

T.C.
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

MEVCUT YAPILARIN DEPREME HAZIRLIK DEĞERLENDİRMESİ: ERZİNCAN
İLİ ÖRNEĞİ

Taha Yasin CEMALOĞLU

Danışman: Doç. Dr. Atila KUMBASAROĞLU

TEZ JÜRİ ÜYELERİ

Prof. Dr. Ahmet Ferhat BİNGÖL

Doç. Dr. Atila KUMBASAROĞLU

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet İhsan TURAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERZİNCAN, 2026

Kabul ve Onay Sayfası

Doç. Dr. Atila KUMBASAROĞLU danışmanlığında, Taha Yasin CEMALOĞLU tarafından hazırlanan bu çalışma 26.01.2026 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Ahmet Ferhat BİNGÖL İmza:

Üye : Doç. Dr. Atila KUMBASAROĞLU İmza:

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ahmet İhsan TURAN İmza:

Bu tez Enstitü Yönetim Kurulunun / / 20.... tarih ve/..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Kemal Volkan ÖZDOKUR
Enstitü Müdür V.

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, şekil ve tabloların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

Bilimsel Etiğe Uygunluk Sayfası

“Mevcut Yapıların Depreme Hazırlık Değerlendirmesi: Erzincan İli Örneği” isimli “Yüksek Lisans” tezim tarafımca intihal tespit programı ile incelenmiştir. Buna göre tezimde bilimsel etik ihlali ve intihal olarak nitelendirilebilecek herhangi bir durum olmadığını taahhüt ederim.

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir biçimde elde edildiğini; aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiğı gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi beyan ederim. 26/01/2026

**Taha Yasin
CEMALOĞLU**

ÖZET

MEVCUT YAPILARIN DEPREME HAZIRLIK DEĞERLENDİRMESİ: ERZİNCAN İLİ ÖRNEĞİ

Taha Yasin CEMALOĞLU

Yüksek Lisans Tezi

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Atila KUMBASAROĞLU

2026, 64 sayfa

Deprem riski oldukça yüksek olan Erzincan gibi şehirlerde mevcut bina stoğunun değerlendirilmesi ve analiz edilmesi, şehir planlaması ve afet riskini azaltma çalışmaları açısından son derece kritik bir konuma sahiptir. Geleneksel saha temelli değerlendirme yöntemlerinden olan sokak taramaları, yapısal özellikler hakkında veri toplamak için uzun süredir kullanılsa da, bu yöntemlerin zaman alıcı, yoğun emek isteyen ve değerlendiriciye bağlı hatalara açık olması önemli dezavantajlar yaratmaktadır. Bu çalışmada, Erzincan şehir merkezindeki yapıların deprem riskini hızlı, nesnel ve etkin bir şekilde değerlendirmek amacıyla; iki farklı geleneksel sokak tarama yöntemi ile yapay zeka destekli bir analiz modülü tek bir yazılım platformunda birleştirilmiştir. İlk yöntem olarak İTÜ Mezunları Derneği Bursa Şubesi'nin anket yaklaşımı, ikinci yöntem olarak ise Erdem Erdoğan'ın görsel sokak tarama metodu kullanılmıştır. Bu yöntemlere ek olarak geliştirilen üçüncü yöntemde ise, çeşitli modeller kullanarak yapının dört farklı cephesinden çekilen fotoğrafları analiz edebilen yapay zeka tabanlı görsel analiz modülü kullanılmıştır. Yazılım, üç farklı yöntemi aynı arayüzde birleştirip ayrı ayrı sekmelerde analiz, değerlendirme ve puanlama yaptıktan sonra öneriler de sunarak hızlı ve kolay karşılaştırma yapabilmek için olanak sunmuştur. Erzincan ili merkezinde yapılan testler sonucunda, yapay zeka modelinin ürettiği risk puanları ve kategorilerinin geleneksel yöntemlerle %80-%90 oranında benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Yazılımın hata payı %5-%15 aralığında değişirken, işlem hızında sağladığı muazzam vakit avantajı dikkat çekicidir. Geleneksel yöntemlerle saatler süren on binanın analiz süreci yazılım ile yaklaşık on dakikaya düşürülmüştür. Bu çalışma, yapay zekanın inşaat mühendisliği uygulamalarındaki

potansiyelini somut bir şekilde ortaya koyarken, afet yönetimi ve yapı envanteri güncellemeleri için hızlı, tutarlı ve güvenilir bir metodoloji sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Deprem, Erzincan, Python, Sokak taraması, Yazılım

ABSTRACT

ASSESSMENT OF EARTHQUAKE PREPAREDNESS OF EXISTING STRUCTURES: THE CASE OF ERZINCAN PROVINCE

Taha Yasin CEMALOĞLU

Master's Thesis

**Erzincan Binali Yıldırım University, Institute of Science and Technology,
Department of Civil Engineering**

Advisor: Associate Professor Doctor Atila KUMBASAROĞLU

2026, 64 pages

Evaluating and analyzing the existing building stock in cities like Erzincan, where the earthquake risk is remarkably high, is critical for urban planning and disaster risk reduction efforts. Although street scanning, one of the traditional field-based evaluation methods, has been used for a long time to collect data on structural features, these methods have significant disadvantages such as being time-consuming, labor-intensive, and open to evaluator-dependent errors. In this study, to evaluate the earthquake risk of the structures in Erzincan city center in a fast, objective, and effective way; two different traditional street scanning methods and an artificial intelligence-supported analysis module were combined in a single software platform. The survey approach of the ITU Alumni Association Bursa Branch was used as the first method, and Erdem Erdoğan's visual street scanning method was used as the second method. In the third method developed in addition to these, an artificial intelligence-based visual analysis module that can analyze photographs taken from four different facades of the structure using various models was utilized. The software provides the opportunity for fast and easy comparison by offering suggestions after performing analysis, evaluation, and scoring in separate tabs by combining three different methods in the same interface. As a result of the tests conducted in the center of Erzincan province, it was determined that the risk scores and categories produced by the artificial intelligence model showed 80-90% similarity with traditional methods. While the error margin of the software varies between 5% and 15%, the enormous time advantage it provides in processing speed is noteworthy. The analysis process of ten buildings, which takes hours with traditional methods, was reduced to approximately ten minutes with the software. This study demonstrates the potential of artificial intelligence in civil engineering applications

and offers a fast, consistent, and reliable methodology for disaster management and building inventory updates

Keywords: Earthquake, Erzincan, Python, Street scanning, Software

TEŞEKKÜR

Akademik geliŐimime katkı sağlayan bu s¼reçte vizyonu ve sabırlı y¼nlendirmeleriyle bana destek olan danıŐmanım Doç. Dr. Atila KUMBASAROĞLU'na teŐekk¼r ederim.

Ayrıca tez s¼recimde desteklerini ve kıymetli katkılarını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Ahmet İhsan TURAN'a değerli destekleri için teŐekk¼r ederim.

Tezimin Erzincan sahasındaki verilerinin toplanması kapsamında yardımlarını esirgemeyen Erzincan Belediyesi çalıŐanlarına Ő¼kranlarımı sunarım.

Ve elbette ailem... Maddi ve manevi destekleriyle beni bug¼nlere getiren annem Fatma CEMALOĞLU ve babam Yahya CEMALOĞLU'na, her zaman yanımda hissettiğim kardeŐim Gufran CEMALOĞLU'na teŐekk¼r ederim. ÇalıŐmalarım sırasında g¼sterdiđi b¼y¼k sabır, anlayıŐ ve teŐvik edici desteğinden dolayı sevgili eŐim Fulya CEMALOĞLU'na teŐekk¼rlerimi sunarım.

Taha Yasin CEMALOĞLU

Ocak, 2026

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1.GİRİŞ.....	1
1.1. Araştırmanın Amacı	2
1.2. Araştırmanın Önemi	2
1.3. Varsayımlar	3
1.4. Sınırlılıklar.....	3
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ÇALIŞMALAR	5
2.1. Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinin Teorik Temelleri.....	5
2.1.1. Uluslararası kabul görmüş yöntemler: FEMA 154 ve P-154 standartları	5
2.1.1.1. Yöntemin uygulama adımları ve puanlama mantığı	5
2.1.1.2. FEMA (2017) güncellemeleri ve dijitalleşme	6
2.1.1.3. Literatürdeki yeri ve Türkiye uyarlamaları	7
2.1.2. Türkiye’deki yerel yöntemler ve yasal mevzuat.....	7
2.2. Yapısal Risk Parametrelerinin Teknik Analizi.....	9
2.2.1. Yumuşak kat düzensizliği.....	9
2.2.2. Kısa kolon etkisi ve kesme güvenliği	10
2.2.3. Planda düzensizlikler ve burulma etkisi	10
2.2.4. Çekişleme etkisi	10
2.2.5. Korozyon ve malzeme deformasyonu	11
2.2.6. Yapım yılı ve yönetmelik standartlarına uyum	11
2.2.7. Zemin koşulları ve yerel zemin büyümesi.....	12
2.2.8. Bodrum kat varlığı ve çevreleme etkisi	12
2.2.9. Düşeyde düzensizlikler ve ağır çıkma	12
2.2.10. Yapısal müdahaleler ve taşıyıcı sistem bütünlüğü	13
2.2.11. Asma kat varlığı ve düşeyde süreksizlik	13
2.2.12. Topografik etkiler ve eğimli arazide yapılaşma	13

2.2.13. Geçmiş deprem hasarları ve yapısal yorgunluk.....	14
3. YÖNTEM.....	15
3.1. Yazılım Mimarisi ve Sistem Taraması.....	15
3.1.1. Sunucu tarafı mimarisi.....	15
3.1.2. İstemci tarafı ve kullanıcı arayüzü.....	16
3.1.3. Veri tabanı ve veri kalıcılığı.....	16
3.2. Kullanılan Teknolojiler ve Kütüphaneler.....	16
3.3. Geliştirilen Yazılımın İşleyiş Algoritması.....	17
3.3.1. Veri girişi ve önışleme.....	17
3.3.2. Yapay zeka destekli çoklu analiz motoru.....	17
3.3.3. Dinamik raporlama modülü.....	18
3.4. Yazılımda kullanılan yöntemler ve değerlendirme ölçütleri.....	18
3.4.1. Erdem Erdoğan yöntemi.....	18
3.4.2. İTÜ Mezunları Derneği Bursa Şubesi yöntemi.....	19
3.5. Yazılımın İşleyişı.....	21
4. BULGULAR.....	27
4.1. Yapı Değerlendirmeleri.....	28
4.2. İncelenen Yapıların Karşılaştırmalı Verileri ve Özeti.....	58
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	61
5.1. Sonuçlar.....	61
5.2. Tartışma.....	62
5.2.1. Geleneksel yöntemler ile yapay zeka destekli modelin kıyaslanması.....	62
5.2.2. Kozmetik yanılısama ve yapısal yaş belirsizliğı.....	63
5.2.3. Yumuşak kat ve ticari cephe algılanmasında teknik ayrışmalar.....	63
5.3. Öneriler.....	64
5.3.1. Gelecek akademik çalışmaları için öneriler.....	64
5.3.2. Yerel yönetimler ve uygulayıcılar için öneriler.....	64
KAYNAKÇA.....	65

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Yapı 1 değerlendirme sonuçları	28
Tablo 2. Yapı 2 değerlendirme sonuçları	29
Tablo 3. Yapı 3 değerlendirme sonuçları	30
Tablo 4. Yapı 4 değerlendirme sonuçları	31
Tablo 5. Yapı 5 değerlendirme sonuçları	32
Tablo 6. Yapı 6 değerlendirme sonuçları	33
Tablo 7. Yapı 7 değerlendirme sonuçları	34
Tablo 8. Yapı 8 değerlendirme sonuçları	35
Tablo 9. Yapı 9 değerlendirme sonuçları	36
Tablo 10. Yapı 10 değerlendirme sonuçları	37
Tablo 11. Yapı 11 değerlendirme sonuçları	38
Tablo 12. Yapı 12 değerlendirme sonuçları	39
Tablo 13. Yapı 13 değerlendirme sonuçları	40
Tablo 14. Yapı 14 değerlendirme sonuçları	41
Tablo 15. Yapı 15 değerlendirme sonuçları	42
Tablo 16. Yapı 16 değerlendirme sonuçları	43
Tablo 17. Yapı 17 değerlendirme sonuçları	44
Tablo 18. Yapı 18 değerlendirme sonuçları	45
Tablo 19. Yapı 19 değerlendirme sonuçları	46
Tablo 20. Yapı 20 değerlendirme sonuçları	47
Tablo 21. Yapı 21 değerlendirme sonuçları	48
Tablo 22. Yapı 22 değerlendirme sonuçları	49
Tablo 23. Yapı 23 değerlendirme sonuçları	50
Tablo 24. Yapı 24 değerlendirme sonuçları	51
Tablo 25. Yapı 25 değerlendirme sonuçları	52
Tablo 26. Yapı 26 değerlendirme sonuçları	53
Tablo 27. Yapı 27 değerlendirme sonuçları	54
Tablo 28. Yapı 28 değerlendirme sonuçları	55
Tablo 29. Yapı 29 değerlendirme sonuçları	56
Tablo 30. Yapı 30 değerlendirme sonuçları	57

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Erdem Erdoğan yöntemi soruları	18
Şekil 2. Erdem Erdoğan yöntemi değerlendirmesi	18
Şekil 3. İTÜ Mezunları Derneği Bursa Şubesi yöntemi soruları.....	19
Şekil 4. İTÜ Mezunları Derneği Bursa Şubesi yöntemi soruları ve değerlendirmesi	20
Şekil 5. Yazılımın arayüzü	21
Şekil 6. Yapı fotoğraflarının sisteme yüklenmesi	21
Şekil 7. Analize hazır hale gelen sistem	22
Şekil 8. Analiz aşaması.....	22
Şekil 9. Analizlerin sekmelere ayrılmış görünümü	23
Şekil 10. AI değerlendirme yönteminin analiz raporu	24
Şekil 11. İTÜ yönteminin analiz raporu	25
Şekil 12. Erdem Erdoğan yönteminin analiz raporu.....	26
Şekil 13. Analiz raporlarının özet bir pdf halde indirilmesi	26
Şekil 14. Değerlendirilen 1. yapı	28
Şekil 15. Değerlendirilen 2. yapı	29
Şekil 16. Değerlendirilen 3. yapı	30
Şekil 17. Değerlendirilen 4. yapı	31
Şekil 18. Değerlendirilen 5. yapı	32
Şekil 19. Değerlendirilen 6. yapı	33
Şekil 20. Değerlendirilen 7. yapı	34
Şekil 21. Değerlendirilen 8. yapı	35
Şekil 22. Değerlendirilen 9. yapı	36
Şekil 23. Değerlendirilen 10. yapı	37
Şekil 24. Değerlendirilen 11. yapı	38
Şekil 25. Değerlendirilen 12. yapı	39
Şekil 26. Değerlendirilen 13. yapı	40
Şekil 27. Değerlendirilen 14. yapı	41
Şekil 28. Değerlendirilen 15. yapı	42
Şekil 29. Değerlendirilen 16. yapı	43
Şekil 30. Değerlendirilen 17. yapı	44
Şekil 31. Değerlendirilen 18. yapı	45
Şekil 32. Değerlendirilen 19. yapı	46

Şekil 33. Değerlendirilen 20. yapı	47
Şekil 34. Değerlendirilen 21. yapı	48
Şekil 35. Değerlendirilen 22. yapı	49
Şekil 36. Değerlendirilen 23. yapı	50
Şekil 37. Değerlendirilen 24. yapı	51
Şekil 38. Değerlendirilen 25. yapı	52
Şekil 39. Değerlendirilen 26. yapı	53
Şekil 40. Değerlendirilen 27. yapı	54
Şekil 41. Değerlendirilen 28. yapı	55
Şekil 42. Değerlendirilen 29. yapı	56
Şekil 43. Değerlendirilen 30. yapı	57
Şekil 44. Bina 1 - Bina 10 arası incelenen yapıların verileri.....	58
Şekil 45. Bina 11 - Bina 20 arası incelenen yapıların verileri.....	59
Şekil 46. Bina 21 – Bina 30 arası incelenen yapıların verileri	60

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AI	Artificial Intelligence (Yapay Zeka)
API	Application Programming Interface (Uygulama Programlama Arayüzü)
ATC	Applied Technology Council (Uygulamalı Teknoloji Konseyi)
FEMA	Federal Acil Durum Yönetim Kurumu
HTML	Hypertext Markup Language (Hiper Metin İşaretleme Dili)
İMO	İnşaat Mühendisleri Odası
İTÜ	İstanbul Teknik Üniversitesi
JSON	JavaScript Object Notation (Veri Değişim Formatı)
LLM	Large Language Model (Büyük Dil Modeli)
ODTÜ	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
RVS	Rapid Visual Screening (Hızlı Gözlemsel Tarama / Sokak Taraması)
TBDY	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
UI	User Interface (Kullanıcı Arayüzü)
ROVER	Rapid Observation of Vulnerability and Estimation of Risk (Hızlı Kırılganlık Gözlemi ve Risk Tahmini)
RBTE	Riskli Binaların Tespit Edilmesi Hakkında Esaslar

1. GİRİŞ

Türkiye, jeolojik yapısı gereği dünyanın en aktif deprem kuşaklarından birinde yer almaktadır. Ülke genelindeki kentsel alanlar; farklı dönemlerde, değişen denetim koşulları ve yönetmelikler altında inşa edilmiş çok sayıda betonarme ve yığma yapıdan meydana gelmektedir (Ayaz vd., 2022, Şengöz vd., 2009). Özellikle tarihsel süreçte büyük yıkımlara sahne olmuş ve deprem riski oldukça yüksek olan Erzincan gibi illerde, mevcut bina stoğunun güncel durumunun titizlikle değerlendirilmesi hayati önem taşımaktadır (Dalieh vd., 2023, Başgöze vd., 2023). Bu tür analizler, şehir planlaması stratejilerinin geliştirilmesi ve afet riskini azaltmaya yönelik projelerin etkinliği açısından temel bir veri kaynağı oluşturmaktadır.

