

T.C.

ALTINBAŞ ÜNİVERSİTESİ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği

ENDÜSTRİ 4.0 VE YAPAY ZEKA UYGULAMALARININ GÜÇ TRAFOLARI ÜRETİM MONTAJ ÇALIŞMALARINDA FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME METODU KULLANILARAK İSG VE ÜRETİME OLAN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Fatih ERDOĞAN

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Yavuz Çağlar CERŞİT

İstanbul, 2022

ENDÜSTRİ 4.0 VE YAPAY ZEKA UYGULAMALARININ GÜÇ TRAFOLARI ÜRETİM MONTAJ ÇALIŞMALARINDA FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME METODU KULLANILARAK İSG VE ÜRETİME OLAN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Fatih ERDOĞAN

Endüstri Mühendisliği

Yüksek Lisans Tezi

ALTINBAŞ ÜNİVERSİTESİ

2022

Fatih ERDOĞAN tarafından hazırlanmış ve 15.08.2022 tarihinde sunulmuş "ENDÜSTRİ 4.0 VE YAPAY ZEKA UYGULAMALARININ GÜÇ TRAFOLARI ÜRETİM MONTAJ ÇALIŞMALARINDA FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME METODU KULLANILARAK İSG VE ÜRETİME OLAN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ" başlıklı tez Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak **oy birliği** ile kabul edilmiştir.

_____

Dr. Öğr. Üyesi Yavuz Çağlar CERŞİT

Danışman

Tez Savunma Sınavı Jüri Üyeleri:

Dr. Öğr. Üyesi Yavuz Çağlar CERŞİT	Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Altınbaş Üniversitesi	
Dr. Öğr. Üyesi Engin SANSARCI	Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Altınbaş Üniversitesi	_____
Dr. Öğr. Üyesi Ali İhsan ÖZEROĞLU	İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, İstanbul Rumeli Üniversitesi	_____

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak bütün şartları sağladığını beyan ederim.

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü kabul tarihi:

____/____/____

Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik davranışlara uygun olarak edinildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bu kuralların ve davranışların gerektirdiği şekilde, bu çalışmada, orijinal olmayan tüm materyalleri ve sonuçları tamamen alıntı yaptığımı ve referans gösterdiğimi de beyan ederim.

Fatih ERDOĞAN

İTHAF

Yüksek Lisans bitirme tezimde çalışmam süresince bana her türlü yardım ve destek sağlayan, bilgi ve tecrübeleri ile çalışmamı aydınlatan ve yol gösteren başta çok değerli Sayın Dr. Öğr. Üyesi Yavuz Çağlar CERŞİT hocam ’a, gerek ders döneminde gerek tez dönemindeki destekleri için dönem arkadaşım Aykut ATAPEK ’e, BEST AR-GE Müdürü A. Kerem KÖSEOĞLU başta olmak üzere AR-GE ekibine, Güç Trafoları Üretim Yöneticisi Orhan ZORLU ve çalışanlarına sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Bu Yüksek Lisans Tezimi; çalışmam süresi boyunca özellikle manevi yardımlarını esirgemeyen ve bana hep destek olan sevgili eşim Ayşin ERDOĞAN ve kızım Simay ’a ithaf ediyorum.

ÖZET

ENDÜSTRİ 4.0 VE YAPAY ZEKA UYGULAMALARININ GÜÇ TRAFOLARI ÜRETİM MONTAJ ÇALIŞMALARINDA FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME METODU KULLANILARAK İSG VE ÜRETİME OLAN ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

ERDOĞAN, Fatih

Yüksek Lisans, Endüstri Mühendisliği, Altınbaş Üniversitesi,

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Yavuz Çağlar CERŞİT

Tarih: Ağustos, 2022

Sayfa Sayısı: 109

Almanya tarafından 2011 yılında "2020 İleri Teknoloji Projesi" ismiyle ilk kez sunulan Endüstri 4.0, bir sanayi devrimi olarak ortaya çıkmıştır. Sonrasında 2016 yılına gelindiğinde Davos Zirvesi'nin de ana gündem maddesi olarak seçilmiş ve geleceğin sanayi devriminin evrileceği aşama olması beklenen büyük bir değişim projesidir.

Buhar makinesinin 1712 yılında bulunmasıyla başlayan endüstri devrimi aşamaları, 1882'de Edison'un elektriği kullanması ve elektriğin makinelere aktarılması ile Almanya, ABD ve İngiltere gibi ülkelerin fabrikalarda seri üretime geçmeleri sonucunda gelişimini sürdürerek Endüstri'nin ikinci aşamasına geçilmesine neden olmuştur.1970'li yıllarda üretim hatlarının otomatikleşmesi ve dijitalleşmenin elektronik ile buluşması sonrasında endüstri devrimi artık üçüncü aşamasına geçtiğini ilan ederek , bilgisayar ve 3D yazıcıların da sürece dahil olmasıyla birlikte Endüstri 4.0 sürecinin temellerinin atılmasına imkan sağlamıştır.

Endüstri 4.0 süreci ile birlikte yazılım sistemlerinin öneminin artması sonucu Yapay zeka teknolojileri üzerine yoğunlaşılması da hız kazanmıştır. Endüstri 4.0 modelinde kullanılan uygulamalardan olan RFID etiketlerle üretim süreçlerinin ilk aşamasından son aşamasına kadar izlenebilmesine ek olarak, kameralara entegre edilebilen Yapay Zeka algoritmaları sayesinde üretim alanlarının anlık 360 derece izlenebilmesi ve geri bildirim alınabilmesi mümkün olabilmektedir. Bununla birlikte eğitilebilen modeller vasıtasıyla, sistemler

geleceğe dair hem üretim hem de İş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alanlarında öngörülerde bulunarak üretim kayıplarının önüne geçilebildiği gibi riskler daha ortaya çıkmadan tehlike kaynağında yok edilebilecektir.

Üretim alanlarında oluşan kayıpların önemli nedenlerinden biri olan iş kazaları, Endüstri 4.0 ve Yapay Zeka Teknolojileri sayesinde büyük ölçüde engellenebilecektir. Dünyada hergün çalışma koşullarındaki eksiklik ve alınmayan tedbirler nedeniyle çok sayıda insan iş kazalarına ve meslek hastalıklarına maruz kalmaktadır. Bunun sonucunda ortaya çıkan üretim kayıpları, yaralanmalar, ölümler ve sonrasında işletmelere olan maddi manevi tazminat davaları gibi hukuki süreçler düşünüldüğünde, Endüstri 4.0 ve Yapay zeka teknolojilerinin tüm bu sorunları büyük ölçüde önleyebilecek olması nedeniyle ne kadar önemli olduğunu bir kez daha göstermektedir.

Endüstri 4.0 ve Yapay Zeka Teknolojilerinin sağlamış olduğu tüm bu olanaklar, ülkeler ve firmaların İş kazalarının önlenmesi ve üretimdeki verimliliğin artması sebebiyle bu alanda yatırım yapmalarına neden olabilecektir. Yüksek kalite ve düşük hata oranı sayesinde üretimdeki kayıpların azalması, İş Sağlığı ve Güvenliği alanındaki sürdürülebilirlik ve kar oranlarının artması sonucu yapılan yatırımın kısa zamanda işletmelere dönmesi ile mümkün olabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Yapay Zeka, İş Sağlığı ve Güvenliği, Güç Trafoları, Fine Kinney Risk Değerlendirmesi.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF INDUSTRY 4.0 AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON EHS AND PRODUCTION USING FINE KINNEY RISK ASSESSMENT METHOD IN POWER TRANSFORMER PRODUCTION ASSEMBLY STUDIES

ERDOĞAN, Fatih

M.Sc., Industrial Engineering, Altınbaş University,

Supervisor: Dr. Yavuz Çağlar CERŞİT

Date: August, 2022

Pages: 109

Industry 4.0 first emerged in 2011 as an industrial revolution presented by Germany as the "2020 Advanced Technology Project". It is a major change project that was selected as the main agenda item at the Davos Summit in 2016 and is expected to be the stage where the industrial revolution of the future will evolve.

The industrial revolution stages, which started with the invention of the steam engine in 1712, continued its development as a result of Edison's use of electricity in 1882 and the transfer of electricity to the machines, and as a result of the mass production in the factories of countries such as Germany, the USA and England, it led to the transition to the second stage of the Industry. After the automation of production lines and the meeting of digitalization with electronics in years, the industrial revolution has now passed its third stage, and with the inclusion of computers and 3D printers in the process, it has enabled the foundations of the Industry 4.0 process to be laid.

As a result of the increasing importance of software systems with the Industry 4.0 process, the focus on Artificial intelligence technologies has also gained momentum. In addition to monitoring the production processes from the first to the last stage with RFID tags, one of the applications used in the Industry 4.0 model, it is possible to instantly monitor production areas in 360 degrees and receive feedback thanks to Artificial Intelligence algorithms that

can be integrated into the cameras. However, by means of models that can be trained, the systems will be able to prevent production losses by making predictions about the future in both production and Occupational health and safety measures, and risks can be eliminated at the source of danger before they occur.

Occupational accidents, which are important causes of losses in production areas, can be prevented to a large extent by Industry 4.0 and Artificial Intelligence Technologies. While the fact that 11 work accidents occur every second in the world on average, and the resulting legal processes such as production losses, injuries, deaths and financial and moral compensation cases to businesses are considered, Industry 4.0 and Artificial intelligence technologies can prevent all these problems to a large extent. It shows once again how important it is.

All these opportunities provided by Industry 4.0 and Artificial Intelligence Technologies may cause countries and companies to invest in this field due to the prevention of occupational accidents and the increase in productivity in production. Thanks to the high quality and low error rate, it will be possible to return the investment made to the enterprises in a short time as a result of the decrease in losses in production, the increase in sustainability and profit rates in the field of Occupational Health and Safety.

Keywords: Industry 4.0, Artificial Intelligence, Occupational health and Safety, Power Transformers, Fine Kinney Risk Assessment

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **vi**
ABSTRACT ..... **viii**
İÇİNDEKİLER ..... **x**
TABLO LİSTESİ ..... **xiv**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xv**
KISALTMALAR ..... **xvii**
1. GİRİŞ **1**
2. ENDÜSTRİ 4.0 VE YAPAY ZEKA UYGULAMALARI **3**

2.1 ENDÜSTRİ 4.0 ..... **3**
2.1.1 Endüstri 4.0 Kavramı ve Ortaya Çıkışı 3
2.1.2 Endüstri 4.0 Devriminin Ayırt Edici Özellikleri 6
2.1.3 Endüstri 4.0 Devriminin Bileşenleri 7
2.1.3.1 Nesnelerin interneti 8
2.1.3.2 Siber fiziksel sistemler 10
2.1.3.3 Akıllı fabrikalar 12
2.1.3.4 Büyük veri 14
2.1.3.5 Bulut bilişim 17
2.1.3.6 Siber güvenlik 18
2.1.3.7 Akıllı robotlar ve yapay zekâ 20
2.1.3.8 Üç boyutlu yazıcılar 22
2.1.3.9 Yatay ve dikey sistemler entegrasyonu 23
2.1.3.10 Zenginleştirilmiş gerçeklik 24
2.1.3.11 Simülasyon 26

2.2 YAPAY ZEKA **27**
2.2.1 Yapay Zekânın Tarihçesi 32
2.2.2 Yapay Zekâya Yönelik Yaklaşımlar 36
2.2.2.1 Sembolik ve numerik yapay zekâ paradigmaları 36
2.2.2.2 Dar yapay zekâ 40
2.2.2.3 Genel yapay zekâ 41
2.2.2.4 Süper yapay zekâ 42
2.2.3 Sosyal Bilimlerde Yapay Zekâ Teknolojisinin Yeri 43
2.2.4 Yapay Zekânın Uygulama Alanları 45
2.2.4.1 Sağlık uygulamalarında yapay zekâ 45
2.2.4.2 Eğitim uygulamalarında yapay zekâ 46
2.2.4.3 Finans alanında yapay zekâ 47
2.2.4.4 Ulaşım araçlarında yapay zekâ 47
2.2.4.5 Hukuk alanında yapay zekâ 48
2.2.4.6 Siber güvenlik alanında yapay zekâ 50
2.2.4.7 Askeri teknolojilerde yapay zekâ 50
2.2.4.8 İş sağlığı ve Güvenliği alanındaki yapay zekâ uygulamaları 52
3. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ 57
3.1 İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ **57**
3.2 İŞ KAZALARINI ETKİLEYEN UNSURLAR **57**
3.2.1 İş Kazası 57
3.2.2 Fiziksel Faktörler 58

3.2.2.1 Gürültü 58
3.2.2.2 Aydınlatma ve aydınlatma çeşitleri 60
3.2.2.3 İyonize ve iyonize olmayan ışınlar 61
3.2.2.4. Basınç 63
3.2.2.5 Titreşim 64
3.2.2.6 Termal konfor 66
3.2.3 Kimyasal Faktörler 68
3.2.4 Biyolojik Faktörler 69
3.2.5 Psikososyal Faktörler 70
3.2.6 Ergonomik Faktörler 71
4. TRANSFORMATÖRLER 72
4.1 GİRİŞ **72**
4.2 TRANSFORMATÖR TANIMI **73**
4.3 TRANSFORMATÖRLERİN YAPILARI **73**
4.4 TRANSFORMATÖRLERİN EN ÖNEMLİ ÖZELLİKLERİ VE GÖREVLERİ **73**
4.5 TRANSFORMATÖRLERİN ÇALIŞMA PRENSİBİ **74**
4.6 TRAFOLARI SINIFLAMA **74**
4.7 GÜÇ TRANSFORMATÖRLERİ **76**
4.7.1 Oto Transformatörler 76
4.7.2 Yükseltici Transformatörler 77
4.7.3 Raylı Sistem Transformatörleri 78
4.7.4 Mobil Transformatörler 78

