği düşünülmüştür.

Bu çalışma ile nesne algılama ve derin öğrenme tekniklerinin entegrasyonu ile geliştirilen bir modelin, endüstriyel mimari miras yapılarında meydana gelen bozulmaların ve mimari unsurların tespitinde kullanım olanakları araştırılmıştır. Model eğitildiği veri seti ile bozulmaları ve özellikle mimari elemanları yüksek doğruluk oranıyla tespit edebilmekte ve geleneksel yöntemlerin aksine hızlı ve objektif bir raporlama ve dokümantasyon imkânı sunarak mimari mirasın belgelenmesi süreçlerini kısaltabileceği düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- Abed, M. H., Al-Asfoor, M., ve Hussain, Z. M. (2020, Mayıs). *Architectural Heritage Images Classification Using Deep Learning with CNN*. Proceedings of the 2nd International Workshop on Visual Pattern Extraction and Recognition for Cultural Heritage Understanding, 1-12, Bari, İtalya.
- Ahunbay, Z. (2023). *Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon* (17. Baskı). İstanbul: YEM Yayın.
- Akinosho, T. D., Oyedele, L. O., Bilal, M., ve Akinade, O. O. (2020). Deep Learning in the Construction Industry: A Review of Present Status and Future Innovations. *Journal of Building Engineering*, 32(6), 101827.
- Akşam Gazetesi. (1943, 21 Temmuz). *Erkek sanat enstitüsünün temeli atıldı*, 2.
- Alpagut, L. (2005). *Erken Cumhuriyet Dönemi'nde Ankara'daki Eğitim Yapıları*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Arabacıoğlu, F. P., ve Aydemir, I. (2007). Tarihi Çevrelerde Yeniden Değerlendirme Kavramı. *Megaron*, 2(4), 204-212.
- Ararat, M. (2023). *Tarihi Yapılarda Yapay Zekâ Destekli Hasar Tespiti İçin Bir Model Önerisi*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gaziantep.
- Ararat, M., ve Yenice, T. (2020, Şubat). *Tarihi Yapıların Restorasyonunda Yapay Zekâ ve Kullanım Olanakları*. 4. Çukurova Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, 177-187, Adana, Türkiye.
- Baduge, S. K., Thilakarathna, S., Perera, J. S., Arashpour, M., Sharafi, P., Teodosio, B., Shringi, A., ve Mendis, P. (2022). Artificial intelligence and smart vision for building and construction 4.0: Machine and deep learning methods and applications. *Automation in Construction*, 141, 1-26.
- Belém, C., Santos, L., ve Leitão, A. (2019, Haziran). *On the Impact of Machine Learning: Architecture without Architects?* Proceedings of the 18th International Conference CAAD Futures 2019, 274-293, Seul, Güney Kore.
- Bernstein, P. (2022). *Machine Learning Architecture in the Age of Artificial Intelligence*. Birleşik Krallık: RIBA Publishing.
- Brangar, Ş. Y. (2004). *Silahtarağa Elektrik Santrali'nin Korunması ve Yeniden Kullanımına Yönelik Öneriler*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bruno, S., Galantucci, R. A., ve Musicco, A. (2023). Decay Detection in Historic Buildings Through Image-Based Deep Learning. *VITRUVIO - International Journal of Architectural Technology and Sustainability*, 8, 6-17.

- Büyükarslan, B., ve Güney, E. D. (2013). Endüstriyel Miras Yapılarının Yeniden İşlevlendirilme Süreci ve İstanbul Tuz Ambarı Örneği. *Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(2), 31-57.
- Can Bilge, N. A. (2017). *Paul Bonatz'ın Türkiye Yılları*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Carta, S. (Ed.). (2022). *Machine Learning and the City: Applications in Architecture and Urban Design*. Birleşik Krallık: Wiley Blackwell.
- Chen, Y., Wu, Y., Sun, X., Ali, N., ve Zhou, Q. (2023). Digital Documentation and Conservation of Architectural Heritage Information: An Application in Modern Chinese Architecture. *Sustainability*, 15(9), 7276.
- Chu, W., ve Tsai, M. (2012, Haziran). *Visual Pattern Discovery for Architecture Image Classification and Product Image Search*. ICMR '12, 27, 1-8, Hong Kong, Çin.
- Coşgun, N. T. (2022). *Tarihi Yapı Bilgi Modellemesinde Yazılımların Etkisi: Abdal Musa Türbesi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çelik, M. Ö., Hamal, S. N. ve Yakar, İ. (2020). Yersel Lazer Tarama (YLT) Yönteminin Kültürel Mirasın Dokümantasyonunda Kullanımı: Alman Çeşmesi Örneği. *Türkiye LİDAR Dergisi*, 2(1), 15-22.
- Das, S., Dey, A., Pal, A., ve Roy, N. (2015). Applications of Artificial Intelligence in Machine Learning: Review and Prospect. *International Journal of Computer Applications*, 115(9), 31-41.
- De Rautlin de la Roy, E., Recht, T., Zemhari, A., Bourreau, P., ve Mora, L. (2023). Deep Learning Models for Building Window-Openings Detection in Heating Season. *Building and Environment*, 231, 1-13.
- Dönmez, M. A. (2021). *Konutlarda Dönemsel Farklılıkların Tespiti İçin Derin Öğrenme Tabanlı Bir Cephe Analiz Yöntemi: Konya Örneği*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.
- Ercan, Z. C. (2024). *Artificial Intelligence Applications on Urban Quality: Hamburg and Izmir Cases*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Fai, S., Graham, K., Duckworth, T., Wood, N., ve Attar, R. (2011, Ocak). *Building Information Modelling And Heritage Documentation*. XXIII CIPA International Symposium, 1-9, Prag, Çek Cumhuriyeti.
- Fais, S., Casula, G., Cuccuru, F., Ligas, P., ve Bianchi, M. G. (2018). An Innovative Methodology for the Non-Destructive Diagnosis of Architectural Elements of Ancient Historical Buildings. *Scientific Reports*, 8(1), 1-11.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., ve Courville, A. (2016). *Deep Learning*. ABD: MIT Press.

