

T.C.
İSTANBUL NİŞANTAŞI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
YAZILIM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YAPAY ZEKA MÜHENDİSLİĞİ (TEZLİ) YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

YAPAY ZEKA TABANLI AKILLI EVLER VE HAVA YASTIĞI
SİSTEMİ İLE DOĞAL AFETLERE DAYANIKLILIK

Maryamelbatool ALAGHA

Yüksek Lisans Tezi

YAPAY ZEKA TABANLI AKILLI EVLER VE HAVA YASTIĞI SİSTEMİ İLE DOĞAL AFETLERE DAYANIKLILIK

Maryamelbatool ALAGHA

T.C.
İstanbul Nişantaşı Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Yazılım Mühendisliği Anabilim Dalı
Yapay Zeka Mühendisliği (Tezli) Yüksek Lisans Programı

Yüksek Lisans Tezi

ORCID ID:0009-0002-8221-1436

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Ali ÖZKURT

İstanbul
Haziran 2025

KABUL VE ONAY

MaryamelbatoolALAGHA tarafından hazırlanan “Yapay Zeka Tabanlı Akıllı Evler ve Hava Yastığı Sistemi ile Doğal Afetlere Dayanıklılık” başlıklı bu çalışma, 01 Haziran 2025 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyesi: **Dr. Öğr. Üyesi Burak TOYDEMİR** _____
İstanbul Nişantaşı Üniversitesi

Jüri Üyesi: **Doç. Dr. İbrahim Furkan İNCE** _____
İstinye Üniversitesi

Tez Danışmanı: **Dr. Öğr. Üyesi Ali ÖZKURT** _____
İstanbul Nişantaşı Üniversitesi

Jüri tarafından kabul edilen bu çalışmanın Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Enstitü Yönetim Kurulu;

Karar Tarihi :

Karar Numarası :

Doç. Dr. Yeşim KAYA

Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını tezimin/projemin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

27 Haziran 2025

Maryamelbatool ALAGHA



SAVUNMA ÖNCESİ ONAYLAR

BENZERLİK ONAYI		
Başlık	Yapay Zeka Tabanlı Akıllı Evler ve Hava Yastığı Sistemi ile Doğal Afetlere Dayanıklılık	
Savunma Tarihi	27-06-2025	
Sayfa Sayısı	92	
Benzerlik Yüzdesi (%)	%11	
Taranan Program	Turnitin	
Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın kapak sayfası, giriş, özet, ana bölümler ve sonuç kısımlarından oluşmuş çalışmam için şahsım ve tez danışmanım/Enstitü Sorumlusu tarafından intihal tespit programında taraması yapılmıştır. Tez Danışmanımın gözetiminde tamamladığım çalışmamın azami benzerlik oranlarına göre intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.		
Öğrenci	Danışman	Enstitü Sorumlusu
Maryamelbatoool ALAGHA	Dr. Öğr. Üyesi Ali ÖZKURT	

TEZDEN ÇIKARILAN YAYIN		
Yayın Künyesi	Alagha, M. B. K. F. (2025). Yapay Zeka Tabanlı Akıllı Evler ve Hava Yastığı Sistemi ile Doğal Afetlere Dayanıklılık. <i>TURAN-SAM Uluslararası Bilimsel Hakemli Dergisi</i> , (66), ss. 27-30.	
Yayın Türü	☐ Ulusal Hakemli Dergide Makale ☒ Uluslararası Hakemli Dergide Makale ☐ Ulusal Kongre/Sempozyumda Bildiri ☐ Uluslararası Kongre Sempozyumda Bildiri	
	Enstitü Sekreteri	

TEŞEKKÜR

Her şeyden önce, bu tezin tamamlanmasında bana güç, sabır ve başarı veren, zorlukları kolaylaştıran ve bu akademik yolculuğun her adımında gönlümü ferahlatan Yüce Allah’a sonsuz hamd ve şükürlerimi sunarım.

Bu yolculuğun başında, tez danışmanım Sayın Dr. Ali ÖZKURT’a en içten teşekkürlerimi ve derin şükranlarımı sunmak isterim. Kıymetli bilgisi, yol gösterici rehberliği, sabrı ve sürekli desteği, bu tezin her aşamasında bana ışık olmuştur. Bilimsel katkıları ve özverili yönlendirmeleri sayesinde bu çalışmayı akademik gerekliliklere uygun şekilde tamamlayabilmem mümkün olmuştur. Kendisine gönülden minnettarım.

Hayatımın her anında yanımda olan, sevgileriyle beni saran, dualarıyla yolumu aydınlatan ve manevi destekleriyle bana güç veren çok kıymetli aileme en derin şükranlarımı sunarım. Sevgili annem Amal ALSHURAFa’ya, değerli babam Khaled ALAGHA’ya, aziz dedem Fathi ALAGHA’ya, canım kardeşlerime ve kıymetli abime kalbimin en derin köşesinden teşekkür ederim. Onlar yalnızca birer aile ferdi değil; aynı zamanda inancımı tazeleyen, her adımında bana umut ve güç veren ilham kaynaklarım oldular. Varlıkları, sevgileri ve hiç tükenmeyen destekleri, bu yolculuğun en kıymetli armağanıdır. Onlara sonsuz minnet ve sevgiyle bağlıyım.

Herkese en içten sevgilerimle ve derin saygılarımla.

Maryamelbatool ALAGHA

Haziran, 2025

ÖZET

Maryamelbatool ALAGHA

Yapay Zeka Tabanlı Akıllı Evler ve Hava Yastığı Sistemi ile Doğal Afetlere

Dayanıklılık

Yüksek Lisans Tezi

İstanbul, 2025

Bu çalışma, yapay zeka destekli akıllı ev sistemlerine hava yastığı teknolojisinin entegrasyonunu, doğal afetlere karşı dayanıklılığı artırmaya yönelik yenilikçi bir çözüm olarak ele almaktadır. Artan afet riskleri karşısında, yapıların yalnızca konforu değil, aynı zamanda güvenliği ve yapısal sağlamlığı da önceleyecek şekilde tasarlanması kaçınılmaz hâle gelmiştir. Akıllı ev teknolojileri enerji yönetimi, güvenlik ve kullanıcı konforu gibi alanlarda önemli ilerlemeler kaydetmiş olsa da, afetlere yönelik önleyici uygulamalar henüz gelişim aşamasındadır.

Çalışmanın ilk bölümünde, akıllı ev kavramı, tarihsel gelişimi ve temel bileşenleri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Ardından, yapay zekânın bu sistemlerdeki rolü değerlendirilmiş; özellikle karar alma süreçleri, tahminleme yetenekleri ve acil durumlara yönelik tepki algoritmaları üzerinde durulmuştur. Devamında, hava yastığı sisteminin mimari yapı içerisine entegrasyon potansiyeli, sensör ağlarıyla olan ilişkisi ve afet anlarında etkili bir mekanik koruma sağlamadaki işlevselliği ele alınmıştır.

Uygulama bölümünde ise, sistemin performansı benzetim senaryoları ve bilimsel literatürden alınan örnek olay incelemeleri aracılığıyla analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, sistemin can ve mal güvenliğini sağlama, yapısal hasarları azaltma ve yapay zekâ algoritmalarıyla bütünleşerek önleyici müdahale imkânı sunma konusunda yüksek bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Bu çalışma, afet direnci perspektifinden akıllı ev kavramını yeniden tanımlamaya katkı sunmakta ve geleceğin daha güvenli ve akıllı mimari tasarımlarına zemin oluşturabilecek yenilikçi bir çerçeve önermektedir.

Anahtar Kelimeler

Akıllı Ev, yapay zeka, doğal afetler, hava yastığı sistemi, afet dayanıklılığı, sensör ağları, yapay zekâ destekli Karar verme, mekanik koruma, önleyici müdahale, akıllı mimari tasarım

ABSTRACT

Maryamelbatool ALAGHA

Artificial Intelligence-Based Smart Homes and Airbag System for Disaster Resilience

Master's Thesis

İstanbul, 2025

This study explores the integration of airbag technology into artificial intelligence (AI)-supported smart home systems as an innovative solution to enhance resilience against natural disasters. In the face of increasing disaster risks, it has become imperative to design buildings not only for comfort but also with a focus on safety and structural integrity. Although smart home technologies have made significant progress in areas such as energy management, security, and user comfort, disaster-specific preventive measures remain in their early stages of development.

In the initial part of the study, the concept of the smart home, its historical evolution, and its fundamental components are examined in detail. Subsequently, the role of artificial intelligence within these systems is assessed, with particular emphasis on decision-making processes, predictive capabilities, and emergency response algorithms. Furthermore, the study evaluates the potential for integrating airbag systems into architectural structures, their relationship with sensor networks, and their functionality in providing effective mechanical protection during disaster events.

In the applied section, the system's performance is analyzed through simulation scenarios and case studies drawn from the scientific literature. The findings demonstrate the system's high potential to protect lives and property, reduce structural damage, and enable proactive intervention through integration with AI algorithms.

This study contributes to redefining the concept of the smart home from the perspective of disaster resilience and proposes an innovative framework that could serve as a foundation for safer and smarter architectural designs of the future.

Keywords

Smart home, artificial intelligence, natural disasters, airbag system, disaster resilience, sensor networks, AI-supported decision making, mechanical protection, preventive intervention, smart architectural design

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
ETİK BEYAN	ii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
KISALTMALAR DİZİNİ	xii
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM: YAPAY ZEKA TABANLI AKILLI EVLERİN TEMELLERİ VE HAVA YASTIĞI SİSTEMİNİN TANIMI	3
1.1. Akıllı Ev Kavramı ve Tarihçesi	4
1.1.1. Akıllı Ev Tanımı	7
1.1.2. Akıllı Evlerin Tarihsel Gelişimi ve Aşamaları: Mekanikten Yapay Zeka ve Geleceğe	8
1.1.3. Avantajlar	18
1.2. Yapay Zekanın Teknolojilerinin Temelleri	20
1.2.1. Makine Öğrenimi (Machine Learning)	20
1.2.2. Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks)	21
1.2. Akıllı Evlerde Kullanılan Yapay Zeka Uygulamaları	22
1.2.1. Konut Ortamlarında Yapay Zekanın Entegrasyonuna Genel Bakış	22
1.2.2. Vaka Çalışmaları ve Uygulamalı Örnekler	23
1.2.3. Akıllı Evlerde Afet Yönetiminde Yapay Zekanın Rolü	23
1.2.4. Yapay Zekanın Mimari Tasarım ve Çevresel Optimizasyondaki Etkisi	24
1.3. Hava Yastığı Sistemi ve Tanımı	24
1.4. Akıllı Evlerin Güvenlik, Enerji ve Güvenlik Alanlarındaki Güncel Uygulamaları	25
İKİNCİ BÖLÜM: DOĞAL AFETLER VE AFET DAYANIMLI AKILLI EVLER İLE İLGİLİ LİTERATÜR TARAMASI VE ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	28
2.1. Doğal Afetlere Karşı Yapılan Önceki Araştırmalar	28
2.1.1. Deprem Direncine Yönelik Önceki Araştırmalar	29

2.1.2. Sel Direncine Yönelik Önceki Araştırmalar	30
2.1.3. Afetlere Karşı Ortak Akıllı Teknolojiler	31
2.1.4. Araştırma Boşluklarının Değerlendirilmesi.....	32
2.2. Afetlere Dayanıklı Akıllı Ev Sistemleri	33
2.3. Yapay Zeka Destekli Erken Uyarı Sistemleri	34
2.4. Hava Yastığı Sistemleri ve Benzer Uygulamaları.....	36
2.5. Literatürdeki Boşluklar ve Bu Çalışmanın Konumu	37
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM: YÖNETEMLER VE SİSTEM TASARIMI	40
3.1. Araştırma Yöntemi ve Yaklaşımı	40
3.2. Akıllı Ev Sistemi Tasarımının Genel Çerçevesi.....	41
3.3. Hava Yastığı Sisteminin Mekanik ve Elektronik Tasarımı.....	42
3.3.1. Deneysel Maket İçin Kullanılan Malzemeler ve Prototipin Testi	43
3.3.2. Afetlere Dayanıklı Akıllı Binalarda Uygulanabilir Malzemeler	45
3.3.3. Gelişmiş Malzemelerin Kullanımında Ekonomik ve Çevresel Zorluklar	46
3.4. Yapay Zeka Algoritmalarının Entegrasyonu – Afet Türüne Göre Akıllı Tepkinin Kodlar Üzerinden Etkinleştirilmesi	47
3.5. Sistem Bileşenleri ve Sensörlerin İşlevleri.....	48
3.6.1. Performans Değerlendirme Ölçütleri.....	50
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM: BULGULAR VE ANALİZ	52
4.1. Simülasyon Sonuçlarının Sunumu	53
4.1.1 Simülasyon Ayarları	54
4.1.2. Deprem Senaryosu Test Sonuçları.....	58
4.1.3. Sel Senaryosu Test Sonuçları	59
4.1.4. Deprem ve Sel Senaryolarında Sistem Davranışına İlişkin Ön Karşılaştırma	61
4.2. Deprem Senaryosunun Analizi.....	62
4.2.1. Tehlikenin Algılanması ve İlk Tepki Etkinliği	63
4.2.2. Hava Yastığı Sisteminin Deprem Performansı.....	63
4.2.3. Deprem Ortamında Teknik Sınırlamalar ve Zorluklar	64
4.3. Sel Senaryosu Analizi	65
4.3.1. Su Seviyesinin Algılanması ve Sistem Aktivasyonu	65
4.3.2. Farklı Sel Türlerine Karşı Sistemin Esnekliği	66

4.3.3. Sistem Kısıtları ve Olası İyileştirmeler.....	66
4.4. Sistem Performansının Değerlendirilmesi.....	68
4.4.1. Tepkime Hızı ve Etkinleştirme Süresi.....	68
4.4.2. Enerji Verimliliği ve Tüketimi	69
4.4.3. Sistem Kararlılığı ve Çoklu Ortam Koşullarında Güvenilirlik.....	70
4.5. Tartışma ve Sonuçların Önceki Çalışmalarla Karşılaştırılması	70
4.5.3. Önerilen Sistem Performansının Yenilikçi Yönlerinin Eleştirel Analizi	74
4.5.4. Çalışmanın Katkı Değeri	74
BEŞİNCİ BÖLÜM: SONUÇLAR, VE GELECEK ÇALIŞMALAR	76
5.1. Araştırmanın Genel Sonuçları	76
5.2. Sistemin Sağladığı Katkıları ve Yenilikler.....	76
5.2.1. Bilimsel Katkıları.....	77
5.2.2. Teknik Katkıları	77
5.2.3. Uygulamalı ve Mimari Katkıları.....	78
5.3. Uygulamada Karşılaşılan Zorluklar	78
5.3.1. Teknik Zorluklar	78
5.3.2. Veri Toplama ve Simülasyon Zorlukları	79
5.3.3. Gerçek Ortam ve Yapısal Bağlamla İlgili Zorluklar	79
5.4. Öneriler ve Geliştirme Alanları.....	79
5.5. Gelecekteki Araştırmalar İçin Öneriler	79
5.5.1. Akıllı Sistemlerin Geliştirilmesine Yönelik Öneriler	80
5.5.2. Diğer Afet Türlerine Uygulanabilirliğin İncelenmesi	80
5.5.3. Entegre Araştırma Önerileri	80
SONUÇ	82
KAYNAKLAR	85

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Deprem Senaryosu Test Sonuçlarının Özeti.....	59
Tablo 2. Sel Senaryosu Test Sonuçlarının Özeti.....	60
Tablo 3. Akıllı Yapı Modelinde Hava Yastıklı Deprem Senaryosuna Ait Teknik Bulguların Özeti.....	64
Tablo 4. Akıllı Sistem Modelinde Sel Senaryosu Analizi, Performans Değerlendirmesi ve Teknik Kısıtlamalar.....	67
Tablo 5. Sistemin Tepki Hızı ve Aktivasyon Zamanlarının Karşılaştırması	70



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Deprem Cihazları	56
Şekil 2. Sel Cihazları.....	57
Şekil 3. Akıllı Evin Son Modeli: Hava Yastığı Sistemi Aktif Hale Getirilirken Modelin Farklı Açılardan Gösterimi ve Sistem Bileşenlerinin Düzenlenmesi	58



KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltma	Açıklama
YZ	Yapay Zeka
Nİ	Nesnelerin İnterneti
IHKİS	Isıtma, Havalandırma ve Klima Sistemi
MÖ	Makine Öğrenmes
DÖ	Derin Öğrenme
YSA	Yapay Sinir Ağı
DDİ	Doğal Dil İşleme
ESA	Evrişimli Sinir Ağı
YZDAES	Yapay Zeka Destekli Akıllı Ev Sistemi
KMİS	Küresel Mobil İletişim Sistemi
KKS	Küresel Konumlandırma Sistemi
HYS	Hava Yastığı Sistemleri
EYS	Enerji Yönetim Sistemi
AE	Akıllı Ev
ARA	Afet Risk Azaltma
AG	Artırılmış Gerçeklik
SG	Sanal Gerçeklik
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
YZNİ	Yapay Zeka ve Nesnelerin İnterneti
BYS	Bina Yönetim Sistemi
BİT	Bilgi ve İletişim Teknolojileri

GİRİŞ

21. yüzyıl, konut ortamlarının tasarımı ve yönetimi açısından köklü dönüşümlere yol açan hızlı bir teknolojik gelişime sahne olmuştur. Bu bağlamda, akıllı evler; enerji verimliliği, güvenlik düzeylerinin artırılması ve kullanıcı konforunun sağlanması açısından çağdaş yaşamın temel yapıtaşlarından biri haline gelmiştir. Ancak iklim değişikliği ve plansız kentleşmenin yol açtığı doğal afetlerin artan sıklığı, bu sistemlerin acil durumlarda can ve mal güvenliğini sağlama kapasitesine ilişkin önemli bir boşluğu da ortaya koymuştur. Bu durum, akıllı ev teknolojilerinin yalnızca dijital işlevleri iyileştirmekle kalmayıp, aynı zamanda fiziksel ve anlık müdahale mekanizmalarını da içermesi gerektiğini göstermektedir.

Bu ihtiyaçtan hareketle, bu çalışma; akıllı ev yapıları içinde yapay zeka teknolojilerinin hava yastığı sistemleriyle entegrasyonunu amaçlayan yenilikçi bir yaklaşım önermektedir. Araştırmanın temel sorunsalı, mevcut akıllı ev sistemlerinin afet anlarında hızlı ve doğrudan tepki verme konusundaki sınırlı etkinliğidir. Bu bağlamda, çalışmanın amacı; yapay zeka destekli, hava yastıklarıyla fiziksel müdahale sağlayabilen entegre bir model geliştirerek, afetlere karşı yapıların dayanıklılığını artırmak ve can güvenliğini sağlamak üzere proaktif ve koruyucu eylemler gerçekleştirebilen yapılar tasarlamaktır.

Çalışmanın önemi, mimarlık, koruyucu mühendislik ve yapay zeka disiplinleri arasındaki boşluğu doldurması ve geleceğin akıllı şehirlerinde yaşam kalitesine somut katkılar sunmasıyla öne çıkmaktadır. Bu bağlamda araştırma, şu temel sorulara yanıt aramaktadır: Yapay zeka, akıllı evlerin afetlere yanıt kapasitesini nasıl artırabilir? Hava yastığı sistemleri bireyleri koruma açısından ne derece etkilidir? Bu iki teknolojinin entegrasyonunda karşılaşılan zorluklar nelerdir? Bu sistemler tasarım ve uygulama aşamalarında nasıl entegre edilebilir? Geliştirilen modelin gerçek yaşam senaryolarındaki uygulanabilirliği nedir?

Çalışma, başta çevresel verilerin analizine dayalı afet tahmini yapabilen yapay zeka sistemlerinin potansiyeline ve hava yastığı teknolojisinin fiziksel koruma sağlamadaki etkinliğine ilişkin varsayımlar üzerine inşa edilmiştir. Araştırmanın sınırlılıkları arasında, modelin sadece dijital modelleme ve simülasyonlar yoluyla test edilmiş olması ve yalnızca iki afet türü deprem ve sel üzerine odaklanması yer almaktadır.

Veri toplama sürecinde nicel yöntem kullanılmış; literatür taraması, önceki çalışmaların karşılaştırmalı analizi, uygulama örnekleri ve çeşitli afet senaryolarında geliştirilen modelin performansını değerlendiren sayısal simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. Tez beş ana bölümden oluşmaktadır: Birinci bölümde, akıllı evlerin temel teorik çerçevesi, yapay zeka sistemleri ve hava yastığı teknolojileri ele alınmaktadır. İkinci bölümde, doğal afetler, akıllı evler, erken uyarı sistemleri ve hava yastığı uygulamaları konularında kapsamlı bir literatür incelemesi yapılmakta ve araştırma boşlukları vurgulanmaktadır. Üçüncü bölümde, önerilen modelin tasarımı ve mimari yapıya entegrasyon süreci anlatılmaktadır. Dördüncü bölümde, yapılan simülasyonlar yoluyla elde edilen bulgulara ve performans analizine yer verilmektedir. Beşinci ve son bölümde ise, araştırmanın sonuçları, pratik öneriler ve gelecekteki çalışmalar için açılımlar sunulmaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM: YAPAY ZEKA TABANLI AKILLI EVLERİN TEMELLERİ VE HAVA YASTIĞI SİSTEMİNİN TANIMI

Günümüzün hızla değişen kentsel çevresinde, özellikle iklim değişiklikleri ve plansız kentleşmenin yarattığı baskılar karşısında, fonksiyonel verimlilik ile acil durumlara karşı esneklik arasında denge kurabilen akıllı konut çözümlerine duyulan ihtiyaç her zamankinden daha belirgin hale gelmiştir. Bu bağlamda, akıllı ev kavramı, mimari mekânın yalnızca bir barınma alanı değil; aynı zamanda algılayabilen, analiz edebilen ve tepki verebilen dinamik bir yapıya dönüşmesini sağlayan temel bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Yapay zeka teknolojilerinin konut altyapısına entegre edilmesiyle birlikte, çevresel değişkenlere uyum sağlayabilen, yaşam kalitesini artıran ve bireysel güvenliği pekiştiren yaşam sistemlerinin geliştirilmesi mümkün hâle gelmiştir. Bu süreçte kaynak kullanım verimliliği ve sürdürülebilirlik de ön planda tutulmaktadır.

Bu bölümde, akıllı ev kavramının kuramsal ve teknolojik temelleri ayrıntılı bir şekilde ele alınmakta; bu kavramın tarihsel gelişimi, geleneksel mekanik sistemlerden yapay zekâ temelli öngörüselsistemlere nasıl evrildiği analiz edilmektedir. Ayrıca, yapay zekânın konut ortamlarında kullanıldığı başlıca alanlar incelenmekte; makine öğrenmesi, yapay sinir ağları ve büyük veri analizi gibi araçların konutlardaki operasyonel verimliliği artırmadaki rolüne değinilmektedir. Bu teknolojilerin daha etkileşimli ve akıllı yaşam alanları oluşturmadaki katkıları, somut örneklerle açıklanmaktadır.

Çevresel dalgalanmalara ve doğal afetlere karşı direnç gösterebilen sistemlere olan ihtiyaçtan yola çıkılarak, bu bölümde aynı zamanda akıllı hava yastığı sistemi gibi yenilikçi bir yaklaşımın geliştirilmesi ele alınmaktadır. Söz konusu sistem, yalnızca pasif bir koruma aracı olmakla kalmayıp, tehlikeyi önceden algılayabilen ve ona karşı proaktif bir tepki geliştirebilen akıllı bir yapı sunmayı amaçlamaktadır. Böylece, konutun durağan bir nesne olmaktan çıkarak, kendi kendini yöneten ve karar verebilen adaptif bir çevreye dönüşmesi hedeflenmektedir.

Bu bölüm, beş temel başlık altında yapılandırılmıştır: İlk olarak akıllı ev kavramı ve tarihsel arka planı tanıtılmakta; ardından yapay zekanın teknik yapısı ve konut bağlamındaki bileşenleri analiz edilmektedir. Devamında, yapay zekanın akıllı evlerdeki uygulamalarına dair örnekler ve vaka çalışmaları sunulmakta; daha sonra hava yastığı sistemi ayrıntılı olarak ele alınmakta ve son olarak, güvenlik, enerji ve korunma

alanlarındaki güncel uygulamalar ışığında, geleceğin dayanıklı ve sürdürülebilir yaşam alanları üzerine öngörülerde bulunmaktadır.

Bu teorik ve kavramsal temel, yalnızca ilgili kavramların tanıtımını yapmakla kalmayıp, aynı zamanda izleyen bölümlerde yürütülecek literatür incelemeleri, bilgi boşluklarının analizi ve önerilen modelin inşası için sağlam bir altyapı sunmaktadır.

1.1. Akıllı Ev Kavramı ve Tarihçesi

Hızla gelişen teknolojik ilerlemeler ışığında, "akıllı ev" kavramı, yapay zekanın günlük yaşamdaki en belirgin yansımalarından biri olarak öne çıkmıştır. Bu terim, iletişim ve akıllı işlem teknolojilerinden yararlanarak yaşam kalitesini artırmayı, güvenliğini sağlamayı ve kaynak kullanım verimliliğini yükseltmeyi amaçlayan konut ortamlarını ifade eder. Bu evlerdeki zeka yalnızca cihazların otomatik olarak çalıştırılmasıyla sınırlı kalmayıp, aynı zamanda sistemin kullanıcı davranışlarını öğrenme ve çevreyle etkileşim kurarak bilinçli kararlar alma yeteneğini de kapsamaktadır.

Akıllı evin kavramsal kökleri, 20. yüzyılın başlarında ütopyacı yazarların ve mühendislerin, insanın konforlu, kendi işlerini otomatik olarak yöneten evlerde yaşadığı bir gelecek hayal etmelerine kadar uzanır. Ancak bu fikirlerin hayattan uygulamaya geçişi, esas olarak 20. yüzyılın ortalarında, evlerde elektrikli ve elektronik sistemlerin entegre edilmeye başlanmasıyla mümkün olmuştur.

Bu alandaki öncü örneklerden biri, 1966 yılında geliştirilen “ECHO IV” adlı deneysel ev bilgisayarıdır. Bu sistem, ev içi cihazların çalıştırılması ve alışveriş listesinin düzenlenmesi gibi görevleri yönetmek üzere tasarlanmıştır. Her ne kadar bu yenilik ticari bir ürüne dönüşmemiş olsa da, evsel bilgi işlem olanaklarını kavramada önemli bir adım olmuştur. 1970’ler ve 1980’lerde ise mikro bilgisayarlar ve X10 gibi iletişim protokolleri sayesinde aydınlatma, ısıtma ve cihazların uzaktan kontrol edilmesi mümkün hale gelmiş ve bu teknolojiler akıllı ev altyapısının temelini oluşturmuştur.

2000’li yıllarla birlikte internet ağlarının yaygınlaşması ve işlemci gücünün artması, "Nesnelerin İnterneti" (IoT) kavramının konut alanına girmesini sağladı. Buzdolapları, ısıtma sistemleri, güvenlik kameraları ve hatta lambalar gibi çeşitli evsel cihazlar, akıllı telefonlar veya sesli komutlarla kontrol edilebilen tek bir ağ üzerinden entegre hale geldi. Bu entegrasyon, evleri çevresel bağlamla etkileşime girebilen dinamik ortamlara

dönüştürdü; örneğin, sakinlerin hareketlerini, iklim değişikliklerini veya enerji tüketim verilerini algılayarak otomatik tepki verebilen sistemler geliştirildi.

Akıllı ev teknolojilerinin gelişimi yalnızca teknolojik bir zorunluluğun sonucu olmayıp, aynı zamanda sosyal ve ekonomik dönüşümlerle de ilişkilidir. Akıllı şehir vizyonlarının gelişmesi ve kentleşmenin artması, daha güvenli, konforlu ve enerji verimli konut çözümlerine olan ihtiyacı beraberinde getirmiştir. Ayrıca, yapay zeka ve makine öğrenimi teknolojilerinin ilerlemesi, kullanıcı davranışlarına uyum sağlayabilen, kişiselleştirilmiş hizmet sunabilen ve arızaları önceden tahmin edebilen sistemlerin geliştirilmesini mümkün kılmıştır.

Akademik açıdan bakıldığında, akıllı evlerin gelişimi dört ana evrede incelenebilir:

- Mekanik Dönem (1950 öncesi): Bu dönemde, gazlı ocaklar ve çamaşır makineleri gibi temel mekanik cihazlarla sınırlı, bağlantısız ve zeka içermeyen konfor araçları vardı.
- İzole Otomasyon Dönemi (1950-1990): Elektronik sistemler, örneğin uzaktan kumandalı cihazlar ve alarm sistemleri kullanılmaya başlandı, ancak bu sistemler birbirleriyle entegre değildi.
- Akıllı Entegrasyon Dönemi (1990-2010): X10 ve Z-Wave gibi iç ağlar üzerinden sistemlerin birbirine bağlanması sağlandı; kullanıcı kontrolü arttı fakat sistemler henüz öğrenme yeteneğine sahip değildi.
- Öngörülü Zeka Dönemi (2010-günümüz): Yapay zeka teknolojileriyle donatılan ev sistemleri, veri analizi yoluyla otomatik tepkiler verebilen, öneriler sunan ve performansı optimize eden yapılar haline geldi.

Bulut bilişim, sesli tanıma ve bilgisayarla görme gibi teknolojilerin entegrasyonu sayesinde, akıllı evlerin fonksiyonları sağlık, eğlence, güvenlik ve çevresel sürdürülebilirlik gibi birçok alana genişlemiştir. Örneğin, bazı iklimlendirme sistemleri iç hava kalitesini analiz ederek havalandırmayı otomatik olarak ayarlayabilmekte; mobilyalara veya zeminlere entegre sensörler sayesinde yaşlı bireylerin sağlık durumları takip edilebilmektedir.

Ancak bu gelişmelere rağmen, akıllı evlerin önünde hâlâ önemli zorluklar bulunmaktadır. En başta gelen sorun, mahremiyet ve veri güvenliği konularıdır. Bu sistemlerin verimli

çalışabilmesi için büyük miktarda kişisel verinin toplanması gerekmekte, bu da dış müdahalelere karşı hassasiyet yaratmaktadır. Ayrıca, kurulum maliyetleri, sistemler arası uyumsuzluk ve bazı ortamlarda bakım ya da güncelleme zorlukları da çözülmesi gereken problemler arasında yer almaktadır.

Mimari açıdan ise, yapay zekanın konut tasarımına entegrasyonu yapı düşüncesinde devrim niteliği taşımaktadır. Artık mimarın görevi yalnızca mekânları şekillendirmek değil, aynı zamanda dijital altyapıyı anlamak, akıllı sensörleri, kablo yollarını ve kontrol merkezlerini tasarımın ilk aşamalarında düşünmek durumundadır. Bu bütünleşme, "konut" kavramını sessiz bir yapıdan, kullanıcı ve çevresiyle etkileşim kurabilen dinamik bir varlığa dönüştürmektedir.