Mevcut bina envanterinin çıkarılmasında geleneksel saha temelli değerlendirme yöntemlerinden biri olan sokak taramaları uzun süredir kullanılmaktadır. Bu yöntemler; binaların yaşı, kullanım durumu, malzeme türü ve gözlemlenebilen yapısal kusurları hakkında veri toplamak için tercih edilmektedir. Ancak bu geleneksel yaklaşımlar, çok sayıda binanın incelenmesi gerektiğinde aşırı zaman alıcı ve yoğun emek isteyen süreçlere dönüşmektedir. Ayrıca, değerlendirmeyi yapan kişinin bilgi birikimi ve tecrübesine dayalı olması nedeniyle insan odaklı hatalara ve subjektif yorumlara açık bir yapı sergilemektedir (Kumbasaroğlu vd., 2021, Bektaş vd., 2022).

Günümüzde yapay zeka alanında yaşanan hızlı teknolojik gelişmeler, inşaat mühendisliği disiplininde de yapı koşullarının otomatik ve görsel olarak analiz edilmesi konusunda yeni olanaklar sunmuştur. Sokak tarama yöntemleri ile yapay zekanın entegre edilmesi, geniş ölçekli alanlarda çok daha hızlı, tutarlı ve nesnel verilerin toplanmasına olanak tanımaktadır. Literatürde mühendislik dernekleri veya üniversiteler tarafından geliştirilmiş çeşitli anket tabanlı risk değerlendirme araçları bulunsa da, bu araçların gelişmiş yapay zeka sistemleriyle bütünleşik bir şekilde sunulması hala sınırlı düzeydedir (Huang vd., 2019).

Bu çalışma kapsamında, Erzincan şehir merkezindeki yapıların deprem güvenliğini hızlı ve güvenilir bir şekilde değerlendirmek amacıyla yenilikçi bir yazılım sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen bu platform; İTÜ Mezunları Derneği Bursa Şubesi tarafından hazırlanan anket yöntemini ve Erdem Erdoğan tarafından yüksek lisans tezinde geliştirilen görsel sokak tarama metodunu tek bir yapıda birleştirmektedir. Bu geleneksel yöntemlere ek olarak sisteme, binanın dört cephesinden çekilen fotoğrafları analiz edebilen, makine öğrenmesi destekli bir yapay zeka modülü entegre edilmiştir. Böylece, yapısal değerlendirme süreçlerinde hızın ve nesnelliğin artırılması hedeflenmiştir.

1.1. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın temel amacı, Erzincan şehir merkezindeki mevcut binaların deprem hazırlık durumlarını değerlendirebilecek, hem mühendislik temelli anket yöntemlerini hem de yapay zeka teknolojilerini tek bir platformda birleştiren bütünlük bir yazılım sistemi geliştirmektir.

Bu genel amaç doğrultusunda şu alt hedeflere odaklanılmıştır:

- İTÜ Mezunları Derneği Bursa Şubesi tarafından geliştirilen anket yöntemi ile Erdem Erdoğan'ın görsel sokak taraması yöntemini dijital bir arayüze entegre ederek bu yöntemlerin eş zamanlı uygulanmasını sağlamak.
- Binaların dört farklı cepheden çekilmiş fotoğraflarını işleyebilen, makine öğrenmesi destekli bir yapay zeka modülü geliştirerek geleneksel yöntemlerle karşılaştırmalı analizler yürütmek.
- FastAPI, React.js ve MongoDB gibi güncel teknolojiler kullanılarak oluşturulan yazılımın, saha çalışmalarında sağladığı hız ve verimlilik avantajlarını nicel verilerle ortaya koymak.
- Yapay zeka tabanlı görsel analiz sonuçlarının, insan temelli değerlendirmelerle olan benzerlik oranlarını ve hata paylarını analiz ederek sistemin inşaat mühendisliği pratiklerindeki güvenilirliğini test etmektir.

Sonuç olarak bu tez, afet risklerini azaltma çalışmalarında dijital dönüşümün potansiyelini Erzincan örneği üzerinden somutlaştırarak gelecek dönemlerdeki bölgesel risk haritalamalarına ve hasar tespit çalışmalarına etkin bir model sunmayı hedeflemektedir.

1.2. Araştırmanın Önemi

Türkiye'deki kentsel alanlar, farklı dönemlerin mühendislik standartlarına ve denetim koşullarına göre inşa edilmiş heterojen bir yapı stoğuna sahiptir. Özellikle Erzincan gibi yüksek sismik risk taşıyan bölgelerde, bu yapıların deprem güvenliğinin belirlenmesi bir zorunluluktur. Ancak mevcut bina stoğunun büyüklüğü dikkate alındığında, geleneksel yöntemlerle yapılacak değerlendirmelerin zaman alıcı olması ve yoğun insan gücü gerektirmesi, afet hazırlık süreçlerini yavaşlatmaktadır (Başgöze vd., 2023).

Bu çalışmanın en temel önemi, inşaat mühendisliğinde geleneksel olarak yürütülen manuel sokak taraması süreçlerini, güncel yapay zeka teknolojileriyle (GPT-4 Vision ve Gemini Pro Vision) dijitalleştirerek yeni bir metodoloji sunmasıdır. Geliştirilen yazılım sistemi sayesinde, saha çalışmalarında on binanın değerlendirilmesi için harcanan saatler süren emek, yaklaşık on

dakikaya indirilmiştir. Bu durum, geniş ölçekli kentsel alanlarda hızlı bir ön değerlendirme yapılmasına ve kaynakların en riskli yapılara öncelikli olarak yönlendirilmesine imkan tanımaktadır.

Ayrıca çalışma, yapay zekanın yapısal analizlerdeki tutarlılığını geleneksel saha verileriyle kıyaslayarak somut bir doğruluk payı (%80-%90 benzerlik) ortaya koyması bakımından literatüre katkı sağlamaktadır. Bu bulgular, yapay zeka destekli sistemlerin sadece hız değil, aynı zamanda güvenilirlik açısından da geleneksel yöntemlere güçlü bir alternatif olabileceğini kanıtlamaktadır. Çalışma, afet öncesi planlama ve yapı envanteri güncellemelerinin normal şartlardan çok daha kısa sürede ve daha az hata payı ile gerçekleştirilmesine zemin hazırlamaktadır.

1.3. Varsayımlar

Bu araştırma süreci boyunca, sonuçların bilimsel tutarlılığını sağlamak adına aşağıdaki durumlar varsayılmıştır:

- Değerlendirilen binaların dört farklı cephesinden (ön, arka, sağ, sol) çekilen fotoğrafların, yapının mevcut dışsal yapısal durumunu tam ve doğru bir şekilde yansıttığı kabul edilmiştir.
- Karşılaştırma aşamasında baz alınan İTÜ Mezunları Derneği Bursa Şubesi anketi ve Erdem Erdoğan görsel sokak tarama yöntemlerinin, mevcut literatürdeki geçerliliği ve güvenilirliği tam olarak kabul edilmiştir.
- Yazılıma entegre edilen OpenAI GPT-4 Vision ve Google Gemini Pro Vision modellerinin görsel işleme kapasitelerinin, mühendislik parametrelerini ayırt edebilecek düzeyde stabil olduğu varsayılmıştır.
- Saha çalışmaları sırasında toplanan verilerin ve anket cevaplarının, binaların gerçek durumunu yansıtan tarafsız veriler olduğu kabul edilmiştir.

1.4. Sınırlılıklar

Bu çalışma, kapsam ve metodoloji açısından aşağıdaki sınırlandırmalara sahiptir:

- Araştırma, coğrafi olarak yalnızca Erzincan ili şehir merkezinde yer alan mevcut yapılar ile sınırlandırılmıştır.

- Yapay zeka tabanlı görsel analiz modülü, binaların sadece dış cephe fotoğrafları üzerinden değerlendirme yapabilmekte olup; iç mekan hasarları, temel sistemi veya zemin etüdü gibi çıplak gözle görülmeyen parametreleri kapsamamaktadır.
- Çalışma kapsamında risk değerlendirmesi için yalnızca belirlenen üç yöntem (İTÜ anketi, Erdem Erdoğan yöntemi ve AI görsel analizi) kullanılmıştır.
- Yazılımın yapay zeka servislerine erişimi, OpenAI ve Google API platformlarının çevrimiçi erişilebilirliği ve modellerin güncel versiyonları ile sınırlıdır.
- Elde edilen risk puanları ve öneriler birer ön değerlendirme niteliği taşımakta olup, kesin bir mühendislik raporu veya performans analizi yerine geçmemektedir.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde, mevcut yapı stoklarının deprem performansının ve risk durumunun belirlenmesi amacıyla literatürde yer alan temel kavramlar, kullanılan değerlendirme yöntemleri ve konu ile ilgili daha önce gerçekleştirilmiş akademik çalışmalar detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

2.1. Hızlı Değerlendirme Yöntemlerinin Teorik Temelleri

Geniş yapı stokuna sahip kentsel alanlarda, her bina için ayrıntılı performans analizi yapmak zaman ve maliyet açısından sürdürülebilir değildir. Bu nedenle, binaların sismik riskini önceliklendirmek amacıyla hızlı gözlemsel değerlendirme yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler, bir binanın deprem altındaki davranışını etkileyen temel parametreleri (kat sayısı, düzensizlikler, malzeme kalitesi vb.) bir puanlama sistemi üzerinden değerlendirir (Sucuoğlu vd., 2003).

2.1.1. Uluslararası kabul görmüş yöntemler: FEMA ve P-154 standartları

Dünya genelinde mevcut yapı stoğunun sismik risk önceliklendirmesi için kullanılan en yaygın ve en köklü metodoloji, Amerika Birleşik Devletleri Federal Acil Durum Yönetim Kurumu (FEMA) tarafından geliştirilen FEMA 154 el kitabıdır. İlk olarak 1988 yılında ATC-21 projesi kapsamında yayınlanan ve zamanla güncellenen bu doküman, sismik risk altındaki bölgelerde yer alan binaların tarama yöntemleriyle hızlı, ekonomik ve tutarlı bir şekilde değerlendirilmesi ihtiyacına cevap vermek üzere tasarlanmıştır.

FEMA 154, zaman içerisinde gelişen deprem mühendisliği bilgisi, değişen sismisite haritaları ve sahada elde edilen tecrübeler doğrultusunda revize edilmiştir. Bu yöntemin temel felsefesi; binaya girilmeden, dışarıdan gözlemlenebilen yapısal özelliklerin (taşıyıcı sistem, düzensizlikler vb.), bölgenin sismisite düzeyi ile ilişkilendirilerek istatistiksel bir risk puanına dönüştürülmesidir (FEMA, 2017).

2.1.1.1. Yöntemin uygulama adımları ve puanlama mantığı

FEMA P-154 metodolojisi, değerlendirme sürecini standartlaştırmak ve değerlendiriciye bağlı hataları minimize etmek adına özel veri toplama formları kullanır. Süreç şu temel adımlardan oluşur:

1. Sismisite Bölgesinin Belirlenmesi:

Yöntem, değerlendirilmenin yapılacağı bölgenin sismik tehlike düzeyine göre (Düşük, Orta, Yüksek, Çok Yüksek) farklı formlar sunar. Erzincan gibi yüksek sismisiteye sahip bölgeler için "Yüksek Sismisite Formu" esas alınır.

2. Yapı Tipinin Sınıflandırılması:

Bina, taşıyıcı sistem özelliklerine göre 15 farklı sınıftan birine dahil edilir. Bu sınıflar arasında W1 (Ahşap), S1 (Çelik Çerçeve), C1 (Betonarme Çerçeve), C2 (Betonarme Perde) ve URM (Donatısız Yığma) en yaygın olanlarıdır. Her yapı tipi için, binanın bulunduğu bölgenin deprem tehlike düzeyine göre belirlenmiş bir "Temel Puan" mevcuttur. Bu temel puan, söz konusu yapı tipinin modern yönetmeliklere uygun tasarlandığı varsayımıyla, göçme olasılığının negatif logaritması olarak ifade edilir.

3. Puan Düşürücü Faktörlerin Uygulanması:

Temel puan, "mükemmel" bir yapıyı temsil eder. Ancak mevcut binalarda sismik performansı olumsuz etkileyen parametreler mevcuttur. Değerlendirici, sahada gözlemlendiği şu kusurları tespit ederek temel puandan düşüm yapar:

- Düşey Düzensizlikler: Yumuşak kat, asma kat, ağır çıkmalar veya kısa kolon oluşumları.
- Plan Düzensizlikleri: Burulma etkisi yaratan geometrik formlar (L, T, U tipi) veya kütle eksantrisiteleri.
- Yönetmelik Öncesi Yapım: Binanın modern sismik tasarım kodlarının yürürlüğe girmesinden önce inşa edilmiş olması. Türkiye şartlarında bu, 1998 veya 2007 öncesi yapıları işaret eder.
- Zemin Sınıfı: Zemin büyütmesi veya sıvılaşma riski taşıyan zayıf zemin (Sınıf D veya E) koşulları (FEMA, 2017).

4. Nihai Karar:

Temel puandan cezai puanların düşülmesiyle elde edilen sonuç puanı, genellikle 2.0 eşik değeri ile kıyaslanır. Puanı 2.0'ın altında kalan binalar, yüksek göçme riski potansiyeli taşıdığı kabul edilerek, ayrıntılı mühendislik analizlerinin yapılacağı ikinci kademe değerlendirmeye sevk edilir (FEMA, 2017).

2.1.1.2. FEMA (2017) güncellemeleri ve dijitalleşme

Yöntemin son versiyonu olan FEMA (2017), önceki sürümlerden farklı olarak seviye 1 ve seviye 2 olmak üzere iki aşamalı bir form yapısı sunar. Seviye 1, hızlı bir eleme sağlarken;

Seviye 2, daha opsiyonel ve detaylı bir inceleme imkanı tanır.

Ayrıca, bu sürümle birlikte veri toplama sürecini hızlandırmak ve kağıt israfını önlemek amacıyla ROVER adı verilen dijital bir yazılım aracı geliştirilmiştir. ROVER, akıllı telefonlar veya tabletler üzerinden saha verisinin toplanarak doğrudan merkezi bir veri tabanına aktarılmasını sağlar. Bu durum, tez çalışmamızda geliştirilen yapay zeka destekli yazılımların, uluslararası literatürdeki dijitalleşme ve otomasyon trendiyle ne denli örtüştüğünün somut bir göstergesidir (Porter vd., 2015)

2.1.1.3. Literatürdeki yeri ve Türkiye uyarlamaları

FEMA 154, her ne kadar ABD yapı stoğu (çelik ve ahşap ağırlıklı) için geliştirilmiş olsa da, mantıksal çerçevesi dünya genelinde kabul görmüştür. Ancak Türkiye'deki yapı stoğunun karakteristik özellikleri (düşük beton kalitesi, nervürsüz donatı kullanımı, yoğun asmolen döşeme ve ağır çıkmalar), FEMA yönteminin doğrudan uygulanmasını zorlaştırmıştır. İTÜ ve ODTÜ gibi kurumlar tarafından geliştirilen yerel yöntemler, FEMA'nın sistematik yaklaşımını örnek olarak Türkiye koşullarına (özellikle yumuşak kat ve kısa kolon ağırlıklı) uyarlanmıştır (Yakut vd., 2003)

2.1.2. Türkiye'deki yerel yöntemler ve yasal mevzuat

Türkiye'deki mevcut yapı stoğunun karakteristik özellikleri; malzeme kalitesi (düşük dayanımlı beton), donatı detaylandırması (nervürsüz düz demir kullanımı), taşıyıcı sistem tercihleri (asmolen döşeme yaygınlığı) ve mimari alışkanlıklar (ağır konsol çıkmalar) bakımından gelişmiş ülke standartlarından önemli ölçüde ayrılmaktadır. Bu durum, FEMA 154 gibi uluslararası yöntemlerin Türkiye'de doğrudan uygulanmasını zorlaştırmış ve ülke gerçeklerine uygun yerel değerlendirme yöntemlerinin ve yasal mevzuatın geliştirilmesini zorunlu kılmıştır. Özellikle 1999 Marmara Depremleri (Kocaeli ve Düzce), Türk deprem mühendisliği tarihinde bir kırılma noktası olmuş; yeni bina tasarımı odağından mevcut binaların değerlendirilmesi odağına geçişi hızlandırmıştır (Ilki vd., 2012).

A) Yasal Mevzuat: 6306 Sayılı Kanun ve TBDY-2018

Türkiye'de riskli yapıların tespiti ve dönüşümü, hukuki zeminde 6306 Sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun ile güvence altına alınmıştır. Bu kanunun teknik uygulama esaslarını belirleyen yönetmelik ise literatürde RBTE olarak bilinmektedir.