- Gökçe, E. (2017). *Kültür Varlıklarının Rölöve Alımında Mobil Uygulamaların Kullanılabilirliğinin Tespiti*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Grilli, E., Özdemir, E., ve Remondino, F. (2019). Application of Machine and Deep Learning Strategies for the Classification of Heritage Point Clouds. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-4/W18, 447-454.
- Güleç Korumaz, A., Dülgerler, O. N., ve Yakar, M. (2011). Kültürel Mirasın Belgelenmesinde Dijital Yaklaşımlar. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 26(3), 67-83.
- Güner, H. E., ve Tuncer, F. (2018). Paul Bonatz İmzalı Tipolojik Bir Deneme: Kayseri Erkek Sanat Okulu. *Mimarlık Dergisi*, (402), 55-60.
- Hassani, F. (2015). Documentation of Cultural Heritage; Techniques, Potentials and Constraints. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5/W7, 207-214.
- Haton, J. P., ve Haton, M. C. (1991). *Yapay Zekâ* (çev. A. Ekmekçi ve A. Türker). İstanbul: İletişim Yayınları.
- ICOMOS. (1996). Principles for the recording of monuments, groups of buildings and sites. *11th ICOMOS General Assembly in Sofia*.
- İbrahimgil, A. (2018). *Makedonya Üsküp'ün Tarihi Kent Dokusunun İncelenmesi ve Koruma Önerisi*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- İnternet: Types of Artificial Intelligence. URL-1: www.ibm.com/think/topics/artificial-intelligence-types, Son Erişim Tarihi: 02.01.2025
- İnternet: The Complete Guide to Object Detection: An Introduction to Detection in 2024. URL-2: visionplatform.ai/object-detection, Son Erişim Tarihi: 04.01.2025
- İnternet: Ultralytics YOLOv8 - NVIDIA Jetson AI Lab. URL-3: www.jetson-ai-lab.com/tutorial_ultralytics.html, Son Erişim Tarihi: 02.01.2025
- İnternet: Kieser, K. Computer Vision: What, How, Why. URL-4: <https://medium.com/analytics-vidhya/computer-vision-what-how-why-380607f0bd64>, Son Erişim Tarihi: 05.01.2025
- İnternet: Takase, Y. Introducing YoloV8: Operation and comparison to previous versions of the object detection model. URL-5: tech.revcomm.co.jp/yolov8-introduction-en, Son Erişim Tarihi: 24.12.2024
- İnternet: Bir Başkentin Oluşumu: Avusturyalı, Alman ve İsviçreli Mimarların İzleri - Eğitim Kurumları - Gazi Eğitim Enstitüsü, Erkek Teknik Öğretmen Okulu - Goethe-Institut.

- URL-6: <https://www.goethe.de/ins/tr/ank/prj/urs/geb/bil/jun/trindex.htm>, Son Erişim Tarihi:20.12.2024
- İnternet: Erkek Teknik Yüksek Öğretmen Okulu Diploma Töreni - Film Arşivi. URL-7: filmmirasim.ktb.gov.tr/tr/film/erkek-teknik-yksek-retmen-okulu-diploma-treni, Son Erişim Tarihi:15.12.2024
- İnternet: Teknoloji Fakültesi | Gazi Üniversitesi. URL-8: tf.gazi.edu.tr, Son Erişim Tarihi: 20.12.2024
- İnternet: Ağaçışleri Endüstri Mühendisliği Bölümü | Teknoloji Fakültesi | Gazi Üniversitesi. URL-9: tf-aiem.gazi.edu.tr/, Son Erişim Tarihi: 20.01.2025
- İnternet: Google Colaboratory. URL-10: <https://colab.google>, Son Erişim Tarihi:15.11.2024
- İnternet: Roboflow: computer vision tools for developers and enterprises. URL-11: roboflow.com, Son Erişim Tarihi: 21.11.2024
- İnternet: Why the train/validate/test split helps to avoid overfitting-04. URL-12: medium.com/analytics-vidhya/training-neural-networks-for-dummies-04-pt-1-train-validate-test-split-9b1141496c63, Son Erişim Tarihi: 01.11.2024
- İnternet: Understanding Object Detection in Computer Vision. URL-13: www.augmentedstartups.com/blog/understanding-object-detection-in-computer-vision-evolution-methodologies-and-impact, Son Erişim Tarihi: 17.11.2024
- İnternet: Visual Studio Code – Code Editing. Redefined. URL-14: code.visualstudio.com, Son Erişim Tarihi: 17.11.2024
- İnternet: Crack Detection using YOLOv7 Segmentation Demo. URL-15: www.youtube.com/watch?v=7T2TBUIxbyc, Son Erişim Tarihi: 11.03.2025
- İnternet: Jocher, G., Jing, Q., ve Chaurasia, A. Ultralytics YOLO. URL-16: github.com/ultralytics/ultralytics, Son Erişim Tarihi: 24.12.2024
- Jamtsho, Y., Riyamongkol, P., ve Waranusast, R. (2021). Real-Time License Plate Detection for Non-Helmeted Motorcyclist Using YOLO. *ICT Express*, 7(1), 104-109.
- Janiesch, C., Zschech, P. ve Heinrich, K. (2021). Machine learning and deep learning. *Electron Markets*, 31, 685–695.
- Kaşlı, B. (2009). *İstanbul'da Yeniden İşlevlendirilen Korumaya Değer Endüstri Yapıları ve İç Mekân Müdahaleleri: Santralistanbul Örneği*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Khaled Al-Tabeeb, A., ve Ahmed Al-Desouqi, A. (2023). Metaverse in architecture: An approach to documenting and exploring the Egyptian heritage through Metaverse. *Green Building & Construction Economics*, 4(2), 276-295.

- Koza, J. R., Bennett, F. H., Andre, D., ve Keane, M. A. (1996). Automated Design Of Both The Topology And Sizing Of Analog Electrical Circuits Using Genetic Programming. *Artificial Intelligence in Design '96*, 151-170.
- Köksal, T. G., Ahunbay, Z. (2006). İstanbul'daki Endüstri Mirası İçin Koruma ve Yeniden Kullanım Önerileri. *İTÜ DERGİSİ/A, Mimarlık, Planlama, Tasarım*, 5(2), 125-136.
- Köksal, T. G. (2005). *İstanbul'daki Endüstri Mirası İçin Koruma ve Yeniden Kullanım Önerileri*, Yayımlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kuban, D. (1969). Modern Restorasyon İlkeleri Üzerine Yorumlar. *Vakıflar Dergisi*, 8, 341-356.
- Leach, N. (2021). *Architecture in the Age of Artificial Intelligence: An Introduction to AI for Architects* (Birinci Baskı). Birleşik Krallık: Bloomsbury Publishing.
- LeCun, Y., Bengio, Y., ve Hinton, G. (2015). Deep Learning. *Nature*, 521(7553), 436-444.
- Liu, L., Silva, E. A., Wu, C., ve Wang, H. (2017). A Machine Learning-Based Method for the Large-Scale Evaluation of the Qualities of the Urban Environment. *Computers, Environment and Urban Systems*, 65, 113-125.
- Llomas, J., M. Lerones, P., Medina, R., Zalama, E., ve Gómez-García-Bermejo, J. (2017). Classification of Architectural Heritage Images Using Deep Learning Techniques. *Applied Sciences*, 7(10), 992.
- Matrone, F., Grilli, E., Martini, M., Paolanti, M., Pierdicca, R., ve Remondino, F. (2020). Comparing Machine and Deep Learning Methods for Large 3D Heritage Semantic Segmentation. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(9), 535.
- McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., ve Shannon, C. E. (1956). A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence. *AI Magazine*, 27(4), 12.
- Mishra, M., ve Lourenço, P. B. (2024). Artificial Intelligence-Assisted Visual Inspection for Cultural Heritage: State-of-the-art Review. *Journal of Cultural Heritage*, 66, 536-550.
- Mitchell, T. M. (1997). *Machine Learning*. ABD: McGraw-Hill Education.
- Mnih, V., ve Hinton, G. (2012, Haziran). *Learning to Label Aerial Images from Noisy Data*. Proceedings of the 29th International Conference on Machine Learning, Edinburgh, İskoçya, Birleşik Krallık.
- Moosakhanian, A., ve Sridhar, S. B. (2021). *Pedestrian Intent Prediction Using Deep Machine Learning*, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Chalmers University of Technology Department of Electrical Engineering, İsveç.
- Moropoulou, A. I., ve Labropoulos, K. C. (2015). Non-Destructive Testing for Assessing Structural Damage and Interventions Effectiveness for Built Cultural Heritage

Protection. *Human-Computer Interaction: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*, 178-229.