4.8 GÜÇ TRANSFORMATÖRLERİ ÜRETİM MONTAJ ÇALIŞMALARI **79**
4.8.1 Montaj Hazırlık ve Alt Taban İzolasyon İşlemi 79
4.8.2 Bobin Geçirme İşlemi 81
4.8.3 Üst Taban İzolasyon İşlemi 82
4.8.4 Üst Boyunduruk Saç Dizim İşlemi 83
4.8.5 AG-YG Ara Bağlantı İşlemi 84
4.8.6 Fırın Sonrası Kuru Sıkım İşlemi 85
4.8.7 Aktif Kısmın Trafo Kazanına Yerleştirilmesi 86
5. FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME METODU 87
5.1 FİNE KİNNEY RİSK ANALİZİ AMAÇLARI **87**
5.2 TANIMLAR **88**
5.3 YÖNTEM VE ADIMLAR **89**
5.3.1 Tehlikelerin Tanımlanması; 89
5.3.2 Risk Değerlendirme Matrisi 90
5.3.3 Risk Değeri 91
5.3.4 Kontrol Tedbirlerine Karar Verilmesi 91
5.4 UYGULAMA **92**
6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME 93
REFERANSLAR 98

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1: Sembolik Yapay Zekânın Çalışma Prensibi 37

Tablo 5.1: Risk Değerlendirme Matrisi 90

Tablo 5.2: Risk Değeri Belirleme Matrisi 91

Tablo 6.1: GT Montaj Çalışmaları Fine Kinney Risk Değerlendirmesi 94-95

Tablo 6.2: Risk Değerlendirmesi Özet Sonuç Tablosu 96

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Endüstri 4.0 Devriminin Bileşenleri. 8
Şekil 2.2: Nesnelerin İnterneti 9
Şekil 2.3: Siber Fiziksel Sistemler 11
Şekil 2.4: Akıllı Fabrikalar 13
Şekil 2.5: Büyük Veri 15
Şekil 2.6: Bulut Bilişim 17
Şekil 2.7: Yapay Zeka Sophia 20
Şekil 2.8: Üç Boyutlu Yazıcılar 22
Şekil 2.9: Zenginleştirilmiş Gerçeklik 25
Şekil 2.10: Simülasyon 27
Şekil 2.11: Yapay Zekâ Yaklaşımları. 39
Şekil 2.12: Ulaşım Araçlarında Yapay Zekâ 48
Şekil 2.13: Askeri Teknolojilerde Yapay Zekâ 52
Şekil 2.14: Elektrik Çalışmalarında Yapay Zeka (AYVOS) 54
Şekil 2.15: Gerçek Zamanlı Personel Ekipman Kontrolü (Huawei -Wesight) 55
Şekil 2.16: Alan İhlali Tespiti (Huawei -Wesight) 55
Şekil 2.17: İnsan-Forklift Yakınlaşma Tespiti (EventGate) 56
Şekil 2.18: Tepe Vinç Emniyeti (EventGate) 56
Şekil 4.1 : Oto Transformatörler 77
Şekil 4.2 : Yükseltici Transformatörler 77
Şekil 4.3 : Raylı Sistem Transformatörleri 78
Şekil 4.4 : Mobil Transformatörler 79
Şekil 4.5 : Montaj Hazırlık ve Alt Sehpa Yerleştirme İşlemi 80
Şekil 4.6 : Alt Taban İzolasyon İşlemi 80
Şekil 4.7 : Bobin Geçirme İşlemi 81
Şekil 4.8 : Üst Taban İzolasyon İşlemi 82
Şekil 4.9 : Üst Boyunduruk Saç Dizim İşlemi 83
Şekil 4.10: AG Ara Bağlantı İşlemi 84
Şekil 4.11: YG Ara Bağlantı İşlemi 84

Şekil 4.12: Fırın Sonrası Kuru Sıkım İşlemi 79
Şekil 4.13: Fırın Sonrası Kuru Sıkım İşlemi 85
Şekil 4.14: Aktif Kısmın Trafo Kazanına Yerleştirilmesi 86
Şekil 5.1 : Risk Değerlendirme Adımları 89

KISALTMALAR

AC : Alternatif Akım

AG : Alçak Gerilim

AR-GE : Araştırma Geliştirme

ATR : Average True Range - Otomatik Hedef Tanıma

AWS : Autonomous Weapon Systems- Özerk Silah Sistemleri

GT : Güç Trafoları

GSM : Global System for Mobile Communications - Mobil iletişim için küresel sistem

IOT : Internet of Things – Nesnelerin İnterneti

IPC : Industrial PC - Endüstriyel PC

IQ : Intelligence Quotient- Zekâ Katsayısı

İSG : İş Sağlığı ve Güvenliği

KKD : Kişisel Koruyucu Donanım

NAI : Numeric Artificial Intelligence - Sayısal Yapay Zeka

PAC : Programmable Automation Controller - Programlanabilen Otomasyon Kontrolör

PLC : Programmable Logic Controller - Programlanabilir Mantıksal Denetleyici

RFID : Radio Frequency Identification - Radyo Frekansı ile Tanımlama Teknolojisi

SAI : Symbolic Artificial Intelligence - Sembolik Yapay Zeka

SAP : Systemanalyse und Programmentwicklung - Sistemanaliz ve Programlama

UNCCW: BM Konvansiyonel Silahlar Sözleşmesi

TOBB : Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği

YG : Yüksek Gerilim

YZ : Yapay Zeka

1. GİRİŞ

Günümüzde sanayi devriminin son aşaması olarak kabul edilen ve halen geçiş sürecinde olan Endüstri 4.0 devrimi ile üretim süreçlerindeki hata ve kayıpların azaltılarak verimliliğin arttırılması, sürecin yapay zeka teknolojileri ile de desteklenerek işletmelerde yaşanan iş kazaları ve meslek hastalıklarından kaynaklı zararların engellenmesi veya önemli ölçüde azaltılması hedeflenmektedir.

Bir transformatör fabrikası Güç Trafoları Montaj işlemlerinin incelendiği bu çalışmada Fine Kinney Risk değerlendirme yöntemi kullanılarak, yapılan çalışmaların İş Sağlığı ve Güvenliği ve üretime olan etkileri mevcut durumdaki tedbirler sonrası ile Endüstri 4.0 ve Yapay Zeka Teknolojileri kullanılarak alınabilecek tedbirler sonrası olmak üzere iki aşamada analizi yapılmıştır.

Bu çalışmada amaç; Endüstri 4.0 ve Yapay Zeka teknolojileri uygulamaları ile işletmede iş kazaları ve meslek hastalıklarına neden olabilecek tehlike ve riskleri azaltarak sonucunda doğabilecek zararları engellemek, aynı zamanda üretimde oluşabilecek kayıpları azaltarak verimliliği ve kaliteyi arttırabilmektir. Çalışanların ve işletmenin korunması sağlanabildiği takdirde üretimin de olumlu yönde etkilenmesi hedeflenmektedir.

Literatürde trafo montaj çalışmalarının Endüstri 4.0 ve Yapay Zeka uygulamaları ışığında incelenmemiş olması, çalışmaların proses bazlı İş sağlığı ve Güvenliği ile üretim yönünden detaylı analizlerinin bulunmaması, işletmenin Endüstri 4.0 sürecine geçebilmesi için temel oluşturabilecek ön çalışma olabilmesi nedenleriyle seçilen konu üzerinde çalışılmıştır. Örnek model olarak seçilen Güç Trafoları Montaj Çalışmalarından yola çıkarak tüm işletme üretim süreçlerine çalışmanın uygulanabilmesi ve Fine Kinney Risk Değerlendirme yönteminin Endüstri 4.0 ve Yapay Zeka uygulamaları tedbirleri dikkate alınarak uygulanması ile de bilime katkı sağlanması hedeflenmektedir.

Bu çalışma 6 ana başlıkta incelenmiştir; Çalışmanın birinci bölümü olan giriş bölümünde çalışmanın amacı ve bilime olan katkısı hakkında kısa bir bilgilendirme yapıldıktan sonra, ikinci bölümde Endüstri 4.0 ve Yapay Zeka Uygulamaları hakkında bilgiler verilerek, gelişim süreçleri, Endüstri 4.0 bileşenleri ile Yapay Zeka Uygulama alanları hakkında bilgilere yer verilecektir. Üçüncü bölüm içinde İş Sağlığı ve Güvenliği ile İş Kazası tanımları yapılacak olup, İş kazalarını etkilyen faktörler detaylı olarak incelenecektir. Dördüncü

bölümde ise Transformatörlerin tanımı, kullanım amaçları, sınıfları ve Güç Trafoları Üretim Montaj çalışma aşamaları hakkında açıklamalara yer verilecektir. Beşinci bölümde Fine Kinney Risk Değerlendirme Yöntemi methodu açıklanarak, method içinde kullanılan tanımlamalara yer verilerek yöntem ve adımlar belirlenecektir. GT Montaj çalışmaları için risk değerlendirme uygulaması yapılacak olup, çalışmalarda belirlenen tehlikeler mevcut durumdaki tedbirler ve Endüstri 4.0 ve Yapay Zeka Uygulamaları sonrası alınabilecek tedbirler olmak üzere iki aşamada analiz edilecektir. Sonuç bölümü olan altıncı bölüm ile birlikte yapılan çalışmanın değerlendirmesi yapılarak bulgularda ve önerilerde bulunulacaktır.

2. ENDÜSTRİ 4.0 VE YAPAY ZEKA UYGULAMALARI

2.1 ENDÜSTRİ 4.0

2.1.1 Endüstri 4.0 Kavramı ve Ortaya Çıkışı

Bilgi teknolojileri Almanya ve Amerika' nın öncülük ettiği Avrupa ülkelerinde 1970 yılı ikinci çeyreğinde sanayi maliyetlerinin yükselmesi nedeniyle önem kazanmıştır. Bunun etkisiyle, yaygın olan sanayi odağındaki kitlesel üretim yerine teknoloji ön plana çıkmış ve elektronik alandaki sektörlere yönelim sonucunu doğurmuştur [1]. Otomasyon döneminin bu yıllarda başlaması ve sonrasında bilgi teknolojileri ile elektronik sistemlerin gelişmesi sonucu üretimde yeni bir döneme geçilmesine neden olmuştur. Bu dönem sonrasında 1990' lı yıllara gelindiğinde globalleşme ivme kazanarak firmalar yeni pazarlara açılmak ve bu hedef ile yeni pazarlardan düşük maliyetle kaliteli ürün elde etme amacına yönelmiştir. 1990 yılları ile bilgisayarların hayatımıza girmeye başlaması, internet ve taşınabilir telefonların da etkisiyle dünyanın en uzak köşesine ulaşmak kolay hale gelmiştir. Uzak doğu piyasasındaki ucuz işgücü fırsatları nedeniyle de özellikle Avrupa ülkeleri ve gelişmiş ülkeler tarafından üretim bu alana yönelmiştir [2]. Bu sayede dünyada oluşabilecek krizleri üretim maliyetlerini azaltarak fırsata çevirme olanağına kavuşmuş olacaklardı [3].

Sonrasında elektronik dijitalle buluşması ve yazılım sistemlerinin bilgisayar vasıtasıyla gelişme göstermesi ile birlikte sanayi üretimi için insanların hatalarını en aza indirerek üretilen üründen en kaliteliye ulaşma amacıyla 2011 yılında Almanya' nın öncülüğünü ettiği ve dünyanın en önemli sanayi fuarlarından olan Hannover fuarında Endüstri 4.0 kavramı ilk olarak "2020 İleri teknoloji Projesi" olarak sunulmuştur [4]. BOSH ve SAP AG gibi firmaların öncülüğünde 2012 yılında bu alanda çalışmalar yürütmek üzere bir grup oluşturulmuş ve bu grup çalışmaları sonucunda 2013 yılında on maddeden oluşan bir rapor hazırlayarak tüm dünyaya projeyi duyurmuştur [5]. Sonrasında 2016 yılına gelindiğinde Davos Zirvesinin de ana gündem maddesi Endüstri 4.0 kavramı olarak seçilmiştir. Bu zirvede yayımlanan rapora göre, on yıl içerisinde üretim sektörleri alanları olan; enerji, ulaştırma, tarım ve diğer ekonomik alanlarında önemli değişim ve yenilikler yapılacağı belirtilmiştir. Sanayi devrimine öncülük etmesi ve kavramın anavatanının doğuş yerinin ilk olarak Almanya olduğu bu sonuçlar ışığında kabul edilmektedir [6].