- RBTE: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayınlanan bu esaslar, binaların riskli olup olmadığının belirlenmesinde "İkinci Kademe" (Detaylı İnceleme) yöntemini zorunlu kılar. Yani binadan karot alınması, donatı tespiti ve bilgisayarlı modelleme şarttır. Ancak Bakanlık, yüz binlerce binanın olduğu bölgelerde önceliklendirme yapabilmek için "Birinci Kademe" (Sokak Taraması) yöntemlerinin kullanılmasına da, ön eleme aracı olarak izin vermektedir (Demirbaş vd., 2022). Tez çalışmamızda kullanılan yöntemler, yasal sürecin ön inceleme aşamasına hizmet eden araçlardır.
- TBDY: Yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, binaların performans analizlerinin nasıl yapılacağını en ince detayına kadar tanımlamıştır. Yönetmelik, binaların sınırlı bilgi düzeyi (sadece gözlem ve kısıtlı veri) ile de analiz edilmesine olanak tanıyarak, hızlı değerlendirme yöntemlerine teknik bir kapı aralamıştır (AFAD, 2018).

B) Akademik Tabanlı Yerel Hızlı Değerlendirme Yöntemleri

Türkiye'deki üniversiteler, özellikle 1992 Erzincan ve 1999 Marmara depremlerinden elde edilen hasar verilerini kullanarak, istatistiksel tabanlı yerel yöntemler geliştirmişlerdir. Bu yöntemler, tezimizde kullanılan algoritmaların temelini oluşturmaktadır.

- İTÜ P25 Hızlı Değerlendirme Yöntemi: İstanbul Teknik Üniversitesi öğretim üyeleri tarafından geliştirilen bu yöntem, betonarme binaların göçme riskini belirlemek için kullanılan en yaygın akademik metotlardan biridir. Tezcan vd. (2002) tarafından önerilen bu yaklaşımda, binaya 100 baz puan verilmekte ve çeşitli olumsuzluklar (yumuşak kat, kısa kolon, ağır çıkma vb.) için puan kırılmaktadır. Yöntemin en belirgin özelliği, Türkiye'ye özgü olan ağır çıkma parametresine verdiği yüksek ağırlıktır. Çünkü Türk mimarisinde arsa alanından kazanmak için yapılan konsollar, depremde binanın devrilme momentini artırmaktadır (Tüysüz,2007).
- ODTÜ (METU) Yöntemi: Orta Doğu Teknik Üniversitesi bünyesinde Sucuoğlu vd. (2003) tarafından geliştirilen bu yöntem, Düzce ve Bolu depremlerindeki hasar veritabanına dayanan istatistiksel bir regresyon modelidir. Yöntem, kat sayısı ve bina türüne göre bir başlangıç puanı belirler. ODTÜ yönteminin diğerlerinden farkı, binanın bulunduğu zemin özelliklerine daha fazla duyarlılık göstermesidir. Erzincan ovasının alüvyon yapısı düşünüldüğünde, bu yöntemin zemin parametrelerine verdiği önem, tezimizdeki zemin sınıfı sorgusunun bilimsel dayanağını oluşturmaktadır.
- Japonya Kökenli Sismik İndeks Yöntemi'nin Türkiye Uyarlaması: Japonya'da

geliştirilen ve uygulanan yöntemin, Boduroğlu vd. (2004) tarafından Türkiye'ye uyarlandığı versiyondur. Tezimizde geliştirdiğimiz yazılımın, binaları "Düşük-Orta-Yüksek Risk" şeklinde kategorize etme mantığı, bu yaklaşımın bir yansımasıdır.

Özetle; Türkiye'deki yasal mevzuat ve yerel yöntemler (İTÜ, ODTÜ, FEMA) gibi genel geçer yöntemlerin aksine, yerel malzeme kalitesizliğini ve yerel mimari kusurları (çıkma, yumuşak kat) merkeze almaktadır. Bu tez çalışması da, yasal mevzuatın ön değerlendirme ihtiyacını karşılamak üzere, söz konusu yerel parametreleri yapay zeka teknolojisiyle birleştiren hibrit bir yaklaşım sunmaktadır.

2.2. Yapısal Risk Parametrelerinin Teknik Analizi

Deprem mühendisliğinin temel felsefesi, yapıların hafif şiddetli depremleri hasarsız, orta şiddetli depremleri onarılabilir hasarla, şiddetli depremleri ise can kaybına yol açmadan (göçme olmadan) atlatmasıdır. Ancak mevcut yapı stoğunda sıkça rastlanan yapısal kusurlar ve düzensizlikler, binaların enerji sönümlenme (süneklik) kapasitesini düşürerek gevrek kırılmalara ve toptan göçmeye zemin hazırlamaktadır. (Celep vd., 2000)

Bu tez çalışmasında kullanılan değerlendirme algoritmaları (İTÜ Anketi, Erdoğan Yöntemi ve Yapay Zeka Modeli), TBDY'de düzensiz binalar olarak tanımlanan kritik parametrelerin görsel tespitine dayanmaktadır. Aşağıda, bu parametrelerin yapısal davranış üzerindeki etkileri teknik olarak irdelenmiştir (AFAD,2018).

2.2.1. Yumuşak kat düzensizliği

Erzincan şehir merkezindeki ticari akslarda yer alan binaların zemin katları, genellikle vitrin genişliği sağlamak amacıyla duvar örülmeden bırakılmakta veya kat yükseklikleri üst katlara göre daha fazla yapılmaktadır.

Betonarme çerçeve sistemlerde dolgu duvarlar, her ne kadar taşıyıcı eleman olarak hesaplanmasa da, yapının yanal rijitliğine katkı sağlamaktadır. Üst katlarda yoğun duvar bulunurken zemin katta duvarların kaldırılması, kat rijitlikleri arasında ani bir süreksizliğe neden olur (Aksoy vd., 2015).

Deprem anında, binadaki toplam görelî kat ötelemesinin büyük bir kısmı, rijitliği en düşük olan bu katta toplanır. Üst katlar rijit bir blok gibi davranırken, zemin kat kolonları aşırı plastik deformasyona maruz kalır. Bu durum, kolonların alt ve üst uçlarında plastik mafsalların oluşmasıyla mekanizma durumuna geçilmesine ve binanın sandviç şeklinde çökmesine neden

olur. Bingöl depreminde yıkılan kamu binalarının genelinde bu mekanizmanın etkili olduğunu raporlamıştır (Doğangün, 2004).

2.2.2. Kısa kolon etkisi ve kesme güvenliği

Binaların bodrum katlarında havalandırma amacıyla bırakılan bant pencereler veya merdiven sahanlıklarındaki ara kirişler, kolonların serbest boyunu kısıtlamaktadır. Bu durum, sismik tasarımın en temel ilkelerinden biri olan "Güçlü Kolon- Zayıf Kiriş" prensibini tehdit eden en tehlikeli kusurlardandır.

Bir kolonun yanal ötelenmeye karşı gösterdiği direnç serbest boyunun küpü ile ters orantılıdır. Örneğin; bant pencere nedeniyle serbest boyu yarıya düşen bir kolonun rijitliği teorik olarak 8 kat artar. Deprem yükü dağılımında, daha rijit olan elemanlar daha fazla yük çekerler. Dolayısıyla kısa kolon, normal boydaki kolonlara göre çok daha büyük kesme kuvvetine maruz kalır.

Eğer kolonun enine donatısı (etriye sıklaştırması), bu beklenmedik aşırı kesme kuvvetini karşılayacak düzeyde değilse, kolon sünek eğilme davranışı göstermeden, gevrek (ani ve patlamalı) bir şekilde kesme kırılmasına uğrar (Yön vd., 2008).

2.2.3. Planda düzensizlikler ve burulma etkisi

Türkiye'deki yapı stokunda, arsa kısıtlamaları ve kullanım alanı ihtiyaçları nedeniyle ortaya çıkan düzensiz geometrik formlar, yapının kütle merkezini geometrik merkezden uzaklaştırmaktadır. Literatürde belirtildiği üzere, en ideal yapı tipi, kütle ve rijitlik merkezlerinin çakıştığı kare formlu yapılardır. Ancak L ve benzeri düzensiz formlar, bu merkezler arasında eksantrisite yaratarak yapının deprem anında rijitlik merkezi etrafında dönmesine neden olur. Yapılan analizler, L tipi gibi düzgün olmayan geometrilerde burulma düzensizliği katsayısının sınır değerlerini aşabildiğini ve yapıda ilave kesme kuvvetleri oluşturduğunu doğrulamaktadır (Bağış, 2003).

2.2.4. Çekiçleme etkisi

Bitişik nizam yapılaşmanın yoğun olduğu Erzincan şehir merkezinde, binalar arasında yeterli derz boşluğunun bırakılmadığı gözlemlenmektedir.

Farklı kat adetlerine, farklı kat yüksekliklerine veya farklı dinamik periyotlara sahip bitişik

binalar, deprem sırasında farklı fazlarda salınım yaparlar (biri sağa giderken diğeri sola gider). Bu durumda binalar birbirine çarparak enerji transferi yaparlar. En tehlikeli senaryolardan biri, bir binanın rijit döşeme seviyesinin, yan binanın kolon orta noktasına denk gelmesidir. Bu durumda, döşemenin darbesiyle yandaki kolon gövdesinden kesilerek ağır hasar alır (AFAD,2018).

2.2.5. Korozyon ve malzeme deformasyonu

Hızlı görsel değerlendirme yöntemlerinde, binanın yaşı ve dış cephedeki çatlaklar, malzeme kalitesi hakkında önemli ipuçları verir. Özellikle bodrum katlardaki nem ve yalıtım eksikliği, donatı korozyonuna neden olur.

Korozyon, donatının kesit alanını azaltarak çekme kapasitesini düşürür. Daha da önemlisi, beton ile donatı arasındaki kenetlenmeyi (aderans) yok eder. Paslanma sonucu hacmi genişleyen donatı, beton örtüsünü (pas payı) çatlatarak atar. Aderansını yitirmiş bir betonarme eleman, taşıyıcı özelliğini kaybetmiş sayılır (AFAD,2018). Çalışmamızdaki İTÜ Anketi'nin "Bodrumda Rutubet Var mı?" sorusu, bu riski ölçmek için kritik bir parametredir.

2.2.6. Yapım yılı ve yönetmelik standartlarına uyum

Hızlı değerlendirme yöntemlerinde binanın inşa yılı, yapının hangi tasarım felsefesiyle ve hangi malzeme standartlarıyla üretildiğini gösteren en kritik göstergelerden biridir. Türkiye deprem yönetmelikleri tarihsel süreçte önemli güncellemeler geçirmiş, "Dayanıma Göre Tasarım" ilkesinden "Şekil Değiştirmeye (Süneklik) Göre Tasarım" ilkesine geçiş yapılmıştır (Alyamaç vd., 2005)

Özellikle 2000 yılı öncesi inşa edilen yapılarda sıkça karşılaşılan iki temel sorun, sismik performansı doğrudan tehdit etmektedir:

1. Donatı Çeliği Özellikleri: Eski tip yapılarda aderansı (betonla kenetlenmeyi) düşük olan düz yüzeyli donatılar (S220) kullanılmıştır (Inel vd., 2008). Deprem yükleri altında bu donatıların betondan sıyrılması, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde ani dayanım kaybına yol açar. Güncel yönetmelikler ise aderansı yüksek nervürlü donatıları zorunlu kılarak enerji sönmeme kapasitesini artırmıştır (AFAD, 2018).
2. Sargılamanın Yetersizliği: Betonun basınç dayanımını ve sünekliğini artıran en önemli faktör etriye sargılamasıdır. Eski yönetmeliklere göre yapılan binalarda etriye kancaları genellikle 90 derece bükülmüştür. Bu kancalar, deprem sarsıntısı sırasında açılarak

beton çekirdeğinin dağılmasına ve kolonun yük taşıma kapasitesini kaybetmesine neden olur. Etriye kancalarının 135 derece bükülmesi çok daha sağlıklıdır (Karasin, 2023).

2.2.7. Zemin koşulları ve yerel zemin büyümesi

Erzincan gibi alüvyon dolgulu havzalar üzerinde kurulu şehirlerde, zemin-yapı etkileşimi en az üst yapı özellikleri kadar belirleyicidir. İTÜ Anketi'nde sorulan "Zemin Durumu" sorusu bu riski irdelemektedir.

Yumuşak ve gevşek zemin tabakaları, ana kayadan gelen deprem dalgalarının genliğini artırarak yüzeye iletir. Ayrıca zemin hakim titreşim periyodu ile binanın doğal titreşim periyodu birbirine yaklaştığında "Rezonans" olayı meydana gelir. Rezonans durumunda yapı, kendisine etkileyen deprem kuvvetini sönmüleyemez ve salınım genliği katlanarak artar (Celep vd., 2000) Erzincan Ovası'nın jeolojik yapısı, özellikle orta ve yüksek katlı binalarda bu riski artırmaktadır.

2.2.8. Bodrum kat varlığı ve çevreleme etkisi

Hem İTÜ Anketinde hem de Erdoğan Yönteminde değerlendirme ölçütü olarak kullanılan bodrum kat, pozitif bir puanlama kriteri olarak yer alır. Bunun statik ve dinamik açıdan iki önemli nedeni vardır:

1. **Periyot Kısalması:** Çevre perdeleriyle rijit bir şekilde çevrelenen bodrum katlar, yapının etkili yüksekliğini azaltır. Bu durum yapının doğal titreşim periyodunu düşürerek yapıyı daha rijit (kararlı) hale getirir ve depremde oluşacak deplasmanları sınırlar.
2. **Temel Derinliği ve Gömülme:** Temelin zemin içine daha derine gömülmesi, yapının devrilme emniyetini artırır ve zemin yüzeyindeki Rayleigh dalgalarının yıkıcı etkisinden yapıyı kısmen korur. (Tezcan vd., 2002).

2.2.9. Düşeyde düzensizlikler ve ağır çıkma

Türk yapı kültüründe arsa alanından kazanmak amacıyla yapılan kapalı çıkmalar (konsollar), sadece planda burulma yaratmakla kalmaz, aynı zamanda düşeyde de ciddi riskler oluşturur. Depremi düşey bileşeninin etkili olduğu durumlarda, konsol uçlarında oluşan ivmelenmeler, çıkmayı taşıyan kirişlerde ve birleştikleri kolonlarda ek eğilme momentleri yaratır. Ayrıca çok

katlı binalarda üst katların alt katlardan daha geniş bir alana oturması (mantar formlu yapılar), yük aktarımında süreksizliklere ve gerilme yığılmalarına neden olur. Bu tür yapılar, devrilme momentine karşı daha zayıf bir direnç gösterirler (Meral, 2019).

2.2.10. Yapısal müdahaleler ve taşıyıcı sistem bütünlüğü

Binaların kullanım ömrü boyunca yapılan tadilatlarda; tesisat geçirmek için kirişlerin delinmesi, ticari alan yaratmak için kolonların kesilmesi veya kapı açmak için perde duvarların kaldırılması sıkça rastlanan durumlardır. Taşıyıcı sistemin sürekliliğini bozan bu müdahaleler, yük aktarım mekanizmasını kesintiye uğratar. Tasarım aşamasında yük taşınması beklenmeyen elemanlara ani yük binmesi sonucu, beklenmedik gevrek kırılmalar ve bölgesel göçmeler meydana gelir (İnel vd., 2008).

2.2.11. Asma kat varlığı ve düşeyde süreksizlik

Özellikle ticari kullanımı olan zemin katlarda, depolama veya ofis alanı yaratmak amacıyla yapılan asma katlar, yapısal davranış açısından ciddi riskler barındırır.

Asma katlar, genellikle ana taşıyıcı sisteme sonradan eklenen veya yetersiz mesnetlenen döşemelerdir. Asma katın bulunduğu seviyede, düşey taşıyıcı elemanlar (kolonlar) yanal tutulmaya maruz kalır. Bu durum, kolonun serbest boyunu böler. Ancak asma kat genellikle tüm kat alanını kaplamadığı için, bazı kolonlar tutulu (kısa), bazıları ise serbest (uzun) kalır. Bu düzensizlik, deprem anında kat rijitlik merkezinin aşırı derecede kaymasına ve öngörülemeyen burulma etkilerine yol açar. Ayrıca asma kat döşemesi, kolonun orta bölgesine yatay yük aktararak, tasarımda hesaplanmayan ek kesme kuvvetleri doğurur (Guevara vd., 2005).

2.2.12. Topografik etkiler ve eğimli arazide yapılaşma

İTÜ Anketinde yer alan "Binanız Bulunduğu Yer?" sorusu, zemin-yapı etkileşiminin geometrik boyutunu sorgular. Erzincan gibi dağlık çepçepere sahip havzalarda binaların eğimli arazilere oturması sık rastlanan bir durumdur.

Eğimli arazide inşa edilen binalarda, temeller kademeli yapıldığı için veya giriş katlar toprağa gömüldüğü için, yamaç tarafındaki kolonlar kısa, vadi tarafındaki kolonlar ise uzun olur. Deprem sarsıntısında, rijitliği çok yüksek olan kısa kolonlar (yamaç tarafı), sismik yükün büyük bir kısmını üzerine çeker. Vadi tarafındaki uzun kolonlar ise daha esnek davranır. Bu rijitlik

farkı, binanın deprem sırasında dönmesine (burulmasına) neden olur. Literatürde "Kısa Kolon" etkisinin en doğal ve yıkıcı hali, eğimli arazilerdeki bu asimetrik yerleşimde görülür (Halkude vd., 2013).