Moropoulou, A., Apostolopoulou, M., Moundoulas, P., Karoglou, M., Delegou, E., Lampropoulos, K., Gritsopoulou, M., ve Bakolas, A. (2015, Mayıs). *The Combination of NDTs for the Diagnostic Study of Historical Buildings: The Case of Kaisariani Monastery*. Proceedings of the 5th International Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering (COMPDYN 2015), 2321-2336, Yunanistan.

Moropoulou, A., Avdelidis, N. P., Kouli, M., Delegou, E. T., ve Tsiourva, T. (2001, Eylül). *Infrared Thermographic Assessment of Materials and Techniques for the Protection of Cultural Heritage*. SPIE Proceedings, 4548, Wuhan, Çin.

New Scientist. (2021). *Düşünen Makineler: Yaklaşan Yapay Zekâ Çağı ve İnsanlığın Geleceği* (çev. S. Öksüz). İstanbul: Say Yayınları. (Eserin orijinali 2017'de yayımlandı).

Nilsson, N. J. (1998). *Artificial Intelligence: A New Synthesis*. ABD: Morgan Kaufmann.

Oses, N., Dornaika, F., ve Moujahid, A. (2014). Image-Based Delineation and Classification of Built Heritage Masonry. *Remote Sensing*, 6(3), 1863-1889.

Öner, Ö. C., ve Kutlu, H. G. (2015). *Mimari Restorasyon Projelerinin Uygulama Sürecindeki Zorlukları: Konak Kemeraltı'nda Tarihi Bir Yapı Örneği*. 5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 479-491, İzmir.

Özgenel, Ç. F. (2018). *Crack Detection with Deep Learning: An Exemplary Study of Data Design in Architecture*, Yayımlanmamış Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Palma, V. (2019). Towards Deep Learning for Architecture: A Monument Recognition Mobile App. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W9, 551-556.

Quintero, M. S., Blake, B., ve Eppich, R. (2007) Conservation of Architectural Heritage: The Role of Digital Documentation Tools: The Need for Appropriate Teaching Material. *International Journal of Architectural Computing*, 5(2), 239-253.

Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., ve Farhadi, A. (2016, Haziran). *You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection*. 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 779-788, Las Vegas, ABD.

Russell, S., ve Norvig, P. (2010). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (Üçüncü Baskı). ABD: Prentice Hall.

Samuel, A. L. (1959). Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers. *IBM Journal of Research and Development*, 3(3), 210-229.

- Saner, M. (2012). Endüstri Mirası: Kavramlar, Kurumlar ve Türkiye'deki Yaklaşımlar. *Planlama*, 2012/1-2(52), 53-66.
- Sarker, I. H. (2022). AI-Based Modeling: Techniques, Applications and Research Issues Towards Automation, Intelligent and Smart Systems. *SN Computer Science*, 3(2), 1-20.
- Say, C. (2018). *50 Soruda Yapay Zekâ* (Yedinci Baskı). İstanbul: Yedi Renk Basım.
- Seeniselvi, T., ve Nirmala, M. (2019). A Survey on Data Preparation and Feature Engineering in Machine Learning. *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)*, 8(5), 191-198.
- Sezen, G., Çakır, M., Atik, M. E., ve Duran, Z. (2022). Deep Learning-Based Door and Window Detection from Building Facade. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLIII-B4-2022, 315-320.
- Shalunts, G., Haxhimusa, Y., ve Sablatnig, R. (2011, Eylül). *Architectural Style Classification of Building Facade Windows*. Advances in Visual Computing, 6939, 280-289, Las Vegas, ABD.
- Sun, Y., Bo, L., ve Fox, D. (2013, Mayıs). *Attribute Based Object Identification*. 2013 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2096-2103, Karlsruhe, Almanya.
- Şimşek, E. (2006). *Endüstri Yapılarının Kültürel Miras Olarak İrdelenmesi ve Değerlendirilmesi: İzmir Liman Arkası Bölgesi Örneği*, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- T.C. Başbakanlık Cumhuriyet Arşivi. (1928, 28 Mayıs). *Ankara'da inşa edilecek politeknik okulları binalarının projelerinin Omar Boiz'e düzenlettirilmesi*, 30-18-1-1 / 29 - 34 - 15.
- T.C. Başbakanlık Cumhuriyet Arşivi. (1938, 19 Ocak). *Ankara'da inşasına karar verilen Yüksek Teknik Okulu için ayrılan arsaya dair Kültür Bakanlığı'nın yazısı*, 30-10-0-0 / 142 - 13 - 10.
- T.C. Başbakanlık Cumhuriyet Arşivi. (1943, 11 Ekim). *Alman uyruklu Prof. Paul Bonatz'ın Ankara Yüksek Teknik Okulu ile Teknik öğretimin yeni inşaat ve öğretim işlerinde çalıştırılmasına izin verilmesi*, 30-18-1-2 / 103 - 74 - 9.
- T.C. Başbakanlık Cumhuriyet Arşivi. (1944, 7 Temmuz). *Yüksek Teknik Okul Projelerinin mimari ve estetik özelliklerini kontrol eden Sedat Hakkı Eldem ve Emin Onat'ın ücretleri*, 30-18-1-2 / 105 - 48 - 4.
- T.C. Resmî Gazete. (1943, 17 Eylül). *Ankara'da bir Fen Fakültesi kurulması hakkında kanun* (Sayı: 5514), 721-722.