Endüstri 4.0 kavramını dünyaya duyuran Almanya bunun teorik anlamda liderliğini yaptığı gibi, uygulanabilirliğini göstermek, uygulayıcı kısmında da öncü olmak ve bunun üzerine çalışmalar yapabilmek amacıyla Siemens firmasının liderliğinde 20 firmanın da katılımıyla Almanya Yapay Zeka Araştırma Merkezi 'ni Almanya 'nın Kaiserslautern şehrinde kurarak küçük ölçekli ilk akıllı fabrikayı faaliyete geçirmiştir. Burada oluşturulmaya çalışılan Endüstri 4.0 devriminin sistemsel olarak işleyişinin testleri yapılmıştır. Sistemin arasında kuracağı bilgi alışverişinin nasıl ilerleyeceği, ürünler ile makinelerin uyumlu üretim aşamaları sabun şişeleri üretim örneği üzerinden test edilmiştir. Bunun için RFID etiket teknolojinden yararlanılarak sabun şişeleri üzerine iletişim ağını sağlaması maksadıyla yapıştırılmıştır. Etiketlerin yapıştırılmasındaki amaç sabun şişelerine aktarılan renk, hacim, boy ile ilgili bilgilerin makinelere taşınmasıydı. Bununla birlikte şişeler etiketlerde tanımlanan bilgiler dahilinde makinelerde göreceği işlemlerde farklılıklar da izlenebilecekti. Renkleri tanıma özelliğine göre ayırt edici bilgi olarak tanımlanan RFID etiketleri yardımıyla ilgili renkteki şişelere belirlenen sabunlar doldurulmuştur. Üretim sistemi RFID etiketleri vasıtasıyla verilen komutlar sayesinde otomatik olarak çalışmış ve istenen bilgiler makinelere aktarılmıştır [7]. Yapılan çalışma sonucunda sistemin çalışma mantığı ve işletilebilirliği gözlenmiş olup çalışma amacına ulaşmıştır.

Firmaların üretim aşamalarının optimizasyonun en uygun seviyelere çekilebilmesi, Endüstri 4.0 yardımıyla tüm aşamalarda verilerin en doğru bilgiyi elde edecek şekilde toplanması ve elde edilen bu bilgilerin analiz edilmesi ile mümkün olabilecektir. Böylece alınan bilgiler ışığında tüm üretim proseslerinde hedeflenen yarar sağlanabileceği gibi olası aksayan yönler veya eksiklikler tespit edilerek üzerine iyileştirme çalışmaları yapılabilecektir. Sistem tüm üretim aşamalarında kesintisiz ve planlanan sürelerde çalışırken, sisteme müdahale edilmesi gerekli durumlarda uzaktan erişim sağlanabilecektir. Bu amaçla fabrika çalışan bulunması sistemin devamlılığı açısından yeterli olabilecektir. Aynı zamanda üretimin planlanan şekilde ilerlemesi sebebiyle de makinelerdeki duruşlar nedeniyle oluşan kayıpların da engellenmesi sağlanacaktır. Bununla birlikte maliyetlerde azalma ve enerji tasarrufu sağlanmış olacaktır [8].

Endüstri 4.0'ın getirmiş olduğu bu imkanlar, ülkeler ile firmaların yatırımlarını bu alanda arttırmalarının bir nedeni olmuştur. Ülkeler ve firmaların bu devrim için yapmış oldukları

yatırımlar zamanla, işletim maliyetlerinin düşmesi sonucu artan verimlilik sayesinde kendi kendini telafi edebilmektedir [9].

Endüstrinin dördüncü devrimi sağladığı avantajlar açısında üretim sektörleri açısından farklılık göstermektedir. Tekstil, Otomotiv ve Gıda örneğinde ürün işlem çeşitliliğinin bol olduğu endüstriler, yüksek esneklik avantajlarından yararlanırken, ilaç sektörü gibi yüksek kalitenin sağlanması amacı ile çalışan endüstriler ise hata oranlarının daha azalmasını avantaja çevirmişlerdir [10].

Endüstride oluşturulmaya çalışılan dördüncü devrimin avantajları olabileceği gibi dezavantajları da vardır. Burada ilk sayılması gereken firmaların oluşturulmaya çalışılan sistem hakkında yeterince bilgiye ve donanıma sahip olmamasıdır. Bosch, Siemens gibi Almanya menşeili büyük firmalar, tecrübeleri sayesinde süreci en iyi şekilde ilerleten firmalar olmuşlardır. Bu firmalar, ellerindeki bilgileri en yeni teknolojilerle geliştirerek, yaşanan devrimde öncü plana çıkmayı amaçlamaktadır. Yaşanan ikinci zorluk, nitelikli iş gücüne duyulan ihtiyacın artması sebebiyle nitelikli olmayan iş gücü talebinin azalmasıdır. Firmaların ellerinde bulunan nitelikli olmayan bu iş gücünü ne şekilde kullanacaklarını bilmemeleridir. Yaşanan bir diğer olumsuzluk ise endüstrinin üçüncü devrimine uyum sağlayan firmaların, Endüstri 4.0 dönüşümüne uyum sağlamakta isteksiz durumda olmaları olarak belirtilebilmektedir. Dördüncü devrimin gerçekleşmesi sürecinde ortaya çıkmış en ciddi zorluk ise nitelikli personel kaynağı eksikliğidir. Endüstri 4.0 gelişimiyle birlikte bilişim alanları konusunda gelişmiş, akıllı sistemdeki makinelerin kontrolü ve yönetiminden sorumlu, bu üretim teknolojilerinin ortaya koyduğu verilerin analizini yapabilen büyük bir iş gücü de ortaya çıkmıştır. Dünyanın bu nitelikli personel kaynağını henüz karşılamış olduğu maalesef söylenememektedir [11].

Endüstri 4.0'ın amaçları; müşteri odaklı kişiselleştirilebilir üretim, üretim süreçlerinde otomasyon kullanımın artması, üretim sürecinin bölgeselleştirilmesi, çıkan ürünlerin kalitesinin arttırılması, kaynaklardan tasarruf sağlanması ve kaynakların daha verimli kullanılması olarak sıralanabilmektedir [12].

2.1.2 Endüstri 4.0 Devriminin Ayırt Edici Özellikleri

Buhar makinasının icadı ve mekanik dönüşüm ile başlayan sanayi devrim birinci aşaması sırasıyla seri üretime geçilmesi ve otomasyon sistemlerinin kullanılmasıyla üçüncü aşamaya geçmiş ve dördüncü sanayi devrimi yeni bir dönüşüm sürecini anlatabilmek maksadıyla kavramsal olarak tanımlanmak istenmiştir.

Devrimin ilk aşamasına üretimde kullanılan makinelerin su ve buhar gücü ile kullanılması sonucu başlanmıştır. Devrimin ikinci aşamasında ise sanayide elektriğin seri üretim içine dahil edilmesiyle geçilmiş ve elektronik sistemleri ile bilişim sistemlerinin gelişmesi sonucu otomasyon süreçlerine geçilmesi ile birlikte sanayide üçüncü devrim aşamasına geçilmiştir. Her sene dünyanın en önemli forumlarından biri olan Dünya ekonomik formunda da belirtildiği üzere Endüstri 4.0, Endüstri 3.0 'ın atmış olduğu temeller doğrultusunda, biyolojik, fiziksel ve sayısal alanlarının çizdiği sınırları kaldırarak teknoloji alanları arasında geçiş sağlamayı hedeflemektedir. Diğer üç devrim ile kıyaslandığında dördüncü devrimin daha hızlı tempoda ve doğrusal bir düzlemde evrilmediği görülmektedir. Bunun sonucunda dördüncü devrimin tüm sektör alanlarında üretim ve yönetim sistemlerini yıkıcı bir etki ile değişime zorladığını söylemek mümkündür [14].

Büyük çaplı firmaların üretim kapasitelerini gelenekselleşmiş uygulamalarla arttırma çabaları artık sanayi alanında kabul görmemektedir. Tedarikçiden başlayarak müşteriye kadar herkesin dahil olduğu bir sistemin ortaya konması son derece önemli ve ihtiyaç haline gelmiştir. Bilgi teknolojilerindeki gelişim ve bunun sanayi süreçlerine entegrasyonuna imkân veren Endüstri 4.0 devrimi ile bu soruna çözüm bulabilmek mümkün görünmektedir. Tedarik zincirinin ilk basamağından makinelerin birbirleri ile ve tüm sürece dahil olan müşteriler ve tedarikçilerle iletişim sağlayabildiği esnek üretim süreçlerinin yapıldığı sistemler sanayinin bu dördüncü devrimi ile mümkün olabilmektedir [15]. Akıllı fabrika tanımı da tam olarak bunu açıklamaktadır. Makinelerin tüm modüllerle ve birbirleri arasında iletişim kurabildiği, yüksek seviyede otomasyon güvenirliliğine sahip, geleneksel yapıyı ortadan kaldıran bir sistem olarak ifade edilmektedir. Böylece kullanılan kaynakların verimliliği artacağı gibi, maliyetlerde ve üretim sürelerinde ciddi bir azalma görülecek sağlanan fayda ve kar oranı yükselecektir. Üretilecek ürünlerin de kalitesindeki artışı dolaysıyla sağlanmış olacaktır [16].

Endüstri 4.0 ile talep oluşmasından ürünün tasarlanmasına, hammaddenin tedarik edilmesinden üretime, üretimden pazarlama ve satışa kadar geçen tüm süreç boyunca, insan, makine ve bilgi teknolojilerinin birlikte çalıştığı, ortaya çıkan her üründe ürüne artı değer katılan bir sistem hedeflenmektedir. Endüstri 4.0, müşterilerin talep ettiği ürüne istediği an ulaşabildiği, ürünlerinin hangi aşamada olduğunu istediği anda görüp bilgi alabildiği ve talepleri doğrultusunda ürünlerini sipariş verebildiği, yeni iş kolları doğurmaktadır [17]. Dördüncü Endüstri Devrimi temelinde önceki üç endüstri devriminden farklıdır. Bunun sebebi ise bu devrimin geleceği şekillendireceği düşüncesidir. Bu anlamda dünyada söz sahibi olmak isteyen devletler Dördüncü Endüstri Devrimi yakalamak zorundadır [18]. Dördüncü Endüstri Devrimi çalışma koşulları, yönetim, yeni meslekler, istihdam, sosyal güvenlik sistemi ve sendikacılık gibi birçok alanı etkileyecektir.

Dördüncü sanayi devrimini diğer devrimlerden ayıran özellikler şunlardır [20]:

a) Firmalar arasındaki iş birliğini daha kolay hale getirmek üzere değer ağlarını kullanarak yatay uyum ve bütünleşme sağlanmalıdır.
b) Üretim sistemini yeniden yapılanabilir ve esnek bir sistemde oluşturabilmek için dikey bütünleşmenin olduğu hiyerarşik alt yapının fabrika içinde sağlanması.
c) Tüm değer ağlarına mühendislik sistemi entegrasyonu oluşturarak özelleştirilmiş ürünlerin ortaya çıkmasını desteklemek.
d) Üretimde hız ve ivme kazanmak amacıyla en üst seviyede teknolojilerden faydalanılması.

2.1.3 Endüstri 4.0 Devriminin Bileşenleri

Şekil 2.1'de belirtilen Endüstri 4.0 bileşenleri; Nesnelerin interneti, büyük veri, 3D yazıcı, akıllı fabrika, bulut bilişim, akıllı robotlar ve yapay zeka, zenginleştirilmiş gerçeklik, simülasyon ve siber fiziksel sistemlerdir [20].



Şekil 2.1: Endüstri 4.0 Devriminin Bileşenleri [20].

Bu sistemlerin hepsi birbiri ile entegre çalışmaktadır. Örneğin; üretim yapan bir işletme için: tüm veriler ve bilgiler büyük veri aracılığı ile elde edilebilir, işletme sistemine uygun olan bilgiler bulut sistemlerde uzun süre depolanabilir, üretim yapılmadan önce simülasyon ve sanal gerçeklik aracılığı ile daha az maliyete katlanılarak bir ürün test edilebilir. 3D yazıcı ile numuneler üretilebilir ki bu durum çoklu üretim yapmaktan daha az maliyetlidir. Uygun olan ürünler akıllı fabrikalar aracılığı ve siber fiziksel sistemler sayesinde hatasız ve verimli bir şekilde üretilebilmektedir [20].

2.1.3.1 Nesnelerin interneti

Fiziki olarak var olan dünyadaki nesnelerin ve gömülü durumda veya yanında bulunan sensörlerin internete kablolu veya kablosuz olarak bağlanmasına imkan veren bir sistemdir. Yeni bir kavram olarak 1999 yılında ortaya çıkması ve Endüstri 4.0 sürecine uyumlu olması nedeniyle bu kavram içinde yerini alır. Akıllı okuyucular vasıtasıyla üretim alanlarının donatılması ve bu okuyucuların anlık olarak verileri üreterek analiz edebilme kabiliyeti nesnelerin internetinin en önemli özelliği olarak ön plana çıkmaktadır. Bulut bilişim sistemi üzerinden fabrikalarda kullanılan makineler arası iletişim bağının kablosuz okuyucular ile veri aktarımı nesnelerin interneti sayesinde mümkün olmaktadır [24]. Bu sayede makine ve

bileşenlerinin özelliklerinin gelişmesi sağlanabileceği gibi, üretimdeki prosesler de buna göre yeniden dizayn edilebilecektir [25].