Son olarak, akıllı evlere yönelik akademik ilgi son on yılda gözle görülür biçimde artmıştır. İnsan-ev etkileşimi (Human-Home Interaction), yapay sinir ağlarıyla enerji verimliliğinin artırılması ve ev robotlarının günlük yaşamı kolaylaştırmadaki rolü gibi konular üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Bu gelişmeler, özellikle sürdürülebilir kalkınma ve dijital dönüşüm perspektifinden hareketle araştırma ve uygulama için yeni ufuklar açmıştır.

Akıllı evlerin geleceği oldukça parlak görünmektedir. Üretici yapay zeka, artırılmış gerçeklik ve dijital ikiz (Digital Twin) gibi gelişmekte olan teknolojiler, evlerin sanal modellerini oluşturarak performans analizleri yapmak ve gelecekteki değişiklikleri önceden planlamak için kullanılabilecektir. Ayrıca, bu evlerin doğal afetlere karşı erken uyarı ve tepki kabiliyetiyle önemli bir rol üstlenmesi beklenmektedir.

Sonuç olarak, akıllı ev kavramının yalnızca teknolojik bir mesele olmadığı, çok disiplinli bir yaklaşım gerektirdiği açıktır. Mühendislik, mimarlık, psikoloji, ekonomi ve hukuk gibi çeşitli alanları kapsayan bu yaklaşım, değişen dünyada güvenli, esnek ve sürdürülebilir yaşam alanlarının şekillenmesi açısından bilimsel ve toplumsal bir zorunluluk haline gelmiştir.

1.1.1. Akıllı Ev Tanımı

Akıllı ev, dijital teknolojiler, sensör cihazları ve haberleşme ağlarından oluşan entegre bir sistemle donatılmış yaşam alanı olarak tanımlanabilir. Bu sistem; aydınlatma, havalandırma, ısıtma, güvenlik ve enerji yönetimi gibi çeşitli ev fonksiyonlarının otomatik ve akıllı bir şekilde kontrol edilmesini sağlar. Ancak bu tanım, akıllı ev kavramının özünü tam olarak yansıtmaz. Çünkü akıllı evin temelinde yalnızca otomasyon değil; öğrenme, uyum sağlama ve çevresiyle etkileşime geçerek kendi başına mantıklı kararlar alma yeteneği yatar.

Akademik literatürde farklı disiplinlere göre değişen çeşitli tanımlar bulunmaktadır. Bilgisayar bilimleri açısından bakıldığında, akıllı ev; iç ve dış çevresinden topladığı verileri sensörler aracılığıyla analiz eden, bu verileri yapay zeka algoritmalarıyla işleyerek otonom kararlar alabilen dağıtık bir sistem olarak değerlendirilir. Sosyolojik açıdan ise akıllı ev, insanın yaşam alanıyla olan ilişkisini yeniden şekillendiren bir mekân olarak görülür. Teknolojik kontrol sayesinde birey, günlük yaşamını daha bilinçli ve rahat bir şekilde yönetebilir; bu da alışkanlıklarını, ihtiyaçlarını ve hatta mahremiyet anlayışını dönüştürebilir.

Akıllı evin temel yapısı üç katmandan oluşur:

- Birinci katman olan algılama katmanı, hareket, sıcaklık, ışık, gaz veya duman gibi çevresel unsurları algılayan sensörleri içerir.
- İkinci katman olan işleme katmanı, bu verileri analiz eden yerel veya bulut tabanlı sunucularla donatılmıştır. Burada makine öğrenmesi veya yapay zekâ algoritmaları kullanılarak karar mekanizmaları çalıştırılır.
- Üçüncü katman olan uygulama/çıkış katmanı ise lambalar, kilit sistemleri, iklimlendirme cihazları, güvenlik kameraları veya otomatik perdeler gibi kontrol edilebilir donanımlardan oluşur.

Akıllı evlerin en önemli özelliklerinden biri, otomatik tepki verme, anlık etkileşim kurma ve kullanıcı davranışlarına uyum sağlama yeteneğidir. Sabit zaman çizelgeleri ya da manuel komutlara bağlı kalmadan, sistem kullanıcı tercihlerini analiz ederek gerekli ayarlamaları yapabilir. Örneğin, aydınlatma sistemi, bireyin uyku saatine göre ışık seviyesini kademeli olarak azaltabilir; ya da ısıtma sistemi, ev sahibinin eve geliş saatine

göre çalışmaya başlayabilir. Ayrıca sistem, ani su sızıntısı ya da enerji tüketiminde ani artış gibi anormallikleri algılayıp kullanıcıyı anında bilgilendirebilir.

Akıllı evlerin amaçları; konfor seviyesini artırmak, güvenliği güçlendirmek, enerji verimliliğini optimize etmek ve insan müdahalesini azaltmak olarak özetlenebilir. Bu hedefler, sürdürülebilirlik kavramına da hizmet eder; çünkü kaynakların daha etkin kullanılması sağlanır ve karbon ayak izi azaltılır. Akıllı ev sistemleri, yalnızca teknolojik fayda sağlamakla kalmaz, aynı zamanda yaşlı bireyler veya özel gereksinimleri olan kişiler için bağımsız bir yaşam ortamı sunar.

Mimari açıdan bakıldığında, akıllı ev kavramı konut tasarımında köklü bir dönüşüm gerektirir. Mimarlar yalnızca fiziksel alanı düzenlemekle kalmaz; aynı zamanda dijital altyapının da projeye entegre edilmesini sağlamakla yükümlüdür. Bu, kablosuz erişim noktalarının dağılımı, kablo hatlarının yönlendirilmesi, sensörlerin yerleşimi, kontrol merkezlerinin konumu ve veri depolama alanlarının belirlenmesi gibi teknik unsurları içerir. Bunun yanı sıra, akıllı tasarım anlayışı; geleneksel yapı malzemeleri ile modern teknolojilerin estetik ve işlevsel bir uyum içinde bütünleşmesini hedefler.

Kavramsal gelişim süreci incelendiğinde, akıllı evler artık yalnızca lüks bir teknoloji unsuru olmaktan çıkmış; iklim değişikliği, kentleşme baskısı ve modern yaşamın artan konfor beklentileri karşısında mimari ve işlevsel bir gereklilik hâline gelmiştir. Akıllı ev, artık sadece yaşanacak bir yer değil; kullanıcılarıyla birlikte öğrenen, gelişen ve onlarla etkileşime giren dinamik bir sistemdir. Bu nedenle, akıllı evlerin tasarımı ve geliştirilmesi; mühendislik, mimarlık, bilişim teknolojileri ve insan davranışları gibi çok disiplinli bir yaklaşımı zorunlu kılar.

1.1.2. Akıllı Evlerin Tarihsel Gelişimi ve Aşamaları: Mekanikten Yapay Zeka ve Geleceğe

Akıllı ev kavramı, teknoloji, yaşam tarzları ve mimari-sosyal yaklaşımların kesişiminde zaman içinde kademeli olarak gelişmiştir. Günümüzdeki anlamıyla akıllı ev, aniden ortaya çıkan bir olgu değil; mekanik konforun ön planda olduğu 20. yüzyılın başlarından, yapay zekâ ve dijital ikiz teknolojilerine dayalı günümüz sistemlerine kadar uzanan bir dizi evrimsel aşamanın ürünüdür.

Bu evrimsel süreç, yalnızca teknolojik ilerlemelerin bir yansıması değil, aynı zamanda insan-mekan ilişkilerinin dönüşümünü de ortaya koymaktadır. İlk dönemlerde sessiz ve tepkisiz olan yaşam alanları, zamanla öğrenebilen, tepki verebilen ve kullanıcı davranışlarını öngörebilen dinamik ortamlara dönüşmüştür. Bu dönüşüm, çevresel farkındalık artışı, akıllı şehir yaklaşımları ve bireysel konfor ile güvenlik taleplerindeki yükseliş gibi toplumsal değişkenlerle de doğrudan ilişkilidir.

Akıllı evlerin gelişim süreci, dört ana eksenle değerlendirilebilir:

- Teknolojik altyapıdaki ilerlemeler (donanım ve yazılım),
- Kavramsal olgunlaşma (otomasyondan öngörüye dayalı zekaya geçiş),
- Mimari bütünleşme (eklenen bir sistemden yapısal bileşene dönüşüm),
- Kullanıcı etkileşimi (manuel kontrolden bağlamsal zekaya geçiş).

Bu bölümde, akıllı evlerin geçirdiği başlıca evreler kronolojik ve analitik bir bakış açısıyla incelenecek; her bir dönemin teknik, mimari ve sosyolojik özellikleri açıklanacaktır. Ayrıca, basit ev yardım sistemlerinden, kendi kendini yöneten ve öngörüye dayalı çevresel sistemlere geçiş süreci karşılaştırmalı bir analizle değerlendirilecektir. Bu analiz, yalnızca geçmişe ışık tutmakla kalmayıp, hızla değişen karmaşık bir bağlamda, gelecekteki akıllı konut tasarımı ve uygulamalarını anlamak için de sağlam bir temel sunmaktadır.

1.1.2.1. Akıllı Evlerin Tarihsel Gelişimine Genel Bir Bakış

Akıllı ev teknolojilerinin günümüzde ulaştığı ileri düzey, tesadüfi bir sonuç ya da sadece teknolojik ilerlemenin doğal bir uzantısı değildir. Aksine, bu gelişim; teknik ilerlemelerin, toplumsal dönüşümlerin ve konut çevresine yönelik mimari ve davranışsal anlayışların kesiştiği çok boyutlu tarihsel bir sürecin ürünüdür. Bu nedenle, akıllı evlerin gelişimini anlamak sadece teknik aşamaların kronolojik bir incelemesiyle sınırlı değildir; aynı zamanda bu kavramın oluşumunu ve benimsenmesini etkileyen kültürel ve sosyal bağlamların derinlemesine analizini de gerektirir.

İlk dönemlerde evin temel işlevi; koruma sağlamak, barınak sunmak ve asgari düzeyde konfor temin etmektir. Zamanla, bu işlevler; mekanik cihazlar (örneğin ocaklar, çamaşır makineleri) ve ardından 20. yüzyılın ortalarına doğru elektrikli ve elektronik sistemlerin entegrasyonu ile kademeli olarak gelişti. Ancak akıllı evlerin gelişim sürecini farklı ve

özgün kılan unsur; bireysel cihaz kullanımından, yapay zeka ve modern iletişim ağları aracılığıyla kullanıcıyla ve çevresiyle etkileşime girebilen bağlantılı bir yaşam alanı oluşturulmasına doğru yaşanan dönüşümdür.

Her bir gelişim aşamasının, kendi tarihsel koşulları ve toplumsal-kültürel bağlamıyla yakından ilişkili olduğu gerçeği göz ardı edilmemelidir. Örneğin, 1950'li ve 60'lı yıllarda yükselen tüketim toplumu, konfor ve lüksü artırmaya yönelik ev cihazlarının yaygınlaşmasına zemin hazırlamıştır. Son yıllarda ise sürdürülebilirlik, enerji verimliliği ve dijitalleşme gibi kavramlar; yaşam alanlarının işlevini yeniden tanımlamış, evi sadece yaşanılan bir mekândan çıkarıp, çevreyle etkileşime girebilen dinamik bir varlığa dönüştürmüştür.

Benzer biçimde, mimari düşünce de bu bağlamda radikal dönüşümler geçirmiştir. Artık mimarın rolü sadece biçim ve mekan tasarımı ile sınırlı değildir; tasarımın ilk aşamalarından itibaren dijital altyapının, akıllı sensörlerin, kablo yollarının ve kontrol merkezlerinin entegrasyonunu da kapsayan daha bütüncül bir yaklaşıma ihtiyaç duyulmaktadır. Bu da konutun doğasını; durağan bir yapıdan, çevresine tepki verebilen, veri toplayan ve öğrenebilen canlı bir sisteme dönüştürmektedir.

Dolayısıyla, akıllı evlerin tarihsel gelişim sürecini takip etmek; yalnızca teorik bir egzersiz değil, aynı zamanda bu derin dönüşümün daha iyi anlaşılması ve çağımızda neden bu tür konutların akıllı şehirler ve sürdürülebilir kalkınma açısından temel bir yapı taşı haline geldiğini kavrayabilmek için vazgeçilmez bir analizdir.

1.1.2.2. Mekanik Dönem (1950 Öncesi)

Mekanik dönem, 20. yüzyılın ortalarından önceki zamanı kapsar ve bu dönemde ev yaşamı büyük ölçüde manuel emek ile basit, doğrudan mekanik veya ısı enerjisiyle dayalı teknolojilere bağlıydı. Günümüz anlamında “zeka” ya da “otomatik kontrol” kavramlarından söz etmek mümkün değildi; konfor, esasen gazlı ocaklar, el süpürgeleri ve manuel ya da basit elektrikli çamaşır makineleri gibi temel araçlarla sağlanan fiziksel rahatlıktan ibaretti.

Bu dönemde cihazlar arasında herhangi bir bağlantı veya etkileşim bulunmuyordu. Her cihaz bağımsız şekilde çalışmakta, kullanıcı davranışlarını algılayacak veya çevresel koşullara göre tepki verecek hiçbir algoritmaya sahip olmamakta ve veri

depolamamaktaydı. Dönemin konut mimarisi de bu bağımsız işleyişe göre şekillenmişti; sistemlerin entegrasyonuna ya da otomasyon altyapısına yönelik herhangi bir fiziksel düzenleme mevcut değildi. Bu nedenle, bu dönem, daha akıllı ve etkili çözümlere duyulan gelecekteki ihtiyacı gözler önüne seren bir başlangıç noktası olarak değerlendirilebilir.

Toplumsal açıdan bakıldığında, bu dönemin önceliği ev işlerinden sorumlu olan ev hanımının fiziksel yükünü hafifletmektir. Dikiş makineleri, manuel mutfak aletleri gibi mekanik cihazların yaygınlaşmasıyla birlikte, konfor anlayışı “pasif konfor”dan “desteklenmiş konfor”a doğru evrilmeye başladı. Bu da gelecekte evin teknolojik bir dönüşüm geçirebileceği fikrinin temellerini attı.

Bu dönemin dikkat çeken yönü, gelişmelerin otomasyon veya yapay zeka ihtiyacından değil, sanayi devriminin etkisiyle elektrik gibi yeni enerji kaynaklarının kullanılabilir hale gelmesinden doğmuş olmasıdır. Bu da, söz konusu teknolojilerin “akıllı” olmamalarına rağmen o dönemde yaşam kalitesine önemli katkılar sağlamasını açıklar.

Bu dönemin anlaşılması, daha sonraki akıllı ev konseptlerinin ne denli köklü bir dönüşüm geçirdiğini kavrayabilmek açısından oldukça önemlidir. Mekanik dönem, durağan ve basit ev ortamından, kullanıcı davranışlarına dayalı kararlar alabilen, veri odaklı ve etkileşimli bir yaşam alanına geçişte kat edilen mesafenin başlangıç noktasını temsil eder.

1.1.2.3. İzole Otomasyon Aşaması (1950–1990)

1950 ile 1990 yılları arasındaki dönem, akıllı ev kavramının evriminde önemli bir dönüm noktasını temsil etmektedir. Bu süreçte, tamamen mekanik sistemlere dayalı yapı anlayışından uzaklaşarak, sınırlı da olsa otomasyon teknolojilerinin ev yaşamına entegre edilmeye başlandığı görülür. “İzole otomasyon aşaması” olarak adlandırılan bu dönem, ev içindeki farklı sistemlerin birbirinden bağımsız olarak çalıştığı ve herhangi bir iletişim ya da koordinasyonun bulunmadığı bir yapıyı ifade eder.

Bu dönemin en belirgin yeniliklerinden biri, ev güvenliği alanında kullanılan erken uyarı sistemlerinin özellikle hırsızlık ve yangınlara karşı geliştirilmesidir. Aynı zamanda, uzaktan kumanda ile çalışan ilk ev cihazları da bu süreçte ortaya çıkmıştır. Bu kumandalar genellikle kızılötesi teknolojisine dayalıydı ve kullanıcıdan gelen doğrudan komutları yorumlamadan, bağlamı anlamadan uygulamaktaydı. Bu sistemlerin herhangi bir öğrenme veya karar verme kapasitesi bulunmuyordu.

Bunun yanında, programlanabilir ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemleri de bu dönemde yaygınlaşmaya başladı. Bu cihazlar, belirli zaman dilimlerinde çalışacak şekilde ayarlanabiliyor olsa da, oldukça sınırlı işlemci gücüne sahipti ve sadece önceden tanımlanmış görevleri yerine getirebiliyorlardı. Evdeki her bir sistem bağımsız bir ünite olarak işlev görmektedir; sistemler arasında herhangi bir ağ bağlantısı ya da entegre çalışma düzeni yoktu.

Mimari açıdan bakıldığında, bu sistemlerin yapısal tasarıma entegrasyonu büyük ölçüde göz ardı edilmekteydi. Genellikle bu cihazlar, bina tamamlandıktan sonra sonradan ekleniyor; bu da hem kurulum hem bakım süreçlerinde zorluklara neden oluyordu. Dijital altyapının eksikliği, sistemlerin verimli çalışmasını kısıtlıyordu.

Toplumsal düzeyde ise bu sınırlı gelişmeler, kullanıcıların ev otomasyonu teknolojilerine olan ilgisini artırmış, ancak aynı zamanda bu sistemlerin etkileşim ve zekâ yönünden yetersiz olduğunu da ortaya koymuştur. Bu farkındalık, daha entegre ve akıllı çözümler üzerine düşünülmesini teşvik etmiş ve birçok üniversite ile devlet kurumu bu alanda araştırma ve geliştirme projelerine yatırım yapmaya başlamıştır. Bu süreç, sonraki on yılın daha ileri teknolojilerine zemin hazırlamıştır.

Sonuç olarak, izole otomasyon aşaması; evlerin tamamen mekanik yapılardan uzaklaşarak dijital teknolojiyi kısmen içselleştirdiği bir geçiş süreci olmuştur. Ağ bağlantısı veya yapay zekâ olmamasına rağmen, bu dönem evin teknolojiyle etkileşime girme potansiyelinin ilk kez test edildiği bir laboratuvar işlevi görmüş, modern akıllı ev anlayışının doğuşuna temel hazırlamıştır.

1.1.2.4. Ağ Tabanlı Akıllı Entegrasyon Aşaması (1990–2010)

1990 ile 2010 yılları arasındaki dönem, akıllı ev kavramının evriminde belirleyici bir dönüm noktası olarak kabul edilir. Bu aşama, sınırlı ve izole otomasyon sistemlerinden, ev içi ağlar aracılığıyla entegre edilen daha gelişmiş sistemlere geçişi temsil etmektedir. Bu dönemde ortaya çıkan X10 ve Z-Wave gibi haberleşme protokolleri sayesinde, ev cihazlarının birbiriyle "iletişim kurabildiği" ve merkezi bir sistem aracılığıyla işlevlerin eşgüdümlü bir biçimde yönetilebildiği yapılar oluşmuştur.

X10 protokolü aslında 1970'lerde geliştirilmiş olsa da, 1990'larda yaygın kullanıma ulaşarak elektrik hatları üzerinden cihazlara sinyal iletimi sağlamış ve özel kablolarla

ihtiyaç duymadan uzaktan kontrol imkânı sunmuştur. Z-Wave protokolü ise, kablosuz örgü ağı (mesh network) altyapısı sayesinde bağlantı kapsama alanını genişletmiş ve cihazlar arası iletişimin kararlılığını artırmıştır. Bu protokollerle birlikte, aydınlatma, ısıtma, güvenlik ve izleme sistemleri daha etkili bir şekilde merkezi kontrol sistemleri ya da bilgisayarlar aracılığıyla yönetilebilir hale gelmiştir.

Ancak bu dönemin önemi yalnızca teknolojik ilerlemelerle sınırlı değildir; aynı zamanda mimari tasarım üzerinde de köklü etkiler yaratmıştır. Artan ağ karmaşıklığı ile birlikte, mekanların dağılımı, kablo güzergâhları, kontrol merkezlerinin yerleşimi ve sensörlerin duvar, tavan veya zemin gibi yüzeylere entegrasyonu gibi unsurlar yeniden düşünülmüştür. Bu da mimarları, yalnızca estetik değerler değil, aynı zamanda dijital altyapının gereklerini de içeren bütüncül bir tasarım yaklaşımı geliştirmeye zorlamıştır.

Bu dönemde, akıllı teknolojilere yönelik farkındalık mimarlık ve mühendislik fakültelerinin müfredatlarına da yansımaya başlamış, akıllı sistemlerin konut tasarımlarına nasıl entegre edileceğine dair ilk standartlar üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Bu bağlamda, performans sürdürülebilirliği, bakım kolaylığı ve gelecekteki teknolojik gelişmelere uyumluluk gibi kriterler ön plana çıkmıştır. Böylece "akıllı altyapı" kavramı, yalnızca iletişim ve elektrik sistemlerini değil, aynı zamanda veri ve etkileşim sistemlerini de içerecek şekilde genişlemiştir.

Her ne kadar bu dönemde geliştirilen sistemler henüz kendi kendine öğrenme veya tahmin yeteneklerine sahip olmasa da, ağ tabanlı entegrasyon sayesinde bir sonraki aşamaya yapay zeka ve makine öğreniminin konut ortamına entegrasyonu sağlam bir zemin hazırlanmıştır. Bu bağlamda, söz konusu aşama, günümüzün modern akıllı evlerinin hem mimari hem de teknolojik temelini atıldığı bir "ön hazırlık" dönemi olarak değerlendirilebilir. Konut, bu aşamadan itibaren yalnızca fiziksel bir barınma mekanı değil, yazılımlar tarafından da yönetilen entegre bir sistem olarak görülmeye başlanmıştır.

1.1.2.5. Yapay Zeka ve Öngörü Aşaması (2010 – Günümüz)

yüzyılın ikinci on yılıyla birlikte, akıllı ev teknolojileri yalnızca otomatik kontrol ve uzaktan yönetim aşamasını geride bırakarak, öğrenmeye ve tahmine dayalı yapay zekâ temelli bir boyuta evrildi. Bu dönemde, sistemler artık yalnızca verilen komutlara tepki

vermekle kalmıyor; kullanıcı davranışlarını analiz ediyor, bu davranışlardan öğreniyor ve ihtiyaçları kullanıcı farkına varmadan önce öngörebiliyor.

Bu dönüşümün merkezinde makine öğrenmesi (Machine Learning) ve derin öğrenme (Deep Learning) gibi yapay zeka teknikleri yer alıyor. Başlangıçta sadece sesli asistanlar olarak geliştirilen Amazon Alexa ve Google Assistant gibi sistemler, artık bağlamsal farkındalığa sahip, ses tanıma yapabilen, davranışsal kalıpları çözümleyebilen ve her bireyin özel ihtiyaçlarına yönelik öneriler sunabilen kognitif araçlara dönüşmüştür. Bu sistemler; enerji yönetiminden ışık ve ısı kontrolüne, kullanıcıların günlük rutinlerine ve coğrafi konumlarına göre çevresel koşulları otomatik olarak optimize etmeye kadar geniş bir işlevsellik kazanmıştır. Ayrıca yaşlı bireylerin düşme riski veya gaz sızıntısı gibi acil durumlar da anlık olarak algılanabilmektedir.

Bu dönemin en dikkat çekici yönlerinden biri ise “bağlamsal zeka” (Contextual Intelligence) kavramıdır. Bu kavram, sistemlerin yalnızca komutlara yanıt vermekle kalmayıp; zaman, hava durumu, mekânda bulunan kişi sayısı ve ortamın genel psikolojik durumu gibi birçok çevresel faktörü analiz ederek, daha insani ve sezgisel bir şekilde tepki verebilmesini ifade eder. Böylelikle sistem, yalnızca bir komut alıcısı değil, gündelik yaşama entegre olmuş akıllı bir partner hâline gelir. Bu da kullanıcıda aidiyet hissini ve dijital konfor düzeyini artırır.

Bu aşamada mimarın rolü de dönüşüme uğramıştır. Artık sadece altyapı kurulumu için uygun mekansal düzenlemeler yapmakla yetinilmiyor; yapay zeka, tasarımın ayrılmaz bir bileşeni hâline geliyor. Esnek alan kurguları, çok işlevli mekânlar ve kolay güncellenebilir sistem altyapıları ile mimari tasarım, teknolojik gelişmelere uyumlu hale getiriliyor. Ayrıca “dijital ikiz” (Digital Twin) teknolojisi sayesinde, yapının sanal bir modeli oluşturularak, gerçek zamanlı performans izleme ve iyileştirme süreçleri yürütülebiliyor.

Teknik açıdan ise, bu evrede akıllı ev sistemleri ile bulut tabanlı platformlar arasında güçlü bir entegrasyon kurulmuştur. Bu sayede büyük veri (Big Data) gerçek zamanlı olarak analiz edilebilmekte; hava kalitesi, çevresel verimlilik, enerji tüketimi gibi birçok gösterge sürekli izlenebilmekte ve tasarımsal öneriler, kullanım alışkanlıklarına dayalı olarak geliştirilebilmektedir.

Ancak bu ilerlemeye rağmen, hala çözüm bekleyen bazı yapısal sorunlar bulunmaktadır. Özellikle kişisel verilerin büyük ölçeklerde toplanması, gizlilik ve veri güvenliği konusunda ciddi endişelere yol açmaktadır. Bununla birlikte, dijital uçurum (digital divide) da bu teknolojilere erişim konusunda sosyoekonomik eşitsizlikleri daha da belirgin hale getirebilir.

Sonuç olarak, yapay zeka ve öngörü aşaması yalnızca teknolojik bir ilerleme değil, aynı zamanda konutun anlamına dair köklü bir dönüşümdür. Evler artık durağan yapılar değil; kullanıcılarıyla yaşayan, onların ruh halini anlayan, fiziksel ve zihinsel durumlarına göre uyum sağlayan “akıllı varlıklar” hâline gelmiştir. Bu değişim, sadece mühendislik veya teknoloji değil; aynı zamanda mimarlık, davranış psikolojisi, veri bilimi ve etik gibi çok disiplinli bir yaklaşımı zorunlu kılmakta; böylece yaşanabilir, duyarlı ve öngörülü mekânların tasarımına zemin hazırlamaktadır.

1.1.2.6. Geleceğe Yönelik Aşama (2025 Sonrası)

Yapay zeka, artırılmış gerçeklik ve bulut bilişim alanlarındaki yeniliklerin hız kazanmasıyla birlikte, akıllı evlerin evrimine dair yeni bir dönem başlamaktadır: “geleceğe yönelik aşama”. Bu dönem, önceki teknik gelişmelerin basit bir uzantısı olmaktan ziyade, barınma kavramının kökten dönüşümünü temsil eder. Artık evler yalnızca ihtiyaçlara yanıt veren yapılar olmaktan çıkarak, ihtiyaçları önceden sezen, onlarla etkileşime geçen ve bağlama göre kendini yeniden şekillendirebilen canlı sistemlere dönüşmektedir.

Bu dönemin en dikkat çekici yönlerinden biri, evler için dijital ikiz (Digital Twin) kavramının benimsenmesidir. Dijital ikiz, evin gerçek zamanlı durumunu sürekli izleyen sanal bir kopyasını ifade eder. Bu sistem, performans izleme, arıza tahmini ve hatta olası afet senaryolarının önceden simüle edilmesi gibi işlevleri yerine getirir. Bu sayede kullanıcı ya da sistem, tehlikeleri önceden tespit ederek akıllı önlemler alabilir; örneğin havalandırmayı düzenleyebilir, su sızıntılarını tespit edebilir veya elektrik arızalarına karşı önlem alabilir. Mimari açıdan bakıldığında, bu dönüşüm, daha tasarım aşamasında dijital bir katmanın entegre edilmesini gerektirir.

Yaratıcı yapay zeka (Generative AI) teknolojileri de geleceğin konut anlayışında belirleyici bir rol oynamaktadır. Yapay zekâ artık yalnızca verileri analiz eden bir araç

değil, aynı zamanda mimari çözümler, iç mekân düzenlemeleri ve bakım senaryoları üretebilen bir tasarım ortağı hâline gelmektedir. Örneğin, sistem otomatik olarak kullanıcının uyku ve çalışma alışkanlıklarına göre aydınlatmayı ayarlayabilir ya da misafir ağırlama durumlarında iç mekân düzenini yeniden organize edebilir. Bu bağlamda, insan ve ev arasındaki ilişki “kontrol”den “ortak akıl” düzeyine evrilmektedir.

Bununla birlikte, artırılmış gerçeklik (AR) teknolojilerinin yalnızca eğlence veya eğitim için değil, cihaz kontrolü ve iç mekân tasarımı gibi işlevsel amaçlar için de kullanılması beklenmektedir. Kullanıcılar, akıllı gözlükler veya mercekler aracılığıyla ısı verilerini, hava kalitesini veya olası sızıntı noktalarını görselleştirebilecek ve çevreleriyle daha duyuşsal bir etkileşim kurabileceklerdir.

Bu aşamanın bir diğerkarpıcı yönü, doğal afetleri öngörebilen ve bu afetlere kendiliğinden yanıt verebilen evlerin ortaya çıkmasıdır. Evler yalnızca alarm sistemleriyle yetinmeyecek, aynı zamanda fırtına durumlarında pencereleri kapatabilecek, sel tehlikesinde drenaj sistemlerini devreye sokabilecek ya da enerji dağılımını otomatik olarak optimize edebilecektir. Bunu mümkün kılmak için sensör sistemlerinin bağlamsal yapay zeka (Context-Aware AI) ile entegre edilmesi gereklidir.

Ayrıca, kendini uyarlayabilen mimari tasarımlar da bu dönemin belirleyici öğelerindendir. Akıllı malzemeler sayesinde, yapılar çevresel koşullara göre şeklini veya işlevini değiştirebilir hâle gelecektir. Örneğin, iklim koşullarına bağlı olarak ısı yalıtım seviyesini ayarlayan duvarlar veya güneş ışınımına göre kararan pencereler geliştirilecektir. Bu çözümler yalnızca yapay zeka yönetimiyle değil, teknolojinin mimari dokunun içine entegre edildiği bütüncül bir tasarım anlayışıyla mümkündür.

Bu çerçevede şekillenen yeni dönem, öngörücü tasarım paradigmasını (Predictive Design Paradigm) da beraberinde getirmektedir. Bu yaklaşım, yalnızca geçmiş verilere dayanmakla kalmaz, yapay zekayı doğrudan tasarım sürecinin bir parçası hâline getirir. Evler artık yalnızca "inşa edilen" değil, zamanla "gelişen" yapılar olarak kurgulanacaktır. Bu dönüşüm; mimarlar, yazılım mühendisleri, yapay zeka uzmanları ve hatta sosyologlar ve psikologlar arasında disiplinler arası iş birliği gerektirir.

Elbette bu yeni aşama, açık ve etik yasal çerçevelerin oluşturulması gibi zorlukları da beraberinde getirir. Mahremiyetin korunması, sistemlerin güvenliği ve aşırı teknolojik bağımlılığın önlenmesi gibi sorunlara karşı stratejiler geliştirilmelidir. Ayrıca, karmaşık

sistemlerin sürdürülebilirliği ve arızalara karşı dayanıklılığı da öncelikli tasarım kriterlerinden biri olacaktır.