- Tekin Sümer, Ş. (2022). *Mimari Belgeleme Yöntemlerinin Kıyaslanması: Konya-Sille Aya Elena Kilisesi Örneği Üzerinde Uygulanması ve Değerlendirilmesi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tellioğlu, S., ve Satıcı, B. (2023). Tarihi Yapılarda Restorasyon Tekniklerine Göre Uygulanacak Malzemelerin Belirlenmesi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 6(1), 37-49.
- Terven, J., ve Córdova-Esparza, D. (2023). A Comprehensive Review of YOLO Architectures in Computer Vision: from YOLOv1 to YOLOv8 and YOLO-NAS. *Machine Learning and Knowledge Extraction*, 5(4), 1680-1716.
- Turing, A. M. (1950). Computing Machinery and Intelligence. *Mind*, 59(236), 433-460.
- Uslu, A., ve Uysal, M. (2023). Mimari Mirasın Fotogrametri Tekniği ile 3B Modellenmesi ve WebGL Tabanlı Görselleştirilmesi: Çinili Çeşme Örneği. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 5(2), 74-81.
- Viollet-le-Duc, E. E. (2019). *Restorasyon Üzerine* (çev. A. Tümertekin ve K. Tümertekin) (Birinci Baskı). İstanbul: Janus Yayıncılık.
- Wang, C., Bochkovskiy, A., ve Liao, H. M. (2023). YOLOv7: Trainable Bag-of-Freebies Sets New State-of-the-Art for Real-Time Object Detectors. *2023 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 1-15.
- Yuan, P. F., Xie, M., Leach, N., Yao, J., ve Wang, X. (Editörler) (2020). *Architectural Intelligence: Selected Papers from the 1st International Conference on Computational Design and Robotic Fabrication (CDRF 2019)*. Springer.
- Yurtsever, A. (2023). Documentation of Cultural Heritage with Technology: Evaluation Through Some Architectural Documentation Examples and Brief Looking at AI (Artificial Intelligence). *Cultural Heritage and Science*, 4(1), 31-39.
- Zang, Y., Li, W., Han, J., Zhou, K., ve Loy, C. C. (2024). Contextual Object Detection with Multimodal Large Language Models. *International Journal of Computer Vision*, 133, 825-843.
- Zhang, K., ve Cheng, H. (2023). *Deep Learning for Crack-like Object Detection* (Birinci Baskı). ABD: CRC Press.
- Zhang, T., Li, J., Jiang, Y., Zeng, M., ve Pang, M. (2022). Position Detection of Doors and Windows Based on DSPP-YOLO. *Applied Sciences*, 12(21), 10770.
- Zou, Z., Chen, K., Shi, Z., Guo, Y., ve Ye, J. (2023). Object Detection in 20 Years: A Survey. *Proceedings of the IEEE*, 111(3), 257-276.



EKLER

EK-1. Kültür Bakanlığı yazısı

TÜRKİYE CUMHURİYETİ KÜLTÜR BAKANLIĞI Ertik ve Teknik �ğretim Genel Direktörlüğü	T. C. BAŞBAKANLIK CUMHURİYET ARŐIVI	Ankara; 19. Kültür 1938 �zet: Politeknik H.
Sayı: 721/27	138 30	

Başbakanlık Yüksek Orununa

Ankara'da inşasına 1928 yılında karar verilen Yüksek Teknik Okulu için Gazi Terbiye Enstitüsü civarında Bakanlığımızca geniş bir erazi istiml k edilerek okulun plânları bu arsaya göre hazırlanmıőtı

Sonradan őehrin, Profesör H. Yansen tarafından yapılan pl nına göre Yüksek okullar için Yeniőehir ile Cebeci arasında fidanlığa mücavir saha ayrılmış olduğundan Yüksek Teknik Okulunun da bu saha dahilinde inşası l zımgeldiği adı geçen Profesörün bu husus-taki yazısına atfen Ankara Belediye Reisliğince Bakanlığımıza bildirilmiőtir.

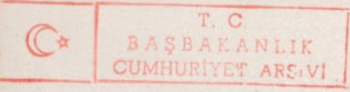
Yüksek Teknik Okulu için sözü geçen yerde gösterilen sahanın őahıslar elinde bulunmakta olmasından istiml k muamelesinin çok uzun sürmesi, için gecikmesine sebebiyet verebileceği gibi b t geye de büyük bir istiml k masrafı yüklemiő olacaktır.

Bakanlığımızın elinde, geniş ve Yüksek Teknik Okulunun inşasına her suretle müsait hazır bir arsa varken diğer bir arsa istiml ki Bakanlığımızca doğru görülmemektedir.

Bu sebeple Yüksek Teknik Okulunun Gazi Terbiye Enstitüsü civarında-ki arsada inşası için gereğinin yapılması hakkında l zımgelen mua-melenin ifasına izinlerini arz ile derin saygılarımı sunarım.

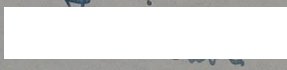
Şekil 1.1. 19/01/1938 tarihli "Ankara'da inşasına karar verilen Yüksek Teknik Okulu için ayrılan arsaya dair Kültür Bakanlığı'nın yazısı." (30-10-0-0 / 142 - 13 - 10)

EK-2. Omar Boiz ile ilgili karar

		
Türkiye Cumhuriyeti Başvekâlet Muamelât Müdiriyyeti		
Aded 6680	Kararnâme	
Ankara'da inşa idilecek Teknikomla politeknik Mekteblerinin avan projelerini tanzim etmek üzere memleketimize celb idilen mösyö "Omar Boiz" tarafından inşâat plânlarını ihzar etmek için inşâat bedelinin $\frac{11}{4}$ di ve techizat bedelinin yüzde ikisi talep edilmiş ve taleb-i vâki' beyne'l-milell te'âmüle muvâfık olduğu profesör Mösyö Eğil ile Vekâlet inşâat komisyonunca icra idilen tedkikat neticesinde anlaşılmış olduğundan teferru'ât plânları da dâhil şartıyla mezkûr binalara âid umûm projelerin mumâ-ileyhe tanzim itdirilmesi, ma'ârif Vekâleti Cellesinin 2 Mayıs 928 tarih ve 12830/1568 numrolu tezkiresiyle vukû'bulan teklifi üzerine İcra Vekilleri Hey'etinin 28 Mayıs 928 tarihli ictimâ'ında tasvîb ve kabûl olunmuştur.		
		28 Mayıs 928
		Reisicumhur Gazi M. Kemâl
Başvekîl İsmet	Adliyye Vekîli M. Esad	Müdâfa'a-i Milliyye Vekîli M. Abdülhalik
Dahiliyye Vekîli Ş. Kaya	Hariciyye Vekîli Dr. T. Rüşdi	Maliyye Vekîli S. Şükri
Ma'ârif Vekîli M. Necati	Nafı'a Vekîli Behic İmzada bulunmadı	İktisad Vekîli M. Rahmi
Sıh. ve Muav. İct. Vekîli Dr. Refik		

Şekil 2.1. 28/05/1928 tarihli "Ankara'da inşa edilecek politeknik okulları binalarının projelerinin Omar Boiz'e düzenletirilmesi." konulu belge. (30-18-1-1 / 29 - 34 - 15)

EK-3. Emin Onat ve Sedat Hakkı Eldem'in ücretleri konulu belge

T. C. B A Ş V E K Ä L E T MUAMELÄT UMUM MÜDÜRLÜĞÜ Kararlar Müdürlüğü Karar sayısı 3	Kararname	 T. C. BAŞBAKANLIK CUMHURİYET ARŞİVİ
1160		
Ankara'da yaptırılacak Yüksek Teknik Okulu binası için hazırlanan projelerin estetik ve mimarî cihetlerinin kontrolü işinde muayyen mesai saatleri dışında 1/6/1943 tarihinden 1/3/1944 tarihine kadar geliştirilmiş olan İstanbul Yüksek Mühendis Okulu Profesörlerinden Emin Onat'la Güzel Sanatlar Akademisi profesörlerinden Sedat Hakkı Eldem'e beşer bin lira ücret verilmesi; Maarif Vekillığının 27/1/1944 tarihli ve 2468 sayılı tezkeresiyle yapılan teklifi ve Maliye Vekillığının 13/4/1944 tarihli ve 1329-II3/1801 sayılı mütalâanamesi üzerine, 3656 sayılı kanunun 22 inci maddesi hükmüne tevfikân, İcra Vekilleri Heyetince 7/7/1944 tarihinde kabul olunmuştur.		
REİSİCUMHUR		
		
Bş. V.ve Ha.V.V. Ad. V.	M. M. V.	Da. V.
Ha. V.		
		