2.2.13. Geçmiş deprem hasarları ve yapısal yorgunluk

Erzincan özelinde en kritik parametrelerden biri, binanın 1992 depremini yaşayıp yaşamadığıdır.

Bir betonarme yapı, orta veya şiddetli bir deprem geçirdiğinde, gözle görülmeyen mikro çatlaklar oluşabilir ve donatı çeliği akma sınırını zorlamış olabilir. Yapı elastik ötesi davranış gösterip ayakta kalsa bile, başlangıç rijitliğinde azalma meydana gelir. Bu "gizli hasar", yapının bir sonraki depremdeki performansını düşürür. Histerezis (enerji tüketim) döngüleri zayıflayan ve periyodu uzayan bu tür yorgun binalar, yeni bir deprem durumunda, yeni binalara göre çok daha düşük ivme değerlerinde göçme riski taşımaktadır (Hatzigeorgiou vd., 2010).

3. YÖNTEM

Bu bölümde, tez çalışması kapsamında Taha Yasin Cemaloğlu tarafından geliştirilerek simüle için kullanılan "Deprem Riski Değerlendirme Yazılımı"nın mimari yapısı, kullanılan teknolojiler, veri toplama süreçleri ve entegre edilen yapay zeka algoritmaları detaylandırılmıştır. Çalışma, modern web teknolojileri ve büyük dil modelleri (LLM) kullanılarak, mevcut yapı stoğunun hızlı, ekonomik ve tutarlı bir şekilde analiz edilmesini sağlayan bir simülasyon aracı üzerine kurgulanmıştır.

3.1. Yazılım Mimarisi ve Sistem Taraması

Geliştirilen sistem, kullanıcı etkileşimi, veri işleme ve yapay zeka entegrasyonunu sağlamak amacıyla "Tam Yığın" bir mimaride tasarlanmıştır. Sistem, istemci tarafı, sunucu tarafı ve veritabanı katmanı olmak üzere üç ana bileşenden oluşmaktadır. Bu modüler yapı, sistemin ölçeklenebilirliğini artırmakta ve farklı analiz yöntemlerinin bağımsız olarak yönetilmesine olanak tanımaktadır.

3.1.1. Sunucu tarafı mimarisi

Sunucu tarafı, yüksek performanslı ve asenkron işlemleri destekleyen Python programlama dili ve FastAPI web çatısı kullanılarak geliştirilmiştir. FastAPI'nin seçilmesindeki temel neden, async/await yapısı sayesinde, I/O (Giriş/Çıkış) yoğunluklu işlemler olan görsel yükleme ve yapay zeka servis çağrılarının sistemi bloklamadan eş zamanlı olarak yürütülebilmesidir.

Sunucu tarafındaki temel işlevler şunlardır:

1. Görsel Veri İşleme: Kullanıcıdan gelen base64 formatındaki görüntü verilerinin decode edilmesi ve işlenmesi.
2. Eş Zamanlı Analiz Yönetimi: asyncio.gather fonksiyonu kullanılarak, üç farklı analiz yönteminin (AI Genel, İTÜ, Erdem Erdoğan) birbirini beklemeden paralel olarak çalıştırılması sağlanmış, böylece analiz süresi minimize edilmiştir.
3. Raporlama Servisi: Analiz sonuçlarının derlenerek PDF formatında çıktılanması.

3.1.2. İstemci tarafı ve kullanıcı arayüzü

Kullanıcı arayüzü, React.js kütüphanesi kullanılarak "Tek Sayfalı Uygulama" mimarisinde tasarlanmıştır. Arayüz tasarımında Tailwind CSS kullanılarak responsive (mobil uyumlu) ve modern bir görünüm elde edilmiştir. Kullanıcı deneyimini iyileştirmek amacıyla:

- Dosya yükleme alanında "Sürükle ve Bırak" özelliği entegre edilmiştir.
- Analiz sürecini gösteren dinamik ilerleme çubukları ve yükleme animasyonları kullanılmıştır.
- Sonuçlar, sekmeli bir yapıda sunularak bilgi karmaşasının önüne geçilmiştir.

3.1.3. Veri tabanı ve veri kalıcılığı

Analiz sonuçlarının saklanması için NoSQL tabanlı bir veritabanı yönetim sistemi olan MongoDB tercih edilmiştir. MongoDB'nin şemasız yapısı, yapay zeka modellerinden dönen değişken uzunluktaki JSON verilerinin (risk puanları, öneriler, tespitler) esnek bir şekilde saklanmasına olanak tanımıştır. Veritabanı bağlantısı için asenkron sürücü olan motor kullanılmıştır.

3.2. Kullanılan Teknolojiler ve Kütüphaneler

Projenin geliştirilmesinde kullanılan temel kütüphaneler ve bunların seçim gerekçeleri aşağıda özetlenmiştir:

- Emergent Integrations & Google Gemini Pro: Görsel analizler için başlangıçta OpenAI GPT-4 denenmiş, ancak dosya eki desteğindeki kısıtlamalar nedeniyle Google Gemini 2.0 Flash modeline geçiş yapılmıştır. Bu model, yüksek çözünürlüklü bina fotoğraflarını analiz etme ve çok modlu sorguları yanıtlama kapasitesine sahiptir.
- Pillow (PIL): Yüklenen fotoğrafların formatlarının doğrulanması, boyutlandırılması ve PDF raporuna uygun hale getirilmesi (JPEG formatına dönüştürme) işlemleri için kullanılmıştır.
- ReportLab: Dinamik PDF oluşturma işlemleri için kullanılmıştır. Özellikle Türkçe karakter desteği (UTF-8) ve görsellerin tablo içine yerleştirilmesi gibi karmaşık raporlama gereksinimlerini karşılamak amacıyla sisteme entegre edilmiştir.
- Axios: Frontend ve Backend arasındaki HTTP isteklerini yönetmek için kullanılmıştır.

3.3. Geliştirilen Yazılımın İşleyiş Algoritması

Yazılımın temel iş akışı, veri girişinden raporlamaya kadar dört ana aşamadan oluşmaktadır.

3.3.1. Veri girişi ve ön işleme

Sistem, kullanıcıdan binanın dört farklı cephesinden (Ön, Arka, Sağ Yan, Sol Yan) çekilmiş fotoğraf talep etmektedir. Yüklenen dosyaların formatı (JPG, PNG) ve sayısı (tam olarak 4 adet) sistem tarafından doğrulanır . Geçerli dosyalar, Base64 kodlama yöntemiyle metin dizilerine dönüştürülerek sunucuya iletilir.

3.3.2. Yapay zeka destekli çoklu analiz motoru

Sunucuya ulaşan görüntüler, Gemini 2.0 Flash modeli tarafından üç farklı "İstem" senaryosu ile analiz edilir. Her bir yöntem, sisteme ayrı birer asenkron görev olarak tanımlanmıştır.

Yöntem 1: AI Destekli Genel Risk Analizi Bu modülde yapay zekaya, "Sen bir yapı mühendisi ve deprem uzmanısın" rolü atanmıştır. Modelden; binanın yapısal özelliklerini, görünen hasarları (korozyon, çatlak) ve güvenlik sorunlarını serbest metin formatında analiz etmesi istenir. Çıktı, yapılandırılmış bir metin formatında (Risk Seviyesi, Puan, Öneriler) alınır .

Yöntem 2: İTÜ Anketi Simülasyonu Bu modülde yapay zeka, İTÜ Mezunları Derneği Bursa Şubesi tarafından geliştirilen 12 soruluk anketi simüle eder. Sisteme verilen özel komut seti (System Prompt) ile modelin şu soruları görseller üzerinden yanıtlaması sağlanır:

- Zemin katın ticari kullanımını (Yumuşak kat tespiti).
- Bina çıkmalarının türü ve boyutu.
- Bina yaşı (Görsel yıpranmaya dayalı tahmin).
- Bodrum kat varlığı (Havalandırma pencerelerinden tespit). Model, her soru için belirlediği cevabı ve karşılık gelen puanı hesaplayarak toplam risk skorunu oluşturur.

Yöntem 3: Erdem Erdoğan Sokak Taraması Simülasyonu Bu modülde, Erdem Erdoğan yöntemine ait 9 spesifik parametre (Kısa kolon, nizam durumu, asma kat vb.) yapay zeka tarafından taranır. Örneğin, "Kısa Kolon Var mı?" sorusu için model, bant pencereleri ve kolon boylarını görsel olarak analiz eder. Sonuçlar; "Yüksek Riskli (≥ 8 Puan)", "Orta Riskli" gibi kategorilere ayrılarak sunulur.

3.3.3. Dinamik raporlama modülü

Analiz sonuçları tamamlandığında, generate_report uç noktası (endpoint) tetiklenir. ReportLab kütüphanesi kullanılarak oluşturulan PDF raporu şu bileşenleri içerir:

1. Bina Görselleri: Yüklenen 4 fotoğraf, 2x2 matris düzeninde rapora eklenir.
2. Yöntem Sonuçları: Her üç yöntemin çıktıları, renkli başlıklar ve kalın puntolarla ayrıştırılarak okunabilirlik artırılır.
3. Türkçe Karakter Desteği: Raporlamada DejaVu font ailesi kullanılarak Türkçe karakterlerin (ı, ğ, ş, İ) kare şeklinde çıkması engellenmiştir.

3.4. Yazılımda Kullanılan Yöntemler ve Değerlendirme Ölçütleri

3.4.1. Erdem Erdoğan yöntemi

Erdem Erdoğan “Ankara ili Dikmen Senti Mevcut Yapıların Depremselliği” adlı çalışma çerçevesinde yapıların düzensizliklerini belirlemek için kullandığı yöntem soruları ve değerlendirmesi aşağıda Şekil 1 ve Şekil 2’de verilmiştir:

KRİTERLER	PUANLAMA
Bodrum Kat Var mı ?	Evet = 0 Hayır = 1
Yumuşak Kat Var mı ?	Evet = 1 Hayır = 0
Asma Kat Var mı ?	Evet = 1 Hayır = 0
Çıkma Kaç Yönlü ?	Tek = 2 Çift = 1 Yok = 0
Balkon Çıkma mı ?	Evet = 1 Hayır = 0
Nizam Durumu	Bitişik = 1 Ayrık = 0
Kısa Kolon Var mı ?	Evet = 1 Hayır = 0
Yönetmelik Durumu	Eski = 1 Yeni = 0
Görünen Kalite	İyi = 0 Orta = 1 Kötü = 2

Şekil 1. Erdem Erdoğan yöntemi soruları (Erdoğan, 2007)

Bina Deprem Puanı Aralıkları	≥ 8	5-6-7	3-4	1-2
Binanın Deprem Güvenirliği	Yüksek Riskli	Orta Derecede Riskli	Düşük Riskli	Güvenli

Şekil 2. Erdem Erdoğan yöntemi değerlendirmesi (Erdoğan, 2007)

3.4.2. İTÜ Mezunları Derneği Bursa Şubesi yöntemi

İTÜ Mezunları Derneği Bursa Şubesi, 12 soruluk bir test hazırlayarak, genel olarak binaların olası bir deprem sırasında ne kadar güvenilir olduğunu kabaca belirlemeye çalışmışlardır. Kendilerinin de ifade ettiği gibi bu testin doğruluk payı %70- %75 civarında değişmektedir (Erdoğan, 2007). Bu testte sorulan sorular ve değerlendirmesi aşağıda Şekil 3 ve Şekil 4'te verilmiştir:

İTÜ Mezunları Derneği Bursa Şubesi Bina Deprem Güvenilirliği Değerlendirme Testi	
Sorular	Puan
1- Binanızın bulunduğu yer:	
Kavallık zemin	0
Yüksek ve tepelik yer	1
Eğimin yüzde 20'nin üzerinde olduğu yamaçlar	2
Çevresine göre çukur yerler	3
Dere yatağı ve dolgu zeminler	4
Sulu zeminler	5
2-Binanız betonarme ise yaşı:	
1-10 yıl	0
10-11 yıl	1
11-20 yıl	3
21-30 yıl	4
31 yıl ve üstü	5
3- Binanızın taşıyıcı sistemi:	
Celik ya da ahşap bina	0
Betonarme bina	1
Tuğla örgü vıçma bina	2
Taş örgü vıçma bina	3
Kerpic örgülü bina	4
Kerpic örgülü toprak damlı bina	5
4- Binanızda bodrum kat ve rutubet sorunu var mı?	
Bodrum kat var, hiç rutubet olmuyor	0
Bodrum kat var, kış aylarında rutubetli	1
Bodrum kat yok, rutubet yok	2
Bodrum kat var, sürekli rutubet var	3
Bodrum kat var, su birikiyor	5
5- Binanız zemin kat dahil kaç katlı?	
Bir katlı	0
İki katlı	1
Üç katlı	2
Dört-bes katlı	3
Altı-sekiz katlı	4

Şekil 3. İTÜ Mezunları Derneği Bursa Şubesi yöntemi soruları (Erdoğan, 2007)

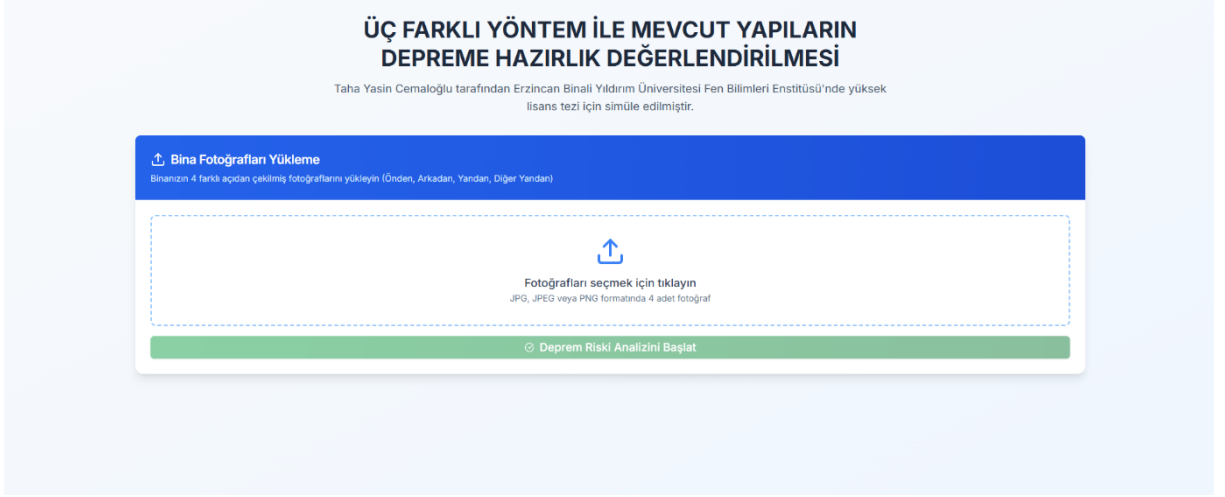
Dokuz kat ve üstü	5
6- Binanızın zemin katı nasıl?	
Üst katlarla aynı	0
Üst katlardan daha içerde, ancak duvarlar kapalı	1
Kat yüksekliği diğer katlardan daha fazla, ancak duvarlar kapalı	2
Normal katlarla aynı, ancak duvar yok	3
Normal katlardan daha içeride, ancak duvar yok	4
Kat yüksekliği normal katlardan daha fazla, ancak duvar yok	5
7-Bina çıkmaları nasıl?	
Binada hiç çıkma yok	0
Yalnızca balkonlar çıkma	1
Binanın bütününde kapalı çıkma var 80 cm`ve kadar	3
Acık çıkmalar duvarlarla kapatılmış	4
Binanın bütününde 80 cm`den fazla çıkma var	5
8-Binaya yapılan müdahale var mı?	
Binanın herhangi bir yerinde değişiklik yapılmadı	0
Binanın iç duvarlarında kaldırılan bölümler var	1
Binanın iç duvarlarında birden fazla kaldırılan bölümler var	2
Dış duvarlarda pencere açıldı veya pencereler büyütüldü	3
Binanın bütününde ilave pencere yapılması ya da duvarların kaldırılması	4
İç bölme ve duvarların komple kaldırılması (1 kat bile olsa)	5
9-Binanın kullanım amacı değiştirildi mi?	
Bina yapım amacına göre kullanılıyor	0
Konut amaçlı yapılıp, normal katlar atölye olarak kullanılıyor	1
Zemin kat konut amaçlı yapılıp, dükkan ya da atölye olarak kullanılıyor	2
Binaya sonradan asansör montajı yapıldı	3
Sonradan çatı arasına bir tondan fazla kapasiteli su deposu yapıldı	4
Binaya sonradan asansör ve su deposu yapıldı	5
10 -Binanızda şu ana kadar:	
Herhangi bir tamirat yapılmadı	0
Titresimli bir aletle tamirat yapıldı	1
Yapının taşıyıcıları titresimli bir aletle tamir edildi	2
Kolon ve kirislere delik ve benzeri müdahale yapıldı	3
Binada kat ya da döşeme ilavesi yapıldı	4
Binada kısmi de olsa yangın oldu	5
11-Binanızdaki daha önceki hasar ya da çatlaklar	
Binanızda gözle görülür çatlak yok	0
Balkon döşemesinde ya da köselerinde çok ince çatlak var	1
Çıkmalardaki dış duvarların kolon ve kirislerin birleştiği yerde çok ince çatlaklar	2
Pencere altı ve hizalarında duvarda yatay çatlaklar var	3
Dış duvarlarda yatay ve düşey bina yüksekliğince çatlama var	4
12- Bina şekli, plan şeması:	
Kare ya da çokgen	0
Dikdörtgen	1
Yıldız şeklinde	2
Binada derin boşluklar var	3
Bitişik bloklar, aynı kat seviyesinde değil	4
Bitişik bloklar, aynı yükseklikte değil	5