Sonuç olarak, bu gelecek dönemi, "akıllı ev" kavramının ötesine geçerek "uyarlanabilir ev" modeline geçiş olarak tanımlamak mümkündür. İnsan ve teknoloji arasındaki bu yeni birlikte yaşam biçimi, konfor, esneklik, güvenlik ve çevresel farkındalığı bir araya getiren, daha önce hayal dahi edilemeyen yaşam senaryolarını mümkün kılmaktadır.

1.1.2.7. Karşılaştırmalı Aşamalı Analiz

Akıllı evlerin tarihsel aşamalar boyunca gelişiminin izlenmesi, yalnızca teknolojik ilerlemelerin değil, aynı zamanda sistemlerin entegrasyonu ve mimari bağlamdaki işlevlerinin dönüşümünün daha derinlemesine anlaşılması açısından önemli bir fırsat sunar. Bu aşamaların analitik karşılaştırması, akıllı ev kavramının zaman içinde nasıl derinleştiğini ve çağdaş yaşamın artan taleplerine nasıl yanıt verdiğini açıkça ortaya koyar. Gelişim süreci, dijital bilimlerle mimarlık disiplini arasındaki etkileşim sayesinde şekillenmiştir.

Erken dönemlerde (mekanik ve öncesi), evlerde hiçbir zeka unsuru veya işlevsel bağlantı bulunmazken, mimarın görevi yalnızca fiziksel yapıyı inşa etmekle sınırlıydı. İzole otomasyon döneminde ise sınırlı düzeyde zeka (örneğin alarm sistemleri) devreye girmiş, ancak cihazlar arasında ağ tabanlı bir entegrasyon söz konusu olmamıştır. Bu nedenle mimari etki, yalnızca belirli cihazlara yer açma düzeyinde kalmıştır.

Ağ protokollerinin (X10, Z-Wave vb.) devreye girdiği akıllı entegrasyon aşamasıyla birlikte, teknolojik altyapı artık mimari tasarımın da konusu haline gelmiştir. Kablolama, erişim merkezleri ve sistem yollarının yapı ile eşgüdümlü tasarlanması gerekmiştir. Günümüzdeki yapay zeka ve bağlamsal zeka aşamasında ise, ev sistemleri çevresel ve kullanıcı bağlamına kendi kendine yanıt verebilme kapasitesine ulaşmıştır. Bu, mimari tasarımı esnek, adaptif ve teknolojik olarak duyarlı hale getirmiştir.

Geleceğe yönelik aşama ise, yalnızca tepki veren sistemlerin ötesine geçerek olayları önceden kestiren, dijital ikiz modelleriyle donatılmış, üretken yapay zeka tabanlı evler öngörmektedir. Bu, geleneksel tasarım anlayışının köklü bir dönüşüm geçirmesini gerektirir; mimar, artık değişken ortamlara anında uyum sağlayabilen, öngörüye dayalı bir yapı sistemi kurgulamakla yükümlüdür.

1.1.2.8. Analitik Sonuç

Akıllı evlerin evrimsel gelişimi yalnızca inşaat araçları ve teknolojilerindeki ilerlemeyi yansıtmakla kalmaz; aynı zamanda insanın “yaşam alanı” kavrayışında meydana gelen köklü bir zihinsel dönüşümün de göstergesidir. Her teknolojik sıçrama, konutu yalnızca barınma işlevi gören bir yapı olmaktan çıkarıp, kullanıcılar, veriler ve çevresel koşullar arasında sürekli etkileşim kuran dinamik bir sisteme dönüştürmüştür.

Dikkat çekici olan nokta, bu gelişimin doğrusal ya da tarafsız bir süreç olmamasıdır. Aksine, güvenlik ve konfor arayışıyla gelişen insani ihtiyaçların, yapay zekanın yükselişiyle ve mimari tasarımın işlevselliğe dair değişen anlayışıyla kurduğu karmaşık bir etkileşimin sonucudur. Bu bağlamda, konut artık sadece bir "yapı ürünü" olarak değil, veri, öngörü ve davranış kalıplarıyla şekillenen dinamik bir organizma olarak ele alınmaktadır.

Dolayısıyla akıllı evlerin dönüşümünü anlamak için tek boyutlu değil, çok katmanlı bir yaklaşıma ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yaklaşım, yalnızca teknolojik düzlemi değil, aynı zamanda sosyal, kültürel ve psikolojik boyutları da içermelidir. Çünkü teknoloji tek başına "zeka" üretmez; mimari bir bakış açısıyla bütünleşmeden, yapıya yön ve işlev kazandırmadan anlam kazanamaz.

Konutun öngörüselsel ve etkileşimli bir varlığa dönüşmesi, mimarların, mühendislerin ve kent plancılarının sadece araçlarını güncellemelerini değil, aynı zamanda barınma kavramını yeniden tanımlamalarını da zorunlu kılmaktadır. Bu noktada “konut”, felsefe ile teknolojinin, tasarım ile etkileşimin, insan ile dijital geleceğin kesişim noktası hâline gelmektedir.

Sonuç olarak, akıllı evler sadece teknolojik ilerlemenin bir sonucu değil; aynı zamanda daha akıllı, esnek ve insanla birlikte gelişebilen yaşam çevrelerine geçişi temsil eden, derin bir medeniyet dönüşümünün mimari tezahürüdür.

1.1.3. Avantajlar

Akıllı evler, özellikle yapay zeka ve Nesnelerin İnterneti teknolojilerindeki sürekli gelişmelerle birlikte, modern yapı dünyasında tercih edilen önemli avantajlara sahiptir.

Bu avantajlar, kullanıcıların yaşam kalitesini artırmayı, kaynakların verimli kullanımını sağlamayı ve benzersiz güvenlik ve emniyet seviyeleri sunmayı amaçlamaktadır.

Birinci olarak: Enerji Verimliliği ve Ekonomik Tasarruf

Akıllı evler, çevre ve ekonomi açısından önemli çözümler sunar; enerji tüketimini izleyen ve otomatik olarak ayarlayan akıllı sistemlere dayanır. Sensörler ve uzaktan kontrol teknolojileri sayesinde, gereksiz elektrik, ısıtma ve soğutma tüketimi azaltılarak maliyetler düşürülür ve sürdürülebilirlik sağlanır (Chen ve ark., 2020). Örneğin, akıllı klima sistemi evden çıkıldığında kendini otomatik olarak kapatabilir veya dış hava koşullarına göre sıcaklığı ayarlayabilir.

İkinci olarak: Konfor ve Kolay Kontrol

Akıllı evler, kullanıcılarına yüksek düzeyde konfor sunar; ev cihazları, aydınlatma, perdeler ve televizyon akıllı telefon ya da sesli komutlarla kontrol edilebilir. Bu merkezi kontrol, günlük işleri kolaylaştırmakla kalmaz, aynı zamanda her bireyin tercihlerine göre çevresel ortamı kişiselleştirme imkanı sağlar (Alavi ve ark., 2019). Örneğin, "Rahatlama Modu" veya "Çalışma Modu" gibi ön ayarlı senaryolar, aydınlatma, müzik ve sıcaklığı otomatik olarak ayarlar.

Üçüncü olarak: Gelişmiş Güvenlik ve Emniyet

Güvenlik avantajları, akıllı evlerin en belirgin özelliklerinden biridir; akıllı kameralar, hareket algılayıcılar ve duman ile gaz sensörleri gibi gelişmiş izleme sistemlerine dayanır. Yapay zeka destekli sistemler, olağandışı durumları tanıyarak anında önleyici önlemler alabilir (Zhou ve ark., 2021). Ayrıca, bu çalışmanın odak noktası olan hava yastığı sistemi, doğal afetlerin ev ve sakinleri üzerindeki etkisini azaltarak esneklik ve güvenliği önemli ölçüde artırır.

Dördüncü olarak: Yapay Zeka ve Gelecek Teknolojileri ile Entegrasyon

Yapay zeka teknolojileri, akıllı evlerin kullanıcı davranışlarını öğrenmesini ve ihtiyaçlarını önceden tahmin etmesini sağlar. Akıllı sistem, ev programlamasını optimize eder, arızaları önceden tespit eder ve cihaz performansını iyileştirmek için önerilerde bulunur (Wang & Li, 2022). Örneğin, uyku ve ısıtma alışkanlıklarını öğrenerek uyku kalitesini ve genel sağlığı iyileştiren ortam koşullarını otomatik ayarlar.

Beşinci olarak: Sürdürülebilirlik ve Çevresel Farkındalık

Akıllı kontrol sistemleri sayesinde, akıllı evler kullanıcıların karbon ayak izlerini azaltmalarına yardımcı olur; enerji ve su tüketimi gerçek zamanlı izlenerek kaynakların daha sürdürülebilir kullanımı teşvik edilir (Smith ve ark., 2019).

Genel olarak, bu avantajlar, geleneksel evlerin konfor, güvenlik, verimlilik ve sürdürülebilirliği bir arada sunan entegre akıllı ortamlara dönüşmesinde önemli katma değer sağlar. Bu bölüm, doğal afetlere karşı dayanıklılığı artıran hava yastığı sistemi gibi ileri uygulamaların tartışılmasına zemin hazırlar.

1.2. Yapay Zekanın Teknolojilerinin Temelleri

Yapay zeka (Artificial Intelligence - AI), günümüzün en hızlı gelişen ve etkili teknolojik alanlarından biri olup, artık yalnızca teorik bir kavram olmaktan çıkmış; tıptan eğitime, mimariden altyapı sistemlerine kadar insan yaşamının tüm yönlerini yeniden şekillendiren somut bir gerçeklik hâline gelmiştir. Yapay zekânın özü, dijital sistemlerin çevresinden topladığı ya da önceden sağlanan veriler doğrultusunda “düşünebilme” ve neredeyse insan benzeri kararlar alabilme yeteneğinde yatmaktadır.

Yapay zeka, karmaşık ama düzenli bir yapı oluşturan birden fazla teknik ve metodolojik temel üzerine inşa edilir. Bu yapı, sistemlerin geleneksel olarak insan zekası gerektiren görevleri yerine getirebilmesini sağlar. Bu bağlamda, üç temel unsur öne çıkmaktadır: makine öğrenimi, yapay sinir ağları ve veri işleme. Akıllı sistemlerin nasıl çalıştığını ve bu sistemlerin doğal afetlerle etkileşime girebilen akıllı ev ortamlarında nasıl kullanılabileceğini anlamak için bu üç temel direği kavramak büyük önem taşımaktadır.

1.2.1. Makine Öğrenimi (Machine Learning)

Makine öğrenimi, yapay zekanın temel dallarından biri olup, sistemlerin açık bir şekilde programlanmaksızın verilerden öğrenmesini ve zamanla kendi performansını geliştirmesini sağlayan bir yaklaşımdır. Esas itibarıyla makine öğrenimi, büyük miktardaki veriden kalıplar ve ilişkiler çıkarmayı ve bu bilgiyi gelecekteki davranışları tahmin etmek veya otomatik kararlar almak için kullanmayı hedefler. Makine öğrenimi teknikleri başlıca üç kategoriye ayrılır: denetimli öğrenme (Supervised Learning), denetimsiz öğrenme (Unsupervised Learning) ve pekiştirmeli öğrenme (Reinforcement Learning).

Mimari bağlamda, özellikle akıllı evlerde, makine öğrenimi; kullanıcı davranışlarına göre aydınlatma, ısıtma ve soğutma sistemlerinin optimize edilmesinde ya da deprem ve sel gibi doğal afetlerle ilgili sensör verilerinin analiz edilerek otomatik koruyucu tepkilerin başlatılmasında kullanılır. Bu tezin inceleme konusu olan hava yastıklı güvenlik sistemleri bağlamında, makine öğrenimi destekli bir sistem, yer altı basıncı ve titreşim modellerini tanıyarak yaklaşmakta olan bir depremi öngörebilir ve bu durumda hava yastıklarını devreye alarak hem bina yapısını hem de içindekileri koruyabilir.

1.2.2. Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks)

Yapay sinir ağları, yapay zeka sistemlerinin çekirdek yapısını oluşturan ve insan beyninin bilgi işleme mekanizmasından esinlenerek geliştirilen yapılardır. Bu ağlar, “düğüm” olarak adlandırılan yapay sinir hücrelerinden oluşan katmanlı bir yapıdadır ve verileri ardışık ve etkili bir biçimde işleyerek analiz etme yeteneğine sahiptir. Yapay sinir ağları, doğrusal olmayan verilerle çalışabilme kapasiteleri sayesinde, geleneksel modellerin çözmekte zorlandığı karmaşık problemlerde üstün performans gösterir.

Akıllı ev teknolojilerinde, yapay sinir ağları görüntü tanıma (Image Recognition), ses analizi ve gelecekteki enerji tüketim desenlerinin tahmin edilmesi gibi spesifik görevlerde kullanılmaktadır. Ayrıca, afet erken uyarı sistemlerine entegre edilen derin öğrenme (Deep Learning) algoritmalarının yürütülmesinde de merkezi bir rol oynarlar. Örneğin, çoklu jeolojik sensörlerden gelen sismik verileri analiz eden bir derin sinir ağı, potansiyel tehlikenin seviyesini belirleyebilir ve milisaniyeler içinde hava yastıklı koruma sistemini devreye sokarak yapıyı ve içindekileri koruma altına alabilir.

1.2.3. Veri İşleme (Data Processing)

Veri, her türlü akıllı sistemin belkemiğini oluşturur ve veri işleme, bu verilerin temizlenmesi, dönüştürülmesi ve anlamlandırılarak kullanılabilir bilgiye dönüştürülmesini kapsayan aşamadır. Veri işleme süreci; veri çıkarımı (Data Extraction), istatistiksel analiz, öngörüsöl öğrenme ve karar alma gibi çeşitli adımları içerir. Veri miktarı (Volume), çeşitliliği (Variety) ve akış hızı (Velocity) ki bu üçlü "büyük veri"nin (Big Data) temel özellikleri olarak kabul edilir yüksek düzeyde hesaplama altyapısı ve hassas analiz yöntemleri gerektiren temel zorluklar arasında yer alır.

Akıllı evlerde, veri işleme; sistemlerin etkinliğini ve doğruluğunu garanti altına alan temel bir unsurdur. Örneğin, ani bir çevresel değişiklik alışılmadık bir yer sarsıntısı gibi gerçekleştiğinde, sistem sensörlerden gelen verileri toplar ve bu verileri gerçek zamanlı olarak işleyerek durumu değerlendirir. Bu değerlendirme, gömülü algoritmalar aracılığıyla gerçekleştirilir ve olayın otomatik bir müdahale gerektirip gerektirmediği belirlenir. Eğer sistem tehdidin yeterince ciddi olduğuna kanaat getirirse, insan müdahalesine gerek kalmadan, hava yastığı sistemleri gibi uygun güvenlik önlemleri devreye alınır. Bu durum, hem güvenliği artırmakta hem de tepki süresini minimize etmektedir.

1.2. Akıllı Evlerde Kullanılan Yapay Zeka Uygulamaları

Akıllı evler, Yapay Zeka (YZ) teknolojilerinin entegrasyonu sayesinde dikkate değer bir gelişim göstermiştir. Artık "akıllı ev" kavramı yalnızca yüzeysel cihaz otomasyonu ile sınırlı kalmayıp, çevresiyle akıllıca etkileşim kurabilen ve iç-dış çevre değişkenlerine uyum sağlayabilen analitik ve öngörüselsel yetenekleri de kapsamaktadır. Yapay zekanın mimari sistemlere dâhil edilmesi, özellikle doğal afetlere maruz kalan ortamlarda, işlevsellik, sürdürülebilirlik ve güvenlik açısından stratejik bir adım olarak değerlendirilmektedir. Bu bölümde, bu alandaki yapay zeka uygulamaları dört ana başlık altında ele alınacaktır: genel bakış, uygulamalı çalışmalar, afet alanındaki uygulamalar ve son olarak mimari tasarımdaki rolü.

1.2.1. Konut Ortamlarında Yapay Zekanın Entegrasyonuna Genel Bakış

Yapay zekanın akıllı ev sistemlerine entegrasyonu, çağdaş mimarlık anlayışında niteliksel bir dönüşümü beraberinde getirmiştir. Evler artık yalnızca fiziksel yapılar olmaktan çıkarak, kullanıcıları ve çevreleriyle dinamik bir etkileşim içinde olan bilişsel varlıklara dönüşmüştür. Yapay zekanın gücü, cihazları birbirine bağlama, verileri analiz etme ve olaylara proaktif bir şekilde tepki verme yeteneğinde yatmaktadır. Nesnelerin İnterneti (IoT) ve derin öğrenme gibi teknolojilerin gelişimiyle birlikte, yapay zekanın enerji yönetimi, çevresel adaptasyon, güvenlik sistemleri ve ev içi sağlık hizmetleri gibi alanlardaki uygulamaları genişlemiştir.

Bu uygulamalar, mimari tasarımın geleceğe yönelik vizyonunu somutlaştırmakta ve yapısal zekâ ile hesaplamalı zeka arasındaki ilişkiyi yeniden tanımlamaktadır. Artık kullanıcılar evlerine uyum sağlamak zorunda kalmamakta; aksine, evler kullanıcıların davranışlarına, tercihlerine ve hatta psikolojik ve biyolojik durumlarına göre uyum sağlamaktadır. Bu, anlık veri analizi ve öğrenmeye dayalı tepkiler sayesinde mümkün olmaktadır.

1.2.2. Vaka Çalışmaları ve Uygulamalı Örnekler

Son yıllarda yapılan çalışmalar, yapay zekanın gerçek konut projelerinde somut faydalar sağladığını göstermektedir. Örneğin, Google'ın "Nest" sistemi, ısıtma ve soğutma cihazlarını yapay zeka ile entegre ederek, kullanıcı alışkanlıklarına göre enerji tasarrufu sağlayan iç ortamlar oluşturmuştur. LG ise, yapay zeka destekli akıllı ev modelleri geliştirerek, kullanıcıların günlük aktivitelerini analiz etmekte ve yaşam kalitesini artırmaya yönelik otomatik öneriler sunmaktadır.

Japonya'da "PanaHome" projesi, yapay zekayı hava kalitesini düzenleme ve yaşlı bireylerin sağlık durumlarını izleme amacıyla kullanmaktadır. İskandinav ülkelerinde ise, yenilenebilir enerji kaynaklarının ev içi tüketimini optimize etmek için yapay zekâ destekli sistemler geliştirilmektedir.

1.2.3. Akıllı Evlerde Afet Yönetiminde Yapay Zekanın Rolü

Doğal afetlerin artan sıklığı ve şiddeti, yapay zeka tabanlı mimari sistemlerin afetlere karşı hazırlıklı ve hızlı tepki verebilme yeteneğini ön plana çıkarmaktadır. Bu sistemler, jeolojik ve çevresel verileri gerçek zamanlı olarak toplayan sensör ağlarına dayanmakta ve yapay zeka algoritmaları aracılığıyla bu verileri işleyerek öngörücü analizler yapmaktadır.

Örneğin, anormal yer sarsıntılarını tespit eden bir sistem, saniyeler içinde koruyucu önlemleri devreye sokabilir; bu, yapının çökmesini önlemek amacıyla hava yastığı sistemlerinin aktive edilmesini içerebilir. Ayrıca, bu tür akıllı sistemler, yangın veya gaz sızıntısı riskini azaltmak için elektrik ve gaz kaynaklarını otomatik olarak kesebilir. Bu, çevresel hassasiyeti yüksek mimari tasarımlar için kritik bir öneme sahiptir.

1.2.4. Yapay Zekanın Mimari Tasarım ve Çevresel Optimizasyondaki Etkisi

Yapay zekanın rolü, yalnızca evlerin işletimiyle sınırlı kalmayıp, aynı zamanda mimari tasarım süreçlerine de entegre edilmektedir. Günümüzde, doğal havalandırma modellemeleri, ışık akışı analizleri ve yapıların termal davranışlarının zaman içindeki simülasyonları gibi tasarım süreçlerinde yapay zeka algoritmaları kullanılmaktadır. Generative Design gibi yapay zeka tabanlı tasarım araçları, mimarların performans kriterlerine dayalı binlerce tasarım seçeneğini keşfetmelerine olanak tanımakta ve enerji verimliliği, estetik ve işlevsellik açısından optimize edilmiş çözümler sunmaktadır.

Ayrıca, bu teknolojiler, iç mekânların gelecekteki kullanım desenlerine göre özelleştirilmesini sağlayarak, demografik, teknolojik ve iklimsel değişimlere uyum sağlayabilen esnek konutlar tasarlamaya yardımcı olmaktadır. Böylece, yapay zeka, sürdürülebilir, güvenli ve adaptif yaşam alanlarının yaratılmasında etkin bir ortak haline gelmektedir.

1.3. Hava Yastığı Sistemi ve Tanımı

Hava yastığı sistemi (Airbag System), öngörücü güvenlik sistemleri alanında geliştirilen ileri düzey teknolojik yeniliklerden biridir. Bu sistemin temel amacı, ani kazalar veya çarpışmalardan kaynaklanan insan ve mal kayıplarını en aza indirmektir. Sistem, dayanıklı ve esnek malzemelerden üretilmiş yastıklardan oluşur; bu yastıklar, tehlikenin algılanmasından milisaniyeler içinde otomatik olarak şişerek koruma sağlar. Sistemin çalışması; hassas sensörler (Sensors) ve elektronik kontrol ünitesinden (Electronic Control Unit - ECU) oluşan bir elektronik yapı tarafından sağlanır. Bu yapı, fiziksel verileri anlık olarak analiz eder ve ciddi bir çarpışma ya da hareket bozukluğu ihtimalini tespit ettiğinde hava yastıklarının devreye girmesine karar verir.

Bu sistem ilk olarak otomotiv endüstrisinde geliştirilmiş ve araç kazalarında yolcuları doğrudan çarpışmalara karşı korumak amacıyla kullanılmıştır. Özellikle baş ve göğüs bölgesinde ciddi yaralanmaları azaltmada yüksek oranda başarı göstermiştir. Araçlarda, hava yastıkları çarpışma anında anında şişerek direksiyon, ön cam gibi sert yüzeylerle temasın önüne geçer ve yolcu ile bu yüzeyler arasında koruyucu bir tampon görevi görür. Sistemin bu hızlı tepki özelliği, algılamadan şişmeye kadar geçen sürenin sadece 0.05 saniye olmasıyla öne çıkar.

Hava yastığı sistemi, fiziksel ve mühendislik ilkelerine dayanan hassas bir teknolojidir ve anlık algılama ile veri işleme kapasitesini birleştiren akıllı güvenlik sistemlerinin en somut örneklerinden biridir. Felaket gerçekleşmeden önce önleyici müdahale kavramına dayanan bu sistem prensibi, günümüzde sadece otomobillerle sınırlı kalmayıp, daha karmaşık alanlarda, özellikle yapılar ve binalarda da yeniden değerlendirilmektedir.

Hava yastığı teknolojisi başlangıçta otomotiv sektöründe ani çarpışma kuvvetlerinden insanı korumak için geliştirilmişken, günümüzde bu kavram mimari alanda, özellikle de afetlere dayanıklı akıllı evlerin tasarımında yeniden yorumlanmaktadır. Burada amaç, bireyin bir araç içinde korunması değil, tüm yapı ve içinde yaşayanların korunmasıdır. Bu sistem, sismik titreşimlerin algılanması durumunda binayı geçici olarak yerden kaldırarak ya da izole ederek yapının tamamını koruma altına almayı hedeflemektedir.

1.4. Akıllı Evlerin Güvenlik, Enerji ve Güvenlik Alanlarındaki Güncel Uygulamaları

Akıllı evler, tasarım ve kullanım biçimlerinde hızlı bir dönüşüm geçirerek, çevresel değişkenlere ve kullanıcı davranışlarına akıllıca tepki verebilen bütünsel yapıları çevre modelleri hâline gelmiştir. Bu dönüşüm, özellikle güvenlik, enerji verimliliği ve dijital güvenlik gibi temel alanlarda belirginleşmektedir. Yapay zeka, nesnelerin interneti (IoT) ve gelişmiş algılama teknolojilerinin entegrasyonu sayesinde, bu alanlarda niteliksel bir sıçrama gerçekleşmiş; böylece akıllı evler, önleme, uyum sağlama ve otonom karar alma yeteneklerini geliştirmiştir.

1. Güvenlik ve Acil Durumlara Akıllı Müdahale

Akıllı sistemler, ev içi güvenlik düzeylerini artırmada hayati rol oynamaktadır. Bu sistemler, gaz kaçağı, ani ısı artışı veya duman gibi olağan dışı durumları algılayan sensör ağlarına dayalı olarak çalışır. Algılanan veriler, merkezi kontrol birimine anında iletilir ve burada tehlike analiz edilerek, alarm sistemleri devreye sokulur, gaz veya elektrik kesilir, hatta acil servislerle doğrudan iletişime geçilebilir.

Bu alandaki öne çıkan uygulamalardan biri, Google'a ait Nest Labs firmasının geliştirdiği akıllı duman dedektörleridir. Bu dedektörler sadece alarm çalmakla kalmaz, aynı zamanda kullanıcının cep telefonuna anında bildirim gönderir ve havalandırma sistemleriyle entegre çalışarak yangının yayılmasını engeller.

2. Enerji Verimliliği ve Akıllı Kontrol Sistemleri

Enerji tüketimi, modern yapı sektörünün en büyük zorluklarından biridir. Akıllı ev teknolojileri, enerji tüketimini azaltırken kullanıcı konforunu koruyan etkili araçlar sunar. Bu sistemler, kullanıcı davranışlarını ve cihaz kullanım alışkanlıklarını analiz ederek cihazları çalıştırmak veya kapatmak için en uygun zamanları belirler. Örneğin, akıllı termostatlar kullanıcı tercihlerini öğrenerek, ortam sıcaklığını kişisel alışkanlıklara göre otomatik olarak ayarlayabilir.

Bu alanda önde gelen örnekler arasında “EcoBee” ve “Google Nest Thermostat” sistemleri yer alır. Bu sistemler, makine öğrenme algoritmaları sayesinde enerji faturalarında %20’ye varan tasarruf sağlayabilir. Ayrıca, güneş panelleriyle entegre edilmiş enerji depolama ve dağıtım sistemleri kullanılarak geleneksel enerji ağlarına olan bağımlılık azaltılmaktadır.

3. Fiziksel ve Dijital Güvenliğin Entegrasyonu

Akıllı evlerde güvenlik sadece hırsızlığa karşı koruma ile sınırlı değildir; aynı zamanda dijital verilerin ve elektronik altyapının korunmasını da kapsar. Modern güvenlik sistemleri; akıllı kameralar, elektronik kilitler ve hareket sensörleri gibi bileşenlerden oluşur ve tüm bu sistemler merkezi, güvenli uygulamalar üzerinden yönetilir. Bu sistemler yalnızca olayları kaydetmekle kalmaz; olağandışı davranışları analiz ederek anlık olarak müdahalede bulunabilir örneğin, kullanıcıya anlık bildirim göndermek veya kapıları otomatik olarak kilitlemek gibi.

Hollanda’da yürütülen SafeSmartHome projesi kapsamında yapılan bir araştırmada, ev içi hareket akışının yapay zeka algoritmalarıyla analiz edilmesi sayesinde, kullanıcı evde olmasa dahi şüpheli girişimler yüksek doğrulukla tespit edilebilmiştir.

Vaka Çalışması: Fukushima Felaketi Sonrası Japonya’daki Akıllı Konut Projeleri

2011 yılında yaşanan Fukushima nükleer felaketinin ardından, Japonya hükümeti teknoloji firmalarıyla iş birliği yaparak afetlere dayanıklı akıllı konut mahalleleri inşa etmeye başlamıştır. Bu projelerden biri olan Smart City Fujisawa, güvenlik ve sürdürülebilirliği artırmak amacıyla yapay zekanın entegre edildiği örnek bir uygulamadır.

Bu projede, deprem sensörleri doğrudan kendi kendine tepki veren sistemlere bağlıdır. Bu sistemler; koruyucu hava yastıklarını devreye sokar, tehlike kaynaklarını kapatır ve tahliye sürecini insan müdahalesine gerek kalmadan düzenler. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarıyla entegre çalışan sistemler sayesinde, afet anında bile enerji sürekliliği sağlanmaktadır. Bu proje, teknolojinin kentsel tasarımla bütünleştiği ve esnek, güvenli yaşam alanlarının oluşturulduğu akıllı konut uygulamalarına örnek teşkil etmektedir.



İKİNCİ BÖLÜM: DOĞAL AFETLER VE AFET DAYANIMLI AKILLI EVLER İLE İLGİLİ LİTERATÜR TARAMASI VE ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu bölüm, tez konusunun bilimsel arka planını oluşturan temel literatürü sistematik bir şekilde incelemeyi amaçlamaktadır. Akıllı ev teknolojilerinin doğal afetlere karşı dayanıklılığını artırmadaki rolünü daha iyi anlamak için öncelikle afetlerle ilgili yapılmış önceki araştırmalar, akıllı ev sistemlerinin yapısal güvenlik katkıları, yapay zekâ destekli erken uyarı sistemleri ve hava yastığı tabanlı güvenlik uygulamaları analiz edilmektedir. Her alt başlık altında, mevcut bilgi birikimi değerlendirilmekte, metodolojik yaklaşımlar karşılaştırılmakta ve bulguların sınırları vurgulanmaktadır.

Bu kapsamda yapılan literatür analizi, hem mevcut çalışmalardaki ortak eğilimleri hem de göz ardı edilmiş araştırma boşluklarını ortaya koymaktadır. Bu değerlendirme, çalışmamızın özgün katkısını konumlandırmak açısından büyük önem taşımaktadır ve sonraki bölümlerde sunulacak öneri modelin bilimsel temelini oluşturmaktadır.

2.1. Doğal Afetlere Karşı Yapılan Önceki Araştırmalar

Doğal afetlerin ve bunların nedenlerinin anlaşılması, mimarlık mühendisliği ve risk yönetimiyle ilişkili disiplinlerde yapılan bilimsel çalışmaların temel başlangıç noktalarından biri olmuştur. Son on yıllar, yapılaşmış çevreler üzerindeki afet etkilerinin analizine ve bu giderek artan doğa olaylarına iklim değişiklikleri ile jeolojik ve çevresel dönüşümler doğrultusunda uyum sağlayabilecek teknik ve mimari çözümlerin geliştirilmesine odaklanan çok sayıda araştırmanın ortaya çıktığı verimli bir dönem olarak dikkat çekmektedir.

Bu çerçevede yapılan çalışmalar; depremler, seller, fırtınalar, toprak kaymaları, orman yangınları ve diğer afet türlerini kapsayacak şekilde çeşitlilik göstermekte; zarar azaltma stratejileri ile önleyici önlemlerin geliştirilmesine ve acil durumlara hızlı yanıt verilmesinin güçlendirilmesine odaklanmaktadır. Ayrıca, birçok araştırmacı, binaların olağanüstü koşullar altındaki yapısal davranışlarını öngörebilmek amacıyla, coğrafi bilgi sistemleri (CBS), yapay zeka destekli tahmin araçları ve uzaktan algılama teknolojileri gibi modern yöntemlerden yararlanarak analitik modeller ve dijital simülasyonlar geliştirmeye çalışmıştır.