080 18 01 92 105 48 4		

Şekil 3.1. 07/07/1944 tarihli “Yüksek Teknik Okul Projelerinin mimari ve estetik özelliklerini kontrol eden Sedat Hakkı Eldem ve Emin Onat’ın ücretleri” konulu belge. (30-18-1-2 / 105 - 48 - 4)

EK-4. Paul Bonatz'a izin verilmesi konulu belge

T. C. BASVEKALET KARARLAR DAİRESİ MÜDÜRLÜĞÜ Karar sayısı 2	Kararname	T. C. BASBAKANLIK CUMHURİYET ARŞİVİ
20724		
Alman tebaasından ve Almanya'nın Stuttgart Yüksek Teknik okulu profesörlerinden Paul Bonatz'ın Ankara'da teisis edilecek Yüksek Teknik okulu inşaatı ile Teknik Öğretimin bilumum yeni inşaat ve tedrisatı işlerinde 15/9/1943 tarihinden itibaren çalıştırılmasına izin verilmesi; Dahiliye Vekilliğinin muvafakatına atfen Maarif Vekilliğinin 21/9/1943 tarihli ve 15968 sayılı tezkeresiyle yapılan teklifi üzerine, 2007 sayılı kanunun 2 inci maddesinin B fıkrasına tevfi kan İcra Vekilleri Heyetince 11 Ekim 1943 tarihinde kabul olunmuştur.		
REİSİCUMHUR		
		
Bş. V.	Ad. V.	M. M. V.
Da. V.	Ha. V.	

Şekil 4.1. 11/10/1943 tarihli “Alman uyruklu Prof. Paul Bonatz'ın Ankara Yüksek Teknik Okulu ile Teknik öğretimin yeni inşaat ve öğretim işlerinde çalıştırılmasına izin verilmesi.” konulu belge (30-18-1-2 / 103 - 74 - 9)

EK-5. IMG_0083 rapor sonuçları

YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU

Bölüm 1 : Tespit Sonuçları



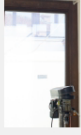
Orijinal Görsel



Sonuc Görseli

EK-5. (devam) IMG_0083 rapor sonuçları

YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU**Bölüm 2 : Yapi Elemanlari**

GÖRSEL	KOD	AÇIKLAMA
	pencere_01 #1	Ahsap Pencere
	pencere_01 #2	Ahsap Pencere
	pencere_01 #3	Ahsap Pencere
	pencere_01 #4	Ahsap Pencere

EK-5. (devam) IMG_0083 rapor sonuçları

YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU

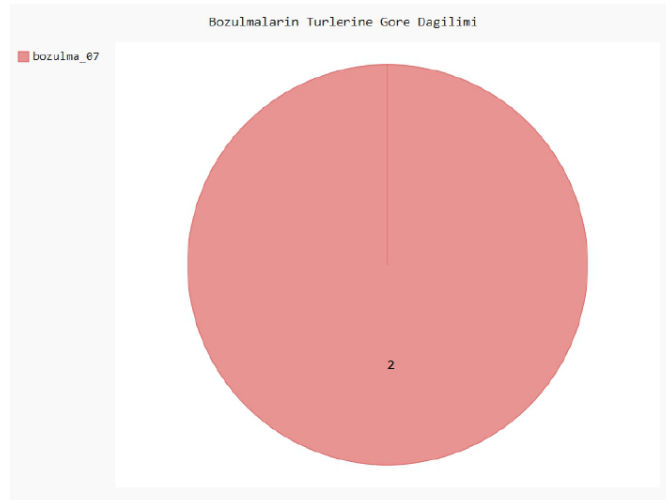
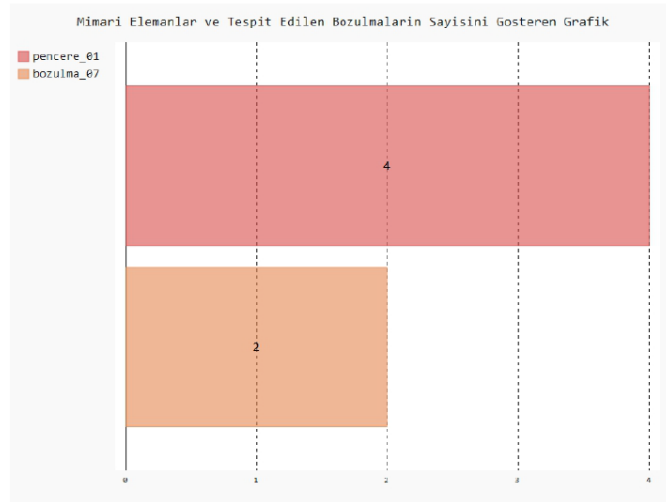
Bölüm 3 : Bozulma Listesi

GÖRSEL	KOD	AÇIKLAMA
	bozulma_07 #1	Duvarda Siva Dökülmesi
	bozulma_07 #2	Duvarda Siva Dökülmesi

EK-5. (devam) IMG_0083 rapor sonuçları

YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU

Bölüm 4 : Sonuçlar



EK-6. IMG_0113 rapor sonuçları

YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU

Bölüm 1 : Tespit Sonuçları



Orijinal Görşel

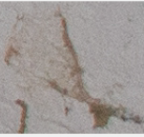
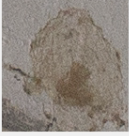


Sonuc Görşeli

EK-6. (devam) IMG_0113 rapor sonuçları

YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU

Bölüm 3 : Bozulma Listesi

GÖRSEL	KOD	AÇIKLAMA
	bozulma_08 #1	Duvarda Siva Dökülmesi
	bozulma_08 #2	Duvarda Siva Dökülmesi
	bozulma_08 #3	Duvarda Siva Dökülmesi
	bozulma_08 #4	Duvarda Siva Dökülmesi
	bozulma_08 #5	Duvarda Siva Dökülmesi
	bozulma_08 #6	Duvarda Siva Dökülmesi
	bozulma_08 #7	Duvarda Siva Dökülmesi