Değerlendirme	
Binanın Durumu	Toplam Puan
Binanızda ciddi bir deprem riski bulunmamaktadır.	0-6
Binanızda düşük deprem riski bulunmaktadır.	7-12
Binanızda orta deprem riski söz konusu, yapı uzmanlarca incelenmeli.	13-20
Binanız deprem etkilerine açık bir yapıya sahiptir.	21-60

Şekil 4. İTÜ Mezunları Derneği Bursa Şubesi yöntemi soruları ve değerlendirmesi (Erdoğan, 2007)

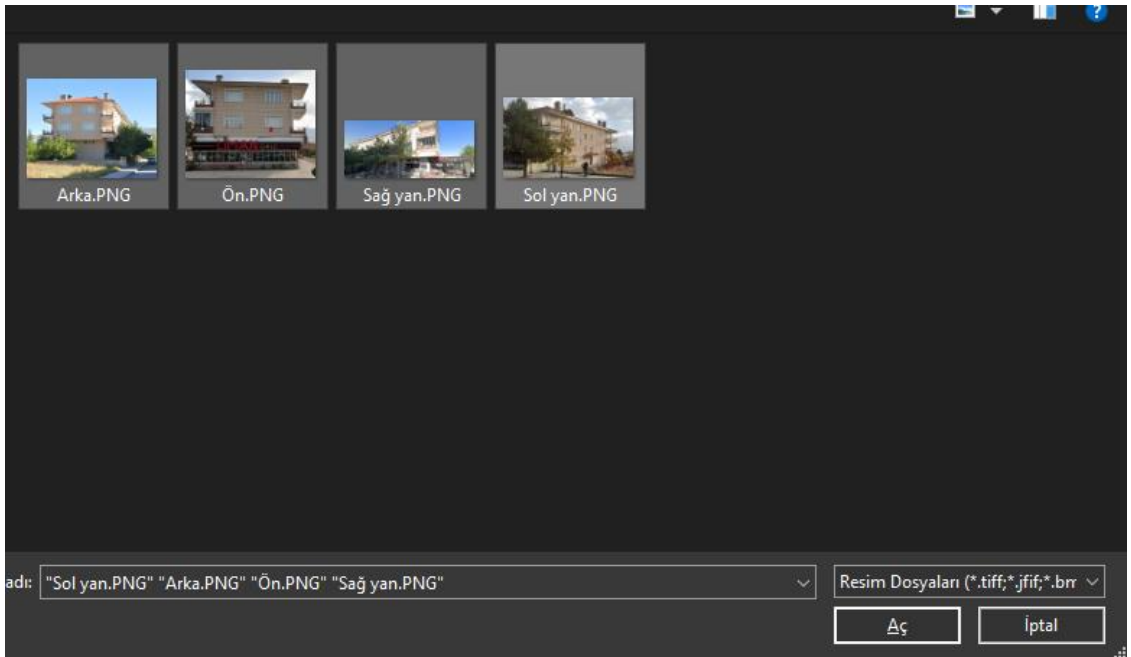
3.5. Yazılımın İşleyişi

Yazılım ilk aşamada Şekil 5’te olduğu gibi arayüzüyle bizi karşılamakta ve değerlendirilmesi yapılacak yapının dört cepheden (sağ yan, sol yan, arka, ön) çekilmiş fotoğraflarını sisteme yüklememizi istemektedir.



Şekil 5. Yazılımın arayüzü

İkinci aşamada, analizini yaptıracığımız yapının dört cepheden çekilen fotoğraflar Şekil 6’da gösterildiği gibi sisteme yüklenmektedir.



Şekil 6. Yapı fotoğraflarının sisteme yüklenmesi

Üçüncü aşamada, fotoğrafları sisteme yükleyene kadar pasif olarak bekleyen Deprem Riski Analizini Başlat seçeneği Şekil 7’de görüldüğü gibi aktif olur ve açık yeşil bir renk alır.

ÜÇ FARKLI YÖNTEM İLE MEVCUT YAPILARIN DEPREME HAZIRLIK DEĞERLENDİRİLMESİ

Taha Yasin Cemaloğlu tarafından Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisans tezi için simüle edilmiştir.

Bina Fotoğrafları Yükleme
Binanızın 4 farklı açıdan çekilmiş fotoğraflarını yükleyin (Önden, Arkadan, Yandan, Diğer Yandan)

Fotoğrafları seçmek için tıklayın
JPG, JPEG veya PNG formatında 4 adet fotoğraf

Önden
Arka.PNG

Arkadan
Ön.PNG

Yandan
Sağ yan.PNG

Diğer Yandan
Sol yan.PNG

Deprem Riski Analizini Başlat

Şekil 7. Analize hazır hale gelen sistem

Dördüncü aşamada, aktif hale gelen Deprem Riski Analizini Başlat seçeneğine tıklanarak Şekil 8’de olduğu gibi analiz başlatılır.

ÜÇ FARKLI YÖNTEM İLE MEVCUT YAPILARIN DEPREME HAZIRLIK DEĞERLENDİRİLMESİ

Taha Yasin Cemaloğlu tarafından Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisans tezi için simüle edilmiştir.

Bina Fotoğrafları Yükleme
Binanızın 4 farklı açıdan çekilmiş fotoğraflarını yükleyin (Önden, Arkadan, Yandan, Diğer Yandan)

Fotoğrafları seçmek için tıklayın
JPG, JPEG veya PNG formatında 4 adet fotoğraf

Önden
Arka.PNG

Arkadan
Ön.PNG

Yandan
Sağ yan.PNG

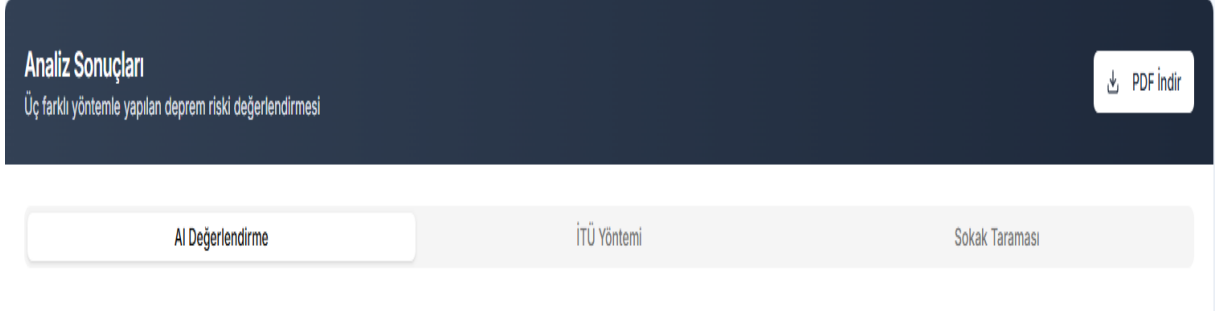
Diğer Yandan
Sol yan.PNG

Analiz Yapılıyor...

AI analizi yapılıyor...

Şekil 8. Analiz aşaması

Beşinci aşamada, sistem bize bahsedilen üç farklı ile elde edilen analizleri üç ayrı sekmede Şekil 9’da görüldüğü gibi hazırlar.



Şekil 9. Analizlerin sekmelere ayrılmış görünümü

Her sekme, analiz şeklinin ismiyle isimlendirilmiş olup sekmelerin ilki AI değerlendirme sekmesine tıkladığımızda Şekil 10’da görüldüğü gibi bu analiz tekniğinin raporu ve değerlendirilmesi görünmektedir.

Yöntem 1 AI İle Deprem Riski Değerlendirme

Risk Seviyesi: Orta

Risk Puanı: 55

Yapısal Özellikler:

- * **Malzeme:** Betonarme
- * **Kat Sayısı:** 3 katlı
- * **Çıkmalara:** Balkonlar ve kısmi kat çıkmaları mevcut. Bu çıkmalar, deprem sırasında burulma etkisine neden olabilir.
- * **Cephe:** Düzgün ve simetrik bir cepheye sahip.
- * **Zemin Kat:** Zemin katın ticari amaçla kullanıldığı ve geniş açıklıklar içerdiği görülüyor. Bu durum, zemin katın diğer katlara göre daha zayıf olmasına neden olabilir (yumuşak kat etkisi).

Hasar Değerlendirmesi:

- * Fotoğraflarda belirgin bir hasar veya çatlak görünmüyor. Ancak, binanın yaşı ve yapım yılı bilinmediğinden, malzeme yorgunluğu ve korozyon gibi potansiyel hasarlar göz ardı edilmemelidir.
- * Zemin katındaki geniş açıklıklar ve ticari kullanım nedeniyle yapılan değişiklikler, yapısal bütünlüğü etkileyebilir.

Öneriler:

1. **Detaylı Yapısal İnceleme:** Bir inşaat mühendisi tarafından yerinde detaylı bir inceleme yapılmalı. Bu incelemede beton kalitesi, donatı detayları ve taşıyıcı sistemin genel durumu değerlendirilmelidir.
2. **Zemin Etüdü:** Yapının bulunduğu zeminin özellikleri (zemin sınıfı, sıvılaşma potansiyeli vb.) belirlenmelidir. Bu bilgiler, deprem performans analizinde kullanılacaktır.
3. **Deprem Performans Analizi:** Elde edilen verilerle (yapısal inceleme, zemin etüdü) bir deprem performans analizi yapılmalı. Bu analizde, binanın beklenen deprem yükleri altındaki davranışı simüle edilerek, olası hasar senaryoları belirlenmelidir.
4. **Güçlendirme Projesi (Gerekirse):** Deprem performans analizinin sonuçlarına göre, binanın güçlendirilmesi gerekebilir. Güçlendirme projeleri, mevcut yapıya ek elemanlar (perdelere, çelik takviyeler vb.) eklenerek veya mevcut elemanların güçlendirilmesiyle yapılabilir.
5. **Zemin Katın Güçlendirilmesi:** Zemin katındaki geniş açıklıkların yapısal zayıflığa neden olduğu düşünülüyorsa, bu katın özellikle güçlendirilmesi önemlidir. Kolonların mantolanması, çelik çerçevelerle desteklenmesi veya perde duvarlar eklenmesi gibi yöntemler uygulanabilir.

Detaylı Teknik Analiz:

1. **Betonarme Taşıyıcı Sistem Analizi:** Binanın taşıyıcı sistemi (kolonlar, kirişler, döşemeler) detaylı olarak incelenmeli ve betonarme hesapları yapılmalıdır. Beton kalitesi, donatı miktarı ve yerleşimi gibi parametreler değerlendirilmelidir.
2. **Zemin-Yapı Etkileşimi Analizi:** Zemin özelliklerinin bina üzerindeki etkisi (zemin büyümesi, sıvılaşma vb.) dikkate alınmalıdır. Zemin-yapı etkileşimi analizleri, binanın deprem davranışını daha doğru bir şekilde tahmin etmeye yardımcı olur.
3. **Doğrusal Olmayan Statik (İtme) Analizi:** Binanın itme analizi ile performans noktası belirlenmeli ve binanın hangi deprem seviyesinde ne tür hasarlar göreceği tahmin edilmelidir.
4. **Modal Analiz:** Yapının doğal frekansları ve mod şekilleri belirlenerek, deprem sırasındaki rezonans riski değerlendirilmelidir.
5. **Risk Değerlendirmesi:** Tüm analiz sonuçları bir araya getirilerek, binanın deprem riski detaylı bir şekilde değerlendirilmelidir. Risk değerlendirmesi, binanın güçlendirilip güçlendirilmemesi gerektiğine karar vermede önemli bir rol oynar.

Not: Bu değerlendirme, sadece fotoğraflar üzerinden yapılan genel bir ön değerlendirmedir. Kesin bir risk değerlendirmesi için yerinde detaylı inceleme ve mühendislik analizleri yapılması gerekmektedir.

Şekil 10. AI değerlendirme yönteminin analiz raporu

Sekmelerin ikincisi olan İTÜ Yöntemi sekmesine tıkladığımızda Şekil 11’de görüldüğü gibi bu analiz tekniğinin raporu görüntülenmektedir.

Yöntem 2 İTÜ Mezunları Derneği Bursa Şubesi Anketi

İşte fotoğraflardan elde edilen bilgilere dayanarak deprem risk değerlendirme anketi sonuçları:

Toplam Puan: 13

Risk Kategorisi: Orta deprem riski söz konusu, yapı uzmanlarca incelenmeli.

Soru ve Cevaplar:

1. Binanın bulunduğu yer: Çevresine göre çukur yerler - Puan: 3 (Zemin katın genel seviyeden düşüğe olması ve ticari amaçla kullanımından dolayı bu kaniya varılmıştır.)
2. Bina betonarme ise yaşı: 21-30 yıl - Puan: 4 (Bina görünümüne göre tahmini olarak bu aralıkta olduğu düşünülmektedir.)
3. Binanın taşıyıcı sistemi: Betonarme bina - Puan: 1
4. Binanızda bodrum kat ve rutubet sorunu: Bodrum kat var, sürekli rutubet var - Puan: 3 (Zemin kat seviyesinin altında kat olması ve yapının bulunduğu bölgedeki zemin koşulları göz önüne alınarak bu değerlendirme yapılmıştır.)
5. Bina zemin kat dahil kaç katlı: Üç katlı - Puan: 2
6. Binanın zemin katının durumu: Normal katlarla aynı, ancak duvar yok - Puan: 3 (Zemin katın ticari amaçlı kullanılması ve duvarların olmaması nedeniyle bu değerlendirme yapılmıştır.)
7. Bina çıkmaları: Yalnızca balkonlar çıkma - Puan: 1
8. Binaya yapılan müdahale: Binanın iç duvarlarında kaldırılan bölümler var - Puan: 1 (Zemin katın ticari amaçlı kullanılması nedeniyle iç duvarlarda değişiklik yapılmış olabileceği düşünülmektedir.)
9. Binanın kullanım amacı: Zemin kat konut amaçlı yapılar, dükkan ya da atölye olarak kullanılıyor - Puan: 2
10. Binanızda şu ana kadar yapılan işlemler: Herhangi bir tamirat yapılmadı - Puan: 0 (Fotoğraflardan tamirat yapıldığına dair net bir kanıt bulunmamaktadır.)
11. Binanızdaki daha önceki hasar ya da çatlaklar: Binanızda gözle görülür çatlak yok - Puan: 0 (Fotoğraflardan çatlak görülmemektedir.)
12. Bina şekli, plan şekli: Dikdörtgen - Puan: 1

Değerlendirme:

Orta deprem riski söz konusu, yapı uzmanlarca incelenmeli. Bu puan, binanın zemin koşulları, yaşı, zemin katın kullanım amacı ve olası müdahaleler nedeniyle orta risk kategorisine girmesine neden olmuştur.

Öneriler:

- * **Detaylı İnceleme:** Bir inşaat mühendisi veya uzman bir ekip tarafından binanın yerinde detaylı bir incelemesi yapılmalıdır.
- * **Zemin Etüdü:** Binanın bulunduğu zeminin detaylı bir zemin etüdü yapılarak, zemin özelliklerinin deprem performansı üzerindeki etkileri belirlenmelidir.
- * **Güçlendirme Projesi:** Eğer inceleme ve etüt sonucunda risk tespit edilirse, binanın depreme karşı güçlendirilmesi için bir proje hazırlanmalı ve uygulanmalıdır.
- * **Kullanım Amacı Değişikliği:** Zemin katın kullanım amacı binanın taşıyıcı sistemine uygun hale getirilmelidir. Gerekirse takviye yapılmalıdır.
- * **Rutin Bakım:** Binanın genel bakım ve onarımı düzenli olarak yapılmalıdır. Özellikle su yalıtımına dikkat edilerek rutubet sorunları giderilmelidir.

Şekil 11. İTÜ yönteminin analiz raporu

Son sekme olan Sokak Taraması sekmesine tıkladığımızda Şekil 12’de görüldüğü gibi Erdem Erdoğan yöntemiyle yapılmış olan sokak taraması analiz raporu görüntülenmektedir.

Analiz Sonuçları

Üç farklı yöntemle yapılan deprem riski değerlendirilmesi

PDF İndir

AI Değerlendirme İTÜ Yöntemi Sokak Taraması

Yöntem 3 Erdem Erdoğan Sokak Taraması Yöntemi

Toplam Puan: 7
Risk Kategorisi: Orta Derecede Riskli

Soru ve Cevaplar:

1. Bodrum Kat Var mı? - Cevap: Hayır - Puan: 1
2. Yumuşak Kat Var mı? - Cevap: Evet - Puan: 1
3. Asma Kat Var mı? - Cevap: Evet - Puan: 1
4. Çıkma Kaç Yönlü? - Cevap: Tek - Puan: 2
5. Balkon Çıkma mı? - Cevap: Evet - Puan: 1
6. Nizam Durumu? - Cevap: Ayrık - Puan: 0
7. Kısa Kolon Var mı? - Cevap: Hayır - Puan: 0
8. Yönetmelik Durumu? - Cevap: Eski - Puan: 1
9. Görünen Kalite? - Cevap: Orta - Puan: 1

Değerlendirme:
Bina orta derecede riskli olarak değerlendirilmiştir. Yumuşak kat ve tek yönlü çıkma gibi faktörler risk puanını artırmıştır.