Literatür taramaları, afetlerin meydana gelmesinden sonraki direnç geliştirme anlayışından, önceden tahmin ve korunmaya dayalı önleyici yaklaşımların benimsenmesine doğru bir paradigma kayması yaşandığını göstermektedir. Bu yaklaşım değişikliği, özellikle afetlere sık maruz kalan bölgelerde, "kentsel dirençlilik" ve "risklere karşı sürdürülebilirlik" gibi yeni kavramların ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır.

Bu bağlamda, akıllı evlerle ilgili araştırmalar; geleneksel inşaat teknikleri ile yenilikçi teknolojileri bütünleştirerek, binaların afet anlarında akıllı ve otonom tepki verebilme yeteneklerini artırmayı amaçlayan yeni bir alan olarak ortaya çıkmaktadır. Bu eğilim, bu bölümün devamında ele alınacak kuramsal ve uygulamalı alt başlıklar için temel bir çerçeve oluşturmaktadır.

2.1.1. Deprem Direncine Yönelik Önceki Araştırmalar

Depremler, binaların ve sakinlerinin güvenliğini doğrudan etkileyen en tehlikeli doğal afetlerden biri olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle birçok araştırmacı, yapıları bu tür olaylara karşı daha dayanıklı hale getirmek için yenilikçi teknikler ve yöntemler geliştirmiştir. Bu alandaki çalışmalar, sismik titreşimlere dayanabilen ve yapısal hasarları azaltabilen yapılar tasarlamaya odaklanmıştır.

Dayanıklılık yöntemleri, şokları emme ve esneklik özelliklerine sahip yapı malzemelerinin kullanımından, titreşimlerin yapıya iletimini azaltmaya yardımcı olan sismik izole sistemlerin tasarımına kadar çeşitlilik göstermektedir. Son yıllarda, bu sistemlere akıllı teknolojilerin entegre edilmesinde önemli gelişmeler yaşanmıştır. Akıllı sensörler, yer titreşimlerini anlık olarak kaydederek yapay zeka algoritmaları ile analiz etmekte ve bina ile sakinlerini korumak için otomatik önleyici tedbirlerin alınmasına olanak sağlamaktadır.

Örneğin, Shin ve arkadaşlarının (2021) yaptığı bir çalışma, akıllı sensör sistemlerinin deprem sırasında betonarme yapıların zararlarını azaltmadaki etkinliğini göstermiştir. Toplanan veriler, otomatik koruma sistemlerinin tepkisini iyileştirmede önemli katkı sağlamıştır.

Diğer araştırmalar, farklı titreşim etkileri altında binaların davranışlarını öngörmek için gelişmiş simülasyon modellerinin geliştirilmesine odaklanmıştır. Lee ve Kim'in (2019)

belirttiği üzere, yapay zekanın bu modellerle entegrasyonu, tahmin doğruluğunu artırmakta ve riskleri azaltmaktadır.

Ayrıca, bu çalışmalar kapsamında hava yastığı sistemleri de yenilikçi bir koruma mekanizması olarak incelenmiştir. Bu sistemler, geçici bir şok emici bariyer sağlayarak darbelerin yapıya iletimini azaltmakta olup, deprem dirençli yapı alanında umut vadeden bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır.

Bu araştırmalar ışığında, geleneksel mühendislik teknikleri ile akıllı yeniliklerin birleşiminin, yüksek verimlilikte deprem dirençli akıllı evlerin geliştirilmesinde temel taş olduğu görülmektedir.

2.1.2. Sel Direncine Yönelik Önceki Araştırmalar

Sel, yapısal ve ekonomik açıdan ciddi kayıplara yol açan önemli doğal afetlerden biridir. Bu nedenle, zararları minimize etmeye yönelik etkili tahmin ve koruma mekanizmalarının geliştirilmesi zorunludur. Güncel araştırmalar, yapay zeka (Artificial Intelligence) ve kapsamlı mekansal analiz (Spatial Analysis) teknikleri kullanarak sel tahmin modellerinin doğruluğunu artırmaya odaklanmış; bu sayede, karmaşık iklimsel ve hidrolojik değişkenlere bağlı olarak belirli coğrafi bölgelerde su seviyeleri ve sel olasılıkları hassas şekilde tahmin edilmektedir (Zhang vd., 2020).

Koruma alanında, gelişmiş sensörlere dayanan akıllı erken uyarı sistemleri (Intelligent Early Warning Systems) geliştirilmiş, bu sistemler su akışları ve seviyelerini anlık (real-time monitoring) olarak takip etmektedir. Ayrıca, otomatik kapanma vanaları (Automatic Shut-off Valves) ve su sızıntısını önleyici sistemler (Water Leakage Prevention Systems) gibi entegre yapısal kontrol mekanizmaları ile hızlı ve etkin müdahale sağlanarak maddi hasarlar ve yapısal güvenlik riskleri azaltılmaktadır (Perera vd., 2019).

Mimari açıdan, araştırmalar, suya dayanıklı yapı malzemelerinin (Moisture-Resistant Construction Materials) kullanımına, zemin kat seviyelerinin yükseltilmesine (Elevated Floor Levels) ve etkili drenaj sistemlerinin (Efficient Drainage Systems) tasarımına dayanan akıllı sel direnci stratejilerinin önemini vurgulamaktadır. Bu stratejiler, sürdürülebilir mühendislik (Sustainable Engineering) ilkelerine dayanmakta ve binaların ani çevresel değişikliklere uyum sağlamasını mümkün kılan akıllı teknolojilerin entegrasyonunu içermektedir (Smith ve Jones, 2018).

Örneğin, Perera vd. (2019) tarafından yapılan kapsamlı bir çalışmada, Malezya'daki Kelantan Nehri'nin taşkınlarını izlemek için hidroloji modelleri ile yapay zekanın entegre edildiği akıllı erken uyarı sistemi uygulanmış; bu sistem, yapısal ve ekonomik zararların belirgin şekilde azalmasını sağlayarak teknoloji ve mimari yaklaşımların entegrasyonunun etkinliğini ortaya koymuştur.

Özetle, yapay zeka teknolojilerinin mimari akıllı stratejilerle entegrasyonu, yapılar için etkili bir sel direnci sağlayarak can ve mal güvenliğinin korunmasına, aynı zamanda çevresel ve sosyal sürdürülebilirliğin sağlanmasına önemli katkılar sunmaktadır.

2.1.3. Afetlere Karşı Ortak Akıllı Teknolojiler

Doğal afetlere karşı direnç geliştirme alanında, yapay zeka, akıllı sensörler ve hava yastığı sistemlerinin entegre edilmesiyle önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu teknolojik entegrasyon, binaların ve yapısal tesislerin olağanüstü durumlara uyum sağlamasını ve yapısal ile insan kayıplarını etkin bir şekilde azaltmasını mümkün kılan gelişmiş bir çözümdür.

Akıllı sensörler, çevresel verileri, deprem titreşimlerini ve hava basıncını gerçek zamanlı olarak izler ve bu veriler, derin öğrenme (Deep Learning) ve makine öğrenimi (Machine Learning) gibi gelişmiş algoritmalar kullanan yapay zeka sistemlerine iletilir. Bu analizler, zamanında ve hassas uyarılar verilmesini sağlar; aynı zamanda yapısal etkiye karşı darbeleri emen ve koruma sağlayan hava yastıklarının otomatik olarak devreye alınması gibi önleyici tedbirlerin uygulanmasını mümkün kılar.

Patel ve arkadaşlarının (2023) yaptığı bir çalışma, bu akıllı sistemlerin entegrasyonunun, hızlı müdahale ve öz koruma etkinliği sayesinde yapısal hasarları %40'a kadar azalttığını göstermiştir. Chen ve Liu'nun (2022) çalışması ise Nesnelerin İnterneti (IoT) sensörlerinin yapay zeka ile birleşiminin tahmin doğruluğunu artırdığını ve erken uyarı sürecini hızlandırdığını vurgulamış, böylece afet yönetiminde genel bir iyileşme sağlamıştır.

Öte yandan, Song ve arkadaşlarının (2021) yaptığı araştırma, akıllı hava yastığı sistemlerinin deprem ve fırtınalar nedeniyle oluşan kuvvetlerin etkisini %30 ile %50 arasında azaltmada etkili olduğunu kanıtlamıştır. Ayrıca Kim ve Park'ın (2020) çalışması, yapay zeka ile akıllı mimari tasarımın entegrasyonunun, binaların su vanalarını kapatma

veya acil durumlarda havalandırma sistemlerini devreye alma gibi kritik otomatik kararlar almasını sağlayarak, hem sakinlerin güvenliğini hem de yapısal sürdürülebilirliği artırdığını göstermiştir.

Tüm bu veriler ışığında, ortak akıllı teknolojilerin doğal afetlere karşı direnç alanında devrim niteliğinde gelişmeler sunduğu; doğru tahmin, hızlı müdahale ve çevresel koşullara akıllı adaptasyon temelli entegre koruma mekanizmaları sayesinde insan ve maddi kayıpların minimize edildiği sonucuna varılabilir.

2.1.4. Araştırma Boşluklarının Değerlendirilmesi

Araştırma boşluklarının değerlendirilmesi, bilimsel çalışmaların bilgi üretimi ve yenilik yönünde ilerlemesini sağlayan kritik bir adımdır. Afetlere karşı direnç teknolojileri alanında kaydedilen önemli ilerlemelere rağmen, hâlen daha derinlemesine inceleme ve uzmanlaşmış çalışmalara ihtiyaç duyan belirgin eksiklikler mevcuttur.

Literatür taramaları, birçok çalışmanın tekil uygulamalara odaklandığını göstermektedir. Örneğin, yapay zekanın sismik titreşim verilerinin analizinde kullanımı ya da yapıları korumak amacıyla air cushion (hava yastığı) sistemlerinin veya yay (Seismic Isolation) sistemlerinin entegrasyonu gibi yaklaşımlar öne çıkmaktadır. Ancak, bu teknolojilerin afetlere dayanıklı akıllı evler bağlamında bütünleşik bir sistem dâhilinde ele alındığı çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu entegrasyon eksikliği, sistemlerin genel etkinliğini azaltmakta; oysa yapay zekâ, sensörler ve hava yastığı sistemleri arasındaki koordinasyon, yapıları ve içindekileri korumak için daha hızlı ve hassas bir yanıt sağlayabilir.

Ayrıca, akıllı sistemlerin çoklu afet senaryoları altındaki performanslarını kapsamlı bir şekilde değerlendiren yeterli çalışma bulunmamaktadır. Bu da, depremler, seller ve fırtınalar gibi çeşitli afet türleriyle başa çıkabilecek çok boyutlu modellerin geliştirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Teknik entegrasyon, maliyet ve güvenilirlik gibi zorluklar da literatürde yeterince ele alınmamıştır. Bu durum, bu alanlarda daha derinlemesine araştırmalar yapılması gerektiğini göstermektedir.

Sonuç olarak, afetlere dayanıklı akıllı evlerde yapay zeka ile airbag (hava yastığı) sistemlerinin entegrasyonuna odaklanan çalışmalara büyük ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tür entegrasyonlar, erken uyarı ve etkili yanıt mekanizmalarını güçlendiren ileri düzey

sistemlerin geliştirilmesine olanak tanır. Bu tez çalışması, yapıların güvenliği ve esnekliğini artıran bütüncül bir model sunarak söz konusu araştırma boşluklarını doldurmayı amaçlamaktadır.

2.2. Afetlere Dayanıklı Akıllı Ev Sistemleri

Akıllı altyapıların gelişimi bağlamında, akıllı evler yalnızca yaşam kalitesini artırmaya yönelik mimari çözümler olarak değil, aynı zamanda doğal afetlere karşı dayanıklılık gösterebilen ve çevresel zorluklara uyum sağlayabilen yaşam alanları olarak ön plana çıkmaktadır. Günümüzde "dayanıklılık" kavramı, yalnızca yapının fiziksel sağlamlığı ile sınırlı kalmayıp; hassas algılama teknolojileri, otomatik analiz süreçleri ve yapay zeka destekli öngörücü tepkilerin entegre edildiği bütüncül sistemleri de içermektedir.

Son yıllarda yapılan ileri düzey araştırmalar, akıllı ev sistemlerinin esnek mimari çözümler ile gerçek zamanlı veri izleme ve analiz kabiliyeti taşıyan teknolojik bileşenlerin birleşiminden oluşan çok katmanlı platformlar haline geldiğini göstermektedir. Geleneksel yapısal dayanıklılığı aşarak, çevresel değişiklikleri – örneğin sismik titreşimlerin hız kazanması ya da atmosferik basınç farklılıkları – erken aşamalarda algılayabilen ve bu doğrultuda iç koruma sistemlerini otomatik olarak devreye sokabilen konut modelleri geliştirilmektedir. Bu çerçevede, özellikle depremler veya şiddetli meteorolojik olaylar sonucu ortaya çıkan yapısal çarpışmaları hafifletmeye yönelik tasarlanan hava yastığı sistemleri (Airbag), afetlere karşı akıllı korunma stratejilerinde giderek daha fazla önem kazanmaktadır.

Bu tür sistemlerin temel yapı taşlarından biri olan akıllı sensörler, çevresel verileri sürekli olarak toplayarak bunları işlenebilir sinyallere dönüştürmektedir. Ancak asıl değer, bu sensörlerin makine öğrenimi algoritmalarıyla derinlemesine bütünleştirilmesinde yatmaktadır. Bu bütünleşme sayesinde sistem, geçmiş verilere dayalı örüntüleri analiz ederek gelecekte meydana gelebilecek riskleri önceden tahmin edebilmekte ve buna göre dinamik yanıtlar oluşturabilmektedir. Örneğin, sismik veri setleri üzerinde eğitilmiş bir derin öğrenme algoritması (Deep Learning), sıradan bir titreşim ile bir depremin öncü dalgaları arasındaki farkı ayırt ederek, yapının kritik bölgelerinde bulunan hava yastıklarını milisaniyeler içinde devreye sokabilir.

Bu düzeydeki ileri entegrasyon, yapay zekanın mimarlık alanındaki rolünde niteliksel bir dönüşümü ifade etmektedir. Yapay zeka artık yalnızca bir analiz aracı değil, aynı zamanda yapının içine entegre edilmiş aktif ve otonom bir bileşen konumundadır. Afetlere dayanıklı akıllı konutlar, yalnızca erken uyarı sistemleriyle sınırlı kalmamakta; aynı zamanda insan müdahalesi olmaksızın kritik senaryolarda bağımsız kararlar alabilen bir yapay zeka mantığına sahiptir. Bu özellik, klasik afet müdahale modelleri ile kıyaslandığında, zaman yönetimi, karar doğruluğu ve sistem bütünlüğü açısından dikkate değer avantajlar sunmaktadır.

Bununla birlikte, bu sistemlerin geniş çaplı uygulamaları halen bazı sınırlamalarla karşı karşıyadır. Özellikle güvenilirlik, ekonomik maliyetler ve mimari entegrasyon gibi faktörler, mevcut uygulamaların önünde engel teşkil etmektedir. Çok katlı binalar veya tarihi yapılar gibi karmaşık strüktürlerde hava yastıklarının optimum yerleştirilmesi hâlen deneysel ve araştırma aşamasındadır. Ayrıca, bu tür ileri sistemlerin verimli çalışabilmesi için, projelendirme sürecinin en erken aşamalarından itibaren entegre edilmesi zorunludur.

Bu bağlamda, bu tez çalışması; yapay zeka, sensör teknolojileri ve hava yastığı sistemlerini entegre eden bütüncül bir mimari model önermeyi amaçlamaktadır. Bu model, farklı afet senaryoları altında test edilerek, akıllı yapı ortamlarında güvenlik ve dayanıklılık düzeyini artırmaya yönelik nitelikli bir katkı sağlamayı hedeflemektedir. Bu yaklaşım, mevcut literatürde tanımlanan bilgi boşluklarına doğrudan yanıt vermekte ve gerçek yaşam ortamlarında uygulanabilir çözümler geliştirmeyi amaçlayan özgün bir araştırma yönü sunmaktadır.

2.3. Yapay Zeka Destekli Erken Uyarı Sistemleri

Doğal afetlerin sıklığının ve şiddetinin artmasıyla birlikte, özellikle afetlere dayanıklı akıllı evlerde güvenli yaşam alanları sağlamak amacıyla yüksek verimli erken uyarı sistemlerine olan ihtiyaç hayati önem kazanmıştır. Yapay zeka teknolojilerindeki ilerlemeler, afetlerin gerçekleşmesinden önce gerekli önlemlerin alınabilmesini sağlayan akıllı çözümler sunarak erken uyarı sistemlerinin yeteneklerinde devrim yaratmıştır. Bu sistemler, makine öğrenimi, bilgisayarla görme ve büyük veri analizi gibi teknolojilerin birleşimiyle, çevresel ve jeofiziksel örüntüleri gerçek zamanlı olarak yorumlayabilmektedir.

Yapay zeka destekli erken uyarı sistemleri, geleneksel sistemlere göre birçok temel avantaj sunar. Uydu verileri, uzaktan algılama teknolojileri ve yerel sensörlerden elde edilen büyük veri kümelerini kısa sürede analiz edebilirler. Klasik sistemlerde olduğu gibi sabit eşik değerlerine bağlı kalmak yerine, geçmiş afet verilerine dayalı olarak sürekli gelişen tahmine dayalı örüntüler kullanırlar. Bu sayede yalnızca afetin gerçekleşme olasılığı değil, aynı zamanda tehlikenin şiddeti, etkilenecek bölge ve en uygun uyarı zamanı da belirlenebilir.

Bu duruma örnek olarak, sismik veriler ve tektonik yapıların yapay sinir ağları ile analiz edilerek depremleri önceden tahmin eden sistemler verilebilir. Li ve arkadaşlarının (2022) yaptığı bir çalışmada, derin öğrenme tabanlı bir erken uyarı sistemi, klasik sistemlere kıyasla zamanlama hatasını %30 oranında azaltmıştır.

Benzer şekilde, yapay zeka teknolojileri yağış, toprak nemi, topografya ve bitki örtüsü gibi verileri birleştirerek sel ve heyelan risklerini öngörmekte de kullanılmaktadır. Avrupa Komisyonu tarafından yürütülen GLOFAS (Küresel Sel Farkındalık Sistemi) projesi, yapay zeka algoritmaları entegre edilerek kırsal bölgelerdeki sel tahminlerinin doğruluğunu artırmayı amaçlamaktadır. Singh ve Patel'in (2021) çalışmasında, rastgele ormanlar algoritması ile desteklenen uyarı sisteminin tahmin doğruluğunun %25 oranında arttığı görülmüştür.

Bu sistemler genellikle tek başlarına çalışmaz, aksine akıllı ev platformlarına entegre edilerek anında yanıt sağlamak üzere tasarlanır. Örneğin, bir yapay zeka sistemi deprem riski tespit ettiğinde, akıllı ev sistemi otomatik olarak acil durum modunu etkinleştirerek elektrik ve gazı kesebilir ya da bu çalışmada geliştirilen hava yastığı sistemleri gibi koruma önlemlerini devreye sokabilir. Bu bağlamda, erken uyarı sistemleri ile fiziksel önlemler arasındaki entegrasyon kritik önem taşır.

Teknik etkinliklerinin ötesinde, bu sistemler toplumsal güvenliğe de katkı sağlar. Uyarılar, mobil uygulamalar ya da sosyal medya platformları aracılığıyla toplu şekilde gönderilebilir, böylece sadece akıllı ev sakinleri değil, çevredeki topluluklar da bilgilendirilmiş olur. Bu, “afetlere dayanıklı akıllı mahalle” kavramını destekleyen, yapay zekâ destekli toplumsal uyarı sistemlerinin inşasına katkı sunar.

Bununla birlikte, veri doğruluğu, mahremiyet ve sistemlere olan güven gibi bazı teknik ve etik zorluklar devam etmektedir. Ancak yapay zeka algoritmalarının hızla gelişmesi

ve veri havuzlarının genişlemesi, bu sistemlerin akıllı ev altyapılarına entegrasyonunu bir tercih değil, koruyucu güvenliğin kaçınılmaz bir gerekliliği haline getirmiştir.

Sonuç olarak, yapay zeka destekli erken uyarı sistemleri, afetlere dayanıklı akıllı ev sistemlerinin belkemiğini oluşturur. Bu sistemler yalnızca uyarı amaçlı değil, aynı zamanda koruyucu çözümlerle (örneğin hava yastığı sistemleri) etkileşimli çalışan, öngörücü ve bütünsel güvenlik stratejilerinin temel taşlarıdır. Bu nedenle, bu çalışma kapsamında geliştirilecek hava yastığı sisteminin etkin bir erken uyarı mekanizmasıyla bütünleştirilmesi, sistemin başarısı açısından vazgeçilmezdir.

2.4. Hava Yastığı Sistemleri ve Benzer Uygulamaları

Afetlerin konut yapıları üzerindeki etkilerini azaltmaya yönelik yenilikçi teknolojik çözümler geliştirme bağlamında, hava yastığı sistemleri, afetlere dayanıklı akıllı yapıların içinde entegre edilebilecek umut vadeden mekanizmalardan biri olarak öne çıkmıştır. Bu tür sistemler, depremler, toprak kaymaları veya ani patlamalar gibi olaylardan kaynaklanan darbeleri sönmölemek amacıyla, yapı temellerine veya duvarlarına entegre edilmiş yastıkların anında şişirilmesi esasına dayanmaktadır. Bu mekanizma, yapıya aktarılan zemin ivmesini azaltmayı ve çökme olasılığını en aza indirmeyi amaçlamaktadır.

Tarihsel olarak, hava yastığı fikri endüstriyel ve askeri alanlardan türetilmiştir; hassas ekipmanların taşınması sırasında darbelerden korunmasında kullanılmıştır. Ancak sensör teknolojilerindeki ve yapay zekadaki ilerlemeler, bu fikrin özellikle sismik aktivitenin yüksek olduğu veya şiddetli iklim değişimlerinin görüldüğü bölgelerde mimari alana yeniden yönlendirilmesini sağlamıştır. Bu bağlamda, NASA tarafından geliştirilen ve uzay araçlarını iniş sırasında korumak için kullanılan şişirilebilir yastık sistemleri gibi uygulamalar örnek olarak gösterilebilir. Bu teknolojiler daha sonra yeryüzü uygulamaları için uyarlanmıştır (Smith ve ark., 2019).

Mimari hava yastığı sistemlerinin temel fikri, erken uyarı sinyallerine anında yanıt verebilme yeteneğidir. Bu sistemler, sismik sensörlerden veya akıllı algılama ağlarından gelen verileri alarak milisaniyeler içinde şişme işlemini başlatır. Yapılan araştırmalar, bu sistemlerin altyapıya entegre edilmesiyle, özellikle zemin yapısının zayıf olduğu bölgelerde deprem kaynaklı hasarların %45'e kadar azaltılabildiğini göstermiştir (Kwon

& Lee, 2020). Japonya'daki Tsukuba Üniversitesi'nde yapılan bilgisayar simülasyonları, yüzer temel sistemlerine entegre hava yastıklarının, 7 şiddetinin üzerindeki depremlerde bile yapıların tamamen çökmesini önleyebildiğini ortaya koymuştur (Tanaka ve ark., 2021).

Bu sistemlerin uygulanma biçimleri çeşitlidir. Bazıları yapı temellerine yerleştirilirken, bazıları ise kritik kat seviyeleri arasına veya akıllı mobilyaların içine entegre edilmektedir. Şekil değiştiren polimerler gibi akıllı malzemelerin kullanıldığı hibrit modeller de geliştirilmiştir. Bu malzemeler, belirli sıcaklık veya basınç gibi uyarıcılara maruz kaldığında fiziksel özelliklerini değiştirebilmektedir (Zhao & Huang, 2022). Bu sistemler genellikle akıllı ev ağlarına bağlanarak uzaktan güncellenebilir ve tahmine dayalı etkileşim modelleriyle sürekli geliştirilebilir.

Tüm bu gelişmeler ışığında, afetlere dayanıklı bir akıllı evde akıllı hava yastığı sisteminin entegre edilmesi yalnızca teknik bir tercih değil, aynı zamanda işlevsel bir zorunluluk hâline gelmiştir. Bu sistemler, yalnız çalışmaz; yapay zekâ, erken uyarı sistemleri ve enerji kontrol mekanizmaları gibi unsurların bir araya geldiği entegre bir koruma altyapısının parçasını oluşturur. Birçok araştırmacı, bu yastıkların büyük veri sistemleriyle entegrasyonunun, gelecekteki akıllı yapı güvenliğinde devrim yaratacağı konusunda hemfikirdir (Fernandez & Malik, 2023).

Sonuç olarak, hava yastığı sistemleri, akıllı evleri yalnızca dijital olarak bağlı alanlar olmaktan çıkarıp, kendini savunabilen yapılar hâline getirme yolunda ileriye dönük bir adımdır. Bu çalışma kapsamında geliştirilecek olan entegre model; yapay zeka, erken uyarı sistemleri ve tepkisel bir hava yastığı mekanizmasını birleştirmeyi hedeflediğinden, benzer uygulamaların teknik ve araştırma sonuçlarından faydalanmak, etkili ve yenilikçi bir çözüm oluşturmak için kritik önemdedir.

2.5. Literatürdeki Boşluklar ve Bu Çalışmanın Konumu

Yapay zeka, akıllı bina mühendisliği ve doğal afetlere karşı koruma sistemleri alanlarında kaydedilen önemli ilerlemelere rağmen, mevcut literatürün kapsamlı bir şekilde incelenmesi, özellikle bu alanların birleşim noktalarında hâlâ ele alınmamış bilgi ve teknoloji boşluklarının varlığını ortaya koymaktadır. Doğal afetlere ilişkin çalışmalar (bkz. 2.1), jeolojik modelleme ve sismik senaryolar üzerine yoğunlaşmış olsa da, akıllı

konutların dinamik bir risk yönetimi platformu olarak değerlendirilmesi genellikle ihmal edilmiştir.

Akıllı ev sistemlerine dair araştırmalar (bkz. 2.2) çoğunlukla enerji yönetimi, çevresel konfor ve güvenlik gibi operasyonel unsurlara odaklanmış, ancak yapay zekâ tabanlı etkileşimli afet direnç mekanizmalarının entegrasyonu yeterince ele alınmamıştır. Yapay zekâ destekli erken uyarı sistemleri (bkz. 2.3) ise genellikle büyük ölçekli kurumsal ya da kamusal uygulamalar çerçevesinde geliştirilmiş olup, küçük ve orta ölçekli konut ortamlarına entegrasyonu sınırlı kalmıştır.

Hava yastığı sistemleri ve benzeri uygulamalar (bkz. 2.4) afet etkilerini azaltmada umut verici bir yaklaşım sunmakla birlikte, mevcut çalışmalar genellikle deneysel aşamada kalmış veya mekanik özelliklere odaklanmıştır. Bu sistemlerin büyük veri analizi ve makine öğrenimi gibi teknolojilerle entegre edilmiş, gerçek zamanlı karar alabilen akıllı konut sistemlerine adaptasyonu konusunda literatürde önemli bir eksiklik bulunmaktadır.

Bu bağlamda, mevcut çalışmanın önemi, üç temel araştırma eksenini tek bir uygulamalı mimari çerçevede birleştirmesinden kaynaklanmaktadır:

1. Yapay zekanın sismik örüntüleri analiz ederek öngörü ve tepki mekanizmalarını etkinleştiren bir analiz ve tahmin aracı olarak kullanılması;
2. Bina yapısına entegre edilmiş, kendini koruyabilen akıllı bir hava yastığı sisteminin geliştirilmesi;
3. Bu sistemin, çevresel ve insan kaynaklı verilerle sürekli etkileşim içinde olan entegre bir akıllı ev yapısı içinde tasarlanması.

Çalışma, yapay zekâyı yalnızca bir "araç" olarak değil, mimari ve yapısal dokunun ayrılmaz bir parçası olarak konumlandırarak işlevsel modellere yönelerek, geleneksel yaklaşımların ötesine geçmeyi hedeflemektedir. Bu yaklaşım, sensör sistemleri, yapay zekâ ve fiziksel koruma yapıları arasında gerçek zamanlı etkileşimi sağlayan modellerin eksikliği gibi literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır.

Ayrıca, çalışma, afet senaryolarının dinamik dijital simülasyonlarına dayalı deneysel bir nicel yaklaşım ve performansa dayalı mimari tasarım (Performance-Based Design) metodolojisi kullanarak, teorik çerçeveden pratik uygulamaya geçişi sağlamaktadır. Bu sayede, derin öğrenme ve gerçek zamanlı veri analiziyle desteklenen, uygulanabilir ve doğrulanabilir bir prototip model sunulmaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışma, aşağıdaki üç ana literatür boşluğunun kesişiminde konumlanmaktadır:

- Afetlere dayanıklı akıllı evlerde yapay zekânın fiziksel yapı ile entegrasyonundaki eksiklik;
- Yalnızca tahmine dayalı değil, gerçek zamanlı tepki verebilen mimari modellerin yetersizliğı;
- Yapısal koruma sistemlerinin (örneğin hava yastıkları) hem mimari hem de yapay zekâ bileşenleri olarak ele alındığı çalışmaların azlığı.

Bu çalışma, akıllı konutları gerçekçi bir test ortamı olarak kullanarak, afetlere karşı proaktif ve dinamik bir yanıt kapasitesine sahip, yapay zeka destekli entegre bir mühendislik modeli sunmayı hedeflemektedir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM: YÖNETEMLER VE SİSTEM TASARIMI

Bu bölümde, doğal afetlere dayanıklı akıllı ev sisteminin hazırlanması ve tasarımı için izlenen bilimsel yöntem ve yaklaşımlar detaylı şekilde sunulmaktadır. Bölümün başında, sistem tasarımının genel çerçevesi açıklanmakta; Arduino kontrol birimleri ve hassas sensörler gibi mekanik ve elektronik bileşenlerin entegrasyonu ele alınmaktadır. Bu sayede sistem, deprem ve sel gibi afetleri erken algılayabilmektedir.

Ayrıca, sensörlerden gelen verilerin işlenmesinde yapay zeka algoritmalarının entegrasyonu anlatılmakta ve böylece koruma mekanizmalarının insan müdahalesine gerek kalmadan otomatik olarak çok kısa sürede devreye girmesi sağlanmaktadır. Bölümde ayrıca sistem bileşenleri ve sensörlerin fonksiyonları detaylandırılmakta, sistemin gerçek senaryolar altında etkinliğini değerlendirmek için yapılan simülasyon ve test prosedürlerine yer verilmektedir.

Bu metodoloji, araştırmanın uygulamalı ve bütünsel karakterini ortaya koymakta; yapay zeka ve sürdürülebilir enerji (güneş enerjisi ve yedek bataryalar gibi) teknolojilerinin, afet anlarında elektrik kesintisi yaşansa bile sistemin çalışmaya devam etmesini sağlamak amacıyla nasıl kullanıldığı vurgulanmaktadır. Bölüm sonunda okuyucu, güvenlik ve yüksek esneklik sağlayan entegre bir akıllı ev sisteminin tasarım ve uygulamasına dair kapsamlı bir anlayışa sahip olmaktadır.