EK-6. (devam) IMG_0113 rapor sonuçları

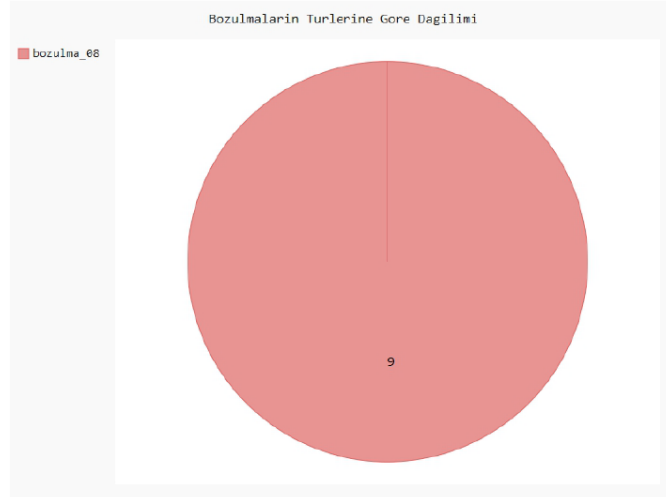
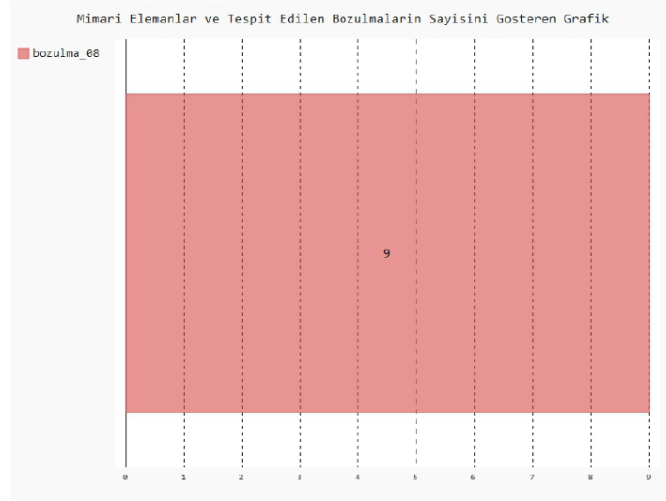
YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU

	bozulma_08 #8	Duvarda Siva Dökülmesi
	bozulma_08 #9	Duvarda Siva Dökülmesi

EK-6. (devam) IMG_0113 rapor sonuçları

YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU

Bölüm 4 : Sonuçlar



EK-7. IMG_0194 rapor sonuçları

YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU

Bölüm 1 : Tespit Sonuçları



Orijinal Görsel

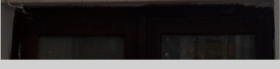


Sonuc Görseli

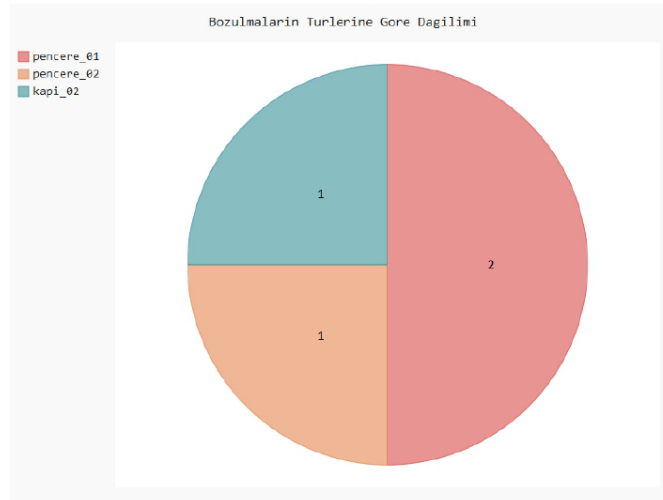
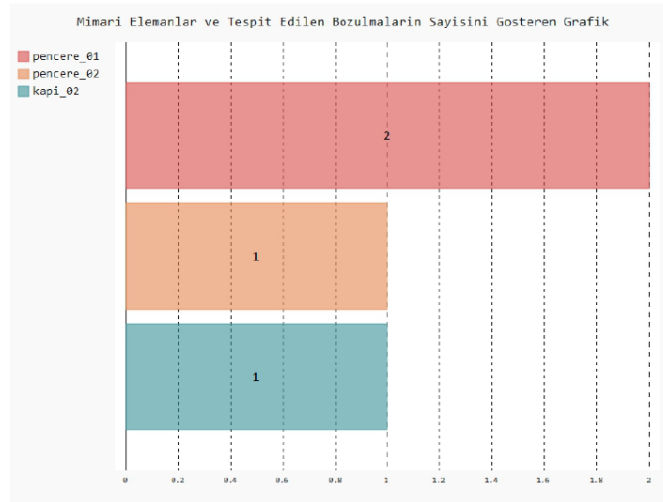
EK-7. (devam) IMG_0194 rapor sonuçları

YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU

Bölüm 2 : Yapi Elemanlari

GÖRSEL	KOD	AÇIKLAMA
	pencere_01 #1	Ahsap Pencere
	pencere_02 #1	Ahsap Pencere
	pencere_01 #2	Ahsap Pencere
	kapi_02 #1	Öğretim Görevlisi Odası Kapisi

EK-7. (devam) IMG_0194 rapor sonuçları

YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU**Bölüm 4 : Sonuçlar**

EK-8. IMG_0210 rapor sonuçları

YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU

Bölüm 1 : Tespit Sonuçları



Orijinal Görşel



Sonuc Görşeli

EK-8. (devam) IMG_0210 rapor sonuçları

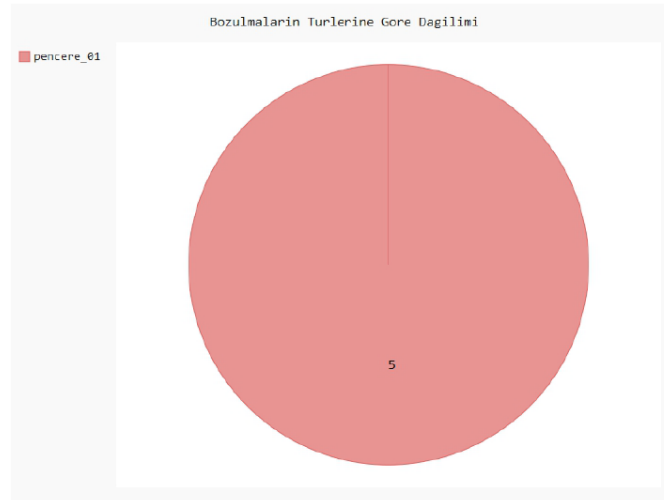
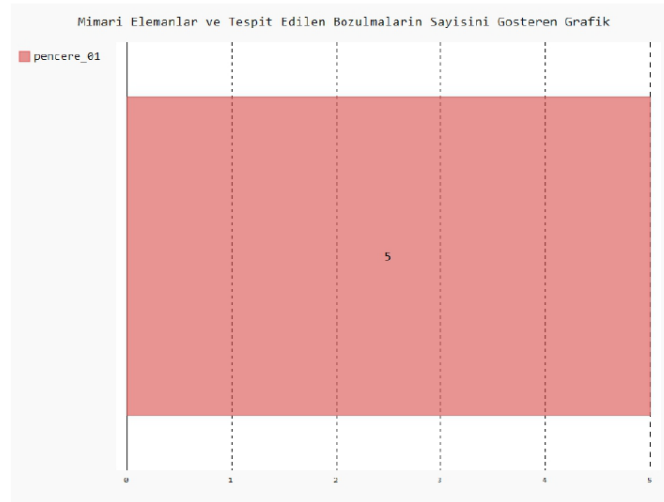
YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU**Bölüm 2 : Yapi Elemanlari**