Öneriler:

1. Bina detaylı bir yapısal analizden geçirilmelidir.
2. Yumuşak kat problemi çözülmeli, kolon ve girişlerde güçlendirme yapılmalıdır.
3. Çıkmaların binaya etkileri incelenmeli, gerekli görülürse önlem alınmalıdır.
4. Yapısal analiz sonuçlarına göre, binanın deprem performansını artırmak için güçlendirme yöntemleri değerlendirilmelidir.

Şekil 12. Erdem Erdoğan yönteminin analiz raporu

Rapor özetlerini indirebilmemiz için ise Şekil 13’de görünen pdf indir alanına tıklayarak rapor özetlerini pdf olarak indirebiliyoruz.

Analiz Sonuçları

Üç farklı yöntemle yapılan deprem riski değerlendirilmesi

PDF İndir

Şekil 13. Analiz raporlarının özet bir pdf halde indirilmesi

4. BULGULAR

Bu bölümde, bahsedilen iki sokak taraması yöntemi ve tez çalışması kapsamında geliştirilen "Deprem Riski Değerlendirme Yazılımı"nın saha performansı, otuz yapı üzerinde test edilerek incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Erzincan kent merkezinde seçilen, yapıların dört cephesinden alınan fotoğraflar sisteme yüklenmiş ve üç farklı yöntemle (AI, İTÜ, Erdem Erdoğan) analiz edilmiştir. Saha çalışmaları da yapılar sokak tarama yöntemlerinden İTÜ Mezunları Derneği anket yöntemi her bina için o binanın bir sakini ile değerlendirilmiştir. Erdem Erdoğan yöntemi de inşaat mühendisi tarafından incelenerek sadece yazılıma bağlı kalmadan saha çalışmaları da yapılmıştır. Böylece insan değerlendirmeleri ile yapay zeka değerlendirmeleri de karşılaştırılmıştır. Yapının risk analizi sonuçları, üç farklı yöntemin (İTÜ, Erdem Erdoğan ve Yapay Zeka) verilerini kıyaslayacak şekilde aşağıda listelenmiştir. Bulguların sunumunda, tezin akıcılığını korumak ve gereksiz veri tekrarı yapmamak adına, sonuçların raporlanmasında seçici bir yaklaşım izlenmiştir.

Bu bağlamda; Şekil 14-Şekil 19, Şekil 21-Şekil 26, Şekil 28-Şekil 38 ve Şekil 40-Şekil 43'te görüldüğü üzere yapay zeka simülasyonları ile sahadaki insan verilerinin büyük oranda örtüştüğü (%85 ve üzeri) ve tüm yöntemlerin aynı risk sınıfında birleştiği 'olağan' durumlarda, sonuçlar sadece özet tablolar halinde verilmiştir. Ancak, Şekil 16, Şekil 20, Şekil 27, Şekil 39'da görüldüğü üzere yöntemler arasında kayda değer puan farklarının görüldüğü, risk kategorisinin değiştiği (örneğin bir yöntemin orta, diğerinin yüksek risk vermesi gibi) veya yapısal açıdan kritik belirsizliklerin (yumuşak kat, kısa kolon şüphesi vb.) olduğu binalarda; salt veri sunumuyla yetinilmeyip, şekil ve tabloların altına detaylı karşılaştırmalı teknik yorumlar eklenmiştir.

4.1. Yapı Değerlendirmeleri

Bina 1: Değerlendirilen birinci yapıya ait değerlendirmeler ve risk durumu Tablo 1’de görülmektedir:



Şekil 14. Değerlendirilen 1. Yapı

Tablo 1. Yapı 1 değerlendirme sonuçları

Yöntem	Puan	Risk durumu
İTÜ Mezunları yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	16	Orta
İTÜ Mezunları yöntemi bina sakini ile yapılan anket değerlendirmesi	14	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	6	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi inşaat mühendisi değerlendirmesi	5	Orta
Yapay zeka görsel işleme yöntemi değerlendirmesi	55	Orta

Tablo 1’de yer alan bulgular bütüncül bir yaklaşımla incelendiğinde, yazılımın analiz ve simülasyon yeteneği ile sahadan elde edilen insan değerlendirmesi verileri arasında kayda değer bir örtüşme olduğu göze çarpmaktadır. Gerek İTÜ Mezunları Yöntemi gerekse Erdem Erdoğan Yöntemi özelinde yapılan kıyaslamalar ve incelemelerde, yapay zeka ve insan değerlendirmeleri arasındaki matematiksel farklar oldukça sınırlı kalmış; söz konusu farklar

binanın nihai risk kategorisini değiştirecek bir etki yaratmamıştır. Buna ilaveten, çalışmanın güvenilirliğini pekiştiren asıl unsur, belli noktalarda birbirinden farklı teorik temellere dayanan üç farklı yöntemin kendi aralarındaki tutarlılığıdır. Her üç yaklaşım da analiz sonunda yapının deprem riski değerlendirmesinde 'Orta Risk' kararında bulunmuştur. Farklı değerlendirme parametrelerine ve değerlendirici türlerine (Yapay Zeka ve İnsan) rağmen tüm analizlerin aynı sonuçta mutabık kalması, geliştirilen yazılımın analiz ve karar mekanizmasının kararlı, tutarlı ve güvenilir çalıştığını somut bir şekilde ortaya koymaktadır.

Bina 2: Değerlendirilen ikinci yapıya ait değerlendirmeler ve risk durumu Tablo 2’de görülmektedir:



şekil 15. Değerlendirilen 2. Yapı

Tablo 2. Yapı 2 değerlendirme sonuçları

Yöntem	Puan	Risk durumu
İT Mezunları yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	15	Orta
İT Mezunları yöntemi bina sakini ile yapılan anket değerlendirmesi	15	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	5	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi inşaat mühendisi değerlendirmesi	6	Orta
Yapay zeka görsel işleme yöntemi değerlendirmesi	50	Orta

Bina 3: Değerlendirilen üçüncü yapıya ait değerlendirmeler ve risk durumu Tablo 3'te görülmektedir:



Şekil 16. Değerlendirilen 3. Yapı

Tablo 3. Yapı 3 değerlendirme sonuçları

Yöntem	Puan	Risk durumu
İTÜ Mezunları yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	16	Orta
İTÜ Mezunları yöntemi bina sakini ile yapılan anket değerlendirmesi	15	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	4	Düşük Riskli
Erdem Erdoğan yöntemi inşaat mühendisi değerlendirmesi	6	Orta
Yapay zeka görsel işleme yöntemi değerlendirmesi	55	Orta

Tablo 3'teki bulgulara odaklandığımızda, yöntemler arasında genel bir paralellik olsa da, Erdem Erdoğan metodolojisinde dikkate değer bir teknik ayrışma göze çarpmaktadır. İTÜ Mezunları Yöntemi açısından bakıldığında, yapay zeka ve bina sakini verileri (sırasıyla 16 ve 15 puan) bir uyum sergileyerek 'Orta Risk' tanısını doğrulamıştır.

Öte yandan, Erdem Erdoğan yöntemine ait puanlama tablosunda durum biraz farklılaşmış; yazılım 4 puanla yapıyı 'Düşük Risk' sınıfına sokarken, sahada inceleme yapan mühendis 6 puanla 'Orta Risk' kararı vermiştir. Aradaki bu 2 puanlık makasın, yöntemin görsel

yorumlamaya açık olan 'Balkon/Çıkma Türü' ve 'Bodrum Kat Varlığı' parametrelerinden kaynaklandığı gözlemlenmiştir. Yapay zekaya verilen görsellerde ağaçların balkon tarafını kapattığı ancak saha mühendisinin bunu yerinde inceleyerek bir çıkma olduğunu tespit ettiği anlaşılmaktadır. Benzer şekilde, su basman kotundaki yanılma nedeniyle yazılımın yapıyı bodrumlu (daha güvenli) varsaymasına karşın, insan gözünün bu detayı elediği ve risk puanını artırdığı görülmektedir. Yine de, gerek İTÜ yönteminin gerekse yazılımın kendi görsel algoritmasının (55 Puan) ve saha mühendisinin 'Orta Risk' paydasında buluşması sayesinde; söz konusu parametrik sapma genel teşhisi yanılmamış ve yapı nihai olarak doğru sınıfta, yani 'Orta Risk' grubunda konumlandırılmıştır.

Bina 4: Değerlendirilen dördüncü yapıya ait değerlendirmeler ve risk durumu Tablo 4’de görülmektedir:



Şekil 17. Değerlendirilen 4. Yapı

Tablo 4. Yapı 4 değerlendirme sonuçları

Yöntem	Puan	Risk durumu
İTÜ Mezunları yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	18	Orta
İTÜ Mezunları yöntemi bina sakini ile yapılan anket değerlendirmesi	15	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	6	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi inşaat mühendisi değerlendirmesi	7	Orta

Bina 5: Değerlendirilen beşinci yapıya ait değerlendirmeler ve risk durumu Tablo 5'te görülmektedir:



Şekil 18. Değerlendirilen 5. Yapı

Tablo 5. Yapı 5 değerlendirme sonuçları

Yöntem	Puan	Risk durumu
İTÜ Mezunları yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	14	Orta
İTÜ Mezunları yöntemi bina sakini ile yapılan anket değerlendirmesi	16	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	5	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi inşaat mühendisi değerlendirmesi	5	Orta
Yapay zeka görsel işleme yöntemi değerlendirilmesi	55	Orta

Bina 6: Değerlendirilen altıncı yapıya ait değerlendirmeler ve risk durumu Tablo 6'da görülmektedir:



Şekil 19. Değerlendirilen 6. Yapı

Tablo 6. Yapı 6 değerlendirme sonuçları

Yöntem	Puan	Risk durumu
İTÜ Mezunları yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	11	Düşük
İTÜ Mezunları yöntemi bina sakini ile yapılan anket değerlendirmesi	10	Düşük
Erdem Erdoğan yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	3	Düşük
Erdem Erdoğan yöntemi inşaat mühendisi değerlendirmesi	4	Düşük
Yapay zeka görsel işleme yöntemi değerlendirmesi	20	Düşük

Bina 7: Değerlendirilen yedinci yapıya ait değerlendirmeler ve risk durumu Tablo 7’de görülmektedir:



Şekil 20. Değerlendirilen 7. Yapı

Tablo 7. Yapı 7 değerlendirme sonuçları

Yöntem	Puan	Risk durumu
İTÜ Mezunları yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	12	Düşük Riskli
İTÜ Mezunları yöntemi bina sakini ile yapılan anket değerlendirmesi	14	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	3	Düşük Riskli
Erdem Erdoğan yöntemi inşaat mühendisi değerlendirmesi	2	Güvenli
Yapay zeka görsel işleme yöntemi değerlendirmesi	25	Düşük Riskli

Tablo 7’deki bulgular ve analiz verileri detaylandırıldığında, yazılımın teknik değerlendirme sonucu ile kullanıcı (bina sakini) sonucu arasında belirgin bir perspektif farkı olduğu gözlemlenmektedir. İTÜ Mezunları Yönteminde; yazılımın görsel verilere dayanarak hesapladığı 12 puanlık 'Düşük Risk' değeri, bina sakininin beyanına dayalı 14 puanlık 'Orta Risk' değerlendirmesiyle kategorik bir farklılık göstermiştir. Bu durum, bina sakininin binanın yaşı veya zemin geçmişi gibi görsel olmayan, mevcut resimlerde ayırt edilmesi güç

parametreleri daha kritik puanladığını, yazılımın ise yapının mevcut görüntüsüne ve fiziksel kondisyona odaklandığını düşündürmektedir.

Buna karşın, teknik gözleme dayalı Erdem Erdoğan Yöntemi'nde ise yazılımın başarısı dikkat çekicidir. Yazılımın hesapladığı 3 puan (Düşük Risk) ile inşaat mühendisinin takdir ettiği 2 puan (Güvenli) istatistiksel olarak birbirine oldukça yakın sonuçlandırılmıştır. Her iki teknik değerlendirici de (Yapay Zeka ve Mühendis) yapıyı güvenlik sınırları içerisinde tanımlamıştır. Görsel işleme modülünün de 25 puanla 'Düşük Risk' vermesi; yazılımın teknik analizinin mühendis görüşüyle örtüşüğünü, ancak bina sakininin subjektif kaygılarına bağlı olarak risk algısını yukarı çektiği gözlemlenmiştir.

Bina 8: Değerlendirilen sekizinci yapıya ait değerlendirmeler ve risk durumu Tablo 8'de görülmektedir:



Şekil 21. Değerlendirilen 8. Yapı

Tablo 8. Yapı 8 değerlendirme sonuçları

Yöntem	Puan	Risk durumu
İTÜ Mezunları yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	14	Orta
İTÜ Mezunları yöntemi bina sakini ile yapılan anket değerlendirmesi	15	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	6	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi inşaat mühendisi değerlendirmesi	5	Orta

Yapay zeka görsel işleme yöntemi değerlendirmesi	50	Orta
--	----	------

Bina 9: Değerlendirilen dokuzuncu yapıya ait değerlendirmeler ve risk durumu Tablo 9’da görülmektedir:



Şekil 22. Değerlendirilen 9. Yapı

Tablo 9. Yapı 9 değerlendirme sonuçları

Yöntem	Puan	Risk durumu
İTÜ Mezunları yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	16	Orta
İTÜ Mezunları yöntemi bina sakini ile yapılan anket değerlendirmesi	14	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	5	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi inşaat mühendisi değerlendirmesi	6	Orta
Yapay zeka görsel işleme yöntemi değerlendirmesi	55	Orta

Bina 10: Değerlendirilen onuncu yapıya ait değerlendirmeler ve risk durumu Tablo 10'da görülmektedir:



Şekil 23. Değerlendirilen 10. Yapı

Tablo 10. Yapı 10 değerlendirme sonuçları

Yöntem	Puan	Risk durumu
İTÜ Mezunları yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	8	Düşük
İTÜ Mezunları yöntemi bina sakini ile yapılan anket değerlendirmesi	10	Düşük
Erdem Erdoğan yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	3	Düşük
Erdem Erdoğan yöntemi inşaat mühendisi değerlendirmesi	4	Düşük
Yapay zeka görsel işleme yöntemi değerlendirmesi	30	Düşük

Bina 11: Değerlendirilen on birinci yapıya ait değerlendirmeler ve risk durumu Tablo 11’de görülmektedir:



Şekil 24. Değerlendirilen 11. Yapı

Tablo 11. Yapı 11 değerlendirme sonuçları

Yöntem	Puan	Risk durumu
İTÜ Mezunları yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	10	Düşük
İTÜ Mezunları yöntemi bina sakini ile yapılan anket değerlendirmesi	12	Düşük
Erdem Erdoğan yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	3	Düşük
Erdem Erdoğan yöntemi inşaat mühendisi değerlendirmesi	4	Düşük
Yapay zeka görsel işleme yöntemi değerlendirmesi	25	Düşük

Bina 12: Değerlendirilen on ikinci yapıya ait değerlendirmeler ve risk durumu Tablo 12’de görülmektedir:



Şekil 25. Değerlendirilen 12. Yapı

Tablo 12. Yapı 12 değerlendirme sonuçları

Yöntem	Puan	Risk durumu
İTÜ Mezunları yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	14	Orta
İTÜ Mezunları yöntemi bina sakini ile yapılan anket değerlendirmesi	15	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	5	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi inşaat mühendisi değerlendirmesi	5	Orta
Yapay zeka görsel işleme yöntemi değerlendirmesi	55	Orta

Bina 13: Değerlendirilen on üçüncü yapıya ait değerlendirmeler ve risk durumu Tablo 13'te görülmektedir:



Şekil 26. Değerlendirilen 13. Yapı

Tablo 13. Yapı 13 değerlendirme sonuçları

Yöntem	Puan	Risk durumu
İTÜ Mezunları yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	14	Orta
İTÜ Mezunları yöntemi bina sakini ile yapılan anket değerlendirmesi	17	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	4	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi inşaat mühendisi değerlendirmesi	5	Orta
Yapay zeka görsel işleme yöntemi değerlendirmesi	50	Orta

Bina 14: Değerlendirilen on dördüncü yapıya ait değerlendirmeler ve risk durumu Tablo 14’te görülmektedir:



Şekil 27. Değerlendirilen 14. Yapı

Tablo 14. Yapı 14 değerlendirme sonuçları

Yöntem	Puan	Risk durumu
İTÜ Mezunları yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	14	Orta
İTÜ Mezunları yöntemi bina sakini ile yapılan anket değerlendirmesi	15	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	4	Düşük
Erdem Erdoğan yöntemi inşaat mühendisi değerlendirmesi	5	Orta
Yapay zeka görsel işleme yöntemi değerlendirmesi	55	Orta

Tablo 14’e ait analiz sonuçları bütüncül bir gözle değerlendirildiğinde; yazılımın genel karar mekanizmasının genel olarak istikrarlı çalıştığı, ancak bazı spesifik yapısal görsel ile anlaşılması zor olan parametrelerde insan gözleminin tamamlayıcı rolünün ön plana çıktığı görülmektedir. İTÜ Mezunları Yöntemi özelindeki veriler incelendiğinde; yazılımın vermiş olduğu 14 puan ile bina sakini kaynaklı 15 puanın istatistiksel olarak birbirine oldukça yakın sonuçlar olduğu ve her iki verinin de 'Orta Risk' tanısında karar kıldığı anlaşılmaktadır.