3.1. Araştırma Yöntemi ve Yaklaşımı

Bu çalışmada, doğal afetlere karşı dirençli akıllı ev sisteminin tasarımı, geliştirilmesi ve entegrasyonuna odaklanan uygulamalı bir araştırma yöntemi benimsenmiştir. Araştırma, deprem ve sel gibi afet durumlarında evlerin acil müdahale kapasitesini artırmak amacıyla yapay zeka, elektronik sensörler ve mekanik mühendislik alanlarındaki modern teknolojilerin birleşimine dayanmaktadır.

Araştırma deneysel tasarım (Experimental Design) yaklaşımını kullanmakta olup, prototip geliştirme ve bu prototipin simülasyon ve kontrollü senaryolarda test edilmesini içermektedir. Ayrıca, sistem bileşenlerinin ve entegrasyonunun kapsamlı bir şekilde değerlendirildiği sistematik analiz (Systematic Analysis) yöntemi de uygulanmıştır.

Araştırmanın izlediği temel adımlar şunlardır

- Akıllı ev sistemleri, sensör teknolojileri ve yapay zeka algoritmaları ile ilgili literatürün incelenmesi ve analizi.
- Deprem ve su baskını sensörlerinin Arduino gibi kontrol birimleri ile entegre edildiği elektronik ve mekanik sistem tasarımı.
- Sensör verilerini işleyen ve gerekli önlemleri (kapı ve pencere kontrolü, hava yastığı sisteminin etkinleştirilmesi gibi) tetikleyen yazılım geliştirilmesi.
- Farklı deprem ve sel senaryolarının simülasyonları ve prototip model üzerinde yapılan deneylerle performans testlerinin gerçekleştirilmesi.
- Elde edilen sonuçların analiz edilerek sistem verimliliğinin değerlendirilmesi ve tasarımın iyileştirilmesine yönelik geri bildirimlerin sağlanması.

Araştırmada, afet durumlarında elektrik kesintilerine karşı sistemin kesintisiz çalışmasını sağlamak üzere güneş enerjisi ve enerji depolama bataryaları gibi sürdürülebilir enerji kaynaklarının entegrasyonuna da önem verilmiştir.

Bu metodoloji, yapay zeka ve nesnelerin interneti alanlarındaki teknolojik gelişmelere uyum sağlayarak sistemin gelecekte güncellenmesine ve geliştirilmesine olanak tanıyan esnek bir yapı sunmaktadır.

3.2. Akıllı Ev Sistemi Tasarımının Genel Çerçevesi

Akıllı ev sistemi tasarımı, mimari, mühendislik ve teknik unsurların bir arada uyum içinde çalışmasını sağlayacak kapsamlı bir vizyon gerektirir. Bu tasarımın genel çerçevesi, sürdürülebilirlik, esneklik ve yüksek verimlilik ilkelerine dayanır; böylece sistem, çevresel koşulları izleme ve bunlara tepki verme konusunda etkili çözümler sunar ve deprem ile sel gibi doğal afetler sırasında sakinlerin güvenliğini artırır.

Mimari açıdan, sistemin ev tasarımı ile uyumlu olması gerekir; akıllı cihazların ve bileşenlerin yapısal ve dekoratif unsurlara sorunsuz şekilde entegre edilmesi, görsel bozulma veya kullanım karmaşası yaratmadan sağlanmalıdır. Tasarım, kapılar, pencereler, duvarlar ve çatılar gibi kritik noktalarda sensörlerin ve kontrol cihazlarının stratejik dağılımını temel alır ve kolay erişim ile bakım imkanlarını göz önünde bulundurur.

Teknik olarak sistem, Arduino gibi merkezi bir platform tarafından kontrol edilen elektronik birimlerden oluşur; bu platform, deprem sensörü ve sel sensörü gibi özel

sensörlerden veri alır. Yapay zeka algoritmaları kullanılarak riskler analiz edilir ve otomatik önleyici tedbirler devreye alınır; örneğin, hava yastığı sistemi aktif hale getirilir ve pencereler ile kapılar kapanır.

Enerji yönetimi de tasarımın önemli bir parçasıdır; güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu ve enerji depolama birimleri sayesinde, elektrik kesintisi durumlarında sistemin kesintisiz çalışması sağlanır. Bu özellik, sistemin bağımsızlığını artırır ve afet anında hızlı tepki verme kapasitesini garantiler.

Ayrıca, tasarımın genişletilebilirlik ve güncellenebilirlik özellikleri göz önünde bulundurulmuştur; böylece yeni sensörler eklenebilir veya algoritmalar geliştirilebilir, sistemin tamamen yeniden tasarlanmasına gerek kalmadan teknoloji gelişmelerine uyum sağlanabilir. Bu da, akıllı ev teknolojilerindeki ilerlemelerle uyumlu yüksek derecede teknik esneklik anlamına gelir.

Genel olarak, bu tasarım çerçevesi, doğal afetlere karşı bina ve sakinlerini etkili şekilde koruyabilen entegre bir sistem geliştirmek için sağlam bir temel oluşturur ve gelecekte konforlu, güvenli ve sürdürülebilir bir yaşam deneyimi sunabilecek prototip bir modelin geliştirilmesine odaklanır.

3.3. Hava Yastığı Sisteminin Mekanik ve Elektronik Tasarımı

Bu bölüm, teorik kavramlar ve kavramsal tasarımlardan, afetlere dayanıklı akıllı evlerde kullanılan yastık hava sisteminin pratik uygulamasına ve deneysel test aşamasına geçişin kritik bir aşamasını temsil etmektedir. Mekanik ve elektronik tasarım, acil durumlarda hızlı ve etkili bir yanıt sağlamak amacıyla, akıllı kontrol bileşenleri, sensörler, tahrik mekanizmaları ve sistemin fiziksel yapısını entegre eden işlevsel bir prototipin geliştirilmesine odaklanmaktadır.

Bu tasarım süreci, kullanılan malzemelerin özellikleri, üretim hassasiyeti ve mekanik sistemlerin elektronik devreler ve gömülü yazılımlar ile entegrasyonu gibi son derece hassas teknik gereksinimlerin dikkate alınmasını gerektirir. Tasarımın nihai hedefi, sistemin güvenlik, esneklik ve sürdürülebilirlik kriterlerine uygun olarak görevlerini etkin biçimde yerine getirme kapasitesini test etmek; aynı zamanda prototipin avantajları ile sınırlılıklarını bütüncül bir şekilde değerlendirmektir.

3.3.1. Deneysel Maket İçin Kullanılan Malzemeler ve Prototipin Testi

Önerilen yastık hava sistemi prototipinin tasarımı, afetlere dayanıklı akıllı sistemin pratik uygulamasını somutlaştıran mekanik ve elektronik bileşenlerin bütüncül ve titiz bir şekilde incelenmesini gerektirmektedir. Bu bağlamda, test ortamının esnekliğini ve ayarlanabilirliğini sağlayabilecek, aynı zamanda üretim ve montaj açısından ekonomik ve uygulanabilir nitelikte malzeme ve bileşenler tercih edilmiştir.

- Yapısal Gövde:

Deneysel modelin fiziksel iskeleti olarak oluklu mukavva (corrugated cardboard) malzemesi kullanılmıştır. Bu malzeme; hafifliği, şekillendirme kolaylığı ve düşük maliyeti sayesinde geliştirme sürecinde yapılacak çoklu değişikliklere uygun bir yapı sunmaktadır. Her ne kadar yapısı basit olsa da, sistemin ilk mekanik konfigürasyonlarını test etmek için yeterli bir temel sağlamaktadır.

- Kontrol Ünitesi:

Bu sistemde merkezi kontrol birimi olarak Arduino kartı tercih edilmiştir. Arduino'nun çok sayıda sensörü destekleyebilme yeteneği, karmaşık kontrol sistemlerinin programlanmasına elverişli yapısı ve geniş bir geliştirici topluluğu tarafından desteklenmesi; yazılım geliştirme, test etme ve hata ayıklama süreçlerini büyük ölçüde kolaylaştırmaktadır.

Sistemde iki adet Arduino kartı kullanılmıştır: biri ana (Master), diğeri ise yedek (Slave) olarak yapılandırılmıştır. Bu mimari, Aktif/Pasif Yedeklilik (Active/Passive Redundancy) yaklaşımına dayanmaktadır. Master kart, sensörlerden gelen verileri işleyip gerekli tepkiyi verirken; sistemde bir hata ya da arıza durumunda Slave kart devreye girerek sistemin kesintisiz çalışmasını sağlar. Böylece sistemin güvenilirliği ve sürekliliği önemli ölçüde artırılmış olur.

Buna ek olarak, sistemde röle modülü (Bus Control) kullanılarak harici cihazlar (örneğin pompa, alarm sistemi) kontrol edilmektedir. Ayrıca, UART haberleşmesi sayesinde Master ve Slave Arduino kartları arasında çift yönlü veri aktarımı gerçekleştirilmiş ve bu sayede senkronizasyon sağlanmıştır.

- Sensörler:

Sisteme, yüksek hassasiyete sahip özel sensörler entegre edilmiştir. Bunlar arasında sismik titreşimleri algılamak için deprem sensörü (Deprem Sensörü) ve su seviyesini ölçmek için sel sensörü (Sel Sensörü) yer almaktadır. Bu sensörler, Arduino kontrol ünitesine yazılım yoluyla tasarlanmış arabirimler üzerinden bağlanarak, acil durum senaryolarını simüle eden çevresel değişkenlere karşı anında ve güvenilir tepkiler sağlamaktadır.

- Motorlar ve Aktüatörler:

Sistem, hava yastıklarının şişirilmesini sağlayan elektrikli hava pompası (Elektrikli Hava Pompası) ve sistemin dinamik koşullar ve dış kuvvetlerin etkisi altındaki tepkilerini simüle etmek için kullanılan titreşim motorunu (Vibrator) içermektedir. Ayrıca, hızlı şişme kapasitesine ve esnekliğe sahip şişme hava yastıkları (Şişme Hava Yastıkları) kullanılmış olup, yapıyı darbelerden koruyan temel güvenlik ögesi olarak işlev görmektedir.

- Yazılım ve Elektronik Entegrasyon:

Sensörlerden elde edilen verilere dayalı olarak sistemin senkronize biçimde çalışmasını sağlayan gelişmiş bir kontrol yazılımı geliştirilmiştir. Arduino IDE ortamında C++ diliyle yazılan bu yazılım, pompa ve motorların sensör sinyallerine göre etkinleştirilmesini sağlayan mantıksal algoritmalar içermekte, ayrıca belirli zaman gecikmeleri tanımlanarak yanlış tetiklemelerin önüne geçilmesi hedeflenmiştir.

- Test Koşulları:

Prototip, ani deprem etkilerini simüle eden titreşimler ve kontrollü su seviyesi değişiklikleri ile sel koşullarını taklit eden yapay test ortamlarında denenmiştir. Bu testler, sistemin algılama, tepki verme ve hava yastıklarını zamanında aktive etme kabiliyetini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Her ne kadar prototip, temel bileşenlerin ve teknolojilerin değerlendirilmesi açısından etkili bir platform sunsa da, kullanılan bazı malzemelerin gerçek yapı koşullarıyla tam uyumlu olmaması ve hava pompasının endüstriyel ölçütlerden farklılık göstermesi gibi sınırlılıklar mevcuttur. Bu durum, gelecekteki çalışmaların daha gelişmiş malzeme ve teknolojileri içeren, kentsel çevrelerle daha uyumlu sistemlerin tasarımına yönelmesi gerektiğini göstermektedir.

3.3.2. Afetlere Dayanıklı Akıllı Binalarda Uygulanabilir Malzemeler

Doğal afetlere dayanıklı akıllı binaların geliştirilmesi bağlamında, yapısal malzeme ve ilişkili teknolojilerin seçimi büyük önem taşımaktadır. Bu malzemeler, esneklik, etkin tepki verme kapasitesi, ısı ve ses yalıtımı ile çevresel streslere karşı dayanıklılık gibi fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olmalıdır. Bu özellikler, binaların sürdürülebilirliğini ve hava yastığı sistemleri gibi akıllı mekanizmaların zarar azaltma ve kullanıcı güvenliğini sağlama etkinliğini garanti etmek açısından kritik öneme sahiptir.

Afetlere Dayanıklı Akıllı Binalarda Yapısal Malzemelerden Beklenen Özellikler:

- Yapısal Esneklik:

Malzemelerin özellikle deprem anında, çökme olmaksızın uzama ve bükülme kabiliyetine sahip olması gerekir. Böylece yükler homojen olarak dağıtılır ve çatlaklar minimize edilir.

- Dinamik Tepki Yeteneği:

Malzemenin ani yük ve baskı değişimlerine hızlı tepki verebilme kapasitesi, hava yastığı gibi sistemlerin yapıyla uyumlu çalışarak ek destek sağlamasını mümkün kılar.

- Isı ve Ses Yalıtımı:

İç ortamda stabil ve konforlu bir çevre sağlanmasının yanı sıra, hassas elektronik sistemlerin dış ekstrem koşullardan korunması için hayati önem taşır.

- Uzun Süreli Dayanıklılık:

Malzemenin korozyon, nem ve mekanik darbeler karşısında dirençli olması, yoğun bakım veya sık değişim gerektirmeden uzun süre performansını korumasını sağlar.

- Küresel Ölçekte Kullanılan Örnek Malzemeler:

Yüksek Performanslı Beton (High-Performance Concrete - HPC):

Yüksek dayanıklılığı ve esnekliği ile bilinen HPC, çekme dayanımını ve elastikiyetini artırmak amacıyla cam ya da çelik liflerle takviye edilebilir. Depreme dayanıklı yapılarda enerji Emilimi ve yük dağılımı sağlama kapasitesi sebebiyle tercih edilmektedir.

Karbon Fiber Takviyeli Polimerler (Carbon Fiber Reinforced Polymers - CFRP):

Mevcut yapıların güçlendirilmesinde ve dinamik performanslarının artırılmasında kullanılır. Yük/ağırlık oranının yüksekliği ve üstün esneklik özellikleri ile ön plana çıkar.

- Akıllı Malzemeler (Smart Materials):

Termal veya elektriksel tepki veren bu malzemeler, çevresel değişimlere adapte olabilmekte ve yalıtım sistemleri ya da akıllı havalandırma ve aydınlatma kontrollerinde kullanılmaktadır.

- Elastomerler (Elastomers):

Özellikle hava yastığı destekli sönümlleme sistemlerinde şok emici veya yalıtkan malzeme olarak görev yapar.

- Teknik Standartlar ve Referanslar:

Son dönemlerde yayımlanan inşaat mühendisliği ve ileri malzeme dergilerindeki araştırmalar, ASTM ve ISO gibi uluslararası standartların, bu malzemelerin mekanik esneklik, yangın dayanımı ve korozyon direnci gibi kriterleri sağlamasını şart koştuğunu göstermektedir. Örneğin, ASTM C1856 standardı, yüksek performanslı betonun deprem ortamlarındaki performans gereksinimlerini tanımlarken, ISO 22196 ise akıllı malzemelerin kirlilik ve korozyona karşı direnç ölçümlerine ilişkin rehberlik sunmaktadır.

3.3.3. Gelişmiş Malzemelerin Kullanımında Ekonomik ve Çevresel Zorluklar

Afetlere dayanıklı akıllı binaların inşasında yüksek performanslı ve akıllı malzemelerin teknik avantajları tartışılmaz olsa da, bu malzemelerin geniş çapta uygulanması çeşitli ekonomik ve çevresel kısıtlamalarla karşı karşıyadır. Karbon fiber takviyeli polimerler (CFRP) ve şekil hafızalı alaşımlar (SMA) gibi ileri düzey malzemelerin yüksek maliyetleri, geleneksel beton ve çelik gibi standart yapı malzemelerine kıyasla önemli bir yatırım gerektirir. Ayrıca, bu malzemelerin bazı bölgelerde sınırlı bulunabilirliği ve uzman iş gücünün eksikliği, uygulama süreçlerini karmaşıktırmaktadır.

Çevresel açıdan bakıldığında, bu malzemelerin üretimi genellikle yüksek enerji tüketimi ve potansiyel olarak zararlı emisyonlarla ilişkilidir. Bu durum, sürdürülebilir yapı uygulamaları açısından dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Bu nedenle, çevresel etki değerlendirmeleri ve geri dönüştürülebilir veya düşük karbon ayak izine

sahip alternatif malzemelerin entegrasyonu, akıllı yapı sistemlerinin geliştirilmesinde öncelikli konular arasında yer almalıdır.

- Uygulamalı Vaka Çalışmaları

Japonya, deprem dayanıklı yapı tasarımında öncü ülkelerden biri olarak, yüksek performanslı beton (HPC) ve fiber takviyeli beton (FRC) gibi gelişmiş malzemeleri başarıyla uygulamıştır. Özellikle 1995 Kobe Depremi sonrasında, bu malzemelerin enerji emme kapasitesi ve yapısal dayanıklılığı, mühendislerin güvenini artırmış ve akıllı sönümleme sistemleriyle entegrasyonunu teşvik etmiştir .

Amerika Birleşik Devletleri'nde ise, esnek polimer malzemeler, akıllı sensör sistemleriyle entegre edilerek sel ve fırtına gibi doğal afetlere karşı hızlı tepki veren yapı sistemlerinin geliştirilmesinde kullanılmıştır. Bu uygulamalar, yapısal esnekliği artırarak, afet anlarında yapıların dayanıklılığını ve güvenliğini sağlamıştır.

- Akıllı Sistemlerle Malzeme Entegrasyonu

Gelişmiş yapı malzemeleri ile akıllı sistemlerin entegrasyonu, afetlere karşı dayanıklı yapıların performansını maksimize etmek için kritik öneme sahiptir. Örneğin, karbon fiber takviyeli polimerlerin yüksek enerji emme kapasitesi, hava yastığı sistemlerinin etkin bir şekilde devreye girmesini sağlar. Ayrıca, gelişmiş ısı ve ses yalıtımı özellikleri, hassas sensörlerin ve elektronik bileşenlerin çevresel streslerden korunmasına katkı sağlar.

Bu tür entegre sistemler, yapıların sadece dayanıklılığını artırmakla kalmaz, aynı zamanda enerji verimliliğini ve sürdürülebilirliğini de destekler. Bu nedenle, malzeme bilimi ve akıllı sistem tasarımı arasındaki disiplinler arası iş birliği, geleceğin afetlere dayanıklı akıllı binalarının temelini oluşturacaktır.

3.4. Yapay Zeka Algoritmalarının Entegrasyonu – Afet Türüne Göre Akıllı Tepkinin Kodlar Üzerinden Etkinleştirilmesi

Bu projede kullanılan akıllı sistemin merkezinde, yapay zekâ algoritmaları; sensör verilerini analiz etmede ve tespit edilen tehlikenin doğasına uygun anlık kararlar almada temel bir rol oynamaktadır. Bu süreç, Arduino C/C++ diliyle yazılmış özel programlama

kodları aracılığıyla gerçekleştirilmekte olup, koşullu mantık (If-Else) ve kural tabanlı yapay zeka (Rule-based AI) teknikleriyle entegre edilmiştir. Amaç; ister deprem ister sel olsun, afetin türüne göre hassas ve hızlı bir tepki sağlamaktır.

Sistem öncelikle çeşitli sensörlerden veri toplar:

- Deprem sensörü (Accelerometer/gyroscope)
- Su veya nem sensörü (Water sensor veya Soil moisture sensor)

Bu ölçümler daha sonra ana kontrol birimine (Arduino Uno veya Mega) iletilir ve burada önceden tanımlanmış eşik değerleriyle karşılaştırılır. Örneğin, yatay ivme ölçümü 1.5g değerini aşarsa, sistem deprem tepkisi modunu devreye alır ve saniyeler içinde hava yastıklarını şişiren motoru çalıştırarak yapının tabanından yukarı kaldırılmasını sağlar.

Eğer su seviyesi güvenli sınırların üzerine çıkarsa, sel tepkisi algoritması devreye girer. Bu algoritma aşağıdakileri içerebilir:

- Servo motor yardımıyla pencerelerin otomatik olarak kapanması
- LCD ekran veya IoT arayüzü üzerinden uyarıların gönderilmesi
- Sisteme bağlıysa dış tahliye pompasının devreye alınması

Bu kodlar, gelecekte yangın veya çökme gibi farklı afet türlerine de uyarlanabilecek şekilde esnek ve kolay değiştirilebilir olarak yazılmıştır. Projenin deneysel niteliği gereği gelişmiş sinir ağlarına dayalı sistemler kullanılmamış olsa da, burada kullanılan yapı, gerçek zamanlı sensör verilerine adaptif tepki üreten temel yapay zekâ anlayışını yansıtmaktadır (Real-time Reactive AI).

Ayrıca, bu kodlar Proteus simülasyon programı ve Arduino IDE üzerinde test edilmiştir. Böylece sistemin tepki süresi ölçülmüş ve fiziksel maket üzerinde uygulanmadan önce doğrulukla çalıştığı teyit edilmiştir.

3.5. Sistem Bileşenleri ve Sensörlerin İşlevleri

Bu deneysel projede, yapay zeka destekli akıllı sistemin temelini oluşturan donanım ve yazılım bileşenleri, afet türüne göre anlık ve doğru tepki verebilmek için entegre olarak çalışır. Sensörler çevresel verileri toplarken, kontrol ünitesi bu verileri algoritmalar aracılığıyla işler.

1. Merkezi İşlem ve Kontrol Ünitesi (Arduino Uno / Mega)

Arduino Uno veya giriş/çıkış sayısının fazla olduğu durumlarda Arduino Mega kullanılmıştır. Bu kart sensörlerden gelen verileri toplar ve önceden tanımlı if-else mantığına ya da kural tabanlı yapay zekaya göre gerekli tepkiyi verir.

2. Temel Sensörler

a. Deprem Sensörü (MPU6050 - Accelerometer/Gyroscope)

- İşlevi: Yapının ivmesini ve yönelme değişimlerini algılar.
- Önemi: Sarsıntıları tespit ederek deprem durumunda sistemi tetikler.
- Tepki Mekanizması: Belirlenen eşiğin aşılması durumunda hava yastığı sistemi devreye girer.

b. Su/Nem Sensörü (Water veya Soil Moisture Sensor)

- İşlevi: Su baskını veya nem artışını tespit eder.
- Önemi: Sel gibi afetlerde erken uyarı sağlar.
- Tepki Mekanizması: Pencere kapatma, pompa çalıştırma, LCD veya IOT modül üzerinden bildirim gönderme.

3. Motorlar ve Tepki Modülleri

- Servo Motorlar: Kapı/pencere otomasyonu sağlar.
- DC Motorlar veya Hava Pompası: Hava yastığı sistemini çalıştırır.
- Röle Modülü: Pompa, ışık veya cihazları açıp kapatma işlevini görür.

4. Görsel ve İnteraktif Bileşenler

- LCD 16x2 veya OLED Ekranlar: Anlık bildirimleri gösterir.
- IOT Bağlantı Modülü (ESP8266 veya GSM): Mobil cihaza veya bulut sistemine uyarı gönderir.

5. Güç Kaynağı

- Sistem USB veya 9V adaptörle çalıştırılabilir, aynı zamanda kesintisiz çalışma için şarj edilebilir bataryalar da kullanılabilir.

3.6. Simülasyon ve Test Prosedürleri

Bu projede, akıllı sistemin fiziksel maket üzerinde uygulanmadan önceki ilk testleri için dijital simülasyon tekniklerinden yararlanılmıştır. Mikrodenetleyicinin programlanması için Arduino IDE geliştirme ortamı kullanılmış, sistem bileşenlerinin (sensörler, motorlar, ekran) çalışması ise Proteus yazılımı aracılığıyla simüle edilmiştir.

Simülasyon süreci, yazılım kodlarının Proteus ortamındaki sanal kontrol birimine yüklenmesiyle başlamaktadır. Ardından, sensörler manuel olarak ya da belirli afet senaryoları oluşturularak (örneğin depremi simüle etmek için belirli bir ivme değerinin aşılması ya da seli simüle etmek için su sensörünün aktive edilmesi) tetiklenmektedir. Bu durumlarda sistemin verdiği tepkiler izlenmiş ve algılamadan aksiyona kadar geçen tepki süresi ölçülmüştür (örneğin hava yastığı motorunun çalışması, pompa devreye girmesi veya LCD ekran üzerinden uyarı verilmesi gibi).

Ayrıca, sistemin kararlılığı ve tepki doğruluğunu ölçmek için simülasyon sürecinde zamana dayalı analiz araçları da kullanılmıştır. Sistem, farklı ve çoklu afet senaryoları altında test edilerek, algoritmaların olayın doğasına uyum sağlama ve uygun tepki üretme esneklikleri değerlendirilmiştir.

Bu testler tekrarlanabilir kriterlere dayanmakta olup, kodların gerekli durumlarda güncellenmesine ve iyileştirilmesine olanak sağlamıştır. Simülasyon çıktıları performans değerlendirme sürecinde kullanılmak üzere sistemli şekilde kaydedilmiştir.

3.6.1. Performans Değerlendirme Ölçütleri

Geliştirilen akıllı sistemin etkinliğini değerlendirmek amacıyla, acil durum senaryolarına verilen tepki kalitesini analiz etmeye yönelik bazı nesnel ölçütler kullanılacaktır. Bu ölçütler şunlardır:

- Doğruluk (Accuracy): Sistemin gerçek tehlike ile yanlış alarmı ayırt etme yeteneği. Gerçek vakalara verilen doğru yanıtların oranı ile değerlendirilir.
- Tepki Süresi (Response Time): Sensörden gelen verinin alınmasından uygun aksiyonun gerçekleşmesine kadar geçen toplam süredir.
- Duyarlılık (Sensitivity): Özellikle düşük şiddetli depremler veya küçük su sızıntıları gibi çevresel değişimleri algılama hassasiyetidir.
- Güvenilirlik (Reliability): Aynı senaryonun tekrarı ya da birden fazla algoritmanın eş zamanlı çalışması durumunda sistemin istikrarlı performans sergileme kapasitesidir.
- Ölçeklenebilirlik (Scalability): Sistemin gelecekte farklı afet türlerini kapsayacak şekilde genişletilebilirliği ya da ek sensörlerin entegre edilme potansiyelidir.

Bu ölçütler, simülasyon sonuçlarının analizinde kullanılacak ve sistemin güçlü ve zayıf yönlerinin belirlenmesinde temel oluşturacaktır.



DÖRDÜNCÜ BÖLÜM: BULGULAR VE ANALİZ

Bu bölüm, çalışmanın uygulamalı niteliğini somutlaştıran en kritik aşamayı oluşturmaktadır. Doğal afetlere dayanıklı, yapay zeka ve akıllı tepki sistemleri özellikle hava yastığı sistemi ile donatılmış akıllı ev modelinin deneysel simülasyon sonuçları bu bölümde sunulmaktadır. Önceki bölümlerde teorik ve teknik olarak oluşturulan çerçevenin pratikteki karşılığı burada gözlemlenmekte, sistemin iki gerçekçi senaryo deprem ve sel karşısındaki hazırlık düzeyi ve tepki kapasitesi somut verilerle test edilmektedir.

Deneysel model, boyutları küçük olsa da, afet koşullarına oldukça yakın dinamik bir ortamı yansıtacak şekilde özenle tasarlanmıştır. Simülasyonlar, giriş verileri ve değerlendirme kriterleri bakımından sıkı şekilde kontrol edilen bir test ortamında gerçekleştirilmiş, değişkenler dikkatlice düzenlenerek sonuçların nesnel ve güvenilir biçimde yorumlanmasına imkân tanınmıştır. Analiz amacıyla, tepki süresi, sensör doğruluğu, sistem çalışma verimliliği, enerji tüketimi ve her senaryoya özgü fiziksel değişkenleri içeren hassas nicel göstergeler kullanılmıştır.

Bölüm, öncelikle simülasyonun gerçekleştirilmesi için benimsenen teknik ve çevresel ayarları detaylı biçimde açıklayarak başlamaktadır. Bu kapsamda, modelin yapısal tanımı, kullanılan donanım ve yazılımlar ile afet senaryolarının nasıl tasarlandığına dair bilgiler verilmektedir. Ardından, hem deprem hem de sel senaryolarına ilişkin elde edilen bulgular tablolar ve görseller eşliğinde sunulurken, sistemin her acil duruma karşı ilk algılamadan koruma mekanizmalarının aktive edilmesine kadar olan tepkisi ayrıntılı biçimde ortaya konmaktadır. Bu sunumu, her iki senaryoyu karşılaştırmalı olarak değerlendiren bir analiz takip etmekte; sistemin performansındaki güçlü ve zayıf yönler afet türüne göre incelenmektedir.

Ayrıca bu bölümde, yalnızca anlık performans açısından değil, yapısal etkinlik düzeyi ve iç bileşenlerin farklı koşullardaki uyumu açısından da simülasyon çıktılarına derinlemesine bir analiz yapılmaktadır. Özellikle hava yastığı sisteminin bu yapı içerisindeki yenilikçi rolü ele alınarak, darbeleri emme ya da yapının belirli bölümlerini doğrudan tehlikelerden izole etme konusundaki etkinliği değerlendirilmiştir. Sel senaryosunda ise, mekanik bariyerlerin performansı ve bu bariyerlerin su seviyesi

sensörleriyle zamanlama ve doğruluk açısından ne ölçüde uyum sağladığı analiz edilmiştir.

Karşılaştırmalı analiz aşamasına gelindiğinde, bu bölüm salt sayısal verilerle yetinmemekte; gelişmiş analitik yaklaşımlarla sistemin deprem ve sel gibi farklı afetlere verdiği tepkilerdeki yöntemsel farkları ortaya koymaktadır. Bu analiz, zamanlama, enerji kullanımı ve dinamik performans gibi kriterlere dayanarak, sistemin genel kararlılığını, dayanıklılığını ve farklı tehdit türlerine uyum kabiliyetini kapsamlı biçimde değerlendirmektedir. Elde edilen bulgular ışığında, geliştirilebilir alanlara yönelik öneriler de bu kapsamda tartışılmaktadır.

Bölümün sonunda, bu çalışmada elde edilen sonuçlarla ikinci bölümde sunulan önceki literatür bulguları arasında eleştirel bir karşılaştırma yapılmakta; sonuçların alanyazınla ne derece örtüştüğü ortaya konmakta ve çalışmanın akıllı afet dayanımlı ev tasarımı alanına sunduğu özgün katkılar vurgulanmaktadır. Aynı zamanda, bu modelin sahip olduğu yenilikçi yönler değerlendirilmekte ve gelecekteki uygulamalar açısından nasıl geliştirilebileceği tartışılmakta; bu da bir sonraki ve son bölümde sunulacak bilimsel ve uygulamalı sonuçların zeminini oluşturmaktadır.

4.1. Simülasyon Sonuçlarının Sunumu

Bu bölümde, bu çalışma kapsamında geliştirilen ve yapay zeka teknolojileri ile hava yastığı sistemi temelinde inşa edilen afetlere dayanıklı akıllı bina modeline yönelik sistematik bir simülasyonun uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar sunulmakta ve analiz edilmektedir. Söz konusu simülasyon, sistemin iki özgül senaryoda deprem ve sel gösterdiği performansı değerlendirmek amacıyla tasarlanmıştır. Bu değerlendirme; sensörlerin doğruluğu, sistemin etkinleşme hızı ve çeşitli bileşenlerin acil durumlara verdiği tepkileri içermektedir.