Şekil 2.2: Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin internetinin bileşenlerini şu şekilde tanımlayabiliriz [25]:

1. Sistemin harekete geçebilmesi için hareket, eylem ve davranışların farklı tipteki algoritmalar vasıtasıyla tanımlanması
2. Bu eylem ve davranışların barkod, sensör veya radyo frekansları ile tespit edilmesi için kullanılan algılama ve tanımlama sistemleri
3. Algılanan bu verilerin taşınan mobil veya kablolu bağlantılar ve internet şebekeleri,
4. Son önemli bileşen ise bilgisayar veya cep telefonu gibi elektronik aygıtlardır.

Nesnelerin interneti yaşamdaki bütün eşyaların, evlerin enerji reaktörleri, meşrubat dolapları gibi kullanılan her şeyin kendi aralarında konuşmasıdır. Bununla birlikte nesnelerin interneti ekosistemi korumak amacıyla doğal çevreye de yerleştirilmektedir. Özellikle ormanlara yerleştirilen sensörler yangına yol açabilecek tehlikeli şartların oluşması durumunda itfaiye birimlerine haber vermektedirler [26].

Nesillerin internetin olumlu etkileri aşağıdaki gibi sıralanmaktadır [27]:

a) Verimli kaynak kullanımı,
b) Üretkenlikte görülen artış,
c) Maliyetlerin hizmet sunumlarında azalması,
d) Çalışma gücünde ve kabiliyetlerinde değişimler,
e) Yeni istihdam fırsatlarının ortaya çıkması,
f) Dijital imkanların ürünlerin üzerine entegre edilmesi,
g) Çevrelerini çok daha iyi algılayıp tepki veren nesnelerin yaratılması,
h) Birbirleri ile bağlantı içinde olan akıllı nesneler vasıtasıyla yeni bilgi ve değer kazanımı

2.1.3.2 Siber fiziksel sistemler

2006 yılında ilk olarak ABD ‘de dile getirilen Siber Fiziksel Sistemler kavramı, bilgisayar sistemlerinin dünya ile bağlantısının öneminin artışını vurgulamak için kullanılmıştır. Fiziki dünya ve süreçleriyle yoğun bir bağlantı içinde olan siber fiziksel sistemler, internet içindeki verilerin işlenmesi ve bunlara erişim hizmetlerini sunan sistemlerdir [28].

Enformasyon teknolojileri vasıtasıyla bilgisayar yazılımlarında bulunan algoritmalar ile üretim süreçlerini siber fiziksel sistemler üzerinden yönetmek mümkündür.

Siber fiziksel sistemlerdeki iki bileşeni şu şekilde tanımlayabiliriz. İnternet adresleri vasıtasıyla birbirleri ile iletişim kurabilme yeteneğine sahip nesnelerden oluşan ağ bunların ilki olarak sayılabilir. İkinci olarak sayılan ise sanal ortamlarda fiziki nesnelerin ve bunların eylemlerinin bilişim ortamlarında oluşturulduğu simülasyonlardır. Bu iki bileşenin sağladığı avantaj ise sanal sistem üzerinden tüm fiziki sürecin izlenebilmesi ve herhangi bir sorun olup olmadığının tespit edilebilmesidir.



Şekil 2.3: Siber Fiziksel Sistemler

Çevre birimlerinden oluşan fiziksel katman ile algoritmik bileşenlerden oluşan katmanın ayrı olduğu yapılardır siber fiziksel sistemler. Bu iki ayrı katmanın koordinasyon içerinde çalışması çok önemlidir. Bilgisayar algoritmalarının yer aldığı ve fiziksel yapının modelinin oluşturulduğu sistem siber katmandır. Fiziksel donanımlara iletilmesi gereken komutlar ve sensörler vasıtasıyla alınan veriler algoritmalar yardımıyla bu siber katman içerinde işlenmektedir. Fiziksel donanım olarak sayılan sensörler ve aktüatör gibi donanımların ve çevre birimlerinin bulunarak çevreden alınan verilerin gerçekleştiği katman ise fiziksel katmandır [29].

Kalite, verimlilik ve esnekliğin arttırılmasının amaçlandığı Siber fiziksel sistemler model ile bir bütün halinde çalışacak ve bu sayede rekabette bir avantaj elde edilmesini sağlayacaktır. Kendi kendini yönetme ve karar verebilme becerilerine sahip, her an iletişim halinde olan sistemlerin üretilmesi sağlanmaktadır. Siber fiziksel sistemlerin oluşumunun ilk aşamasında akıllı bağlantılar kurulması bulunmaktadır. İkinci aşama dönüşüm aşamasıdır; makinelerin elde ettiği bilgileri kullanarak öngörülerde bulunabilmesidir. Sonraki aşamada, her makine

kendi eşini yaratarak kendi performanslarını karşılaştırabilmekte olduğu için üçüncü aşama olarak belirtilir. Son aşamada ise; burada sorunların sebebi ve içerikleri çizelgeler halinde kullanıcıya sunulup ve doğru karar verilmesi sağlanmaktadır. Son aşama ise yapılandırma aşamasıdır ve bu aşamada makineler yine elde ettiği bilgileri kullanarak öncelikleri ve riskleri belirlemektedir. Ve belirlediği risklere göre kendini şekillendirmektedir [4].

Siber fiziksel sistemleri anlayabilmek için dikkat edilmesi gereken nokta, siber fiziksel sistemlerin fiziksel ve sanal unsurların birleşmesinden değil, karşılıklı olarak etkileşiminden oluştuğudur. Siber fiziksel sistemlerin endüstri ve üretim başta olmak üzere enerji, savunma, ulaşım, tarım, sağlık ve kent hizmetleri gibi alanlarda giderek daha da yaygınlaşması beklenmektedir. Siber fiziksel sistemlerle ilgili olarak siber güvenlik ve mahremiyet, bu sisteme sahip olma maliyeti, ortaya çıkan diğer sistemler ile uygun bir şekilde çalışma ve güvenilirlik gibi konularda yeni çalışmalar yapılması ve bu konuların geliştirilmesi gerekmektedir. Öte yandan siber fiziksel sistemlerin gelişimi ile yeni iş modellerinin oluşmasına katkı sağlanması beklenmektedir [20].

2.1.3.3 Akıllı fabrikalar

Müşteri taleplerine bağlı, yüksek kalite ve isteklere göre dizayn edilmiş ürünler ve hizmetler üretme hedefi ile akıllı fabrikalar oluşturulmuştur. Nitelikli personel kaynağı, siber fiziksel sistemlere dayanan ileri teknolojiler bu sanayi zincirlerinin odağında yer alır. Makine, üretim ve çalışanların uyum içerisinde çalışma süreci, firmanın ihtiyaçları olan kalite, esneklik ve devamlılık gibi kavramların sağlanması bu sistem içerinde hedeflenmektedir.



Şekil 2.4: Akıllı Fabrikalar

Bilgisayarların makinelere vermiş olduğu komutların dördüncü sanayi devriminde bu farklı bilgisayarlar tarafından denetlenmesi ve yönetimi mümkün olacaktır. Bu aşamadan önce endüstri 3.0 içerisinde sadece makineleri yönlendirebilen bilgisayarlar yeni sistem ile birlikte tüm fabrikayı ve üretim süreçlerini yönetebilecek hale gelecektir. Tüm sistemin ve üretim süreçlerinin bilgisayarlar ve yazılımlar vasıtasıyla yönetilmesi dönemine "Akıllı Fabrikalar" dönemi denilmektedir. Bu süreçle birlikte kullanımda olan programlanabilir akıllı kontrolör sistemleri yerini, daha önemli ve işlevli özelliklere sahip otomasyon ve endüstriyel kontrolör sistemlerine bırakacaktır. Üretim süreçlerindeki tüm çalışmaların ve sistemlerin birbirlerine bağlı internet ağı sayesinde tüm üretim süreçleri daha hızlı ve kabiliyetli olacağı gibi üretimdeki maliyetlerde düşüş görülerek kar oranlarında artış oluşması kaçınılmazdır [30].

Akıllı fabrikalar, aynı üretim süreci içerisinde kendi aralarında ve fabrika dışıyla iletişim kurabilen nesneler ve makinelerin olduğu büyük yapılardır. Bu yapıların temel unsuru dijital süreçtir. Bu süreç içerinde bilgisayar ortamında sorunların tespit edilerek gözlenmesi mümkündür. Bu imalat proseslerinin maliyetlerinin azaltılmasında çok önemli rol oynayacaktır [31].

Üretimin akıllı fabrikalara geçmesiyle tehlike arz eden işlerin robotlar tarafından yapılması işçi güvenliği açısından olumlu bir gelişmedir. Akıllı fabrikalarda yapılan kesintisiz üretim; enerjiden ve kaynaklardan tasarruf ve aynı zamanda verimlilik artışı sağlamaktadır. Gelişmiş ülkeler ucuz işgücünün cazibesine kapılarak üretimi işgücünün ucuz olduğu ülkelerde yapmayı tercih etmektedir. Fakat ucuz iş gücü sebebiyle diğer ülkelere taşınmış olan fabrikalar bu akıllı fabrikaların sağladığı avantajlarla yeniden kendi ülkelerinde üretim yapma fırsatı yakalayacaklarıdır [32].

Tüketim yapısı ve ihtiyaçları çok hızlı bir şekilde değişim göstermektedir. Yeni teknolojilerin insan faktörlü iş gücünü azaltması beklense de nitelikli personel ihtiyacının önemi tüm bu sayılanlara rağmen yok olması beklenmemektedir. Akıllı fabrikalarda da, diğer üretim tesislerinde olduğu gibi, çok iyi planlama ve programlama bilgisi ve nitelikli çalışanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Akıllı fabrikalardan önce de üretimin tüm aşamaları hakkında bilgi sahibi olan nitelikli ve yetişmiş personele ihtiyaç duyulmaktaydı. Sonuç olarak akıllı fabrikaların ortaya çıkması ve işleyişinin devamlılığı için vasıflı personelin çalışmaları yine son derece önem taşımaktadır [15].

Akıllı fabrikalarda tüm üretim süreci bilgisayarlar vasıtasıyla kontrol edilebilmekte ve bu sayede makinelerin çalışmaya alınabilmesi için insana duyulan ihtiyaç ortadan kalkmıştır. Akıllı fabrikaların ilk örnekleri 1980'li yıllarda Japonya'da ortaya çıkmıştır. Japonya işçilerin yüksek maliyetlerini düşürmenin yolunu otomasyonda bulmuştur. Ancak az gelişmiş ülkelerdeki ucuz işgücünün varlığı ve gelişmiş ülkelerin bu işgücünden yararlanmayı tercih etmesi akıllı fabrikaların yayılmasının önünde engel olmuştur [40].

2.1.3.4 Büyük veri

Videolar, resimler ile sosyal medya içeriklerinin internet ağı vasıtasıyla küresel mobil iletişim sistemi araçları ile taşınması ve taşınan bu bilgilerden veri elde edilmesi işlemi büyük veri yani big data olarak ifade edilmektedir. Elde edilen bu büyük verilerin analizlerinin doğru ve uygun yapılması, iyi bir şekilde yorumlanabilmesi sonrasında işletmeler için oluşabilecek risklere karşı öngörülerde bulunabilmek, kararların en doğru şekilde alınabilmesi ve doğabilecek fırsatlardan yararlanılması mümkün olabilecektir.



Şekil 2.5: Büyük Veri

Bilişim ve iletişim sistemlerinin gelişim göstermesiyle birlikte sosyal medya aplikasyonları, internet web sayfaları ve bloglardan çok sayıda anlamlı ve ya anlamsız veriler toplanmaya başlamıştır. Elde edilen bu veriler işletmelerde, lojistik alanda, bankacılık ve pazarlama alanı gibi diğer sanayinin birçok dalında kullanır hale gelmiştir. Son dönemlerde bulut bilişim sistemlerindeki önemli gelişmeler sonrasında da işletmelerin bu alandaki yatırımları verileri işleme ve depolama anlamında önemli ölçüde düşmüştür [41]. Bu da büyük veri kavramının doğmasına yol açmıştır. Hatta bu gelişme dünya ekonomik forumunda big data 'nın altın veya para gibi değerli bir unsur olarak kabul edilmesine neden olmuştur [42].

Büyük Veri kavramını 4 V modeli ile açıklamak mümkündür. Bunlar ise şöyledir:

a) **Volume (Hacim):** Elde edilen verinin boyut ve büyüklüğünü hacmi olarak tanımlamak mümkündür. Son dönemlerde akıllı cihazlar vasıtasıyla veri üretilebilmesi olanağı vardır. Özellikle de gün geçtikçe işletmeler ve kişisel kaynaklı verilerin varlığı artış göstermektedir. Bu da firmaların veri depolamak ve saklamak için harcadıkları fiyatların artmasına neden olacaktır [42]. Bu bakımdan işletmelerin

verilerini hacimlerini de dikkate alarak yatırımlarını planlamaları doğru olacaktır [43].

b) **Value (Değer):** Elde edilen verinin işletmelere bu denli büyük hacimlere ulaşması sonrasında anlamlı ve değerli olabilmesi işletmeler için büyük önem arz etmektedir. Verinin işlenmesi ve işlenen bu verinin anlamlı olması doğru karar verme süreçlerine direkt etki edeceği gerçeği ile firmaların bu alanda en anlamlı veriye ulaşması büyük önem taşımaktadır [43].

c) Velocity (Hız): En doğru ve anlamlı veriye en hızlı ulaşabilen işletmelerin bir adım önde olacağı gerçeği düşünüldüğünde veriye ulaşma hızı da büyük önem arz etmektedir. Elde edilen verilen anlık olarak en hızlı şekilde kullanılması gerekliliği her geçen gün önem kazanmakta olup bu akıma en hızlı adaptasyonu sağlayabilen işletmeler kazançlı duruma gelecektir [42].