Buna karşın, Erdem Erdoğan Yöntemi bulgularındaysa küçük bir puanlama ve teknik ayrışma söz konusudur. Yazılım, sunulan görsel veriler ışığında 4 puanlık bir 'Düşük Risk' öngörüsünde bulunurken; saha mühendisi daha temkinli bir yaklaşımla puanı 5'e yükselterek risk sınıfını 'Orta' seviyesinde belirlemiştir. Aradaki bu 1 puanlık sapmanın temel nedeninin, zemin katta bulunan ticari işletme alanından kaynaklanan 'Yumuşak Kat' düzensizliği olduğu gözlemlenmiştir. Yapay zekanın geniş cam cepheleri özellikle düşük ışıktaki kaydedilen fotoğraflarda standart bir mimari unsur olarak algılamasına karşılık, insan gözünün buradaki rijitlik kaybını yerinde tespit ederek puanlamaya yansıttığı gözlemlenmiştir. Küçük farklara rağmen bu inceleme, sistemin kontrol mekanizmasının önemini kanıtlar niteliktedir. Yazılımın görsel işleme modülünün (55 Puan) ve İTÜ analizinin 'Orta Risk' vermesi sayesinde, parametrik bazdaki bu küçük farkları tolere etmiş ve sistem, üç farklı değerlendirmenin çoklu doğrulama yeteneğiyle yapıyı sonuç olarak doğru risk grubunda, yani 'Orta Risk' grubunda konumlandırmayı başarmıştır.

Bina 15: Değerlendirilen on beşinci yapıya ait değerlendirmeler ve risk durumu Tablo 15'te görülmektedir:



Şekil 28. Değerlendirilen 15. Yapı

Tablo 15. Yapı 15 değerlendirme sonuçları

Yöntem	Puan	Risk durumu
İTÜ Mezunları yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	14	Orta
İTÜ Mezunları yöntemi bina sakini ile yapılan anket değerlendirmesi	15	Orta

Erdem Erdoğan yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	6	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi inşaat mühendisi değerlendirmesi	5	Orta
Yapay zeka görsel işleme yöntemi değerlendirmesi	50	Orta

Bina 16: Değerlendirilen on altıncı yapıya ait değerlendirmeler ve risk durumu Tablo 16’da görülmektedir:



Şekil 29. Değerlendirilen 16. Yapı

Tablo 16. Yapı 16 değerlendirme sonuçları

Yöntem	Puan	Risk durumu
İTÜ Mezunları yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	15	Orta
İTÜ Mezunları yöntemi bina sakini ile yapılan anket değerlendirmesi	14	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	6	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi inşaat mühendisi değerlendirmesi	6	Orta
Yapay zeka görsel işleme yöntemi değerlendirmesi	50	Orta

Bina 17: Değerlendirilen on yedinci yapıya ait değerlendirmeler ve risk durumu Tablo 17’de görülmektedir:



Şekil 30. Değerlendirilen 17. Yapı

Tablo 17. Yapı 17 değerlendirme sonuçları

Yöntem	Puan	Risk durumu
İTÜ Mezunları yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	27	Depreme Açık
İTÜ Mezunları yöntemi bina sakini ile yapılan anket değerlendirmesi	29	Depreme Açık
Erdem Erdoğan yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	8	Yüksek
Erdem Erdoğan yöntemi inşaat mühendisi değerlendirmesi	9	Yüksek
Yapay zeka görsel işleme yöntemi değerlendirmesi	85	Yüksek

Bina 18: Değerlendirilen on sekizinci yapıya ait değerlendirmeler ve risk durumu Tablo 18’de görülmektedir:



Şekil 31. Değerlendirilen 18. Yapı

Tablo 18. Yapı 18 değerlendirme sonuçları

Yöntem	Puan	Risk durumu
İTÜ Mezunları yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	12	Düşük
İTÜ Mezunları yöntemi bina sakini ile yapılan anket değerlendirmesi	11	Düşük
Erdem Erdoğan yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	4	Düşük
Erdem Erdoğan yöntemi inşaat mühendisi değerlendirmesi	3	Düşük
Yapay zeka görsel işleme yöntemi değerlendirmesi	30	Düşük

Bina 19: Değerlendirilen on dokuzuncu yapıya ait değerlendirmeler ve risk durumu Tablo 19'da görülmektedir:



Şekil 32. Değerlendirilen 19. Yapı

Tablo 19. Yapı 19 değerlendirme sonuçları

Yöntem	Puan	Risk durumu
İTÜ Mezunları yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	15	Orta
İTÜ Mezunları yöntemi bina sakini ile yapılan anket değerlendirmesi	16	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	7	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi inşaat mühendisi değerlendirmesi	5	Orta
Yapay zeka görsel işleme yöntemi değerlendirmesi	55	Orta

Bina 20: Değerlendirilen yirminci yapıya ait değerlendirmeler ve risk durumu Tablo 20’de görülmektedir:



Şekil 33. Değerlendirilen 20. Yapı

Tablo 20. Yapı 20 değerlendirme sonuçları

Yöntem	Puan	Risk durumu
İTÜ Mezunları yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	7	Orta
İTÜ Mezunları yöntemi bina sakini ile yapılan anket değerlendirmesi	6	Düşük
Erdem Erdoğan yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	4	Düşük
Erdem Erdoğan yöntemi inşaat mühendisi değerlendirmesi	2	Güvenli
Yapay zeka görsel işleme yöntemi değerlendirmesi	25	Düşük

Bina 21: Değerlendirilen yirmi birinci yapıya ait değerlendirmeler ve risk durumu Tablo 21’de görülmektedir:



Şekil 34. Değerlendirilen 21. Yapı

Tablo 21. Yapı 21 değerlendirme sonuçları

Yöntem	Puan	Risk durumu
İTÜ Mezunları yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	14	Orta
İTÜ Mezunları yöntemi bina sakini ile yapılan anket değerlendirmesi	16	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	5	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi inşaat mühendisi değerlendirmesi	4	Orta
Yapay zeka görsel işleme yöntemi değerlendirmesi	55	Orta

Bina 22: Değerlendirilen yirmi ikinci yapıya ait değerlendirmeler ve risk durumu Tablo 22’de görülmektedir:



Şekil 35. Değerlendirilen 22. Yapı

Tablo 22. Yapı 22 değerlendirme sonuçları

Yöntem	Puan	Risk durumu
İTÜ Mezunları yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	15	Orta
İTÜ Mezunları yöntemi bina sakini ile yapılan anket değerlendirmesi	16	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	5	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi inşaat mühendisi değerlendirmesi	5	Orta
Yapay zeka görsel işleme yöntemi değerlendirmesi	50	Orta

Bina 23: Değerlendirilen yirmi üçüncü yapıya ait değerlendirmeler ve risk durumu Tablo 23'te görülmektedir:



Şekil 36. Değerlendirilen 23. Yapı

Tablo 23. Yapı 23 değerlendirme sonuçları

Yöntem	Puan	Risk durumu
İTÜ Mezunları yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	15	Orta
İTÜ Mezunları yöntemi bina sakini ile yapılan anket değerlendirmesi	16	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	5	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi inşaat mühendisi değerlendirmesi	5	Orta
Yapay zeka görsel işleme yöntemi değerlendirmesi	50	Orta

Bina 24: Değerlendirilen yirmi dördüncü yapıya ait değerlendirmeler ve risk durumu Tablo 24'te görülmektedir:



Şekil 37. Değerlendirilen 24. Yapı

Tablo 24. Yapı 24 değerlendirme sonuçları

Yöntem	Puan	Risk durumu
İTÜ Mezunları yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	14	Orta
İTÜ Mezunları yöntemi bina sakini ile yapılan anket değerlendirmesi	15	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	6	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi inşaat mühendisi değerlendirmesi	5	Orta
Yapay zeka görsel işleme yöntemi değerlendirmesi	55	Orta

Bina 25: Değerlendirilen yirmi beşinci yapıya ait değerlendirmeler ve risk durumu Tablo 25’te görülmektedir:



Şekil 38. Değerlendirilen 25. Yapı

Tablo 25. Yapı 25 değerlendirme sonuçları

Yöntem	Puan	Risk durumu
İTÜ Mezunları yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	14	Orta
İTÜ Mezunları yöntemi bina sakini ile yapılan anket değerlendirmesi	17	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	5	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi inşaat mühendisi değerlendirmesi	6	Orta
Yapay zeka görsel işleme yöntemi değerlendirmesi	55	Orta

Bina 26: Değerlendirilen yirmi altıncı yapıya ait değerlendirmeler ve risk durumu Tablo 26’da görülmektedir:



Şekil 39. Değerlendirilen 26. Yapı

Tablo 26. Yapı 26 değerlendirme sonuçları

Yöntem	Puan	Risk durumu
İTÜ Mezunları yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	16	Orta
İTÜ Mezunları yöntemi bina sakini ile yapılan anket değerlendirmesi	22	Depreme Açık
Erdem Erdoğan yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	9	Yüksek
Erdem Erdoğan yöntemi inşaat mühendisi değerlendirmesi	8	Yüksek
Yapay zeka görsel işleme yöntemi değerlendirmesi	75	Yüksek

Tablo 26’ya ait analiz sonuçları ve bulgular, bu tez çalışmasının temel savı olan çoklu değerlendirme modelinin neden kritik olduğunu ve hayati önem taşıdığını somutlaştıran önemli örneklerden biridir. Tablo verileri incelendiğinde; İTÜ Mezunları Yöntemi simülasyonunun 16 puanla yapıyı 'Orta Risk' gibi nispeten iyimser bir gruba yerleştirdiği, ancak binayı tanıyan ve kullanan bina sakininin verdiği cevaplarla puanın kritik eşiği aşarak 22’ye yükseldiği ve durumun 'Depreme Açık' (Çok Yüksek Risk) olarak değiştiği gözlemlenmektedir. Bu durum, binada dışarıdan veya fotoğraflarla görülebilecek basit parametrelerle algılanamayan ancak

kullanıcı deneyimiyle bilinebilen (bodrumda korozyon, geçmiş hasar, rutubet vb.) ciddi yapısal zaafiyetlerin varlığına işaret etmektedir.

Çalışmada kullanılan çoklu analiz yönteminin güvenilirliğini asıl kanıtlayan bulgu ise, diğer yöntemlerin, İTÜ yönteminde yapay zekanın değerlendiremediği riski başarıyla tespit etmesidir. Erdem Erdoğan yönteminde hem yazılımın (9 puan) hem de mühendisin (8 puan) 'Yüksek Risk' uyarısı vermesi ve Görsel İşleme Modülünün 75 puanla bu tespiti desteklemesi, İTÜ simülasyonundaki bu sapmayı telafi etmiş sayılmasa da analiz tek bir yonteme (sadece İTÜ yazılımı) dayalı yapılmadığı için bu yapı risk havuzundan kaçamadı; sistemin çoklu analiz yapısı sayesinde 'Yüksek Risk' teşhisi isabetli bir şekilde konulabilmiştir.

Bina 27: Değerlendirilen yirmi yedinci yapıya ait değerlendirmeler ve risk durumu Tablo 27’de görülmektedir:



Şekil 40. Değerlendirilen 27. Yapı

Tablo 27. Yapı 27 değerlendirme sonuçları

Yöntem	Puan	Risk durumu
İTÜ Mezunları yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	14	Orta
İTÜ Mezunları yöntemi bina sakini ile yapılan anket değerlendirmesi	16	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	6	Orta

Erdem Erdoğan yöntemi inşaat mühendisi değerlendirmesi	5	Orta
Yapay zeka görsel işleme yöntemi değerlendirmesi	60	Orta

Bina 28: Değerlendirilen yirmi sekizinci yapıya ait değerlendirmeler ve risk durumu Tablo 28'de görülmektedir:



Şekil 41. Değerlendirilen 28. Yapı

Tablo 28. Yapı 28 değerlendirme sonuçları

Yöntem	Puan	Risk durumu
İTÜ Mezunları yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	12	Düşük
İTÜ Mezunları yöntemi bina sakini ile yapılan anket değerlendirmesi	11	Düşük
Erdem Erdoğan yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	4	Düşük
Erdem Erdoğan yöntemi inşaat mühendisi değerlendirmesi	3	Düşük
Yapay zeka görsel işleme yöntemi değerlendirmesi	30	Düşük

Bina 29: Değerlendirilen yirmi dokuzuncu yapıya ait değerlendirmeler ve risk durumu Tablo 29'da görülmektedir:



Şekil 42. Değerlendirilen 29. Yapı

Tablo 29. Yapı 29 değerlendirme sonuçları

Yöntem	Puan	Risk durumu
İTÜ Mezunları yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	14	Orta
İTÜ Mezunları yöntemi bina sakini ile yapılan anket değerlendirmesi	15	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	6	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi inşaat mühendisi değerlendirmesi	5	Orta
Yapay zeka görsel işleme yöntemi değerlendirmesi	55	Orta

Bina 30: Değerlendirilen otuzuncu yapıya ait değerlendirmeler ve risk durumu Tablo 30'da görülmektedir:



Şekil 43. Değerlendirilen 30. Yapı

Tablo 30. Yapı 30 değerlendirme sonuçları

Yöntem	Puan	Risk durumu
İTÜ Mezunları yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	15	Orta
İTÜ Mezunları yöntemi bina sakini ile yapılan anket değerlendirmesi	16	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi yazılım ile yapılan değerlendirme	7	Orta
Erdem Erdoğan yöntemi inşaat mühendisi değerlendirmesi	5	Orta
Yapay zeka görsel işleme yöntemi değerlendirmesi	50	Orta

4.2. İncelenen Yapıların Karşılaştırılmalı Verileri ve Özeti

Birinci yapıdan onuncu yapıya kadar olan yapı değerlendirmeleri sonuçlarının özet hali Şekil 44'te görülmektedir:

Değerlendirilen Yapı	Fikir Ayrılığı Yaşanmadı	Fikir Ayrılığı Yaşandı	Fikir Ayrılığı Yaşanan Yöntem
Bina 1 Şekil 14 Tablo 1	X		X
Bina 2 Şekil 15 Tablo 2	X		X
Bina 3 Şekil 16 Tablo 3		X	Erdem Erdoğan Yöntemi Yazılım Değerlendirmesi
Bina 4 Şekil 17 Tablo 4	X		X
Bina 5 Şekil 18 Tablo 5	X		X
Bina 6 Şekil 19 Tablo 6	X		X
Bina 7 Şekil 20 Tablo 7		X	Erdem Erdoğan Yöntemi Yazılım Değerlendirmesi
Bina 8 Şekil 21 Tablo 8	X		X
Bina 9 Şekil 22 Tablo 9	X		X
Bina 10 Şekil 23 Tablo 10	X		X

Şekil 44. Bina 1 - Bina 10 arası incelenen yapıların verileri

Şekil 44'te görüldüğü gibi birinci bina ve onuncu bina dahil olmak üzere bu aralıktaki yapı incelemelerinde Bina 3 ve Bina 7'de puanlamada fikir ayrılığı yaşanmıştır.

On birinci yapıdan yirminci yapıya kadar olan yapı değerlendirmeleri sonuçlarının özet hali Şekil 45'te görülmektedir:

Değerlendirilen Yapı	Fikir Ayrılığı Yaşanmadı	Fikir Ayrılığı Yaşandı	Fikir Ayrılığı Yaşanan Yöntem
Bina 11 Şekil 24 Tablo 11	X		X
Bina 12 Şekil 25 Tablo 12	X		X
Bina 13 Şekil 26 Tablo 13	X		X
Bina 14 Şekil 27 Tablo 14		X	Erdem Erdoğan Yöntemi Yazılım Değerlendirmesi
Bina 15 Şekil 28 Tablo 15	X		X
Bina 16 Şekil 29 Tablo 16	X		X
Bina 17 Şekil 30 Tablo 17	X		X
Bina 18 Şekil 31 Tablo 18	X		X
Bina 19 Şekil 32 Tablo 19	X		X
Bina 20 Şekil 33 Tablo 20	X		X

Şekil 45. Bina 11 - Bina 20 arası incelenen yapıların verileri

Şekil 45'te görüldüğü gibi on birinci bina ve yirminci bina dahil olmak üzere bu aralıktaki yapı incelemelerinde Bina 14'te puanlamada fikir ayrılığı yaşanmıştır.

Yirmi birinci yapıdan otuzuncu yapıya kadar olan yapı değerlendirmeleri sonuçlarının özet hali Şekil 46’da görülmektedir:

Değerlendirilen Yapı	Fikir Ayrılığı Yaşanmadı	Fikir Ayrılığı Yaşandı	Fikir Ayrılığı Yaşanan Yöntem
Bina 21 Şekil 34 Tablo 21	X		X
Bina 22 Şekil 35 Tablo 22	X		X
Bina 23 Şekil 36 Tablo 23	X		X
Bina 24 Şekil 37 Tablo 24	X		X
Bina 25 Şekil 38 Tablo 25	X		X
Bina 26 Şekil 39 Tablo 26		X	İTÜ Mezunları Yöntemi Yazılım Değerlendirmesi
Bina 27 Şekil 40 Tablo 27	X		X
Bina 28 Şekil 41 Tablo 28	X		X
Bina 29 Şekil 42 Tablo 29	X		X
Bina 30 Şekil 43 Tablo 30	X		X

Şekil 46. Bina 21 - Bina 30 arası incelenen yapıların verileri

Şekil 46’da görüldüğü gibi yirmi birinci bina ve otuzuncu bina dahil olmak üzere bu aralıktaki yapı incelemelerinde Bina 26’da puanlamada fikir ayrılığı yaşanmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde; Erzincan ili kent merkezinden seçilen ve farklı yapısal karakteristiklere sahip 30 adet betonarme bina üzerinde gerçekleştirilen "Yapay Zeka Destekli Çoklu Risk Analizi" çalışmasından elde edilen bulgular detaylandırılmıştır. Elde edilen sayısal veriler ve saha gözlemleri, literatürdeki mevcut hızlı tarama yöntemleri ile karşılaştırmalı olarak tartışılmış; geliştirilen yazılımın avantajları, teknik kısıtları ve afet yönetimi stratejilerine potansiyel katkıları irdelenmiştir.