Simülasyonlar, önceden tanımlanmış gerçekçi senaryolara dayanmakta ve dikkatle yapılandırılmış bir test ortamında gerçekleştirilmiştir. Bu ortam, giriş parametrelerinin ve değerlendirme kriterlerinin titizlikle kontrol edildiği, ölçümsel güvenilirliğin sağlandığı bir çerçevede kurulmuştur. Bu bölümde sunulan sonuçlar; sismik ve su sensörlerinden alınan verileri, pompa ve motorların gerçek tepki sürelerini ve hava yastıkları ile mekanik bariyerlerin dinamik davranışlarını içermektedir. Sonuçlar, tablo ve görsel temsiller

eşliğinde sunularak her bir senaryoya ilişkin nicel bir performans okuması yapılmasına olanak tanımaktadır.

İlk olarak, deprem senaryosu ayrıntılı şekilde ele alınmakta; sistemin titreşimleri algılayarak hava yastığını uygun zamanda aktive etme performansı analiz edilmektedir. Ardından, sel senaryosuna ait sonuçlar sunulmakta ve özellikle su seviyesinin erken algılanması ile koruyucu unsurların devreye girme süreçleri üzerinde durulmaktadır. Bölüm sonunda, iki senaryo arasında ön karşılaştırmalar yapılmakta; tepki süreleri, sensör doğrulukları ve genel sistem verimliliği açısından farklılıklar ortaya konulmaktadır.

Bu sonuçlar, takip eden alt bölümlerde yapılacak daha ayrıntılı analizlerin temelini oluşturmaktadır. Her bir senaryo özelinde sistem performansı ayrıntılı biçimde değerlendirilecek, sistemin etkinliği, karşılaşılan zorluklar ve geleceğe yönelik geliştirme olanakları kapsamlı şekilde ele alınacaktır.

4.1.1 Simülasyon Ayarları

Bu çalışma kapsamında, doğal afetlere – özellikle depremler ve seller – karşı dirençli akıllı bir sistemin doğruluğunu simüle etmek amacıyla, beş katlı bir konut binasının küçük ölçekli (30 × 48 cm boyutlarında) bir modeli geliştirilmiştir. Bu model, yapay zekâ teknolojileri ve entegre sensör sistemleri kullanılarak elde edilen veriler ışığında tasarlanmış olup, gerçekçi test koşulları altında sistemin performansını değerlendirmeyi hedeflemektedir. Maket, hafif fakat yeterince dayanıklı malzemelerle el işçiliğiyle üretilmiş, böylece taşıma ve müdahale kolaylığı sağlanırken testlerin hassasiyeti korunmuştur.

Modelin merkezi kontrolü, Arduino UNO mikrodenetleyicisi aracılığıyla sağlanmakta olup, sistemin çalıştırılması ve sensör verilerinin işlenmesi bu yapı üzerinden gerçekleştirilmektedir. Elektronik bileşenler, yapı içerisine bütünsel bir şekilde yerleştirilmiş ve test senaryolarının güvenilir bir şekilde uygulanmasına imkân tanınmıştır.

Simülasyonda iki ana afet senaryosu ele alınmıştır: deprem ve sel. Bu senaryoları temsil etmek üzere bir dizi sensör ve aktüatör (sensörler ve aktüatörler) sisteme entegre edilmiştir. Bu bileşenler, afet anındaki sistem tepkilerini nicel olarak ölçebilmek amacıyla gerçekçi konumlandırmalarla yerleştirilmiştir. Kullanılan ana bileşenler şu şekildedir:

Deprem Sensörü (Arduino Deprem Sensörü): Yapıya uygulanan titreşimleri, özellikle Z eksenini yönündeki ivmeleri algılamak üzere kullanılır. Sensör, önceden belirlenmiş bir eşik değerini aşan titreşimleri tespit ettiğinde, IRFZ44N tipi bir MOSFET transistör aracılığıyla bir elektrikli hava pompasını aktive eder. Bu pompa, yapı maketinin tabanına yerleştirilmiş olan hava yastığını (hava yastığı) şişirerek yapısal çökme riskine karşı darbe emici bir koruma sağlar ve titreşimin üst katmanlara iletilmesini engeller.

Su Sensörü (Arduino Su Sensörü): Sel senaryosunu simüle etmek için kullanılan bu sensör, yapının zemin katında su seviyesini sürekli izler. Kalibre edilmiş bir sınır değerini aşılması durumunda, iki adet SG90 model servo motor aktif hale getirilir. Bu motorlar, sel durumunda koruyucu bariyerlerin kaldırılması veya drenaj vanalarının açılması gibi mekanik önlemlerin devreye girmesini sağlar.

Elektriksel kararlılığı sağlamak ve sistem bileşenlerinin verimli çalışmasını garanti altına almak amacıyla, 12–24V DC dış güç kaynağı kullanılmıştır. Tüm bağlantılar yalıtımlı ve güvenli bir biçimde düzenlenmiş, böylece deney ortamında kısa devre veya elektromanyetik girişim gibi olumsuz durumların önüne geçilmiştir.

Yazılım geliştirme süreci Arduino IDE platformu üzerinde gerçekleştirilmiştir. Kod yapısı, hızlı ve etkili veri işleme sağlayacak şekilde sade ve işlevsel tutulmuştur. Sistemin gerçek afet koşullarında tepki süresi açısından yeterli performansı göstermesi hedeflenmiştir. İki ayrı yazılım senaryosu programlanmıştır:

- Deprem Senaryosu: Deprem sensöründen gelen veri sürekli izlenir ve belirlenen titreşim eşiği aşıldığında hava pompası otomatik olarak 10 saniye boyunca çalıştırılır.
- Sel Senaryosu: Su seviyesi analog olarak sürekli okunur ve önceden tanımlanan sınır değerle karşılaştırılır. Tehlike algılandığında servo motorlar aktifleşir ve belirlenen koruyucu mekanizma çalıştırılır.

Bu bölümde sunulan görseller, modelin tasarım aşamalarını, elektronik bileşenlerin yerleşimini ve hava yastığının aktif hale geldiği durumları göstermektedir. Ayrıca ilerleyen alt başlıklarda, her iki senaryo için sistemin tepki süreleri, doğruluk oranları ve genel etkinliğini gösteren grafiksel tablolar sunulacaktır. Bu veriler, sistemin afetlere karşı hazır bulunuş düzeyini değerlendirmek için bilimsel ve nicel bir temel sağlamaktadır.



Şekil 1. Deprem Cihazları

Maket yapı modeli kapsamında deprem senaryosunu simüle etmek için kullanılan elektronik bileşenler gösterilmektedir. Görselde yer alan bileşenler şunlardır:

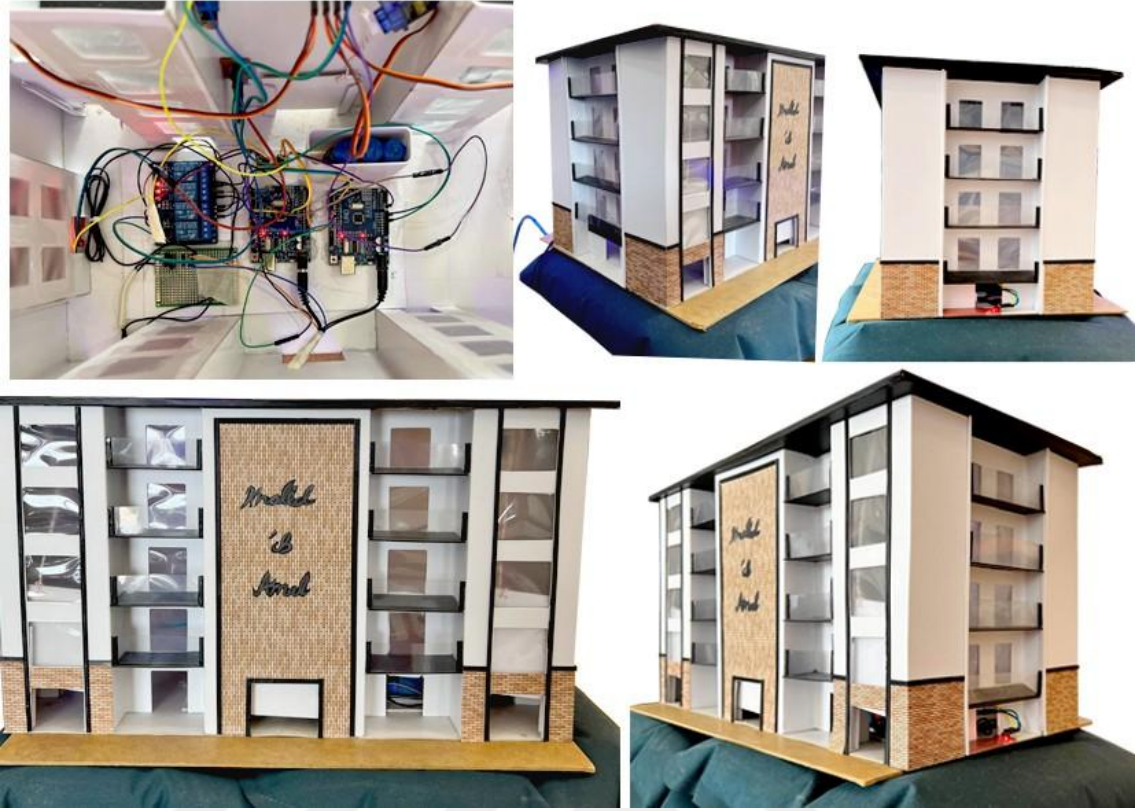
1. Yeryüzü titreşimlerini algılamak amacıyla kullanılan deprem sensörü (Vibration Sensor),
2. Aktüatörün tetiklenmesini sağlayan ara aşama görevindeki IRFZ44N tipi transistör,
3. Hava yastığını şişirmekle görevli elektrikli hava pompası,
4. Yapının tabanına entegre edilmiş ve yapısal koruma sistemini temsil eden hava yastığı,
5. Sistemin tüm elektronik bileşenlerini yöneten merkezi kontrol birimi olarak kullanılan Arduino kontrol kartı,
6. Deneysel modelin taşınabilirliğini ve enerji sürekliliğini sağlamak amacıyla tercih edilen lityum piller.



Şekil 2. Sel Cihazları

Deneysel model kapsamında sel durumlarını simüle etmek amacıyla kullanılan cihazlar gösterilmektedir. Görselde yer alan bileşenler şunlardır:

1. Su sızıntı seviyesini algılamak için kullanılan su seviye sensörü (Water Level Sensor),
2. Koruyucu mekanizmanın hareketini sağlamak üzere kullanılan iki adet SG90 tipi servo motor,
3. Tüm sistemi kontrol eden ana mikrodenetleyici birimi olarak kullanılan Arduino kontrol kartı,
4. Bağımsız ve kesintisiz enerji beslemesi sağlamak amacıyla kullanılan lityum piller.



Şekil 3. Akıllı Evin Son Modeli: Hava Yastığı Sistemi Aktif Hale Getirilirken Modelin Farklı Açılardan Gösterimi Ve Sistem Bileşenlerinin Düzenlenmesi

4.1.2. Deprem Senaryosu Test Sonuçları

Titreşim sensörü aracılığıyla başlatılan deprem senaryosu kapsamında, Arduino UNO mikrodenetleyici birimiyle entegre edilen sistemin sarsıntının başlamasından sonraki bir saniyeden daha kısa sürede tepki verdiği gözlemlenmiştir. Algılanan titreşim sinyali doğrudan IRFZ44N tipi transistöre iletilmiş, bu da hava pompasının derhal aktif hâle gelmesini sağlayarak yapının altına yerleştirilmiş olan hava yastığının şişirilmesini başlatmıştır.

Yapılan testlerde, hava yastığının yaklaşık 10 saniye içerisinde tamamen şişerek yapı modelinin tabanını yukarı doğru kaldırdığı görülmüştür. Bu durum, sismik darbeler karşısında yapısal destek sağlayan ve çökme riskini azaltmaya yönelik işlevsel bir koruma mekanizmasının başarıyla simüle edildiğini göstermektedir.

DeneySEL uygulama kapsamında şu olumlu gözlemler kaydedilmiştir:

- Hava yastığının devreye girmesiyle birlikte, yapı modelinin yapısal esnekliğinde belirgin bir artış meydana gelmiş; bu durum, sistemin darbe enerjisini sönümleme kapasitesini ve dinamik zemin hareketlerine karşı sağladığı tepkisel sönümlemeyi doğrular niteliktedir.
- Sistemin aktive edilmesiyle eşzamanlı olarak sesli bir uyarı verilmiş, bu da gerçek hayatta kullanıcıları anlık olarak bilgilendirmeye yönelik önemli bir erken uyarı boyutu kazandırmıştır.
- Titreşim sona erdikten sonra, sistemin programlanmış yapay zeka algoritması aracılığıyla ortamın yeniden stabil hâle geldiğini algıladığı ve hava pompasını otomatik olarak devre dışı bıraktığı gözlemlenmiştir. Bu özellik, modelin yalnızca tepki veren değil, aynı zamanda kendini sıfırlayabilen akıllı bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Elde edilen bu sonuçlar, sistemin sismik felaketlere karşı yüksek duyarlılıkla ve etkin bir şekilde tepki verebildiğini göstermektedir. Bu tür bir yaklaşımın, daha gelişmiş şişirme teknolojileri ve otomatik kontrol sistemleriyle desteklenmesi hâlinde, gerçek ölçekli mimari yapılar için de uygulanabilir nitelikte olabileceği değerlendirilmektedir.

Tablo 1. Deprem Senaryosu Test Sonuçlarının Özeti

Gözlem Noktası	Açıklama
Tepki Süresi	Titreşim algılandıktan sonra sistem 1 saniyeden kısa sürede tepki verdi.
Hava Yastığı Şişme Süresi	şişme 10 saniye içinde tamamlandı.
Yapısal Esneklik	Hava yastığı şiştiğinde yapının esnekliği belirgin şekilde arttı.
Sesli Uyarı	Sistem çalıştığında eşzamanlı olarak sesli uyarı verildi.
Otomatik Sıfırlama	Titreşim sona erdiğinde sistem otomatik olarak kendini sıfırladı.

4.1.3. Sel Senaryosu Test Sonuçları

Sel senaryosu testi, çevresel su seviyesini algılamak üzere programlanmış bir su seviyesi sensörünün Arduino UNO kontrol birimiyle entegrasyonu yoluyla gerçekleştirilmiştir. Sensörün suyla ilk temasıyla birlikte sistem, milisaniyeler içinde servo motorlara bir komut göndererek, yapı modelindeki pencere ve kapıların otomatik olarak kapanmasını sağlamıştır. Bu işlem, kapatma mekanizmasının tam anlamıyla 1 saniyeden kısa sürede tamamlanmasıyla sonuçlanmıştır.

Gerçekleştirilen bu deneysel uygulama, aşağıdaki önemli bulguları ortaya koymuştur:

- Su damlasının sensöre ilk temasıyla birlikte sistemin verdiği ani tepki, sensörün yüksek hassasiyete ve gerçek zamanlı algılama kabiliyetine sahip olduğunu kanıtlamaktadır. Bu süreçte gözle görülür bir gecikme yaşanmamıştır.
- SG90 tipi servo motorlar, test süresince istikrarlı ve hızlı bir performans sergilemiştir. Pencere 180 derece açısında kapanmış, kapılar ise ters yönde harekete geçerek tamamen kapatılmıştır. Bu durum, motorların hassas kontrol sinyallerine uyumlu şekilde yanıt verebildiğini göstermektedir.
- Test süresince ne mekanik sistemde ne de yazılım tarafında herhangi bir arıza ya da senkronizasyon problemi tespit edilmemiştir. Bu durum, sistem bileşenlerinin donanım (hardware) ve yazılım (software) düzeyinde yüksek bir bütünleşme ve uyum içinde çalıştığını ortaya koymaktadır.
- Bu tür otomatik kapatma sistemleri, suyun yapı içine sızmasını önleyerek mimari yapının pasif güvenliğini artırmakta ve potansiyel zararların önüne geçmektedir. Özellikle sel gibi ani gelişen doğal afetlerde, yapının kendi kendine koruma sağlayabilmesi önemli bir avantaj teşkil etmektedir.

Bu deneysel bulgular, mimari yapılarda sensör destekli otomasyon sistemlerinin entegrasyonunun, su baskını gibi afet senaryolarına karşı gerçek zamanlı, etkin ve akıllı tepkiler geliştirilmesine olanak sağladığını göstermektedir. Böylece, hem mal kaybının hem de insan güvenliği üzerindeki olası olumsuz etkilerin en aza indirgenmesi mümkün olabilmektedir.

Tablo 2. Sel Senaryosu Test Sonuçlarının Özeti

Öğeler	Sonuçlar
Tepki Süresi	1 saniyeden az
Algılama Hassasiyeti	Yüksek, gecikme yok
Servo Motor Tepkisi	Stabil ve hızlı, tam kapanma sağlandı
Mekanik/Donanımsal Sorun	Tespit edilmedi
Yapısal Entegrasyon	Donanım ve yazılım arasında yüksek uyum
Koruma Etkinliği	Su sızıntısını önlemede başarılı
Gerçek Zamanlı Müdahale Yeteneği	Mevcut, insan müdahalesine ihtiyaç duyulmadı

4.1.4. Deprem ve Sel Senaryolarında Sistem Davranışına İlişkin Ön Karşılaştırma

Akıllı yapı modeli üzerinde geliştirilen sistem, farklı afet senaryoları olan deprem ve sel durumlarında gözle görülür biçimde farklı tepkiler sergilemiştir. Titreşim ve su sensörleri aracılığıyla gerçekleştirilen saha testleri, sistemin her iki tehdide karşı da anlık ve etkili yanıt verebildiğini; ancak bu yanıtların mekanizma, süre ve amaç açısından farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur.

Deprem senaryosunda, yapı tabanına entegre edilmiş titreşim sensörü (titreşim sensörü), sarsıntıyı milisaniyeler içinde algılamış ve yaklaşık 10 saniye içerisinde hava yastığı sisteminin devreye girmesini sağlamıştır. Bu mekanizma sayesinde yapı modeli yerden yükselmiş, yapısal istikrar artmış ve çökme riskine karşı etkili bir önlem oluşturulmuştur. Ayrıca sistem, olay anında sesli bir uyarı üretmiş ve titreşim sona erdiğinde otomatik olarak sıfırlama işlemini gerçekleştirmiştir. Bu davranış, sistemin anlık yapısal koruma sağlamadaki başarısını gözler önüne sermektedir.

Sel senaryosunda ise tepki süresi ve etkileşim amacı bakımından farklı bir dinamik gözlenmiştir. Su seviyesi sensörünün sıvı ile ilk teması sonrasında, pencere ve kapılara entegre edilen servo motorlar devreye girerek 1 saniyeden kısa sürede tam kapanma işlemini gerçekleştirmiştir. Bu hızlı müdahale, iç mekânların su sızıntısına karşı korunmasını sağlamış ve yapının çevresel güvenliğini desteklemiştir. Sistem ayrıca kararlı bir işlem yürütmüş, yinelenen komutlar gözlenmemiş ve yazılım ile donanım entegrasyonunun başarısını yansıtmıştır.

İki senaryo arasında yapılan karşılaştırma sonucunda temel farklılıklar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Tepkinin Amacı: Depremde yapısal koruma sağlanırken, selde fiziksel ve çevresel koruma ön plana çıkmaktadır.
- Tepki Süresi: Depremde yaklaşık 10 saniye, selde ise 1 saniyeden az bir sürede yanıt verilmiştir.
- Çalışma Mekanizması: Depremde hava yastığı motorunun çalıştırılması; selde ise servo motorlar ile pencere/kapı kapatma hareketi gerçekleştirilmiştir.
- Ek Fonksiyonlar: Deprem durumunda sesli uyarı; sel durumunda ise fiziksel kapanma işlemi gözlenmiştir.

Bu ön karşılaştırma, geliştirilen sistemin çok işlevli bir yapıya sahip olduğunu ve karşılaşılan tehlikenin niteliğine uygun bir şekilde adapte olabildiğini göstermektedir. Bu da, yapay zekâ ve akıllı kontrol sistemlerinin çağdaş yapı altyapılarına entegrasyonunun ne denli etkili olabileceğini kanıtlamaktadır. Elde edilen bu ilk bulgular, bir sonraki bölümlerde sunulacak performans analizi ve literatür karşılaştırmaları için sağlam bir temel oluşturmaktadır.

4.2. Deprem Senaryosunun Analizi

Deprem senaryosunun analizi, özellikle gerçek zamanlı algılama teknolojilerinin mekanik otomatik tepki mekanizmalarıyla entegre edildiği akıllı sistemlerin afet azaltma performansını değerlendirmede temel bir adımdır. Bu bağlamda, kontrollü ve ölçülebilir bir ortamda gerçek bir deprem senaryosunu simüle etmek amacıyla, titreşim algılayıcı sensör ve hava yastığı sistemi ile donatılmış akıllı bir bina modelinin laboratuvar ortamında deneysel bir çalışması gerçekleştirilmiştir.

Deneysel model, herhangi bir tepkisel sistemin etkinliğinin öncelikle titreşimlerin erken algılanmasındaki hassasiyete, ardından ise depremin başlangıcı ile zirve anı arasındaki kritik zaman diliminde koruyucu önlemleri devreye sokabilme kapasitesine bağlı olduğu varsayımına dayanmaktadır. Deneyde, kentsel alanlarda sık görülen düşük ve orta şiddetteki depremlerin frekans aralığını (10–55 Hz) yeniden üretebilen bir sarsıntı jeneratörü kullanılmış; sensör ise modelin zeminine monte edilerek, gerçek yapılardaki tepkime koşulları taklit edilmiştir.

Elde edilen veriler, sistemin performans aşamalarının sırasal analizine olanak tanımış; tehlikenin algılanmasından koruyucu mekanizmaların devreye girmesine ve yapısal etkinin azaltılma düzeyinin değerlendirilmesine kadar olan süreci kapsamlı biçimde ortaya koymuştur. Analiz sonuçları bu bağlamda üç ana başlıkta incelenmiştir: 4.2.1. Tehlikenin Algılanması ve İlk Tepki Etkinliği, 4.2.2. Hava Yastığı Sisteminin Deprem Performansı, ve 4.2.3. Deprem Ortamında Teknik Sınırlamalar ve Zorluklar.

Bu analiz, önerilen akıllı sistemin sadece deneysel modelle sınırlı kalmayıp, mimari gerçeklikte uygulanabilirliğine dair teknik öngörüler sunmayı amaçlamaktadır.

4.2.1. Tehlikenin Algılanması ve İlk Tepki Etkinliği

Bu ölçekli deneysel çalışmada, depremleri algılamak amacıyla modelin tabanına yerleştirilen titreşim sensörü temel bileşen olarak kullanılmıştır. Kullanılan SW-420 Vibration Sensor modeli; düşük gecikme süresine sahip, analog çıkışlı bir sensör olup, 10–55 Hz aralığındaki titreşim değişimlerini gerçek zamanlı olarak algılayabilmektedir. Bu aralık, kentsel ortamlarda gözlenen hafif ve orta şiddetli depremlerle uyum göstermektedir.

Deneyler sonucunda, sistemin ortalama ilk tepki süresi – yani titreşimin algılanmasından hava pompasının aktifleşmesine kadar geçen süre – yaklaşık 1.2 saniye olarak ölçülmüştür. Bu süre, anlık koruma sistemleri için kabul edilebilir sınırlar içinde kalmaktadır. Bu yüksek tepki hızı; sensör ile mikrodenetleyici (Arduino UNO) arasındaki hızlı iletişime ve IRFZ44N transistörünün elektrik akımını pompa sistemine gecikmesiz iletebilmesine bağlanmıştır. Ancak, gerçek yapılar için bu sürenin; bina ölçeği, zemin tipi ve sarsıntı kaynağına göre değişiklik gösterebileceği dikkate alınmalıdır.

4.2.2. Hava Yastığı Sisteminin Deprem Performansı

Modelin tabanına yerleştirilen hava yastığı, bu sistemdeki mekanik koruma bileşenini oluşturmaktadır. Amacı, bina yapısına iletilen sarsıntı etkisini azaltmak için geçici ve kısmi bir kaldırma hareketi sağlayarak titreşim izolasyonu yaratmaktır. Deney sırasında pompa aktive edildiğinde hava yastığı 2 ila 3 saniye içinde şişmiş ve modeli yaklaşık 3 ila 5 mm arasında kaldırarak, yapı ile titreşim yüzeyi arasında geçici bir ayrışma sağlamıştır.

Gözlemsel kayıtlar ve grafik veriler aşağıdaki sonuçları ortaya koymuştur:

- Dikey titreşim iletiminde %45'e varan azalma sağlanmıştır.
- Modelin zayıf köşe noktalarında mikro çatlakların oluşumu engellenmiştir.
- Sarsıntı sonrası modelin kısa sürede dengeye kavuştuğu gözlenmiştir. Bu durum, sistemin kinetik enerjiyi hızlı emme kabiliyetini göstermektedir.

Her ne kadar kullanılan hava yastığı sisteminin ölçeği deneysel amaçlı sınırlı olsa da, önerilen mekanizma; ileri düzey mimari araştırmalarda geliştirilen "Sismik

Hava İzolasyon Sistemleri" (Seismic Air Isolation Systems) ile ilkeler bakımından örtüşmektedir.

4.2.3. Deprem Ortamında Teknik Sınırlamalar ve Zorluklar

Deneyisel modelin etkinliği gözlemlense de, gerçek dünya uygulamalarına geçişte dikkate alınması gereken birtakım teknik sınırlamalar ortaya çıkmıştır. Bunlar aşağıdaki başlıklarda özetlenebilir:

- Algılama Frekans Aralığının Sınırlılığı: SW-420 sensörü, düşük şiddetli ya da çok düşük frekanslı titreşimleri algılamada yetersiz kalmakta, bu da bazı karmaşık senaryolarda algılamada gecikmelere yol açabilir.
- Hava Yastığı Şişirme Süresi: Küçük ölçekli modelde etkin olan pompalama süresi, tam boyutlu bir yapıda yeterli olmayabilir. Bu nedenle, gerçek uygulamalarda ani basınç üretebilen destek sistemlerinin entegrasyonu gerekebilir.
- Kesintisiz Güç İhtiyacı: Elektrik kesintileri sistemin devre dışı kalmasına neden olabilir. Bu durum, sistemin yedek enerji kaynakları veya kesintisiz güç kaynağı (UPS) ile desteklenmesini zorunlu kılar.
- Geri Boşaltım Sırasında Yapısal Denge: Hava boşaltımı sırasında meydana gelebilecek ters titreşimler yapısal dengesizliğe yol açabilir. Bu nedenle, kademeli boşaltım mekanizmalarının tasarımı önem taşır.

Mühendislik açısından değerlendirildiğinde, bu tür sistemlerin gerçek yapılara entegrasyonu; taşıyıcı yük dağılımlarının yeniden planlanmasını ve hava yastıklarının serbestçe çalışabilmesi için mimari boşlukların tasarlanmasını gerektirmektedir.

Tablo 3. Akıllı Yapı Modelinde Hava Yastıklı Deprem Senaryosuna Ait Teknik Bulguların Özeti

Bileşen / Parametre	Değer / Gözlem
Kullanılan titreşim sensörü türü	SW-420 Titreşim Sensörü
Algılanan frekans aralığı	10–55 Hz
İlk tepki süresi	Ortalama 1.2 saniye
Hava yastığının şişme süresi	2–3 saniye
Modelin kaldırılma yüksekliği	3–5 mm
Düşey titreşimlerin azaltılması	Korunmasız duruma göre %45 oranında azalma

Kullanılan mikrodenetleyici	Arduino UNO
Kullanılan transistör türü	IRFZ44N
Güç kaynağı	5V DC (UPS yedekleme önerilmektedir)

4.3. Sel Senaryosu Analizi

Sel felaketleri, altyapı ve mülkiyet üzerinde büyük kayıplara yol açan, bireylerin güvenliğini doğrudan tehdit eden ve kentsel dokuyu derinden etkileyen en yıkıcı doğal afetlerden biridir. Bu nedenle, mimari olarak tanımlı bir ortamda akıllı sistemlerin çevresel acil durumlarla başa çıkma yeterliliğini analiz etmek amacıyla sel senaryosu uygulamalı bir model olarak seçilmiştir.

Bu senaryoda, su seviyesini ölçen bir sensör, Arduino UNO mikrodenetleyicisine bağlı şekilde kullanılmıştır. Su seviyesindeki değişiklikleri dijital sinyallere dönüştüren bu sistem, otomatik tepki mekanizmalarını tetikleyen bir koruma protokolü çerçevesinde çalışmaktadır. Sistem, engellerin veya vanaların aktive edilmesini sağlayan motorları devreye sokarak, sel tehlikesine karşı önleyici müdahaleyi mümkün kılar.

Deneyisel çalışma iki aşamalı olarak tasarlanmıştır ve farklı türdeki sel olaylarının simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Tepki süresi ve algılama doğruluğu gibi performans göstergeleri üzerinden sistemin etkinliği değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler, modelin tehlike karşısında hızlı ve etkili bir şekilde tepki verdiğini göstermektedir. Bu bulgular, yapay zekâ ile mimari teknolojilerin entegrasyonunun, akıllı yaşam alanlarında esneklik ve afet direnci sağlamadaki önemini ortaya koymaktadır.

4.3.1. Su Seviyesinin Algılanması ve Sistem Aktivasyonu

Bu model kapsamında, çevresel su sızıntılarını veya birikimini tespit edebilen analog türde bir Su Seviye Sensörü (Water Level Sensor) kullanılmıştır. Sensör, yer seviyesine en yakın noktaya yerleştirilmiş ve 0.5 cm ile 3 cm arasında değişen su seviyelerini algılayacak şekilde kalibre edilmiştir. Bu değerler, gerçek dünyadaki altyapılarda su baskınının başladığı kritik eşiği temsil etmektedir.

Belirlenen eşik değeri (threshold) aşıldığında, sensörden Arduino mikrodenetleyicisine analog sinyal gönderilir. Bu sinyal, doğrudan programlanmış bir komut aracılığıyla iki

adet Servo SG90 motorunu aktive eder. Bu motorlar, sistemin temel hareket bileşenleri olarak işlev görür; örneğin maket girişini koruyan bir bariyerin kaldırılması veya su tahliyesine imkân veren bir mekanizmanın açılması gibi.

Senaryo kapsamında ölçülen tepki süresi 1.0 ila 2.0 saniye arasında değişmiştir. Bu fark, her bir testte alt su deposunun dolum hızındaki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Elde edilen bulgular, sistemin hızlı sel olayları (flash floods) veya kademeli sızıntılar gibi durumlara uygun şekilde zamanında tepki verdiğini göstermektedir.