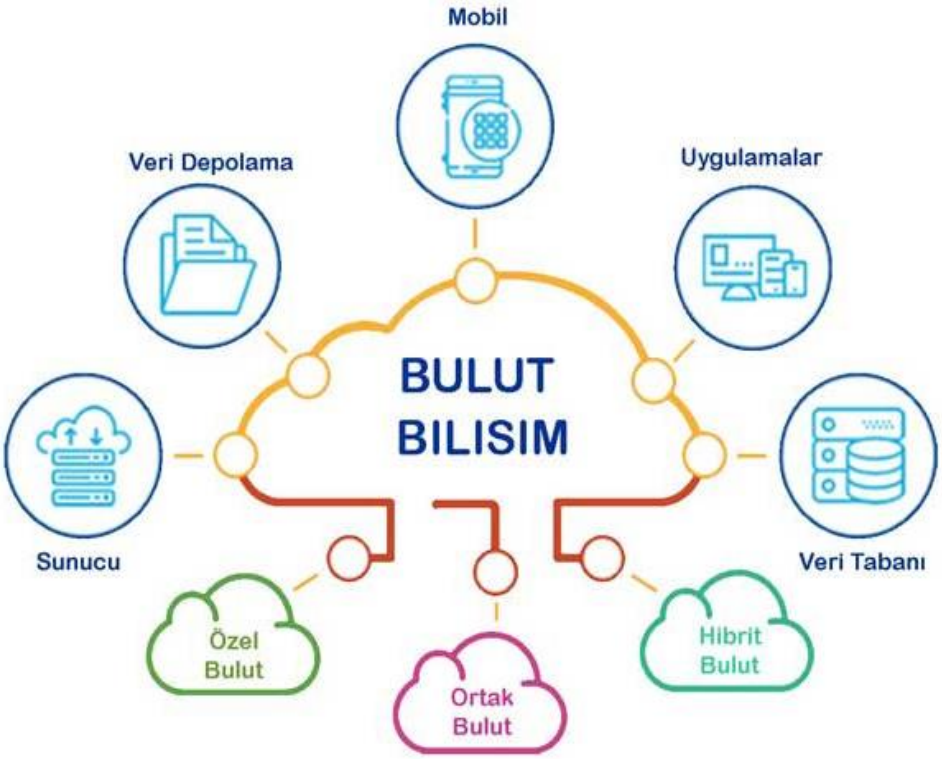
d) **Variety (Çeşitlilik):** Verilerdeki yoğunluğun ve akışın son dönemlerde artış göstermesi sonrasında elde edilen verilere en hızlı şekilde ulaşılmasının yanında çeşitliliğinin de olması önem taşımaktadır. Dokuman ve içeriklerin çeşitliliği veri tiplerinin en doğru şekilde kullanılması gerekliliği işletmeler için kaçınılmaz bir gerçek olarak karşımızda durmaktadır. Bu bakımdan verilerin çeşitliliği de son derece önemli bir kavram ve işletmelerin uyum sağlaması gereken bir aşamadır [43].

Büyük veri içinde bulundurduğu her bir veri sebebiyle, analiz yöntemleri geliştirilmeden önce bilgi çöplüğü olarak değerlendirilmiş; fakat analiz yöntemlerinin geliştirilmesiyle birlikte internette atılan her adıma erişim sağlandığı keşfedilmiş, bu keşifle birlikte büyük veri hem şirketler hem de devletler için önemli bir kaynak haline gelmiştir [2]. Büyük verinin sunduğu bilgiler sonucunda, hatalar öngörülebilir hale gelmiş ve işletmeler kendileri için fırsat niteliği taşıyabilecek uygulamalar için de erkenden harekete geçebilmektedir. [28]. Bu sistem tüm kamu kaynakları alanlarında da aktif olarak kullanılmaktadır. Büyük verinin daha hızlı ve sağlıklı kararlar alınması, maliyetlerin azaltılması ve verimliliğin arttırılması olumlu özellikleri arasında sayılabilir. Olumsuz yönleri arasında ise; verilerin saklanması sebebiyle ortaya çıkabilecek güven problemi ve buna bağlı olarak mahremiyetin zarar görmesi sayılabilir [27].

2.1.3.5 Bulut bilişim

Bulut bilişim teknolojileri de endüstrinin dördüncü devriminde ortaya çıkmış kavramlardan biridir. İşletmelerin kullandığı siber fiziksel sistemler üzerine ek olarak hayatımızın her alanında günlük işlerimizi kolaylaştırdığı bir gerçektir. Bulut bilişim sistemleri sayesinde istenilen verilerin internet ağları ile bağlantı kurulabilen tüm cihazlar vasıtasıyla erişilebilmesi ve saklanabilmesi mümkündür [45].

Bu sistemler elde edilmek ve ulaşılmak istenen verilere nerede olursak olalım istediğimiz anda verilere ve bilgilere ulaşabilmemize olanak sağlamaktadır. Bulut bilişim sistemi içerisine depolanan veriler sayesinde saklamak istediğimiz ve yeri geldiğinde tekrar ulaşmak istediğimiz o bilgiye ulaşılmasında eski dönemlerde kullanılan hard disk teknolojilerinin yerini alacağı gerçeği ile önümüzde durmaktadır. Bu bakımdan bellek ve disk ihtiyacı gerektirmemesi ve yer tasarrufuna imkân sağlıyor olması açısından tüm kurum ve işletmeler için çok önemli olacağı bir gerçektir.



Şekil 2.6: Bulut Bilişim

Bulut bilişim sistemlerinin kullanıcılara sağladığı avantajları şu şekilde sıralamak mümkündür [46]:

1. Bulut bilişim sistemindeki tüm donanım, bakım, yazılım ve güncellemeler, hizmet sunan sağlayıcı tarafından yapılmaktadır.
2. Verilerin bulut sistemi üzerinde depolanmasından dolayı bilgisayarlarda oluşabilecek arızalar nedeniyle meydana gelebilecek veri kayıplarının önüne geçilmiş olacaktır.
3. Bulut bilişim sisteminde depolanan tüm verilere istenildiği anda ve mekânda ulaşılabilmek mümkün olacaktır.
4. Yoğun işlemlerin gerçekleştirilmesi için güçlü bilgisayarlara olan ihtiyaç ortadan kalkacak ve tüm işlemler düşük işlemcili bir bilgisayardan bile yapılabilecektir.
5. Verilerin depolanması için hard disk ya da harici bir cihaz ya da belleğe ihtiyaç olmayacaktır.
6. Verilerin kullanımı ve saklanması için zaman ve maliyet avantajı oluşacaktır.

Yukarıda sayılan avantajların yanında bu sistemlerin dezavantajları da oluşabilecektir. Bunlar ise şöyledir:

1. İnternet bağlantısının geniş bant internet erişimine imkân veriyor olması sonucu indirme ve yükleme hızları ancak geniş bant internet tabanında tasarlanıyor olmalıdır.
2. Tüm bilgi ve verilerin internet ortamında bulut sistemine aktarılması sonrası önem arz eden bilgilerde güvenlik kaygısı ve risklerinin bulunması,
3. Depolanan verilerin herhangi bir teminat ile güvence altına alınamaması,
4. Bulut bilişim sistemi hizmeti sağlayan firmaların yeterli teknik alt yapıya sahip olmaması veya bilgileri kötü niyetli taraflarla paylaşma riski,
5. Bulut bilişim sisteminin hizmeti sağlayan firmaların kesintisiz bir hizmet sunma teminatı verememeleri olarak sayılabilir.

2.1.3.6 Siber güvenlik

1990'lı yılların ikinci yarısından sonra şirketler ve ülkeler bu teknolojilere; haberleşme ve iletişim teknolojilerinin süratli gelişimi, dünya çapında yayılımı hem kamu kuruluşlarında hem de özel sektör işletmelerinde işlemleri elektronik ortama aktarmaları gibi sebeplerle,

bağımlı hale gelmişlerdir. Haberleşme ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler, şirketlerin ve devletlerin işlerini kolaylaştırırken, diğer taraftan siber güvenlik problemlerini ortaya çıkarmıştır [50].

Dördüncü Sanayi Devrimi, fiziksel, biyolojik ve digital teknolojilerin birbirine yakınlaşmasını sağlamaktadır. Bu durum halihazırda mevcut riskleri arttırmanın yanında yeni global risklerin de türemesine sebep olmaktadır. Günümüzde iletişim, üretim, enerji ve diğer sistemlerin son derece hızlı ve kapsamlı bir değişim ve dönüşüm içine girmiş olması istihdam şekillerinden sosyal ilişkilere kadar dolaylı olarak birçok farklı alanda ayrışmaya neden olmaktadır [33].

Yıllar önce büyük bir fabrikanın güvenliğinin sağlanmasında insan gücü yeterli olmaktaydı. Günümüz dünyasında ise insan gücüyle yetinmeye çalışan güvenlik yaklaşımının, fabrikaları iflas etme noktasına sürüklediği düşünülmektedir. Bunun sebebi ise değişen dünyada saldırıların ve tehditlerin de değişmesi, akıllanmış olmasıdır. 2015 yılında Almanya' da yer alan Deutsche Telekom'un yayınladığı Siber Güvenlik Raporu'nda yer alan veriler, firmaların yüzde 90'ının siber saldırılara maruz kaldığı, yalnızca yüzde 60'ının bu şekildeki saldırılara tam anlamıyla hazırlıklı olduklarını ortaya koymaktadır. Devrimin tamamlanması ile saldırıların şiddeti artması beklenmektedir. Tüm bu sorunların temelinde ise devrimin henüz tamamlanmamış olması ve dolayısıyla etkilerinin her yere ulaşamamış olması sebebiyle güvenlik ihtiyacının geleneksel yöntemler kullanarak giderilmeye çalışılması ve var olan güvenlik teknoloji cihazlarının birbirleri ile bağlantılı bir şekilde geliştirilmemiş olması yatmaktadır [34].

Siber güvenlik kapsamında yer alan uygulamaların özünü bütünlük, gizlilik ve erişilebilirlik unsurları oluşturmaktadır. Gizlilik; sisteme ve bilgiye yalnızca yetkili kişilerin ulaşabilmesini, bütünlük; bilginin yok edilmemiş ve bozulmamış olmasını, erişilebilirlik ise istenilen anda ihtiyaç duyan kişinin bilgiye ulaşabilmesini ifade etmektedir. Bu üç faktörden erişilebilirlik düzeyinin artması bütünlük ve gizliliğin azalmasına sebep olabilmektedir. Bütünlük ve gizlilik unsurlarındaki artış ise erişilebilirliğin önünde engel oluşturabilmektedir. Bu durumda yapılması gereken en doğru şey, muhafaza edilen bilginin veya kontrol altındaki sistemin özelliklerine en uygun dengenin sağlanabilmesidir [35].

Günümüze kadar sanayiye yönelik en büyük siber saldırı ‘Stuxnet’ olmuştur. Haziran, 2010’ da ‘VirusBlokAda’ adlı virüs programının üreticisi olan ‘MS’ tarafından Siemens yazılımlarını ve Windows işletim sistemlerini etkileyen Stuxnet isimli bir bilgisayar solucanının bulunduğunu açıklamıştır. Birçok saldırı metodunun birleşimini ve açıklarını kullanarak hazırlandığı bilinen bu solucan, İran’da yer alan nükleer tesislerinin hedeflerini sabote etmiştir [36].

Siber güvenlik hakkında birçok şirket birbirlerinden farklı stratejiler geliştirmektedir. Bu konunun şirketler açısından bu kadar önem teşkil etmesinin sebebi değişen stratejilere göre tehditlerin de değişebilmesidir. Geliştirilmiş her güvenlik stratejisine karşı yeni türemiş bir tehditle karşılaşmak olasıdır. Bu yüzden güvenlik önlemleri sürekli denetlenmeli ve güncellenerek değiştirilmelidir. Güvenlik önlemleri yalnızca tehlikeleri durdurmaya çalışmakla kalmamalı, gelecek tehditlere karşı da stratejiler geliştirilip önlemler alabilmelidir [37].

2.1.3.7 Akıllı robotlar ve yapay zekâ

Günümüzde robotlar, geçmişte insan gücü temeline dayanan ama yeteri kadar verim alınamayan işleri devralmaya başlamıştır. Gün geçtikçe robotların gün daha da gelişmesi, kısaca akıllanması, üretimin otomatikleşmesinin önünü açmıştır [25]. Endüstri 4.0 teknolojisinin ortaya çıkardığı yeniliklerle hayatımıza giren akıllı robotlar, yapay zekâ pratikleri geliştirebilen, veri toplayabilen, çözüm seçenekleri üretebilen ve ürettiği çözüm alternatifleri arasından en uygun olanı tercih edip uygulamaya geçirebilen makineler olarak tanımlanabilir [20].