GÖRSEL	KOD	AÇIKLAMA
	pencere_01 #1	Ahsap Pencere
	pencere_01 #2	Ahsap Pencere
	pencere_01 #3	Ahsap Pencere
	pencere_01 #4	Ahsap Pencere
	pencere_01 #5	Ahsap Pencere

EK-8. (devam) IMG_0210 rapor sonuçları

YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU

Bölüm 4 : Sonuçlar



EK-9. IMG_0233 rapor sonuçları

YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU

Bölüm 1 : Tespit Sonuçları



Orijinal Görşel



Sonuc Görşeli

EK-9. (devam) IMG_0233 rapor sonuçları

YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU

Bölüm 2 : Yapi Elemanlari

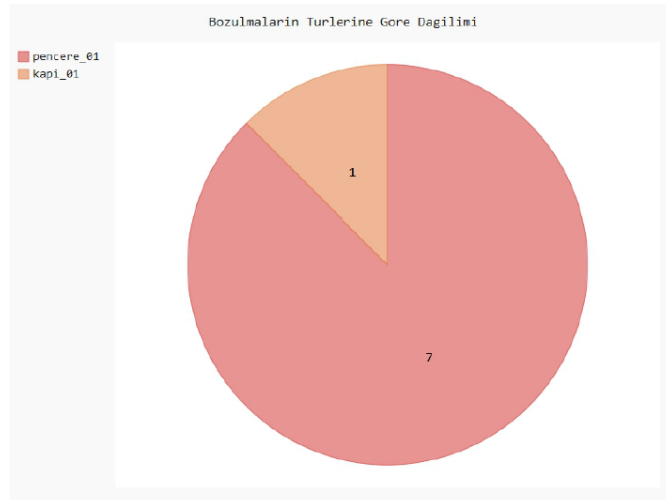
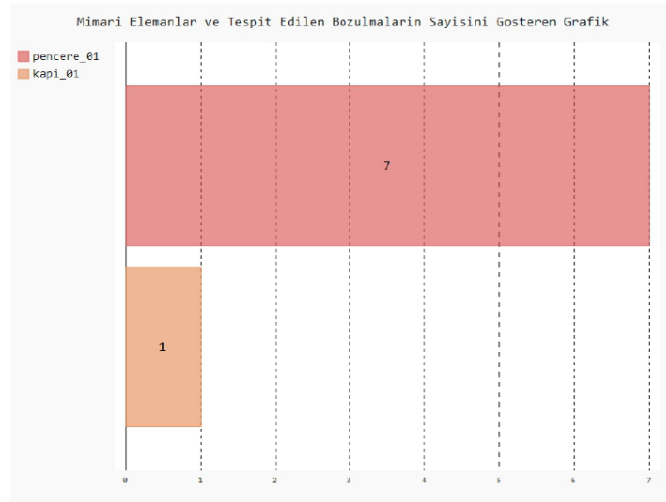
GÖRSEL	KOD	AÇIKLAMA
	pencere_01 #1	Ahsap Pencere
	pencere_01 #2	Ahsap Pencere
	pencere_01 #3	Ahsap Pencere
	kapi_01 #1	Giris Kapisi
	pencere_01 #4	Ahsap Pencere
	pencere_01 #5	Ahsap Pencere
	pencere_01 #6	Ahsap Pencere

EK-9. (devam) IMG_0233 rapor sonuçları

YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU

	pencere_01 #7	Ahsap Pencere
---	---------------	---------------

EK-9. (devam) IMG_0233 rapor sonuçları

YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU**Bölüm 4 : Sonuçlar**

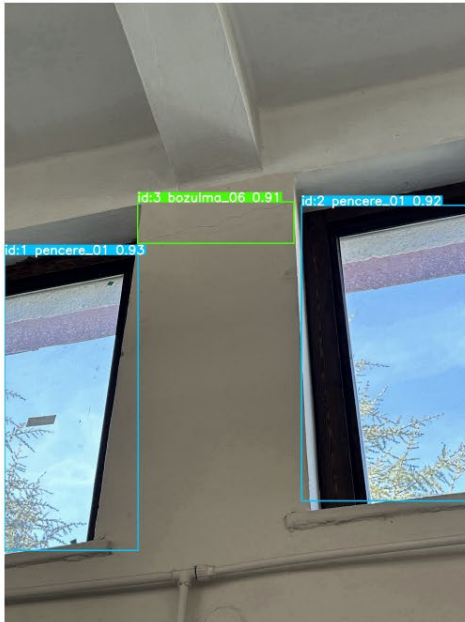
EK-10. IMG_4688 rapor sonuçları

YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU

Bölüm 1 : Tespit Sonuçları



Orijinal Görsel

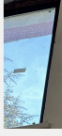


Sonuc Görseli

EK-10. (devam) IMG_4688 rapor sonuçları

YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU

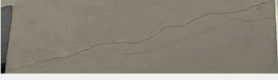
Bölüm 2 : Yapi Elemanlari

GÖRSEL	KOD	AÇIKLAMA
	pencere_01 #1	Ahsap Pencere
	pencere_01 #2	Ahsap Pencere

EK-10. (devam) IMG_4688 rapor sonuçları

YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU

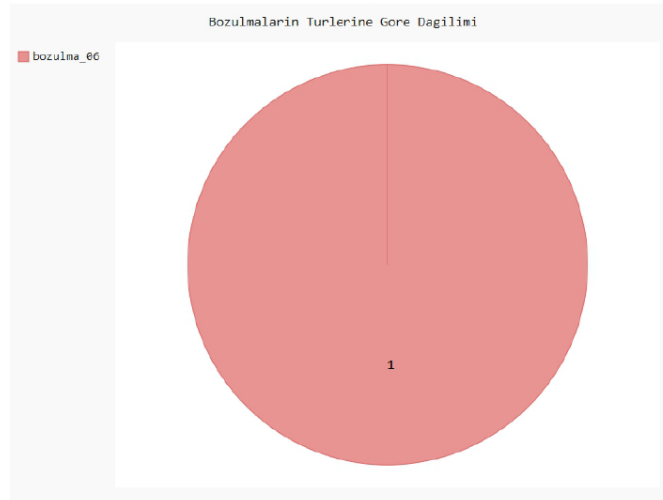
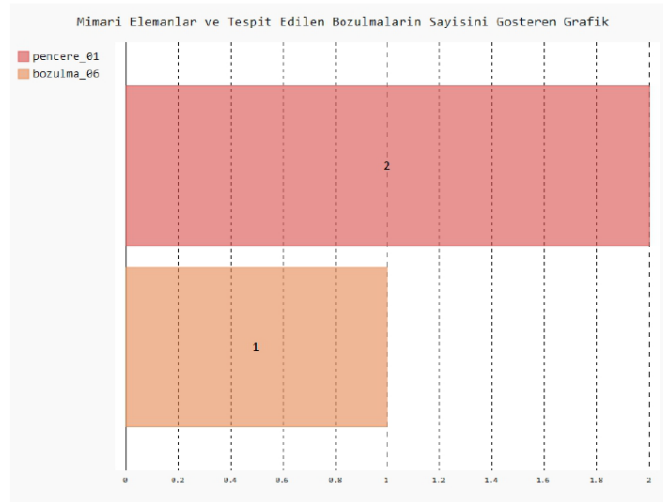
Bölüm 3 : Bozulma Listesi