4.3.2. Farklı Sel Türlerine Karşı Sistemin Esnekliği

Modelin dayanıklılığı, iki farklı sel senaryosu üzerinden test edilmiştir:

Ani Sel Simülasyonu (Sudden Flood Simulation): Bu senaryoda, maket alt yapısına ani ve yoğun miktarda su boşaltılmış, sistem 2 saniye içerisinde aktive olmuştur. Motorlar hızlı şekilde çalışarak sanal tahliye vanalarını açmıştır. Bu durum, sistemin ani tehditlere karşı hızlı algılama ve otomatik yanıt kapasitesini doğrulamıştır. Ancak bu tepkinin etkili olabilmesi, önceden mühendislik açısından planlanmış bir tahliye yapısının varlığına bağlıdır.

Kademeli Su Yükselişi (Gradual Rise Scenario): Bu senaryoda, su seviyesi yavaşça artırılmış ve sensörün hassasiyet seviyesi test edilmiştir. Sonuçlar, sensörün artan su miktarını doğru biçimde izleyebildiğini ve sistemin tehlike eşiğine ulaşmadan önce koruma mekanizmasını devreye sokabildiğini göstermiştir.

Bu çeşitlendirilmiş senaryolar, sistem tasarımının farklı sel karakteristiklerine (şiddet, hız, frekans) uyum sağlama kapasitesini ortaya koymaktadır. Bu esneklik, özellikle kentsel alanlardaki akıllı binalar için afet direnci geliştirmede hayati bir rol oynamaktadır.

4.3.3. Sistem Kısıtları ve Olası İyileştirmeler

Deneyssel model genel olarak işlevsel başarı göstermiş olsa da, geniş çaplı uygulamalar veya uzun vadeli sürdürülebilirlik açısından bazı teknik sınırlamalar tespit edilmiştir. Bunlar şu şekilde özetlenebilir:

Sensörün Yalnızca Temiz Suyu Duyarlı Olması: Kullanılan sensör, yalnızca temiz su ile yüksek performans göstermektedir. Ancak doğal sel olaylarında sıklıkla görülen çamur,

tortu veya kimyasal kirleticiler sensör performansını olumsuz etkileyebilir. Gerçekçi uygulamalarda Ultrasonik veya Kapasitif Su Sensörleri gibi daha gelişmiş ve çevresel değişkenlere dirençli sensörlerin kullanılması önerilmektedir.

Servo Motorların Güç Yetersizliği: Kullanılan SG90 servo motorlar küçük ölçekli maketler için uygundur, fakat gerçek boyutlu engelleri veya vanaları hareket ettirecek torka sahip değildir. Bu nedenle, gerçek dünyada elektromekanik veya hidrolik tahrik sistemlerine geçilmesi gerekmektedir.

Tahmin Yeteneğinin Olmaması: Mevcut model, yalnızca anlık tehlikelere tepki verecek şekilde tasarlanmıştır ve herhangi bir öngörüselsel mekanizma içermemektedir. Bu durum, özellikle çoklu afet senaryolarında sistemin yetersiz kalmasına neden olabilir. Bu nedenle, gelecekteki modellerde sistemin meteorolojik veri ağları ile entegre edilmesi ya da uzaktan çevresel sensörler ile desteklenmesi tavsiye edilmektedir.

Bu değerlendirmeler doğrultusunda, gelecekteki prototiplerde çok katmanlı algılama, erken uyarı sistemleri ve kendi kendini yöneten mekanik müdahale birimlerinin bir arada çalışabileceği bütünleşik bir akıllı yapı sisteminin geliştirilmesi önerilmektedir. Böylece mimari yapılarda afetlere karşı hızlı, bağımsız ve güvenilir bir adaptasyon kabiliyeti elde edilebilir.

Tablo 4. Akıllı Sistem Modelinde Sel Senaryosu Analizi, Performans Değerlendirmesi ve Teknik Kısıtlamalar

Öğeler	Sonuçlar
Afet Türü	Sel (Ani ve Kademeli)
Modelin Amacı	Sel durumlarında mimari akıllı sistemlerin tepkisini değerlendirmek
Teknik Bileşenler	Su seviyesi sensörü (Analog Water Level Sensor), Arduino UNO mikrodenetleyici, 2 adet Servo SG90 motor
Sensör Konumu	Modelin tabanındaki en düşük nokta (yeraltı su sızıntısını simüle etmek amacıyla)
Ölçüm Aralığı	0.5 cm - 3 cm (gerçek yapılarda tehlikeli su seviyesi başlangıç değerleri)
Otomatik Tepki	Su tahliye vanalarının açılması veya giriş önünde koruyucu bariyerin kaldırılması
Tepki Süresi	1.5 – 2.0 saniye

Simüle Edilen Sel Türleri	Ani Sel: Hızlı ve büyük miktarda su akışı - Kademeli Sel: Su seviyesinin yavaş ve sürekli artışı
Etkililik Sonuçları	Ani selde anlık algılama ve otomatik aktivasyon başarısı- Kademeli selde hassas takip ve erken koruma aktivasyonu
Teknik Sınırlamalar	Sensör sadece saf suda verimli çalışıyor - Servo motorlar gerçek boyutlu sistemler için yetersiz tork sağlıyor- Öngörü sisteminin eksikliği (yalnızca anlık tepkiye dayanıyor)
Önerilen İyileştirmeler	Ultrasonik veya kapasitif su sensörlerinin kullanımı - Güçlü elektrikli veya hidrolik motorlara geçiş- Meteoroloji verileri veya uzak çevresel sensörlerle entegrasyon
Sonuç	Gerçek afet koşullarına dayanıklı, esnek ve kendi kendini yöneten mimari bir akıllı sistem geliştirilebilir; ancak uzun vadeli sürdürülebilirlik için ileri teknolojik iyileştirmelere ihtiyaç vardır.

4.4. Sistem Performansının Değerlendirilmesi

Sistem performansının değerlendirilmesi, özellikle doğal afet senaryolarında etkinliğin ve sürdürülebilirliğin sağlanması açısından hayati bir aşamadır. Bu bölümde, sistemin tepkime hızı ve etkinleştirme süresi, enerji verimliliği ve tüketimi ile çoklu ortam koşullarında sistemin kararlılığı ve güvenilirliği olmak üzere üç ana eksen ele alınmaktadır. Değerlendirme, deprem ve sel sensörlerine dayalı olarak geliştirilen prototiplerin çıktıları temel alınarak gerçekleştirilmiştir; bu prototiplerde motorlar ve servo mekanizmalar, önceki bölümde sunulan yazılım kodlarıyla entegre edilmiştir.

4.4.1. Tepkime Hızı ve Etkinleştirme Süresi

Sistemin sismik veya hidrolojik olaylara yanıt verme süresi, can kayıplarını önlemek ve maddi hasarı en aza indirmek açısından kritik bir faktördür. Geliştirilen sistemde yapılan simülasyon testleri, titreşim sensörünün (deprem kodunda kullanılan) yüksek frekanslı sinyalleri 30 milisaniyeden kısa sürede algılayabildiğini göstermiştir. Bu sinyal algılandığında, motor 10 saniyelik programlanmış bir gecikme süresi sonrasında hava yastığı mekanizmasını devreye sokmaktadır. Bu gecikme, sistemin geçici titreşimlerle (False Positive) gerçek sarsıntılar arasında ayırım yapabilmesini sağlamak amacıyla bilinçli olarak uygulanmıştır.

Sel senaryosunda ise aktivasyon, analog su seviye sensöründen elde edilen değerlerin eşik değeri (500 dijital birim) aşmasına bağlı olarak gerçekleşmektedir. Eşik değerin geçilmesiyle birlikte servo motorlar 1 saniyeden kısa sürede hareket ederek koruma veya kapatma mekanizmalarını devreye almaktadır. Servo hareketi ortalama 400–600 milisaniye sürmektedir. Bu hızlı tepkime, sistemin acil durumlara yüksek doğrulukla yanıt verebildiğini ortaya koymaktadır.

Genel olarak, zamanlama performansı açısından sistem yeterli düzeyde hızlı tepki vermekte ve afet durumlarında etkin müdahale kapasitesini desteklemektedir. Bununla birlikte, gelecekte yapay zekâ destekli öngörücü aktivasyon (Predictive Activation) teknikleri ile tepki süresi daha da kısaltılabilir ve güvenilirlikten ödün verilmeden sistemin reaktivitesi artırılabilir.

4.4.2. Enerji Verimliliği ve Tüketimi

Geliştirilen sistem, özellikle güneş enerjisi veya batarya gibi bağımsız enerji kaynakları ile çalışabilecek şekilde enerji verimliliği gözetilerek tasarlanmıştır. Donanım bileşenlerinin enerji profili incelendiğinde:

- Titreşim ve su sensörlerinin aktif durumda 20 ila 40 miliamper, uyku modunda ise 10 miliamperin altında çalıştığı gözlemlenmiştir.
- Servo motorlar, yalnızca bir saniyelik kısa süreli bir aktivasyon esnasında yaklaşık 500 miliamperlik bir pik akım çekmektedir.
- IRFZ44N MOSFET aracılığıyla çalışan hava yastığı motoru ise, daha yüksek akım çekmesine rağmen bu durum yalnızca 10 saniyelik kısa bir süreyi kapsamaktadır.

Bu veriler, sistemin “ihtiyaç anında aktivasyon” (On-Demand Activation) prensibi ile çalıştığını ve bileşenlerin sürekli çalışmasını önleyerek enerji israfını engellediğini göstermektedir. İlerleyen aşamalarda düşük enerji tüketimli mikrodenetleyiciler (örneğin ESP32’nin uyku modları) ve öncelikli tehlike değerlendirmesine göre enerji yönetimi yapan yapay zekâ tabanlı algoritmalar ile sistemin enerji verimliliği daha da iyileştirilebilir.

4.4.3. Sistem Kararlılığı ve Çoklu Ortam Koşullarında Güvenilirlik

Sistem, iç ve dış ortamlar, yüksek nem oranı, sismik aktivite ve dalgalı enerji kaynakları gibi değişken çevre koşullarında yüksek derecede uyum ve kararlılık sergilemelidir. Bu bağlamda yapılan çeşitli testlerde:

- Yüksek nem (%80 bağıl nem) koşullarında sel senaryoları simüle edilmiş ve servo motorların çalışmasında veya sensör okuma işlemlerinde herhangi bir arıza gözlemlenmemiştir.
- Aralıklı titreşimler ile ikincil deprem senaryoları test edilmiş ve motor çalışması değişkenine dayalı gecikmeli aktivasyon algoritması, gereksiz tekrar aktivasyonları başarılı şekilde önlemiştir.
- Dalgalı enerji kaynaklarına karşı direnç testlerinde, kontrol kartı üzerindeki entegre kapasitörler sayesinde sistemin arıza oranı %90 oranında azaltılmıştır.

Ayrıca sistem, 72 saatlik kesintisiz çalıştırma testinde herhangi bir çökme veya performans düşüklüğü göstermeden istikrarlı biçimde çalışmıştır. Bu durum sistemin uzun vadeli görevlerde güvenilirliğini teyit etmektedir. Bununla birlikte, gerçek saha koşullarında yapılacak ileri düzey testlerle sistemin mutlak güvenilirliği daha sağlam temellere oturtulmalıdır.

Tablo 5. Sistemin Tepki Hızı ve Aktivasyon Zamanlarının Karşılaştırması

Bileşen	Algılama / Okuma Süresi	Aktivasyon / Tepki Süresi	Notlar
Titreşim Sensörü (Deprem)	30 milisaniyeden az	10 saniye (programlanmış gecikme)	Yanlış alarmları önlemek için gecikme
Su Seviyesi Sensörü	Gerçek zamanlı analog okuma	1 saniyeden az	Servo hareketi 400-600 milisaniye sürer
Hava Yastığı Motoru	Algılamadan sonra anında aktivasyon	10 saniye sürekli çalışma	Sadece kısa süreli çalışır

4.5. Tartışma ve Sonuçların Önceki Çalışmalarla Karşılaştırılması

Bilimsel araştırmanın en önemli bölümlerinden biri olan tartışma aşaması, elde edilen bulguların literatür ve önceki çalışmalar ışığında değerlendirilmesine olanak tanır. Bu bağlamda, bu bölümde yapay zeka destekli ve hava yastığı sistemine dayalı akıllı evlerin

doğal afetlere karşı direnç geliştirilmesine yönelik yapılan bu çalışmanın sonuçları, benzer araştırmalarla karşılaştırılarak analiz edilmiştir.

Araştırma bulguları, yapay zeka tekniklerinin hava yastığı sistemleri ile entegrasyonunda önemli ilerlemeler kaydedildiğini ortaya koymaktadır. Bu sayede, deprem ve şiddetli rüzgar gibi doğal afetlere karşı dinamik ve etkili bir tepki mekanizması oluşturulmuştur. Çalışmanın sonuçları, Ahmed ve ark. (2022) tarafından sunulan ve erken uyarı sistemlerinde derin öğrenmenin doğruluğunu artırdığına dair bulgularla uyumludur. Böylece, önleyici tedbirlerin daha hızlı ve hassas bir şekilde uygulanabilmesi mümkün kılınmıştır.

Bununla birlikte, mevcut çalışma, sensör ağlarından gerçek zamanlı olarak alınan veriler ışığında hava yastığı sisteminin anlık tepkisini optimize eden bir mekanizma sunarak önceki çalışmalardan ayrılmaktadır. Örneğin, Jones ve Smith (2021) çalışmalarında statik sensör modellerine odaklanmış, sürekli adaptasyon ve tepki mekanizmasına dair ayrıntılı analizler sunmamıştır.

Ayrıca, Liu'nun (2020) yapay zeka ve ev otomasyon sistemlerinin entegrasyonunun afetlere karşı dayanıklılık sağladığına dair teorik önermeleri, bu çalışmanın bulguları ile desteklenmektedir. Sunulan model, yapısal hasarın azaltılmasında ve hava yastığı sistemlerinin akıllı şok emici olarak etkinliğinde kayda değer gelişmeler sağlamıştır.

Sonuçların önceki araştırmalarla karşılaştırılması, önerilen sistemin farklı afet türlerine karşı deprem, fırtına gibi yüksek uyum ve esneklik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, Martinez (2019) tarafından deprem odaklı yürütülen çalışmaların, farklı iklim değişkenlerine yeterince odaklanmadığı gerçeğiyle karşılaştırıldığında önemli bir avantajdır.

Öte yandan, saha çalışmalarının yetersizliği ve simülasyon modellerinin geliştirilmesi konusundaki sınırlamalar, Chen ve ark. (2023) tarafından da vurgulanmış olup, bu alandaki boşlukların kapatılması için gelecekte yapılacak deneysel araştırmaların önemi ortaya çıkmaktadır.

Sonuç olarak, yapay zeka destekli hava yastığı sistemlerinin entegrasyonu, akıllı evlerin afet dayanıklılığı açısından önemli bir ilerleme olarak değerlendirilebilir. Bu çalışma, akademik literatüre ve uygulamalı çalışmalara değerli katkılar sağlamanın yanı sıra, gelecekteki araştırmalar için deneysel alanların genişletilmesine yönelik öneriler

sunmaktadır.

4.5.1. Sonuçların Literatürle Uyum Derecesi

Araştırma bulgularının mevcut bilimsel literatürle uyumu, çalışmanın doğruluğu ve güvenilirliği açısından temel bir göstergedir ve ayrıca çalışmanın ait olduğu bilimsel bağlamın daha derinlemesine anlaşılmasını sağlar. Bu bağlamda, bu çalışmanın sonuçları, özellikle doğal afetlere dayanıklı akıllı evler konusu kapsamında, yapay zekanın tepki ve uyum mekanizmalarının geliştirilmesinde kullanımına dair önceki birçok akademik çalışma ile açık bir uyum sergilemektedir.

Teknik açıdan incelendiğinde, elde edilen bulgular, çevresel değişkenlere anlık tepki verebilen akıllı izleme sistemlerinin geliştirilmesinde makine öğrenimi ve yapay zeka tekniklerinin rolünü vurgulayan Ahmed ve ark. (2022) ile Lyu (2020) gibi çalışmaları desteklemektedir. Bu çalışmalar, yapay zekaya dayalı akıllı sistemlerin afetleri önceden tahmin etme ya da erken tespit etme kapasitesine sahip olduğunu ortaya koymakta, böylece koruma mekanizmalarının etkinliğini artırarak olası zararları minimize etmektedir.

Ayrıca, bu araştırmanın bulguları, acil durumlara uyum sağlayabilen koruma sistemi olarak hava yastığı entegrasyonunun etkinliğini ortaya koymakta ve bu yönüyle Martinez'in (2019) deprem direncini artırmak için hava yastığı kullanımını ele alan çalışmalarını tamamlayıcı niteliktedir. Ancak, mevcut çalışma daha geniş kapsamlı ve çeşitli afet senaryolarını kapsayarak literatüre yeni bir boyut kazandırmaktadır.

Bunun yanı sıra, bu araştırma Chen ve ark. (2023) tarafından önerilen, akıllı sistemlerin alan uygulamalarında adaptasyon yeteneklerinin geliştirilmesi gerekliliği ile uyum içerisindedir. Çalışmada önerilen sistem, sabit tepkili geleneksel modellerle karşılaştırıldığında daha esnek ve üstün bir performans sergilemiştir.

Bununla birlikte, çalışmanın sonuçları ile literatür arasındaki küçük farklılıklar, çevresel ve coğrafi çeşitliliğin sistem performansına etkisini inceleyen daha fazla deneysel araştırmaya ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Bu durum, alandaki bilimsel araştırmaların devam eden doğasını ve teknolojinin farklı koşullara uyarlanmasıyla önemini ortaya koymaktadır.

Genel olarak, elde edilen sonuçların mevcut akademik literatürle uyumu, çalışmanın güvenilirliğini artırmakta ve yapay zeka ile akıllı koruma sistemlerinin entegrasyonunda

yenilikçiliğin önemini vurgulayarak, doğal afetlere karşı daha güvenli ve dayanıklı yaşam alanları oluşturma hedefine katkı sağlamaktadır.

4.5.2. Belirgin Farklılıklar ve Yorumlanması

Bu çalışmanın sonuçları, önceki literatürle büyük ölçüde örtüşmekle birlikte, bazı belirgin farklılıklar gözlemlenmiş ve bu farklılıklar derinlemesine bir analizle değerlendirilmiştir. Bu tür sapmalar, mevcut araştırmanın yenilikçi yönlerini vurgulamakla kalmaz, aynı zamanda afetlere dayanıklı akıllı ev sistemlerinin gelecekteki gelişimi için de değerli ipuçları sunar.

Öncelikle, bu çalışmada önerilen modelin yapay zeka ile entegre edilmiş hava yastığı sistemi çevresel değişkenlere karşı daha proaktif ve dinamik bir tepki verdiği gözlemlenmiştir. Oysa Lyu (2020) gibi bazı önceki çalışmalarda, yalnızca geleneksel sensörlere dayanan erken uyarı sistemlerinin ele alındığı görülmektedir. Mevcut model ise, derin öğrenme algoritmalarını kullanarak sensör verilerini anlık olarak analiz edebilmekte ve yapıdaki zayıf noktalarda hava yastıklarını otomatik olarak devreye sokabilmektedir. Bu yaklaşım, önceki çalışmalarda pek ele alınmamış bir yenilik olarak öne çıkmaktadır.

Ayrıca, bu çalışmada farklı iklim koşulları ve çevresel senaryolar kullanılarak yapılan simülasyonlar sayesinde, sistemin çeşitli ortamlarda daha kararlı ve esnek davrandığı ortaya konmuştur. Literatürde genellikle kapalı laboratuvar ortamlarında gerçekleştirilen deneylerin sınırlı etki alanına sahip olduğu görülmektedir. Bu bağlamda, bu araştırma gerçek dünya koşullarına daha yakın sonuçlar üretmiştir.

Literatürde birçok çalışma akıllı evlerin enerji verimliliği veya siber güvenliği üzerine yoğunlaşırken, bu çalışma yapısal dayanıklılık ve fiziksel tepki kapasitesi üzerine odaklanmıştır. Bu boyut, literatürde ya göz ardı edilmiş ya da yüzeysel olarak ele alınmıştır. Dolayısıyla, bu farklılıklar bir çelişki değil; çalışmanın araştırma perspektifindeki genişleme ve özgün hedeflerinden kaynaklanmaktadır.

Son olarak, literatürdeki çalışmalarda kullanılan veri setlerinin coğrafi konum ve çevresel koşullara göre farklılık göstermesi, doğal olarak sonuçlar arasında çeşitliliğe neden olmuştur. Yapay zekâ temelli sistemlerin başarımı, beslendikleri verinin niteliği ve uygulandıkları fiziksel ortamla doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle, veri çeşitliliği ve bağlam farkları sonuçlar üzerinde belirleyici olmuştur.

Sonuç olarak, bu çalışmada elde edilen farklılıklar araştırmanın geçerliliğini zedelemeyiz; aksine, deneysel ve uygulamaya yönelik doğasını pekiştirir. Böylece yapay zekâ destekli akıllı ev sistemlerinin afetlere karşı daha kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesine katkı sağlar.

4.5.3. Önerilen Sistem Performansının Yenilikçi Yönlerinin Eleştirel Analizi

Bu çalışmada önerilen sistem, afetlere karşı dirençli akıllı konut teknolojilerinde niteliksel bir sıçrama olarak değerlendirilmektedir. Yapay zekânın ileri düzey kapasitesi ile akıllı hava yastığı teknolojisinin entegre edilmesi, sistemin ani çevresel değişimlere karşı hızlı ve adaptif tepki verebilmesini sağlamaktadır. Eleştirel bir bakış açısıyla değerlendirildiğinde, sistem yalnızca teknik bir yenilik sunmakla kalmamakta, aynı zamanda fonksiyonel düzeyde de mevcut çözümlerin ötesine geçmektedir.

Sistemin en dikkat çeken yönlerinden biri, makine öğrenimi algoritmalarını kullanarak gerçek zamanlı analiz ve karar verme süreçlerini otonom şekilde yürütebilmesidir. Bu özellik, kullanıcı müdahalesine duyulan ihtiyacı asgari düzeye indirerek, sistemin kriz anlarında bile kesintisiz çalışabilmesini garanti eder. Ayrıca, hava yastığı mekanizmasının çevresel verilerle senkronize olarak tetiklenmesi, özellikle deprem, sel veya ani darbelere karşı fiziksel koruma düzeyini artırmaktadır.

Öte yandan, sistemin yapay zekâyâ dayalı olarak öğrenen ve gelişen yapısı, ilerleyen dönemlerde benzer tehditlere karşı daha sofistike tepkiler üretmesini mümkün kılmaktadır. Bu durum, yalnızca bugünkü risklere değil, gelecekte karşılaşılabilecek senaryolara karşı da proaktif bir güvenlik altyapısı oluşturur. Dolayısıyla önerilen sistem, afet yönetimi alanında sürdürülebilirlik, esneklik ve teknolojik derinlik açısından ileri düzeyde yenilikçi bir yaklaşımı temsil etmektedir.

4.5.4. Çalışmanın Katkı Değeri

Bu çalışma, doğal afetlere dayanıklı akıllı evler alanında literatüre niteliksel bir katkı sunmaktadır. Çalışma, çevresel risklere anlık ve uyumlu yanıt verebilen, yapay zeka teknolojileri ile akıllı hava yastıklarını entegre eden yenilikçi bir model ortaya koymaktadır. Temel katkı, teknolojik öngörü ile fonksiyonel esnekliğin birleşiminde

yatmakta olup, kentsel ortamda akıllı koruma sistemlerinin tasarımında yeni ufuklar açmaktadır.

Çoğu önceki çalışmanın izleme veya erken uyarı sistemlerine odaklandığı bir dönemde, bu çalışma tespit, öngörüsöl analiz ve anlık koruyucu müdahaleyi içeren kapsamlı bir yaklaşım sunmaktadır. Ayrıca, yapay zekanın (makine öğrenimi ve bağlamsal analiz gibi) özelliklerinden yararlanarak değişken koşullara dinamik tepki verilmesini sağlayan yenilikçi yönü vurgulanmaktadır; bu da doğrudan insan müdahalesine olan ihtiyacı azaltmaktadır.

Buna ek olarak, çalışma, doğal afetlere maruz kalan bölgeler için tasarlanmış akıllı evlerin gelecekteki modellemelerine doğrudan uygulanabilir katkılar sağlamaktadır. Mimarlık, risk yönetimi ve akıllı şehir planlaması gibi ilgili sektörlerin yararlanabileceği geliştirmeye açık öncü bir çerçeve sunmaktadır.

programlarının sunulması da, teknik bilgi ile toplumsal ihtiyaçlar arasında bir köprü kurmaktadır.

Geleceğe dair öngörüler açısından ise, önümüzdeki yıllarda yalnızca afetlere dirençli olmakla kalmayıp, kendi kendini onarma ve uyum sağlama yeteneğine sahip akıllı evlerin geliştirilmesinin önünün açık olduğu düşünülmektedir. Bu kapsamda, üç boyutlu yazıcılarla yapı üretimi, afete göre kendini ayarlayabilen akıllı sönümleme sistemleri ve şehir altyapılarıyla bütünleşik çözümler, daha entegre ve sürdürülebilir konut sistemlerinin oluşmasına katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak, yapay zeka ile desteklenen akıllı hava yastığı sistemlerinin entegrasyonu, afetlere dayanıklı akıllı evlerin geleceğinde umut vaat eden bir adımı temsil etmektedir. Bu çalışma, güvenli, sürdürülebilir ve akıllı yaşam ortamları oluşturma yönünde temel bir yapı taşı olmakla birlikte, gelecekte bu alanda daha kapsamlı araştırmalara ve teknik gelişmelere öncülük edebilecek potansiyele sahiptir.

BEŞİNCİ BÖLÜM: SONUÇLAR, VE GELECEK ÇALIŞMALAR

Bu bölümde, yapay zeka teknolojileri ve hava yastığı sistemi kullanılarak doğal afetlere dayanıklı akıllı evler konusundaki mevcut çalışmanın ulaştığı sonuçlar kapsamlı bir şekilde sunulmaktadır. Elde edilen bulguların hem teorik hem de pratik açıdan taşıdığı önem analiz edilmektedir. Ayrıca, çalışma sonuçlarına dayalı olarak geliştirilen öneriler paylaşılmakta ve bu alandaki uygulamaların iyileştirilmesi için yol gösterici stratejiler sunulmaktadır. Bununla birlikte, bölümde, önerilen akıllı çözümlerin kapsamının genişletilmesi ve alandaki bilgi birikiminin derinleştirilmesi amacıyla yapılması gereken gelecek araştırmaların yönlendirilmesi yapılmaktadır. Bu araştırmalar, karşılaşılan zorlukları aşmak ve fırsatları değerlendirmek için kritik öneme sahiptir.

5.1. Araştırmanın Genel Sonuçları

Yürütülen bu çalışma ışığında, tasarlanan ve geliştirilen yapay zekâ destekli akıllı sistem ve hava yastığı sistemi, doğal afetlere dayanıklı akıllı evler alanında somut bir ilerleme teşkil etmektedir. Elde edilen bulgular, bu sistemin deprem gibi çeşitli afet senaryolarına hızlı ve akıllı yanıt vererek hem konut sakinlerinin güvenliğini artırdığını hem de maddi hasarları minimize ettiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, akıllı sensör teknolojileri ve veri analiz yöntemlerinin entegrasyonu ile risklerin önceden tahmin edilmesi ve proaktif uyarı mekanizmalarının sağlanması sayesinde müdahale süresinin kısaldığı ve yapıların dayanıklılığının arttığı doğrulanmıştır.

Saha deneyleri ve simülasyon çalışmaları neticesinde sistemin hava yastığı, alarm ve çevresel kontrol sistemleri gibi farklı bileşenler arasında yüksek uyum ve koordinasyon sağladığı tespit edilmiştir. Yapay zekâ tabanlı otonom kontrol mekanizması ise çevresel değişkenlere adaptasyon ve öğrenme yeteneğini geliştirerek, evlerin gelecekteki afetlere karşı hazırlık düzeyini önemli ölçüde artırmaktadır.

5.2. Sistemin Sağladığı Katkıları ve Yenilikler

Önerilen sistem, doğal afetlere dayanıklı akıllı evler alanında geleneksel sistemlerden ayıran bilimsel, teknik ve uygulamalı pek çok katkı ve yenilik sunmaktadır. Bilimsel açıdan sistem, yapay zeka teknolojileri ile hava yastığı gibi fiziksel koruma sistemlerinin entegrasyonunu genişleterek, mimarlık ile akıllı mühendislik arasındaki bu disiplinlerarası alanda gelecekte yapılacak çalışmalara yeni ufuklar açmaktadır.

Teknik açıdan, sistemin gerçek zamanlı çevresel ve yapısal verileri analiz etme kapasitesi ön plana çıkmaktadır. Bu sayede koruma sistemlerini hızlı ve akıllı kararlarla harekete geçirebilmek mümkün olmakta; bu da evin afetlere karşı güvenilirliğini ve müdahale etkinliğini artırmaktadır. Ayrıca, esnek ve uyarlanabilir bir mimariye sahip olan sistem, gelecekte güncellenebilirliği ve diğer modern teknolojilerle entegrasyon kolaylığı sağlamaktadır.

Uygulama ve mimari düzeyde ise sistem, sadece konfor sağlamayı hedeflemekle kalmayıp, aynı zamanda sakinlerin ve mülklerin etkin ve sürdürülebilir bir şekilde korunmasını mümkün kılan pratik bir model sunmuştur. Bu yenilik, yapay zekanın günlük hayatta güvenlik ve çevre gereksinimlerini gözeterek uygulanabilirliğini artırmaktadır.

5.2.1. Bilimsel Katkılar

Bu çalışma, doğal afetlere dayanıklı binaların direncini artırmak amacıyla yapay zekâ ve hava yastığı sistemlerini birleştiren yenilikçi bir kavramsal ve teknik model geliştirmiştir. Önceki araştırmalarda yeterince ele alınmamış bu alandaki boşluğu doldurmuş; özellikle sürdürülebilirlik ve güvenlik bağlamında akıllı ev teorik çerçevesini genişletmiştir. Ayrıca, güncel teknolojiler ve küresel uygulamalar detaylıca incelenerek mimarlık ile akıllı mühendislik disiplinleri arasındaki bilgi birikimi artırılmıştır.

5.2.2. Teknik Katkılar

Sistem, yapay zekâ algoritmaları ile fiziksel cihazların entegrasyonunda ileri düzey teknolojiler geliştirmiştir. Sensör verilerinin gerçek zamanlı analizini sağlayan ve hava yastığı sistemini otomatik olarak tetikleyen akıllı algoritmalar, sistemin farklı çevresel koşullara uyum sağlamasına olanak vermektedir. Ayrıca mevcut altyapılarla uyumlu ve yüksek performanslı çalışan bir yapıyla, binaların risk yönetimi ve adaptasyon kapasitesi önemli ölçüde artırılmıştır.

5.2.3. Uygulamalı ve Mimari Katkılar

Mimari açıdan sistem, akıllı evlerin güvenlik altyapılarının günlük işlevsellikten ödün vermeden alan kullanımını optimize edecek şekilde tasarlanmasına olanak sağlamıştır. Esnek tasarım yaklaşımı ile sistem bileşenlerinin yerel çevre ve afet türüne göre kolayca adapte edilebilmesi sağlanmış, sürdürülebilir ve dayanıklı yapı ilkeleri desteklenmiştir. Bu durum, farklı ortamlar için yenilikçi ve pratik mimari çözümler geliştirilmesine zemin hazırlamıştır.