Şekil 2.7: Yapay Zeka Sophia

Robotlar, çevresel faktörleri algılayabilen, algıladığı veriyi yorumlayan, kararlar alan, aldığı kararları uygulayıp buna uygun devinimde bulunan cihazlardır. Robotlar hem operatör hem de bilgisayar programlarının kontrolünde çalışabilmektedir. [38].

Otonom robotlar, yapay zekâ etkinliklerini gerçekleştiren, bir alternatif yaratıp uygun olanı gerçekleştiren, diğer akıllı nesnelerle iletişim kurabilen makinelerdir. Otonom robotlar, diğerlerine nazaran daha güvenli, esnek olan donanım ve yazılıma sahip sistemlerdir [20]. Esnek üretimin temelini oluşturan teknolojidir. Robotların kullanılmasının olumlu sonuçları; üretimde verim, esneklikte artış, düşük maliyet ve can kaybı tehdidi olmadan işlerin halledilmesidir. Olumsuz sonuçları ise, işçiler açısından kendilerine duyulan talebin ortadan kalkması ve otonom robotların kullanılması durumunda siber güvenlik tehditlerinin ortaya çıkmasıdır [39].

1956 yılında ilk defa John McCarthy tarafından yapay zeka kavramı ortaya atılmıştır. 1997 yılında dünya satranç şampiyonunun IBM bilgisayarına, 2016 yılında ise "Go" oyunu dünya şampiyonunun Google'ın yapay zekâsına yenilmesi yapay zekânın insan zekâsını yendiği anlar olarak tarihe geçmiştir [51]. Yapay zekâ, insan zekâsının makinelere entegre edilmesiyle makinelerin, insanların gerçekleştirebildiği eylemleri yapabilmesinin sağlanmasıdır [24].

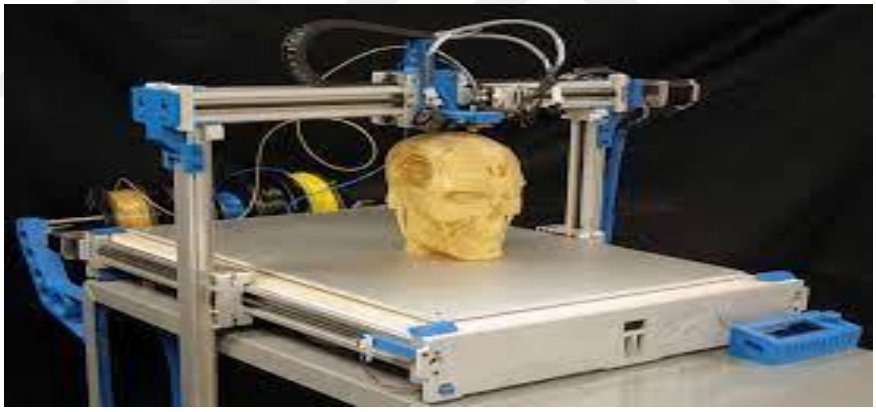
Akıllı robotlar birçok özelliğe sahiptir. Bunlar, şu şekilde sıralanabilir [20]:

a) Çevresiyle ilgili veri toplar, işleyebilir, karar verip eyleme geçirerek verileri iletebilir.
b) Diğer robotlarla internet aracılığıyla iletişime geçebilirler.
c) Uzun vadede herhangi bir operatörün kontrol ve müdahalesi olmaksızın çalışabilirler.
d) Operatör müdahalesi olmadan kendi çalışma ortamında hareket edebilirler.
e) Çalışma ortamında yer alan insan ve donanımlara zarar vermeden eylemlerini gerçekleştirebilir.
f) Herhangi bir operatör müdahalesi olmadan, gerekli durumlarda kendi aksamlarını değiştirebilir.

Otonom robotların sanayide etkin hale gelmeye başlamasıyla, insan kaynaklı ortaya çıkabilecek sorunlar büyük oranda azalmış, üretimde standartlık sağlanabilmiştir. Psikolojik ve fizyolojik etkenlerin insan gücü üzerinde yarattığı değişkenlik, sanayi teknolojilerinin değişim hızındaki olağanüstü artış ve tüm bunlar karşısında yetersiz kalan insan gücü, otonom robotların insan yerine tercih edilmesine sebep olmuştur. Robotların objektif yapılar barındırdığı için yanlış veya olumsuz subjektif hallerle karşılaşmak mümkün olmamaktadır. Robotların gelişmesi ve otonom robotların günümüz üretim süreçlerinde daha verimli şekilde ve işlerde kullanılması, insanları zorlayan bir hale gelmiştir.[25].

2.1.3.8 Üç boyutlu yazıcılar

Günümüzde birçok alanda kullanılan önemli teknolojilerden biri olan üç boyutlu yazıcılar (3D yazıcılar); sanal ortamda tasarlanan bir ürünün, 3D çıktı alınmasıyla üretimini sağlayan makinelerdir. Standart yazıcılara benzer bir prensip ve hızla çalışan 3D yazıcılar, yedek parçalardan insan organları tasarlayıp üretmeye kadar çok geniş bir kullanım alanına sahiptir [20].



Şekil 2.8: Üç Boyutlu Yazıcılar

3D yazıcıların ve eklemeli üretimin hayatımıza girişi 1984' de olmuştur. Ortaya çıkışı sonrası geçen yaklaşık yirmi yıl süresince fazla rağbet görmemiştir. 'Reprap Projesi' nin 2006 yılında gerçekleştirilmesi ile bu teknoloji tekrar popülarite kazanmış ve daha geniş bir alana yayılarak daha geniş kitlelere hitap etmeye başlamıştır. Bu konu üzerine çalışan çoğu araştırmacı, 3D yazıcıların insanlık tarihi için bir milat olacağını düşünmektedir [5].

3D yazıcılar, verilere uygun tasarımı herhangi bir modele ihtiyaç duymadan oluşturup gerekli malzemelerin sırayla eklenmesi prensibine dayanarak model üretimi yapan

makinelerdir. 3D yazıcılar sayesinde ürünlerin tasarımı tamamlandıktan kısa bir süre sonra somut bir ürün elde edilebilmektedir. En karmaşık yapılar bile kısa vadede somutlaşabilmektedir. Tasarım ve ürün tamamen birbirinin aynısı olmaktadır. Üretim aşamasında yüzlerce malzeme katı, sıvı veya toz halinde kullanılabilmektedir. [2].

3D yazıcı teknolojisi, diğer sanayi devrimlerinin üretime sağladığı katkılardan daha farklı olarak geleneksel üretim süreçlerinde ortaya çıkan atık malzeme miktarını en aza indirmiş, atık malzemelerin tekrar üretim sürecine dahil edilerek kullanılmasına imkân tanımıştır. Eklemeli üretim ve 3d yazıcılarla geleneksel üretim süreçlerinde kullanılan hammadde miktarından çok daha azı kullanılarak ürünler oluşturulabildiği için ekonomiklik, verimlilik ve üretkenlik konusunda büyük bir avantaj sağlamaktadır. [26].

3D yazıcı teknolojisi, günümüzde mücevher, aksesuar, ayakkabı tasarımı, endüstriyel ve mimari tasarım, yapı işi, otomotiv, havacılık ve uzay endüstrisi, diş ve tıp sektörü, eğitim, coğrafi bilgi sistemi ve farklı birçok alanlarda kullanılmaktadır [52].

2.1.3.9 Yatay ve dikey sistemler entegrasyonu

Yatay entegrasyon, müşteri yapılarının ve taleplerinin benzer olduğu farklı şirketlerin birleşip bir araya gelmesidir. Yatay Sistemler Entegrasyonunun temel amacı aynı tipteki müşterilere hizmet veren şirketlerin bu pazardaki kazançlarını üst düzeye çıkarmaktır. Bu modeli genel olarak pazara yeni dahil olmuş şirketler tanınırlıkları az ve belli bir müşteri kitlesine sahip olmadıklarından dolayı tercih etmektedir. Şirketler piyasadaki ekonomik iniş çıkışların olumsuz neticelerinden daha az etkilenmek, araştırma-geliştirme çalışmalarıyla rekabette güçlenmek, şirketin piyasa değerini artırmak, hammaddeyi daha ucuza mal etmek gibi amaçlarla bu sistem içerisine dahil olmaktadır. Bu sisteminin ortaya çıkarabileceği en büyük dezavantaj tekelleşmedir. Aynı sektörde birçok şirketin bulunması, pazarlama ve satışta maliyetlerin düşmesi ise sistemin sağladığı avantajlardır [14].

Dikey entegrasyon ise, aynı sektörde yer alıp farklı müşteri profiline hitap eden, farklı alt sektörler içeren firmaların birleştiği sistemdir. Dikey entegrasyon üçe ayrılır, bunlar; geriye doğru dikey entegrasyon, ileriye doğru dikey entegrasyon ve dengeli dikey entegrasyondur. Geriye doğru dikey entegrasyon, girdi kaynakları baz alınarak gerçekleştirilen birleşme biçimidir. Bu entegrasyona örnek olarak otomotiv sektöründe üretim yapan bir şirketin faaliyetlerini lastik imalatına doğru genişletmesi verilebilir. İleriye doğru dikey entegrasyon,

şirketlerin ürettiği ürünü kullananlara yaklaşmasını sağlayan genişlemeleri içeren birleşme şeklidir. Bir yayınevinin faaliyetlerini kendisinden sonraki tedarik basamağında yer alan dağıtım kanalına doğru genişletmesi bu sisteme bir örnektir. Dengeli dikey entegrasyon ise şirketlerin hem müşteriye hem de girdi kaynaklarına doğru birleştiği sistemdir. Hazır giyim üzerine üretim yapan bir tekstil şirketinin, hem geriye doğru genişleyerek üretimde kullandığı kumaşını imal etmesi ve hem de ileriye doğru genişleyerek ürünlerinin lojistiğini kendisinin sağlaması bu sisteme örnektir [53].

Sanayinin dördüncü devrimi imalat süreçleri geçiş aşamaları yatay ve dikey entegrasyon sayesinde vakit kaybetmeden uyum sağlanabildiği gibi süreç içerisinde oluşabilecek aksaklık ve problemlere de en hızlı şekilde çözü bulabilmek mümkündür.

Endüstri 4.0 sürecinin yatay ve dikey entegrasyondan sağlayacağı avantajları şu şekilde sıralayabiliriz [2];

1. Üretimin müşteri talepleri doğrultusunda hazırlanmasının kolaylaşması,
2. Kullanılan kaynaklardan maksimum verim elde edilmesi,
3. Küresel tedarik ağı bağlantılarında uyumun sağlanması,
4. Firmaların yapılarının esnekliğinin artmasına yardımcı olur.

2.1.3.10 Zenginleştirilmiş gerçeklik

Thomas Caudell ve David Mizell 1992 yılında zenginleştirilmiş gerçeklik terimi kavramsallaştırılmış olarak kabul edilse de öncesinde özellikle de 20. Yüzyıl başlarında birçok fikir akımı tarafından dile getirilmeye çalışılarak üzerine yorum ve çalışmalar yapılmıştır. Thomas Caudell ve David Mizell Boeing firması uçakları için geliştirmiş oldukları bir klavuz sayesinde uçaklardaki kablo bağlantılarının çalışanlar ve uçak teknisyenleri tarafından doğru şekilde yapabilmesini sağlamışlardır. Bu çalışma zenginleştirilmiş gerçekliğin ilk uygulamalı çalışması olarak kabul görmektedir.

Gelişen teknolojinin ve araştırma çalışmalarının yardımıyla sonrasındaki uygulamalar giyilebilir araç ve gereçler, cep ve masaüstü bilgisayarlar, başa takılan görüntüleyeci düzenekleri ve bu araçlara haricen bağlanabilen kameralardan oluşmuştur. Ardından bilişim teknolojileri üzerindeki gelişmeler ışığında internet teknolojilerinin yaygınlaşması ile giyilebilir cihazların boyutlarında kullanımı daha pratik ve kolay hale getirecek boyutlarda

tasarlanmalarına neden olmuştur. Bu sayede zenginleştirilmiş gerçeklik için kullanılan bu araçlar çok daha işlevsel hale gelmiştir [115].



Şekil 2.9: Zenginleştirilmiş Gerçeklik

Zenginleştirilmiş yani arttırılmış gerçekliği terimini gerçek dünyaya dijital nesnelerin entegre edilmesi olarak tanımlayabiliriz. Bu oluşturulan gerçekliğin ise bilgisayarlar yardımıyla değiştirilmesi mümkündür [5]. Bilgisayarlar vasıtasıyla insan hislerini hareketlendirecek veriler zenginleştirilerek belirlenen nesne üzerinde derinlik sağlanması ve bunun sonucunda ortaya çıkan yeni gerçekliğin kullanıcıya aktarılması istenmektedir. Böylelikle hedeflenen yaratılan bu sanal veriler üzerinden gerçek dünyanın zenginleştirilmesidir. Hata paylarının ve üretim montaj zamanlarının azaltılarak verimliliğin arttırılması zenginleştirilmiş gerçeklik vasıtasıyla mümkün olabilecektir [31].