GÖRSEL	KOD	AÇIKLAMA
	bozulma_06 #1	Duvarda Siva Çatlagi

EK-10. (devam) IMG_4688 rapor sonuçları

YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU

Bölüm 4 : Sonuçlar



EK-11. IMG_4675 rapor sonuçları

YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU

Bölüm 1 : Tespit Sonuçları



Orijinal GörSEL



Sonuc GörSeli

EK-11. (devam) IMG_4675 rapor sonuçları

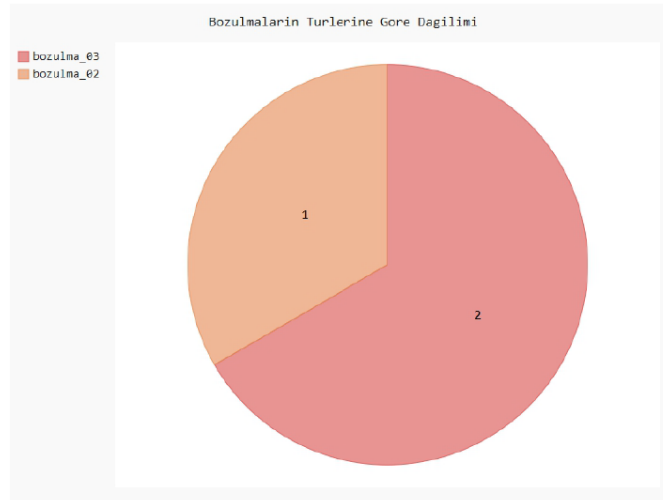
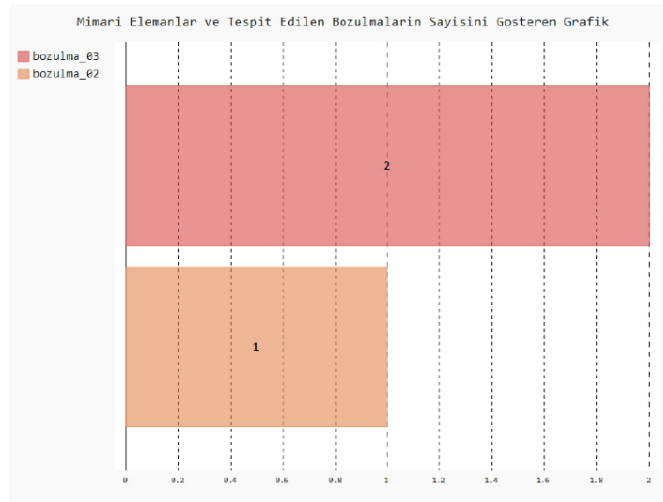
YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU**Bölüm 3 : Bozulma Listesi**

GÖRSEL	KOD	AÇIKLAMA
	bozulma_03 #1	Zemin Çatlagi / Hasar Görmüş Derz Bosluklari
	bozulma_03 #2	Zemin Çatlagi / Hasar Görmüş Derz Bosluklari
	bozulma_02 #1	Zeminde Beton Dolgu / Tadilat

EK-11. (devam) IMG_4675 rapor sonuçları

YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU

Bölüm 4 : Sonuçlar



EK-12. IMG_0093 rapor sonuçları

YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU

Bölüm 1 : Tespit Sonuçları



Orijinal Görsel



Sonuc Görseli

EK-12. (devam) IMG_0093 rapor sonuçları

YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU

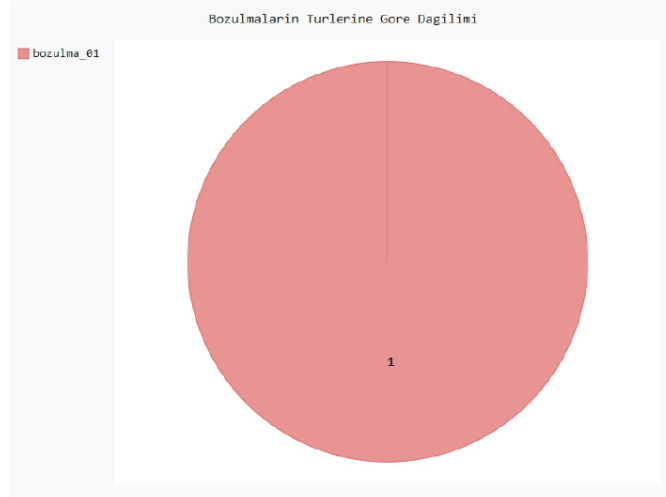
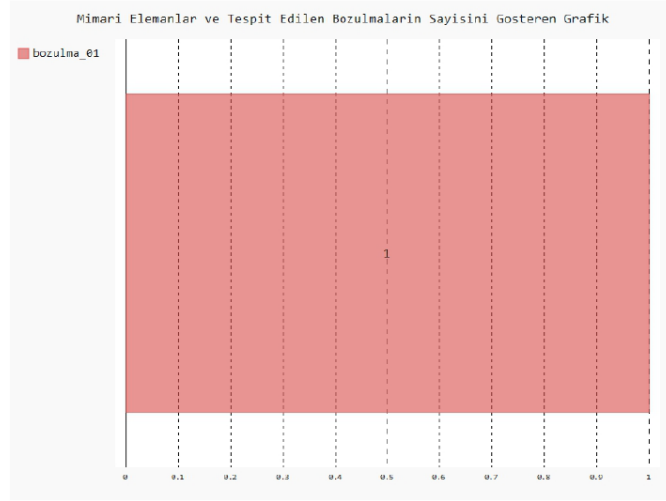
Bölüm 3 : Bozulma Listesi

GÖRSEL	KOD	AÇIKLAMA
	bozulma_01 #1	Zemin Dolgu Malzemesi (Detay)

EK-12. (devam) IMG_0093 rapor sonuçları

YAPI ELEMANI VE BOZULMA RAPORU

Bölüm 4 : Sonuçlar





Gazili olmak ayrıcalıktır