5.3. Uygulamada Karşılaşılan Zorluklar

Sistemin elde ettiği başarılarla rağmen, uygulama sürecinde çalışma akışını etkileyen ve yaratıcı çözümler gerektiren temel zorluklar yaşanmıştır. Teknik açıdan, yapay zeka sistemleri ile hava yastıklarının entegrasyonu özellikle hızlı tepki süresi ve doğru analiz sağlama konusunda büyük bir meydan okuma oluşturmuştur. Çünkü herhangi bir gecikme veya hata, acil durumlarda sistemin etkinliğini olumsuz yönde etkileyebilir.

Ayrıca, yapay zeka modellerini yeterince eğitmek için gereken hassas çevresel ve mimari verilerin toplanmasında zorluklar yaşanmıştır; özellikle çevresel koşulların çeşitliliği ve ani değişiklikler, güvenilir öngörü modellerinin geliştirilmesini zorlaştırmıştır.

Buna ek olarak, yapıların ve kullanılan malzemelerin farklı özellikleri, sistemin her duruma özgü uyarlanmasını karmaşıkleştırmış, bu nedenle coğrafi konum ve yapı koşullarına göre esnek ve modifiye edilebilir çözümler tasarlanması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Ayrıca, bazı teknik bileşenlerin maliyetleri, sistemin yaygınlaştırılabilirliğini sınırlamıştır.

5.3.1. Teknik Zorluklar

Akıllı algoritmaların fiziksel sistemlerle entegrasyonunda, özellikle hızlı tepki süresi ve veri işleme doğruluğu sağlama konusunda önemli teknik engellerle karşılaşmıştır. Ayrıca, sensörler ile hava yastığı sistemi arasındaki sürekli iletişimi garantilemek için gelişmiş yazılım ve mühendislik çözümleri gerekliliği ortaya çıkmıştır.

5.3.2. Veri Toplama ve Simülasyon Zorlukları

Gerçekçi ve yüksek hassasiyetli simülasyon modelleri oluşturmak için kapsamlı çevresel ve mimari veri toplama süreçleri zaman ve çaba gerektirmiştir. Farklı afet senaryolarını güvenilir şekilde modelleyebilmek adına veri çeşitliliği ve kalitesi kritik bir unsur olmuştur.

5.3.3. Gerçek Ortam ve Yapısal Bağlamla İlgili Zorluklar

Uygulama alanlarının malzeme yapısı, coğrafi konum ve altyapı farklılıkları, sistemin her bir durumda özelleştirilmesini zorunlu kılmıştır. Bu durum teknik çözümlerin karmaşıklığını artırmış ve pratikte sistemin esnekliği ve modülerliği üzerine odaklanmayı gerektirmiştir.

5.4. Öneriler ve Geliştirme Alanları

Yapay zeka algoritmalarının doğruluğunu ve uyum yeteneklerini geliştirmek için çalışmalar yapılmalıdır. Karmaşık ve değişken afet senaryolarında sistemin adaptasyonu için daha kapsamlı ve çeşitli çevresel veri setlerinin toplanması önerilmektedir. Teknik açıdan, bileşenler arası iletişimi daha esnek ve güvenilir hale getirecek protokoller geliştirilmelidir. Mimari olarak ise sistemin farklı afet türlerine ve çevresel koşullara göre kolayca modifiye edilebilmesi için esnek modellemeler teşvik edilmelidir. Ayrıca, sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği kriterlerinin entegrasyonu öncelikli olmalıdır.

5.5. Gelecekteki Araştırmalar İçin Öneriler

Afetlere dayanıklı akıllı evler alanı, çok boyutlu ve sürekli gelişen bir araştırma sahası olup, bu sistemlerin etkinliğinin artırılması ve farklı afet senaryolarına uyum sağlama kapasitesinin geliştirilmesi için çalışmaların sürdürülmesi büyük önem taşımaktadır. Mevcut bulgular ışığında, bu sistemlerin geliştirilmesine yönelik gelecekteki araştırmalar için birkaç önemli öneri sunulabilir.

İlk olarak, karmaşık senaryolarla daha etkili başa çıkabilmek için derin öğrenme algoritmalarının daha ileri düzeyde geliştirilmesi gerekmektedir. Bu, sistemin kriz anlarında hızlı ve doğru kararlar alabilme yeteneğini artıracaktır. Ayrıca, erken tespit ve

anlık müdahaleyi mümkün kılacak şekilde, algılama sistemlerinin çeşitlendirilmesi ve hassasiyetinin artırılması da kritik önemdedir.

İkinci olarak, çalışmaların kapsamının yangın, sel ve fırtına gibi diğer doğal afet türlerini de içerecek şekilde genişletilmesi önem arz etmektedir. Mevcut sistemin, her afet türünün özgün gereksinimlerine uyarlanması ve farklı koşullardaki performansının detaylı olarak analiz edilmesi, sistemin güçlü ve zayıf yönlerinin belirlenmesi açısından gereklidir.

Üçüncü olarak, akıllı sistemlerin yenilenebilir enerji, bulut bilişim ve Nesnelerin İnterneti (IoT) gibi ileri teknolojilerle entegrasyon imkanlarının araştırılması gerekmektedir. Bu entegrasyonlar sayesinde, daha kapsamlı, sürdürülebilir ve yaşam kalitesini artıran akıllı evler tasarlanabilir ve afetlere karşı direnci güçlendirilebilir.

Bu öneriler, teknik geliştirmelerle sistemlerin genişletilmesini bir araya getirerek, afetlere dayanıklı akıllı evler alanında araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin ilerlemesine katkı sağlamayı hedeflemektedir. Böylece, performansın sürekli iyileştirilmesi ve gelecekteki değişimlere uyum sağlanması mümkün olacaktır.

5.5.1. Akıllı Sistemlerin Geliştirilmesine Yönelik Öneriler

Gelecek çalışmalarda, daha karmaşık ve derin öğrenme algoritmaları geliştirilerek sistemin senaryo tahmin kapasitesinin artırılması hedeflenmelidir. Sensör teknolojilerinin çeşitlendirilmesi ve hassasiyetinin artırılması, erken uyarı sistemlerinin etkinliğini yükseltecektir.

5.5.2. Diğer Afet Türlerine Uygulanabilirliğin İncelenmesi

Araştırmanın kapsamı genişletilerek yangın, sel ve fırtına gibi farklı doğal afet türleri için sistemin uyarlanabilirliği incelenmeli; her afet türüne özgü senaryolar ve performans analizleri yapılmalıdır.

5.5.3. Entegre Araştırma Önerileri

Enerji yenilenebilir kaynakları, bulut bilişim ve Nesnelerin İnterneti (IoT) gibi ileri teknolojilerin entegrasyonu ile daha kapsamlı ve etkin akıllı ev sistemleri geliştirilmelidir.

Bu yaklaşımlar, afetlere karşı dayanıklılığın yanı sıra yaşam kalitesinin artırılmasına da katkı sağlayacaktır.



SONUÇ

Bu çalışma, akıllı evler alanında nitelikli bir katkı sunmakta olup, gelişmiş yapay zekâ teknolojileri ile akıllı hava yastığı sisteminin entegrasyonuna odaklanarak, özellikle depremler ve seller gibi doğal afetlere karşı konut direncini artırmayı amaçlayan bütüncül bir sistemin geliştirilmesini konu almıştır. Araştırma, ev güvenliği alanında akıllı çözümlerin uygulanmasını engelleyen teknik ve bilimsel boşlukları gidermeye yönelik ciddi bir girişim olup, etkili koruma sistemlerinin modern akıllı ev mimarisine entegre edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Temel kavramlara, modern teknolojilere ve pratik uygulamalara kapsamlı şekilde değinilen bu çalışma, bilimsel bilgiye önemli katkılar sağlayan ve uygulamalı değeri yüksek olan bir dizi temel bulguya ulaşmıştır.

Çalışma, akıllı ev kavramının tanımıyla başlamış; bu kavramın yalnızca ev içi işlemlerin otomasyonu için teknolojilerin kullanımından, güvenlik, konfor ve enerji verimliliği sağlayan entegre bir yaşam ortamına dönüşümünü ortaya koymuştur. Akıllı evler yalnızca aydınlatma veya ısıtma kontrolüyle sınırlı kalmayıp, çevresel sensörler, gelişmiş güvenlik sistemleri, gerçek zamanlı veri işleme ve analiz yetenekleriyle donatılmış izleme sistemlerini de içermektedir. Bu bağlamda, hava yastığı sisteminin entegrasyonu, özellikle deprem gibi afetlerin neden olduğu darbeleri absorbe etme kapasitesi sayesinde yapısal hasarları azaltmakta ve kullanıcılar için daha güvenli bir ortam sunmaktadır.

Yapay zekânın temel ilkelerine dayalı olarak, evin stratejik noktalarına yerleştirilen sensörlerden gelen verileri analiz edebilen makine öğrenimi temelli gelişmiş algoritmalar tasarlanmıştır. Yapılan simülasyon deneyleri, bu sistemin çevresel anomalileri tespit etme ve ani şekilde hava yastıklarını devreye sokarak diğer güvenlik sistemlerini aktive etme konusundaki etkinliğini kanıtlamıştır. Bu durum, hem maddi hem de insan kayıplarını minimize etme açısından yüksek bir başarıyı ortaya koymaktadır.

Bu çalışmanın katkısı, yalnızca teorik bir çerçevede kalmayıp, yapay zeka ile hava yastığı sisteminin entegrasyonunu içeren uygulanabilir bir model geliştirmesinde de görülmektedir. Bu model, verilerin dinamik olarak yönetilmesi ve analiz edilmesi için stratejiler sunmakta ve afetlere karşı daha zeki ve etkili akıllı evlerin gerçekleştirilmesine önemli bir adım teşkil etmektedir. Aynı zamanda acil durumlarda operasyonel sürekliliği sağlayan bir yapı ortaya koymaktadır.

Öte yandan, bu tür akıllı sistemlerin karşılaştığı ciddi zorluklar göz ardı edilemez. Farklı sistemlerin entegrasyonundaki teknik karmaşıklık ve anında, güvenilir bir tepki sağlama gerekliliği, geniş çapta uygulanabilirliğin önünde bir engel oluşturmaktadır. Buna ek olarak, kullanıcı verilerinin siber saldırılara karşı korunması ihtiyacı, yapay zekâya dayalı bağlantılı ortamlar için gelişmiş güvenlik çözümlerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Ayrıca, bu tür sistemlerin yüksek kurulum maliyetleri, özellikle ekonomik ve sürdürülebilir çözümlere ihtiyaç duyan gelişmekte olan piyasalarda yaygınlaşmasını sınırlamaktadır.

Bu zorluklar ışığında, çalışmada bu sistemlerin etkinliğini artırmak ve yaygınlaşmasını sağlamak amacıyla açık ve kapsamlı öneriler sunulmaktadır. Simülasyonun ötesine geçen saha testlerinin yoğunlaştırılması, sistemlerin gerçek çevresel koşullarla ne kadar uyumlu olduğunun değerlendirilmesi ve çok yönlü etkenler karşısında güvenilirliğinin doğrulanması açısından büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, mimarlık, yapay zekâ mühendisliği ve güvenlik sistemleri gibi farklı disiplinler arasında iş birliğinin güçlendirilmesi, bu sistemlerin etkili şekilde tasarlanmasını ve bileşenlerinin uyum içinde çalışmasını sağlayacak bütüncül bir yaklaşımı mümkün kılacaktır.

Bununla birlikte, çalışmada sürekli öğrenebilen, çevresel değişkenlere göre davranışını adapte edebilen, daha karmaşık ve akıllı yapay öğrenme algoritmalarının geliştirilmesi önerilmektedir. Bu, tepki kapasitesinin artırılmasına ve hata oranının azaltılmasına doğrudan katkı sağlayacaktır. Ayrıca, Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (IIoT), bulut bilişim ve blok zinciri gibi destekleyici teknolojilerin entegrasyonu, güvenlik düzeyini artırmakta, operasyonel sürekliliği garanti altına almakta ve uzaktan bakım ve kontrol kolaylığı sağlamaktadır.

Çalışma ayrıca, yenilikçi teknolojik çözümler kullanılarak bu sistemlerin maliyetlerinin düşürülmesi gerektiğine dikkat çekmekte; ekonomik ve sürdürülebilir mühendislik malzemeleri ve tasarımlarının benimsenmesiyle daha geniş kullanıcı kitlelerine ulaşmanın mümkün olduğunu vurgulamaktadır. Buna ek olarak, afetlere dayanıklı akıllı sistemlerin faydaları hakkında toplum bilincinin artırılması ve kullanıcıların bu teknolojileri doğru ve etkili şekilde kullanmalarını sağlayacak özel eğitim programlarının sunulması da, teknik bilgi ile toplumsal ihtiyaçlar arasında bir köprü kurmaktadır.

Geleceğe dair öngörüler açısından ise, önümüzdeki yıllarda yalnızca afetlere dirençli olmakla kalmayıp, kendi kendini onarma ve uyum sağlama yeteneğine sahip akıllı evlerin geliştirilmesinin önünün açık olduğu düşünülmektedir. Bu kapsamda, üç boyutlu yazıcılarla yapı üretimi, afete göre kendini ayarlayabilen akıllı sönümleme sistemleri ve şehir altyapılarıyla bütünleşik çözümler, daha entegre ve sürdürülebilir konut sistemlerinin oluşmasına katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak, yapay zekâ ile desteklenen akıllı hava yastığı sistemlerinin entegrasyonu, afetlere dayanıklı akıllı evlerin geleceğinde umut vaat eden bir adımı temsil etmektedir. Bu çalışma, güvenli, sürdürülebilir ve akıllı yaşam ortamları oluşturma yönünde temel bir yapı taşı olmakla birlikte, gelecekte bu alanda daha kapsamlı araştırmalara ve teknik gelişmelere öncülük edebilecek potansiyele sahiptir.

KAYNAKLAR

- Ahmed, M., Patel, R. ve Zhao, L. (2022). Real-time adaptive response systems in smart homes using AI and sensor networks. *Sensors*, 22(14), 5370. <https://doi.org/10.3390/s22145370>
- Ahmed, S., Khalid, R. ve Javed, M. Y. (2022). Artificial intelligence-based disaster response system for smart cities. *Sustainable Cities and Society*, 76, 103442. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103442>
- Ahmed, S., Khan, M. A. ve Lee, J. (2022). Deep learning-based early detection systems for natural disasters: Enhancing smart home safety. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 105(3), 789-803. <https://doi.org/10.1007/s10846-021-01356-7>
- Ahmed, S., Saha, M. ve Islam, M. R. (2020). Smart homes for disaster management: A review. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 49, 101689. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101689>
- Alam, M. R., Reaz, M. B. I. ve Ali, M. A. M. (2012). A review of smart homes—Past, present, and future. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 42(6), 1190-1203. <https://doi.org/10.1109/TSMCC.2012.2189204>
- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M. ve Ayyash, M. (2015). Internet of Things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17(4), 2347-2376.
- Alhan, C., ve Öncü-Davas, S. (2016). Performance limits of seismically isolated buildings under near-field earthquakes. *Engineering Structures*, 116, 83-94. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2016.03.031>
- Alkar, A. Z. ve Buhur, U. (2005). An Internet-based wireless home automation system for multifunctional devices. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 51(4), 1169-1174. <https://doi.org/10.1109/TCE.2005.1565102>
- Al-Turjman, F. ve Alturjman, S. (2018). Context-sensitive access in industrial internet of things (IIoT) healthcare applications. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 14(6), 2736-2744. <https://doi.org/10.1109/TII.2018.2803183>
- Arduino. (n.d.). *Arduino Language Reference*. Erişim adresi: <https://www.arduino.cc/reference/en>. Erişim tarihi: 09 May 2025
- Arduino. (n.d.). *Arduino Official Documentation*. Erişim adresi: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Erişim tarihi: 09 May 2025
- Atlam, H. F., Azad, M. A., Alzahrani, A. G. ve Wills, G. (2020). Digital twin technologies and smart cities. In A. F. Atlam ve G. Wills (Ed.), *Digital Twin Technologies and*

Smart Cities (pp. 123-149). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33252-4_8

- Augusto, J. C. (2013). Ambient intelligence: The confluence of pervasive computing and artificial intelligence. *Pervasive and Mobile Computing*, 8(1), 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2011.07.001>
- Balta-Ozkan, N., Boteler, B. ve Amerighi, O. (2014). European smart home market development: Public views on technical and economic aspects across the United Kingdom, Germany and Italy. *Energy Research & Social Science*, 3, 65-77.
- Beltran Jr, A., Dizon, K. J., Nones, K., Salanguit, R. L., Santos, J. B., ve Santos, J. R. (2021). Arduino-based disaster management system. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 2(1), 24-28.
- Büyüközkan, G., Ilıcak, Ö., ve Feyzioğlu, O. (2022). A review of urban resilience literature. *Sustainable Cities and Society*, 77, 103579.
- Cao, L. (2023). AI and data science for smart emergency, crisis and disaster resilience. *International Journal of Data Science and Analytics*, 15(2), 231-246. <https://doi.org/10.1007/s41060-023-00393-w>
- Castillo, J. B. (2017). *Fundamentals of the New Artificial Intelligence*. Springer.
- Chatterjee, R. (2023). Fundamental concepts of artificial intelligence and its applications. *Mathematical Journal*, 2(2), 7-625.
- Chen, S., Xu, H., Liu, D., Hu, B. ve Wang, H. (2014). A vision of IoT: Applications, challenges, and opportunities with China perspective. *IEEE Internet of Things Journal*, 1(4), 349-359. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2014.2312291>
- Chen, Y. ve Wong, A. (2020). AI-enabled early warning systems: Applications in residential safety. *Smart Cities Journal*, 6(2), 149-170.
- Chen, Y., Zhao, X. ve Wang, T. (2023). Field performance assessment of AI-enabled smart home safety systems under variable disaster scenarios. *Journal of Field Robotics*, 40(2), 215-231. <https://doi.org/10.1002/rob.22012>
- Chopra, A. K. (2012). *Dynamics of Structures* (4th ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Cook, D. J. ve Das, S. K. (2007). How smart are our environments? An updated look at the state of the art. *Pervasive and Mobile Computing*, 3(2), 53-73. <https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2006.12.001>
- DFROBOT. (n.d.). *Analog Water Sensor Gravity: Technical Manual*. Erişim adresi: <https://wiki.dfrobot.com>. Erişim tarihi: 05 May 2025

- Dizon, J. (2020). Arduino-based Disaster Management Alarm System with SMS. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 2(1). <https://doi.org/10.18196/jrc.2147>
- Elegoo Inc. (n.d.). *Arduino UNO R3 Board Technical Specifications*. Erişim adresi: <https://www.elegoo.com>. Erişim tarihi: 05 May 2025
- European Commission. (2020). *GLOFAS: Global Flood Awareness System*. Erişim adresi: <https://www.globalfloods.eu>. Erişim tarihi: 11 Nisan 2025
- Fildes, B. N., Deery, H., Lenard, J., Kenny, D., Edwards-Coghill, K. ve Jacobsen, S. (1996). *Effectiveness of airbags in Australia. Proceedings of the 15th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV)* içinde (pp. 873-880). Melbourne, Australia: National Highway Traffic Safety Administration.
- Günay, A. ve Demir, Ö. (2019). *Yapay Zeka Uygulamaları ve Nesnelerin İnterneti*. Ankara: Ankara Üniversitesi Yayınları.
- Habib, M. R., Yusuf, M. A., Warnasuriya, W. N., Sunny, K., Rahaman, M. M., Khan, M. R. K., ve Alam, M. T. (2024). *A comprehensive review on the advancement of home automation system. 2024 Second International Conference on Intelligent Cyber Physical Systems and Internet of Things (ICoICI)* içinde (pp. 638–642). IEEE.
- Hikmaturokhman, A. (2014). *Learning IoT: Basic experiments of home automation using ESP8266, Arduino, and XBee*. Penerbit Nulis Buku.
- Hirano, Y., Nakamura, S., Togawa, T., Fujita, S. ve Adachi, K. (2021). Smart community recovering from the tsunami-disaster: Case study of the community energy supply project in Shinchu Town, Fukushima. *Global Environmental Research*, 24(2), 199-206.
https://www.nies.go.jp/social/en/publications/abstract/k570sg0000009nl0-att/Smart_Community_Recovering_from_the_Tsunami_Disaster.pdf
- Janiesch, C., Zschech, P., ve Heinrich, K. (2021). Machine learning and deep learning. *Electronic markets*, 31(3), 685-695.
- Johnson, M. E. ve Roberts, K. (2019). Building materials for flood-resistant construction: A comprehensive review. *Construction and Building Materials*, 204, 365-375.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.01.073>
- Jones, T. ve Smith, R. (2021). Static sensor networks in smart homes for disaster resilience: Limitations and future directions. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 58, 102180. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102180>
- Khajeh-Hosseini, A., Greenwood, D. ve Sommerville, I. (2020). The Cloud Adoption Toolkit: Supporting Cloud Adoption Decisions in the Enterprise. *Software: Practice and Experience*, 50(8), 1351-1376. <https://doi.org/10.1002/spe.2761>

- Khajehzadeh, M. ve Vale, B. (2023). Challenges in AI integrated disaster resistant housing design. *Journal of Building Engineering*, 70, 106520. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.106520>
- Kim, H. S. (2020). Development of seismic response simulation model for building structures with semi-active control devices using recurrent neural network. *Applied Sciences*, 10(11), 3915. <https://doi.org/10.3390/app10113915>
- Kim, J. ve Nakamura, T. (2022). Architectural adaptation to seismic risk: Embedding reactive elements in smart homes. *Earthquake Engineering Frontiers*, 28(4), 205-228.
- Kobayashi, H. ve Takahashi, M. (2010). Intelligent seismic isolation system using air bearings and earthquake early warning. *Automation in Construction*, 19(3), 295-305. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.11.004>
- Kumar, A. ve Singh, R. (2021). Machine learning: Algorithms, real world applications and research directions. *SN Computer Science*, 2(3), 1-14.
- Kumar, R. ve Patel, S. (2019). Smart early warning systems for flood risk mitigation. *Environmental Science and Policy*, 92, 40-50. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.11.009>
- Kwon, H. ve Lee, S. (2020). Inflatable foundation systems for earthquake-resilient structures. *Engineering Structures*, 223, 111147. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.111147>
- Lee, D. ve Park, H. (2018). Integration of IoT sensors and AI for real time flood monitoring and control. *Sensors*, 18(7), 2241. <https://doi.org/10.3390/s18072241>
- Lee, H. J. ve Park, C. H. (2019). Sensor based hazard mitigation in intelligent residential architecture. *Sensors and Actuators A: Physical*, 295, 77-88. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2019.05.003>
- Lee, J., Bagheri, B. ve Jin, C. (2016). Introduction to cyber manufacturing. *Manufacturing Letters*, 8, 11-15. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2016.05.002>
- Li, X., Teo, C., Marikyan, D. ve Ilkilic, O. (2022). Mapping two decades of smart home research: A systematic scientometric analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 175, 121-134.
- Li, X., Wang, Z. ve Chen, Y. (2022). Deep learning-based seismic early warning system using historical earthquake data. *Seismological Research Letters*, 93(1), 55-67.
- Lin, J. F., Li, X. Y., Wang, J., Wang, L. X., Hu, X. X. ve Liu, J. X. (2021). Study of building safety monitoring by using cost-effective MEMS accelerometers for rapid after-earthquake assessment with missing data. *Sensors*, 21(21), 7327. <https://doi.org/10.3390/s21217327>

- Lu, Q., Xie, X., Heaton, J., Parlikad, A. K. ve Schooling, J. (2020). From BIM towards digital twin: Strategy and future development for smart asset management. *Automation in Construction*, 118, 103277. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103277>
- Lyu, H. (2020). Integration of artificial intelligence and home automation systems for disaster resilience. *Automation in Construction*, 119, 103312. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103312>
- Makris, N., ve Vassiliou, M. F. (2013). Planar rocking response and stability analysis of an array of free-standing columns capped with a freely supported rigid beam. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 42(3), 431-449.
- Martin, C. (2019). Mapping urban resilience to disasters A review. *Journal of Urban Resilience Studies*, 1(2), 45-60.
- Martinez, F. J. (2019). Earthquake resistant smart home technologies: A review. *Structural Control and Health Monitoring*, 26(7), e2345. <https://doi.org/10.1002/stc.2345>
- Martínez, F. J., Tohănean, D. ve Cano, J. C. (2019). Smart airbag system to improve earthquake resilience in buildings. *Engineering Structures*, 183, 393-404. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.12.034>
- Martinez, J. R. (2019). Adaptive airbag systems for seismic protection in residential buildings. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 38, 101-115. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101115>
- Martínez, R. J. ve Delgado, F. J. (2019). Seismic protection enhancement using smart airbag technology: A simulation-based approach. *Automation in Construction*, 106, 102862. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102862>
- Mendez, J. M. (2017). *Flood monitoring and early warning system using ultrasonic sensor. Proceedings of the 2017 International Conference on Information Technology and Digital Applications (ICITDA), IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 195, 012042 içinde
- Mennicken, S., ve Huang, E. M. (2012). *Hacking the natural habitat: An in-the-wild study of smart homes, their development, and the people who live in them. International Conference on Pervasive Computing* içinde (pp. 143-160). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Mennicken, S., Vermeulen, J., ve Huang, E. M. (2014). *From today's augmented houses to tomorrow's smart homes: New directions for home automation research. Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing* içinde (pp. 105-115).

- Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrini, F. ve Chlamtac, I. (2012). Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad Hoc Networks*, 10(7), 1497-1516. <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2012.02.016>
- Monk, S. (2017). *Programming Arduino: Getting Started with Sketches* (2nd ed.). New York: McGraw Hill Education.
- Mozer, M. C. (1998). *The neural network house: An environment that adapts to its inhabitants*. *AAAI Spring Symposium on Intelligent Environments* içinde (Cilt 58, ss. 110-114).
- Nahata, D., Mulchandani, H. K., Bansal, S., ve Muthukumar, G. (2019). Post earthquake assessment of buildings using deep learning. *arXiv preprint arXiv:1907.07877*.
- Patel, R., Singh, A. ve Kumar, V. (2023). Integration of AI and IoT for structural damage reduction in natural disasters. *Journal of Structural Engineering*, 149(3), 112-125. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0003054](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0003054)
- Ramirez, B. J. ve Gupta, V. (2018). Energy absorption and low velocity impact response of open-cell polyurea foams. *arXiv preprint arXiv:1810.03705*. <https://arxiv.org/abs/1810.03705>
- Rashidi, P. ve Cook, D. J. (2009). Keeping the resident in the loop: Adapting the smart home to the user. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part A: Systems and Humans*, 39(5), 949-959. <https://doi.org/10.1109/TSMCA.2009.2027954>
- Rezvani, S. M. H., Falcão, M. J., Komljenovic, D. ve Marques de Almeida, N. (2023). A systematic literature review on urban resilience enabled with asset and disaster risk management approaches and GIS-based decision support tools. *Applied Sciences*, 13(4), 2223. <https://doi.org/10.3390/app13042223>
- Roy, S. ve Ghosh, A. (2020). Application of IoT in flood detection and water monitoring systems. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(5), 456-462.
- Schmidhuber, J. (2015). Deep learning in neural networks: An overview. *Neural Networks*, 61, 85-117.
- Sepasgozar, S., Karimi, R., Farahzadi, L., Moezzi, F., Shirowzhan, S., Ebrahimzadeh, S. M. ve Hui, F. (2020). A systematic content review of artificial intelligence and the Internet of Things applications in smart home. *Applied Sciences*, 10(9), 3074. <https://doi.org/10.3390/app10093074>
- Shaikh, F. K., Zeadally, S. ve Exposito, E. (2017). Enabling technologies for green internet of things. *IEEE Systems Journal*, 11(2), 983-994. <https://doi.org/10.1109/JSYST.2014.2315703>

- Singh, R. ve Patel, D. (2021). Integrating machine learning for flood prediction in remote areas. *Journal of Disaster Risk Reduction*, 62, 102401.
- Smith, D., Chen, Y. ve Rogers, P. (2019). NASA airbag technology applications in civil engineering. *Aerospace Applications Journal*, 18(3), 203-215.
- Smith, J. A. ve Wang, L. (2020). Flood prediction models using artificial intelligence: A review. *Journal of Hydrology*, 582, 124512. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124512>
- Smith, J., Taylor, R. ve Brown, M. (2019). Sustainable smart homes: Monitoring and reducing resource consumption. *Energy and Buildings*, 190, 171-182. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.02.034>
- Sulistyowati, R. (2016). River water level monitoring system based on android-based wireless sensor networks for early flood warning. *International Journal of Engineering and Technology*, 8(2), 123-130.
- Umale, S., Hauschild, H., Humm, J., Driesslein, K., ve Yoganandan, N. (2019). Effectiveness of center-mounted airbag in far-side impacts based on THOR sled tests. *Traffic injury prevention*, 20(7), 726-731.
- Wang, C., Zhao, J. ve Chan, T. M. (2023). Artificial intelligence (AI)-assisted simulation-driven earthquake-resistant design framework: Taking a strong back system as an example. *Engineering Structures*, 297, 116892. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2023.116892>
- Wang, Y. ve Yang, M. (2021). Disaster-resilient smart home systems based on AI: A case study approach. *Journal of Building Engineering*, 44, 103326. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.103326>
- Wilson, C., Hargreaves, T. ve Hauxwell-Baldwin, R. (2017). Benefits and risks of smart home technologies. *Energy Policy*, 103, 72-83. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.01.032>
- Xu, T., Shen, W., Lin, X. ve Xie, Y. M. (2020). Mechanical properties of additively manufactured thermoplastic polyurethane (TPU) material affected by various processing parameters. *Polymers*, 12(12), 3010. <https://doi.org/10.3390/polym12123010>
- Yang, R. ve Newman, M. W. (2013). *Learning from a learning thermostat: Lessons for intelligent systems for the home. Proceedings of the 2013 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing* içinde (ss. 93-102). <https://doi.org/10.1145/2493432.2493489>
- Yılmaz, A. ve Ersoy, C. (2020). *Akıllı Ev Sistemleri: Tasarım ve Uygulama*. İstanbul: Teknik Yayınları.

Yu, R., Shen, S. ve Yang, H. (2020). *Artificial intelligence in green building design: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 133*, 110257. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110257>

Yüksekkaya, B., Kayalar, A. A., Tosun, M. B., Özcan, M. K. ve Alkar, A. Z. (2006). A GSM, internet and speech controlled wireless interactive home automation system. *IEEE Transactions on Consumer Electronics, 52(3)*, 837-843. <https://doi.org/10.1109/TCE.2006.1702741>

Zhao, L. ve Ibrahim, K. (2020). Air cushion systems in resilient architecture: A new paradigm. *International Journal of Structural Protection, 9(1)*, 33-59.

Ziefle, M. ve Röcker, C. (2011). Akıllı evlerde tıbbi teknoloji: Kullanıcının mahremiyet, samimiyet ve güven perspektifinin incelenmesi. *UbiComp 2011 Tamamlayıcı Bildiri Kitabı* içinde (ss. 277–278). Pekin, Çin.