İşletme ve firmalar zenginleştirilmiş gerçeklik sayesinde birçok alanda fayda sağlayabilmektedir. Zenginleştirilmiş gerçekliğin tercih edilmesinde ve kullanılmasındaki en önemli amaç firma ve işletmelerin karar verme süreçleri ile üretim faaliyetlerinin geliştirilmesidir. Operatörler makinelerle ve onların modülleri ile bir tuş yardımıyla iletişime geçebilmekte, istedikleri verileri değiştirebilmektedir. Bunun yanında zenginleştirilmiş gerçeklik tasarım yapan kişilerin üretim alanları için tasarladıkları ürünlerini daha üretime almadan çalışma sistemlerini test etmesine yardım etmektedir. Aynı şekilde fabrikalrda bulunan özellikle büyük çaplı işletmelerdeki makinelerde ortaya çıkan arızaların tespiti ve

bakımlarının, bakım zamanlarının planlanması arttırılmış gerçeklik sayesinde mümkün olmaktadır [37].

Her geçen gün gelişim gösteren zenginleştirilmiş gerçeklik kavramı sanayinin dördündü aşamasında yerini alacığı beklense de günümüzde halen keşif aşamasındadır.

Zenginleştirilmiş gerçeklik uygulamalarının Endüstri 4.0 içerisinde yaygın kullanımı için sahip olması gereken özellikler şunlardır [20]:

1. Kullanım kolaylığı sağlayan kullanıcı dostu arayüzlerine sahip olmalıdır.
2. Uygulamaların hızı istenilen düzeyde olmalı, zor ve pahalı olmamalıdır.
3. Üretim süreçlerine dinamizm katmalı, süreklilik arz etmeli ve internet tabanı iş birliğine imkân vermelidir.

Zenginleştirilmiş gerçeklikten faydalanan sistemler, birçok farklı hizmete destek olmaktadır. Bu sistemler henüz başlangıç aşamasında olsa da ilerleyen yıllarda firmaların operasyon faaliyetlerine ve karar verme süreçlerine dahil olup, üretim aşamalarını iyileştirerek çalışma personeline anlık bilgi aktarması sebebiyle arttırılmış gerçeklikten daha fazla istifade etmelerine neden olacaktır.

2.1.3.11 Simülasyon

Sanal gerçeklik kavramı 1962 yılında Morton Heilig tarafından Sensorama isminde bir cihaz ile başlamıştır. Bu yapı ile sistem dışında olan araç ve bilgisayarla vasıtasıyla var olan sistemlerin davranış ve yapılarını matematiksel ve mantıksal ilişkiler kurarak deney yapabilmek mümkündür [28]. Kısaca gerçek dünyadaki sistemin dijital dünyada taklit edilmesine imkan sağlayan sisteme sanal gerçeklik yani simülasyon denilmektedir. Simülasyon yardımıyla gerçek dünyanın yönetilerek izlenmesi ve denetlenmesi mümkün hale gelmektedir. 3D üretim süreçlerinin oluşturulması ile ürünün tasarım aşamasından itibaren kontrol edilebilmesini sağlamaktadır. Bu teknolojinin sağladığı imkân sanal gerçekliğin fiziksel dünya üzerine olmasıdır. Böylece ürün daha üretilmeden önce tüm kontrolleri yapılarak kaliteli ürüne ulaşılabileceği gibi maliyet avantajlarının oluşması da kaçınılmaz olacaktır.



Şekil 2.10: Simülasyon

Bu bakımdan işletme ve fabrikaların fiziki olarak daha kurulmasına gerek kalmadan üretim süreçlerinin verimliliği ve en optimize kurulum düzeni test edilebilecektir. Ayrıca bu sanal ortamda tüm detaylar örneğin makinelerin yerleşim yerleri ve diğer teknik detaylar incelenebilecektir. Makinelerdeki ulaşılamayan parçalar ve hata ihtimalleri mekanik servis teknisyenleri tarafından sanal ortamda görülebilecektir. Sektör içerisinde üretimden satışa kadar olan tüm süreç sanal gerçeklik kullanılarak oluşturulabilecek ve müşteri talepleri en uygun şekilde karşılanabilecektir [28].

2.2 YAPAY ZEKA

Günümüzde 50'den fazla ülke yapay zekâ yol haritalarını açıklamış ve bu yönde ekonomiden uzaya, eğitimden finansa çok dalda bu teknolojiyi geliştirme hedefi deklare etmişlerdir [54]. Türkiye de dahil, dünyada bu alanda büyük bir rekabet yaşanmaktadır [55].

Canlı varlıkların zekâya dair göstergeleri, zekâyı nasıl kullandıkları ve onunla sosyal hayatı nasıl şekillendirdikleri, zekâ alanları ve hatta zekânın organizmanın neresinde yer aldığı gibi pek çok konu, farklı disiplinler çerçevesinde tartışılmıştır. Geleneksel yaklaşımlar bir insanın zekâ göstergelerinin problem çözme, mantık yürütme ve eleştirel düşünme gibi becerilerden oluştuğunu ve bu becerilerden yola çıkarak zekâ düzeyinin ölçülmesinin

mümkün olduğunu savunmaktadır. Tarihte ilk olarak 1900'lü yıllarda psikolog Alfred Binet ve meslektaşı Thedore Simon (1961), bireylerin zekâ düzeyine dair sayısal bir sonuç göstermesi amacıyla IQ (Intelligence Quotient- Zekâ Katsayısı) testi geliştirmiştir. Araştırmacılar genel olarak yargı-kavrama ve muhakeme becerilerini ölçen bu test sayesinde bireylerin zekâ seviyelerinin sayısal bir sistemle yüksek veya düşük olarak sınıflandırılabileceğini varsaymışlardır. Üç yıl içinde geçerlik ve güvenirlik çalışmaları yaygınlaşarak kullanım alanı genişleyen IQ testleri (bazı yaklaşımlara göre geçerliği ve güvenirliği sorgulansa da) yakın zamana kadar nörolojik değerlendirme ve eğitim yaklaşımlarında sıklıkla kullanılmaktaydı. Yine zekânın sınıflandırılması ve işleyişine dair daha sonraki yıllarda Çoklu Zekâ Kuramını ortaya koyan Gardner (1992), insan beyninin modüler bir sistemden oluştuğunu; dilsel, matematiksel, mimiksel, görsel ve sembolik sistemleri devreye sokarak farklı işlemler gerçekleştiğini savunmuştur. İleri dönemlerdeki nörolojik araştırmalar, farklı zekâ alanlarının beynin farklı bölümleriyle ilişkili olduğunu gösteren bulgularıyla çoklu zekâ yaklaşımını desteklemiştir. Ancak zekânın alanları ve bireylerin zekâ seviyelerinin ölçülmesine yönelik bugüne kadar gerçekleştirilmiş olan bu tip çalışmalar insan zekâsının tam kapasitesini ve işleyişini ölçmenin bir yolunu tespit edememiştir.

Literatürde zekâ kavramının tanımına ve kapsamına ilişkin farklılıklar olsa da en genel tanımıyla zekâ, bir sistemin içinde bulunduğu ortama uygun hedefler oluşturması ve davranışlarını bu hedeflere yönelik uyarlamasını sağlayan işleyiştir [56]. Bir diğer deyişle akıllı davranış (intelligence behavior), zekânın göstergelerinden biridir. Akıllı davranış; sırasıyla karmaşık ortamlarda algıyı, muhakemeyi, öğrenmeyi, iletişim kurmayı ve hareket etmeyi içermektedir [57]. Zekâ kavramı, belirli hedeflere ulaşma kabiliyetinin bir parçası olarak görülmesinin yanı sıra, değişen bir ortamda yeni problemleri öğrenme ve çözme kapasitesi olarak tanımlanabilir [58]. O halde akıllı davranış, ilkel bir dünyada sadece hayatta kalmayı ve üremeyi teşvik etme tutumunu gerektirirken, sosyal ve karmaşık bir dünyada daha kompleks becerileri gerektirecektir.

Gerçek şu ki, yapay zekânın tanımlaması zordur. Çünkü ilk başta zekânın tanımlanması zordur. Ancak kimilerinin [59] hemfikir olduğu şey, yapay zekânın, insanlarda ve bazı hayvan türlerinde olduğu gibi doğal olmadığı, insan yapımı olduğudur. Yine de insan beyninin genel olarak çalıştığı gibi çeşitli faktörleri hesaba katarak kararlar verebilir. Yapay

zekâ basitçe, normalde analitik beceri gerektiren insan uğraşlarını yapmak için kullanılan bilgisayar ve makine programları olarak tanımlanabilir [60]. Yapay zekâ, yapay olarak üretilen sistemlerin akıllı davranışlarıyla ilgilidir. Doğal varlıklar duyularıyla zekâ toplarken; yapay zekâ, doğayı taklit ederek yapay şekilde oluşturulan makineler tarafından toplanır [61]. Yapay zekânın eyleme yönelik bilgi toplaması, bu bilgileri harmanlaması, yorumlaması (işlenmesi) ve yayması gibi işlevleri bulunur [62]. Dolayısıyla yapay zekâda bilgi anahtar unsurdur. Bilgi ise (i) uzmanlık ve bir kişinin deneyim veya eğitim yoluyla edindiği beceriler; (ii) bir konunun teorik veya pratik anlayışı ya da (iii) bir olgunun ya da durumun deneyiminden kazanılan farkındalık ya da aşinalık olarak tanımlanır [54].

Yapay zekâ konusundaki gelişmelerin çoğunluğu, insanlarda gözlenen zihinsel davranış örüntülerinin, gözlemlendiği şekliyle modellemeye adanmıştır. Modelleme çalışmalarında zekâ becerilerinden daha iyi yararlanabilmek için, zekânın nedensel faktörlerinin araştırılmasına odaklanılmaktadır [63]. Bu çabaların sonuçları, olağanüstü performans sağlayan bilgisayar programları geliştirilmesini sağlamıştır. Yapay zekâ teknolojisinde yaşanan gelişmelerle birlikte araştırmaların, teknolojik girişimlerin ve ülke politikalarının büyük ölçüde yapay zekâ teknolojilerine odaklandığı görülmektedir. Dolayısıyla insan zekâsını modelleyen mekanizmalara büyük bir ilgi vardır ve pek çok bilimsel ve teknolojik uğraş bu doğrultuda gerçekleşmektedir. Ancak insan zekâsını ne kadar doğru tanımlamış olursak olalım günümüzde akıllı makinelerin zekâ seviyelerinin bir insanın sahip olduğu zekâ seviyesine halen ulaşmadığı açıkça gözlenebilir. İnsan eylemleri fiziksel dünyayı gözlemlemek ve doğal olaylardaki sebep-sonuç arasında bağlantı kurarak altta yatan ilişkileri üretmek gibi beceriler etrafında ilerlerken, yapay zekâ tamamen verilerle hareket eder ve bu veriler arasındaki ilişkinin doğası hakkında önceden bilgiye sahip değildir [64], [65]. O halde yapay zekânın fiziksel yasalardan değil saf verilerden kaynaklandığını söylemek mümkündür. Ayrıca yapay zekâ; doğal dil süreçleri, hesaplanabilir öngörüler, nesnelerin interneti ve robotik çalışmaların yanı sıra, disiplinler arası çalışmaları kapsayan bir alan olarak değerlendirilebilir [66]. Dolayısıyla yapay zekâ farklı alanlardan beslenen bir çalışma gerektirir.

Yapay zekâ alanı 1940'larda ilk hesaplama makinelerinin kullanılmasıyla ortaya çıkmıştır. Ancak yapay zekâ terimi ilk olarak Dartmouth Yaz Konferansı sırasında John McCarthy (1956) tarafından kullanılmıştır [67]. Yapay zeka alanı o kadar hızlı ve derin bir şekilde

ilerlemiştir ki, bazılarının "Yapay zekâ etkisi" olarak adlandırdığı şeyden mustariptir. Yapay zekâ etkisi ile kastedilen durum, bir makinenin belli bir zamanda akıllı olarak nitelendirilen işlevinin, kısa bir süre sonra makinenin benzersiz yeni bir görev yapabilmesiyle birlikte normal bir makine işlevi haline gelmesi ve bu nedenle artık akıllı olarak kabul edilmemesidir. Geçtiğimiz yıllarda Stanford Üniversitesi tarafından yayınlanan bir rapora göre yapay zekânın sınırı, sürekli ve artan bir şekilde gelişmektedir [68].

Teknolojik makineler temelde otonom veya otomatik çalışma prensiplerine sahiptir. Ancak günümüzde hangi makinelerin yapay zekâ olduğu, başka bir deyişle hangi tür otonom veya otomatik makinelerin yapay zekâ olarak adlandırılabileceğine yönelik yaygın tanımlamalar veya fikir birliği bulunmamaktadır. Boston Dynamics'in ürettiği kapı açabilen SpotMini otomatik sistemlere örnek olarak verilebilir. Ancak bir insan operatörü tarafından uzaktan kumanda ile kontrol edildiğinden yapay zekâ olarak nitelenemez. Benzer şekilde kumanda edilerek işlev gören ekmek kızartma makinesi gibi otomatik sistemler veya askeri alana hizmet eden tetikleyici tarafından tetiklenen bir patlayıcı, mekanik olarak çevresel girdilere yanıt verir. Otonom sistemler ise görece çevresel girdilerden daha bağımsızdır. Otonom sistemler hedeflere ulaşmak için bir dizi parametre boyunca fonksiyonları en iyi şekilde yerine getirmek üzere programlanırlar.