5.1. Sonuçlar

Tez çalışması kapsamında geliştirilen Python tabanlı yazılım mimarisi ve sisteme entegre edilen yapay zeka modelleri ile gerçekleştirilen analizler sonucunda, Erzincan ili merkezindeki yapı stoğunun risk durumuna ve geliştirilen modelin performansına dair aşağıdaki temel sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Yöntemsel Tutarlılık ve Doğrulama: İncelenen otuz yapının analiz verileri karşılaştırıldığında; İTÜ Mezunları Yöntemi, Erdem Erdoğan Yöntemi ve Yapay Zeka Görsel İşleme Modülü'nün %86,6 oranında (26 yapı) "aynı risk sınıfında" (Düşük, Orta veya Yüksek) bulunduğu gözlemlenmiştir. Bu yüksek korelasyon oranı, geliştirilen yazılımın farklı değerlendirme parametrelerine sahip yöntemleri dijital ortamda yüksek başarıyla simüle edebildiğini ve güvenilir bir ön değerlendirme aracı olduğunu göstermektedir.
2. Yapay Zeka - İnsan İşbirliğinin Rolü: Veri analizlerinde gözlemlenen %13,4'lük (4 yapı) sapma oranının, ağırlıklı olarak görsel verinin yetersiz kaldığı durumlardan kaynaklandığı belirlenmiştir. Görüntü işleme modülünün; yetersiz ışık altında çekilmiş, düşük kalitede olan fotoğraflarda değerlendirme yaparken ayırt edicilik özelliğinin oldukça düştüğü gözlemlenmiştir. Özellikle dış cephesi yenilenmiş (mantolama/boya yapılmış) eski binalarda yazılımın kozmetik yanılsama yaşayarak risk puanını düşük hesapladığı, ancak bina sakini yanıtlarında daha yüksek risk taşıdığı gözlemlenmiştir. Bu sonuç, tam otomasyon yerine insan verisiyle beslenen hibrit modellerin gerekliliğini kanıtlamıştır.
3. Hız ve Verimlilik Artışı: Geleneksel sokak tarama yöntemlerinde, uzman görüşü ile çok daha uzun sürelerde değerlendirilen yapılar, geliştirilen yazılıma kaliteli görsel veri sağlandığı takdirde, yapı başına analiz süresini saniyeler mertebesine indirilmiştir. Bu

durum, Erzincan gibi deprem riski yüksek kentlerde yapı stoğu envanterinin hızlı olarak en azından ön inceleme şeklinde güncellenmesi adına büyük bir verimlilik artışı sağlamaktadır.

4. Bölgesel Risk Profili: Analiz verileri ışığında, Erzincan kent merkezindeki mevcut yapı stoğunun önemli bir bölümünün "Orta Risk" grubunda yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. Bu yoğunluğun özellikle bitişik nizam yapılaşmanın olduğu caddelerde ve zemin katın ticari olarak kullanılan yapılarda olduğu gözlemlenmiştir. Yazılımın bu parametreleri tespit etmede yüksek başarı sağladığı görülmüştür.
5. Maliyet Avantajı: Geliştirilen analiz sistemi, pahalı donanımlar, ücretli çalışanlar veya lisanslı paket programlarının yerine, açık kaynak kodlu kütüphaneler ve herkese açık erişilebilir yapay zeka API'leri üzerine kurgulanmıştır. Bu durum, sistemin yerel yönetimler ve yetkililer tarafından düşük maliyet ile ön inceleme aracı olarak kabul edilmesi ve kullanılabilmesi açısından oldukça önemli bir sonuçtur.

5.2. Tartışma

Bu alt başlıkta, tez çalışmasında analiz edilen ve incelemeler sonucunda elde edilen bulgular; literatürdeki benzer çalışmalar, ulusal ve uluslararası yönetmelikler ve teorik temeller ışığında tartışılmıştır.

5.2.1. Geleneksel yöntemler ile yapay zeka destekli modelin kıyaslanması

Literatürde yer alan birinci kademe değerlendirme Yöntemleri (P25, İTÜ, FEMA vb.), temel olarak saha personelinin, bilirkişinin veya uzmanın sokaktan yapacağı gözlemlere ve analizlere dayanmaktadır. Ancak bazı durumlarda insan gözlemi; yorgunluk, tecrübe eksikliği veya dikkatsizlik gibi faktörlere bağlı olarak ufak olsalar bile hatalar barındırabilmektedir. Tesfamariam vd. (2008) tarafından da bahsedilen sokak taraması çalışmalarında, sokak taraması yöntemlerinin analiz ve puanlama başarısının gözlemci kalifikasyonuna doğrudan bağlı olduğu vurgulanmıştır. Bu tez çalışması kapsamında analizler ile elde edilen bulgular, yapay zeka destekli modelin değerlendirici subjektivitesini en düşüğe indirme konusundaki başarısını analizleri ile ortaya koymuştur. Yazılım, her yapıya standart bir algoritma ve değişmez bir matematiksel mantıkla yaklaşmaktadır. Örneğin, Erdem Erdoğan (2007) yönteminde binanın görünen kalitesi parametresi bir mühendis tarafından orta, diğeri tarafından iyi, başka biri tarafından ise kötü olarak yorumlanabilir ve puanlaması öyle yapılırken;

geliştirilen model yüksek ışık altında ve yüksek kalitede fotoğraflar sunulduğunda piksel tabanlı analiz yaparak tüm yapılar adına eşit ve tutarlı bir risk puanı üretebilmektedir. Bu durum, geniş ölçekli taramalarda veri ve analiz standardizasyonu sağlamak için iyi bir örnektir.

5.2.2. Kozmetik yanılsama ve yapısal yaş belirsizliği

Çalışmanın en dikkat çekici tartışma konularından birine, kozmetik olarak iyi görünen yapıların değerlendirilmelerinde karşılaşılmıştır. Analiz edilen Yapı 7 yani Tablo 7'de görüldüğü üzere; yazılımın dış cephe mantolaması yapılmış eski bir binayı, pürüzsüz yüzey dokusu nedeniyle hasarsız olarak algılayıp düşük risk puanı atayarak risksiz olarak değerlendirdiği gözlemlenmiştir.

TBDY-2018 yönetmeliği mevcut binaların değerlendirilmesinde sıyırma işlemi yapılmadan donatı korozyonunun tespit edilemeyeceğini belirtir (AFAD, 2018). Bu çalışmada, söz konusu teknik körlük, çalışmanın hibrit yapısı sayesinde aşılmıştır ancak yazılımın eksileri listesine eklenmiştir. Bina sakininin, binanın gerçek yaşını ve geçmişini ankette belirtmesiyle, yazılımın görsel okuma hatası belirlenmiştir. Bu bulgu, deprem risk analizlerinde salt görüntü işlemenin tek başına yeterli olmadığını, analiz edilecek verilerin mutlaka bina yaşı, zemin sınıfı gibi "Metadata" ile zenginleştirilmesi gerektiğini tartışmaya açmaktadır.

5.2.3. Yumuşak kat ve ticari cephe algılamasında teknik ayrışmalar

Erzincan gibi zemin katları yoğunlukla ticari amaçla kullanılan kentlerde, "Yumuşak Kat" düzensizliği binaların en zayıf taraflarından birini oluşturmaktadır. Tezin yapı görüntüsü analizlerinde (Yapı 14 ve Yapı 26), yapay zekanın düşük ışık altında çekilmiş veya düşük kaliteli fotoğraflarda geniş cam vitrinleri standart pencere boşluğu olarak algılayarak risk durumunu ve puanını düşük yorumladığı, buna karşın saha mühendisinin rijitlik kaybını fark ederek puanı yükselttiği görülmüştür.

Bu durum iki boyutlu yapı fotoğrafları ile eğitilen modeller, cam yüzeyin arkasındaki boşluğu veya duvar yokluğunu algılamakta ve değerlendirmekte zorlanabildiğini göstermektedir. Oysa yumuşak kat düzensizliği, deprem anında görelî kat ötelemelerinin bu katta toplanmasına ve binanın çökmesine neden olur (Doğangün, 2004). Çalışma sonuçları, bu tür düzensizliklerin tespitinde yapay zekanın henüz insan uzmanlığı seviyesine tam erişemediğini göstermiştir.

5.3. Öneriler

5.3.1. Gelecek akademik çalışmalar için öneriler

1. Veri Seti Çeşitliliği: Bu çalışmadaki analizler ve değerlendirmeler betonarme yapılarla sınırlandırılmıştır. Modelin genelleştirme ve öğrenme kabiliyetini artırmak adına yığma, kerpiç ve çelik yapıların da dahil edileceği, etiketlenmiş daha geniş bir veri setiyle eğitilmesi önerilmektedir.
2. 3 Boyutlu Analiz: Yumuşak Kat ve Çıkma tespitlerindeki iki boyutlu görsellerin kısıtlılığını kaldırmak için, gelecekteki çalışmalarda drone entegreli verilerin de modele girdi olarak verilmesi, hem geometrik hassasiyeti artıracaktır hem de yazılım öğrenmesini hızlandıracaktır.

5.3.2. Yerel yönetimler ve uygulayıcılar için öneriler

1. Vatandaş Odaklı Mobil Uygulama: Mevcut Web tabanlı sistemin, vatandaşların kendi binalarının basit risk analizini hızlı şekilde gerçekleştirebilecekleri bir mobil uygulamaya dönüştürülmesi ve kullanılma sunulması, toplumsal afet bilincinin artırılmasına katkı sağlayacaktır.
2. Dinamik Envanter: Sadece statik bir raporlama yerine, her yeni veriyle kendini güncelleyen dinamik bir dijital yapı envanterinin oluşturulması, Erzincan'ın afet dirençliliğini artıracaktır.
3. Eğitim Verisi Olarak Kullanım: Sahadan toplanan ve uzman mühendisler tarafından doğrulanmış olan verilerin, ulusal bir yapı hasar kütüphanesi oluşturulup burada toparlanarak, Türkiye genelindeki diğer yapay zeka çalışmalarına açık veri olarak sunulması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- AFAD. (2018). *Türkiye bina deprem yönetmeliği*. Ankara: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.
- Aksoy, H. B., & Avşar, Ö. (2015). Dolgu duvarların betonarme çerçeve davranışına etkisinin basitleştirilmiş bir yöntemle dikkate alınması. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 21(3).
- Alyamaç, K. E., & Erdoğan, A. S. (t.y.). Geçmişten günümüze afet yönetmelikleri ve uygulamada karşılaşılan tasarım hataları.
- Ayaz, Y., Yalçiner, H. A. K. A. N., Kumbasaroğlu, A. T. İ. L. A., Turan, A. H. M. E. T., & Çelik, A. L. P. E. R. PREDICTION OF SEISMIC PERFORMANCE LEVELS OF CORRODED REINFORCED FRAMES.
- Bağış, E. (2023). Betonarme yapılarda oluşabilecek A1 yapı düzensizliğinin 2018 deprem yönetmeliğine göre incelenmesi. *Bingöl Üniversitesi Teknik Bilimler Dergisi*, 4(1), 1-16.
- Başgöze, A., & Güncü, A. (2023). Determining the regional disaster risk analysis of buildings in Erzincan. *Gṙdevinar*, 75(3), 257-272.
- Bektaş, N., & Kegyes-Brassai, O. (2022). Conventional RVS methods for seismic risk assessment for estimating the current situation of existing buildings: A state-of-the-art review. *Sustainability*, 14(5), 2583.
- Boduroglu, H., Ozdemir, P., Ilki, A., Sirin, S., Demir, C., & Baysan, F. (2004, August). Towards a modified rapid screening method for existing medium rise RC buildings in Turkey. In *13th World Conference on Earthquake Engineering* (Vol. 13, pp. 1-6).
- Celep, Z., & Kumbasar, N. (2000). *Deprem mühendisliğine giriş ve depreme dayanıklı yapı tasarımı*. İstanbul: İhlas Matbaacılık.
- Dalıeh, D., Yalçiner, H. A. K. A. N., & Kumbasaroğlu, A. T. İ. L. A. Developing Software Using the FEMA-154 Rapid Assessment Method.
- Demirbaş, N., Şahin, H., & Durucan, C. (2022). Hızlı değerlendirme yöntemlerinin performanslarının depremde hasar görmüş binalar kullanılarak değerlendirilmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 28(3), 389-400.
- Doğangün, A. (2004). Performance of reinforced concrete buildings during the May 1, 2003 Bingöl Earthquake in Turkey. *Engineering Structures*, 26(6), 841-856.
- Emergent Labs. (2025). Emergent Integrations Platform [AI integration and automation platform]. <https://www.emergent.sh>

- Erdoğan, E. (2007). *Ankara'daki mevcut yapıların depremselliği* (Yüksek Lisans Tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Federal Emergency Management Agency. (2017). *Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards: A handbook*. Washington, DC: Government Printing Office.
- Google DeepMind. (2024). Gemini Pro Vision model [Multimodal AI model]. <https://deepmind.google>
- Guevara, L. T., & García, L. E. (2005). The captive-and short-column effects. *Earthquake Spectra*, 21(1), 141-160.
- Halkude, S. A., Kalyanshetti, M. G., & Ingle, V. D. (2013). Seismic analysis of buildings resting on sloping ground with varying number of bays and hill slopes. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 2(12), 3632-3640.
- Hatzigeorgiou, G. D., & Liolios, A. A. (2010). Nonlinear behaviour of RC frames under repeated strong ground motions. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 30(10), 1010-1025.
- Huang, Y., & Fu, J. (2019). Review on application of artificial intelligence in civil engineering. *Computer Modeling in Engineering & Sciences*, 121(3), 845-875.
- Ilki, A., & Celep, Z. (2012). Earthquakes, existing buildings and seismic design codes in Turkey. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 37(2), 365-380.
- Inel, M., Ozmen, H. B., & Bilgin, H. (2008). Re-evaluation of building damage during recent earthquakes in Turkey. *Engineering Structures*, 30(2), 412-427.
- Karasin, I. B. (2023). Analytic investigation of hooked stirrups on seismic behavior of reinforced concrete 3D frame buildings. *Applied Sciences*, 13(20), 11590.
- KUMBASAROĞLU, A., TOPRAK, M., TURAN, A., ÇELİK, A., & GÜROCAK, M. Hızlı Değerlendirme Yöntemleriyle Mevcut Betonarme Binaların Sismik Performanslarının Belirlenmesi: Erzincan Örneği.
- Meral, E. (2019). Kapalı çıkmalı betonarme binaların deprem davranışının değerlendirilmesi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 31(2), 309-318.
- MongoDB Inc. (2024). MongoDB (Version 7.0) [Database management system]. <https://www.mongodb.com>
- OpenAI. (2024). GPT-4 Vision model [Large multimodal language model]. <https://platform.openai.com>
- Porter, K., Hellman, S., & Hortacsu, A. (2015). FEMA ROVER version 2 and ROVER ATC-20, mobile earthquake safety software. In *Improving the Seismic Performance of Existing Buildings and Other Structures 2015* (pp. 787-796).

- Python Imaging Library (Pillow). (2024). Pillow (Version 10.3) [Image processing library].
- Python Software Foundation. (2024). FastAPI (Version 0.115) [Computer software]. <https://fastapi.tiangolo.com>
- React Contributors. (2024). React.js (Version 18) [JavaScript framework]. <https://react.dev>
- ReportLab Ltd. (2024). ReportLab Toolkit [PDF generation library]. <https://www.reportlab.com>
- Sucuoglu, H., & Yazgan, U. (2003). Simple survey procedures for seismic risk assessment in urban building stocks. In *Seismic assessment and rehabilitation of existing buildings* (pp. 97-118). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Şengöz, A., & Sucuoğlu, H. (2009). 2007 Deprem Yönetmeliği'nde yer alan “Mevcut Binaların Değerlendirilmesi” yöntemlerinin artıları ve eksileri. *Teknik Dergi*, 20(96), 4609-4633.
- Tesfamariam, S., & Saatcioglu, M. (2008). Risk-based seismic evaluation of reinforced concrete buildings. *Earthquake Spectra*, 24(3), 795-821.
- Tezcan, S. S., & Gursoy, M. (2002, October). Zero-loss of life during a future earthquake. In *Proceedings of the Regional Workshop on Seismic Hazard and Risk Management* (pp. 24-27). Tsakhadzor, Armenia.
- Tüysüz, S. (2007). *Betonarme binaların göçme riskinin hızlı değerlendirme yöntemleri ile belirlenmesi: P25 puanlama yöntemi*.
- Yakut, A., Aydogan, V., Ozcebe, G., & Yucemen, M. S. (2003). Preliminary seismic vulnerability assessment of existing reinforced concrete buildings in Turkey: Part II: Inclusion of site characteristics. In *Seismic assessment and rehabilitation of existing buildings* (pp. 43-58). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Yön, B., & Sayın, E. (2008). Kısa kolon teşkilinin yapı hasarlarına etkisi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 24(1), 241-259.