Akıllı otonom sistemlerde otonom işleyiş ön plandadır. Genellikle insan müdahalesine gerek duymayan otonom sistemler kendi hedeflerine yönelik karar alabilir ve hedeflerine yönelik davranışlarda bulunabilirler. Ayrıca otonom sistemler bulunduğu ortamın koşullarına adapte olabilir ve diğer sistemlerle etkileşim kurabilirler. Şoförsüz araçlar, insansız hava araçları, Amazon Aleksa ve Apple Siri uygulamaları gibi yapay zekâ temelli araçlar otonom sistemlerdir [69]. Dolayısıyla bu gibi yapay zekâ olduğu konusunda fikir birliğinde olunan "akıllı" sistemler genellikle otonom işleyişe sahiptir. Mutfak robotu gibi kısıtlı sayıda işlemi yapabilen, insanların manuel müdahalesi veya tetikleyicilerle çalışan işlem odaklı makineler robotik süreç otomasyonu (Robotic Process Automation) temeliyle çalışırken, veri odaklı çalışan yapay zekâ temelli makineler kendi kendine karar alabilme, yeni verileri tanımlama ve tümdengelimsel analitik düşünme ile kendi kendine yeni bilgiler öğrenebilme becerisine sahiplerdir. Dolayısıyla bir makinenin zekâsı arttıkça, işlem becerisindeki kompleksitesinin, analitik düşünme becerisinin ve maliyetinin arttığını söylemek mümkündür.

Yapay zekâ, karmaşık sorunlara çözüm bulmakla ilgilenen ve insan beynininkine benzer bir işleyiş oluşturmaya çalışan bir yazılımın ürünüdür [70]. Genel olarak yapay zekâ uygulamalarının amacı, bir uzmanın belirli zaman harcadığı bir şeyi çok kısa bir sürede çözmektir. Örneğin, kanser konusunda uzman olan bir doktor, kanser hücrelerini yapay bir zekâ tekniği ile modelleyerek tespit edebilir. Uzmanlık gerektiren her problem, uygun veriler barındırdığı müddetçe yapay zekâ teknikleri kullanılarak modellenebilir. Dolayısıyla yapay zekânın en belirgin yönlerinden biri, bir uzmanın belirli bir zamanda analiz etmesinin mümkün olmadığı muazzam miktarda veriye yönelik başarılı ve hızlı bulgular sunabilmesidir.

Yapay zekâ çeşitli boyutlarda işlev görebilir. İlk olarak robotik sistemler, fiziksel nesneleri insan gözetimi olmadan harekete geçirmek için kullanılabilir. Örneğin yapay zekâ, tanklarda, uçaklarda veya gemilerde uzaktan komuta etmeyi sağlayarak insan makine etkileşiminin ihtiyacını azaltmada yardımcı olabilir. İkinci olarak yapay zekâ, bilgilerin işlenmesi ve yorumlanmasında yardımcı olabilir. Örneğin bazı medya teknolojileri görüntü tanıma algoritmaları aracılığıyla tatil fotoğraflarındaki kişilerin görüntüsünü tanıyıp isimlerini kendiliğinden etiketleyebilir. Görüntü tanıma algoritmasının önemli bir örneği ABD askeri projesi olan Project Maven'dir [71]. Google'ın teknolojik alt yapısını kullanarak silahlı insansız hava aracı (SİHA) geliştirmeyi amaçlayan ve savaş aracı olarak kullanılabilecek olan bu proje yüz tanımadan konum takibine kadar birçok işlemi yapabilmektedir [72]. Yapay zekânın üçüncü önemli işlevi ise büyük veri kümelerini analiz etmek ve savaş yönetimi de dâhil olmak üzere insan eylemini yönlendirmek için öngörülerde bulunmak gibi operasyonel sistemler ortaya koymasıdır [73].

İdeal olarak yapay zekânın, insan zekâsına benzer şekilde ileri düzey bilişsel işlevleri veya otonom eylemleri sergilemesi beklenir. Yapay zekâ aynı zamanda kendi oluşturduğu düşüncelerle uyumlu tepkiler ortaya koyabilmelidir. Ne var ki genel kanının aksine yapay zekâ çalışmalarının ilk yıllarından bu yana, insan beyninin tamamının birebir modellenmesi gibi bir beklenti yoktur. Bilim ve teknolojideki gelişmelerle birlikte, insan beyninin bir yazılımla modellenemeyecek kadar karmaşık olduğu anlaşılmıştır. İlerleyen yıllarda araştırmacılar, insan beyninin tam yapısını modellemeye odaklanmak yerine, daha spesifik alanlarda karar mekanizmaları geliştirmeye odaklandılar [70]. Dolayısıyla, yapay zekâ

geliştirme çalışmaları genellikle belirli sorun alanlarına odaklanmakta ve şimdiye kadar bu alanlardaki eksiklikleri gidermeye çalışmaktadır.

2.2.1 Yapay Zekânın Tarihçesi

Yapay zekâ, Bilgisayar Bilimi, Felsefe, Matematik, Psikoloji, Bilişsel Bilimler ve diğer birçok disiplinde kökleri olan geniş bir bilimsel alandır. Bu perspektiflerin her biri yapay zekâyı görece farklı şekillerde açıklar. Bilgisayar Bilimi, zekânın özelliklerini gösteren hesaplama sistemlerinin geliştirilmesiyle ilgilenmektedir. Felsefe, zekânın anlamı ve yapay varlıklarla ilişkisi ile ilgilenir. Psikoloji, insanların birbirleriyle ve akıllı sistemlerle nasıl etkileşim kurduğunu anlamaya odaklanır. Bilişsel Bilim, insan bilişine ilişkin temel bilgiler sağlar.

Yapay zekâya yönelik birçok adımın ilki, uzun zaman önce, Aristoteles (M.Ö 384- 322) tarafından "Syllogisms" adlı belirli tümdengelimsel akıl yürütme tarzlarını açıklamak üzere atılmıştır. Katalan şair ve düşünürlerinden Ramon Llull (M.S 1235- 1316), Ars Magna (Büyük Sanat) adı verilen ve tüm soruları cevaplayabildiği sanılan bir makine tasarlamıştır. Bunun yanı sıra felsefi yaklaşımlarda da yapay zekâ kavramının ilk izleri görülmektedir [70]. Descartes Turing'den çok daha önce Turing Testi'ne benzer bir yaklaşım önermiştir.

Vücudumuza benzerlik gösteren ve hareketlerimizi ahlaki olarak mümkün olduğu kadar taklit eden makineler varsa, her zaman bunların gerçek insanlar olmadıklarını anlamak için iki kesin testimiz olmalı. Makinelerle insanlar arasındaki birinci fark şu olmalıdır ki, başkaları hakkında düşüncelerimizi ifade ederken yaptığımız gibi, makineler konuşmaları veya diğer işaretleri asla kullanamayacaklardır. Çünkü bir makinenin ayarlandığını kolayca anlayabiliriz, böylece sözcükleri söyleyebilir ve hatta uzuvlarında değişiklik meydana getiren bazı bedensel tepkiler verebilirler. Ancak, en az insanın yapabileceği gibi, söylenebilecek her şeye uygun bir şekilde cevap verebilmek için konuşmasını çeşitli şekillerde düzenlemesi asla gerçekleşmez. Ve ikinci fark şu ki, makineler bazı şeyleri belki de bir insanın yapabileceğinden daha iyi bir şekilde gerçekleştirebilse de, diğerlerinde bir şekilde yetersiz kalırlar, bunun anlamı bilgiden hareket etmedikleri, ancak sadece bedenlerinin var olmasıdır. Bunun sebebi sahip olduğu uzuvların her bir eylem için bazı özel adaptasyonlara ihtiyacı olmasıdır. Bu nedenle, makinelerin günlük yaşamsal davranışların tümünü bir insanın yaptığı gibi yapması ahlaki olarak mümkün değildir [74].

On yedinci yüzyılda, filozof Gottfried Wilhelm von Leibniz (1989), nesnelere veya kavramlara dayalı sembollerden oluşan yapay bir evrensel dil ve bu dilin işleyişinin mantıklı kurallarını tasarlayarak bir düşünce makinesinin planlarını belirledi. Martin Gardner [58] çalışmasında, Gottfried Leibniz'in "ahlaki ve metafiziksel gerçekleri içeren tüm bilgilerin bir gün tek bir tümdengelim sistemi içine alınabileceği evrensel bir cebirin hayali" düşüncesine dayanan bir matematik felsefesi ya da oranlama aracı olarak adlandırdığı sistemine atıfta bulunmaktadır.

On dokuzuncu yüzyılda George Boole mantıksal önermenin temellerini geliştirinceye kadar önemli bir ilerleme yaşandığını söylemek güçtür. Bole'nun amacı insanın tabiatına ve oluşumuna ilişkin bazı muhtemel önerileri derlemekti. On dokuzuncu yüzyılın sonlarına doğru, Gottlieb Frege (1879) mekanik muhakeme için rakamlarla gösterim sistemini önerdi. Frege bu sisteme "Kavram yazı" olarak çevrilebilecek olan "Begriffsschrift" adını verdi [75].

İkinci Dünya Savaşı'nın hemen akabinde başlayan gelişmeler, bilişim teknolojileri ile yakından bağlantılıdır ve bilgisayarları, giderek artan bir şekilde yalnızca bir insana atfedilen karmaşık görevleri yerine getirme davranışlarını taklit etmeye yönlendirmiştir. Uzun süredir insanlar, düşünme sürecinin nasıl işlediği akıllı makinelerin nasıl yapılabileceği ve nasıl insan gibi akıllı davranışlar sergileyebilecekleri üzerine düşünmektedir. Kurt Godel, 1931'de teorik bilgisayar biliminin temellerini evrensel biçimsel diller üzerine yaptığı çalışmalarla atmış ve ispat ve hesaplamanın sınırlarını belirlemiştir. Norbert Wiener'in Sibernetik'i geliştirdiği bu dönemde, Gray Walter robot kaplumbağaları tasarlamıştır [70].

İngiliz matematikçi Alan Turing 1936'da, Gödel'in ulaştığı sonuçları ve Alonzo Church'ün çalışmalarının uzantılarını yeniden düzenlemek için tasarladığı Turing makinesini tanıtmıştır. Gödel'in tamsayı tabanlı biçimsel sistemlerinden genellikle daha elverişli olan Turing Makineleri, daha sonra bilgisayar bilimleri teorisinin merkezi bir aracı haline gelmiştir. Aynı zamanda Konrad Zuse, Charles Babbage tarafından kullanılan daha hantal olan ondalık sistem yerine ikili aritmetik sistemini ve Gottfried Wilhelm von Leibniz'in (1701) bitlerini kullanan ilk çalışma programı kontrollü bilgisayarları (1935-1941) yaptı [70].

Alan Turing 1950 yılında, bir makinenin akıllı olup olmadığını değerlendirmek için bir ölçüt olarak yapay zekâ çalışmalarında kullanılan Turing Testi taklit oyununu önerdi. Bir makinenin sahip olduğu zekâ seviyesinin insana ne kadar yakın olduğunu değerlendirmek için kullanılan Turing Testi konuşma yeteneklerine dayanan bir testti. İnsanlar ve makineler arasındaki bu yetenekler onları birbirinden ayırt edemediğimiz kadar benzer duruma gelirse, o zaman bir makinenin insan gibi davrandığı sonucuna varılabildiğini, bunun da bir makinenin yapay zekâya sahip olduğu anlamına geldiğini öne sürdü. Ancak, Turing testlerinin asıl görevi yapay zekânın belirlenmesi için evrensel bir test oluşturmak değildi. Aksine, bir makinenin zekâ ile bağlantılı olan bazı insan davranışlarını taklit etme yeteneğinin yorumunu oluşturmaktı. Bu nedenle Turing Testi, makinenin bir insan gibi davranma kapasitesini belirlemek için kurulan öncü bir yöntemi temsil eder [76].

Genel kullanım amaçlı bilgisayarların 1950'lerde ortaya çıkışı, insanların hayallerini ve isteklerini büyük ölçüde değiştirdi ve yapay zekâyı insanlık için daha somut bir olanak haline getirdi. Böylece, 1956 yılında Herbert Simon'ın öncülüğünü ettiği bir grup bilim adamı bir yaz okulu sebebiyle bir araya geldi [77]. Konferansta, öğrenmenin her bir yönünün ya da zekânın başka bir özelliğinin prensip olarak kesin bir şekilde tarif edilebilir olmasına bağlı olarak, onun bir makine tarafından taklit edilebileceği ortaya koyuldu ve böylece "modern" yapay zekâ dönemi başladı. Bu tarih yapay zekânın doğuşu olarak bilinir; çünkü 1956 yılı itibariyle dünya genelinde yapay sistemlerin oluşturulması çalışmaları birçok bilim adamı tarafından önem arz etmekteydi [68].

Ekonomist ve sosyolog Herbert Simon, 1957'de yapay zekânın gelecek 10 yıl içinde satrançta bir insanı yenmeyi başaracağını söyledi [62], ancak Simon'un vizyonu 30 yıl gecikmeli olarak haklı çıktı. 1950 ve 60'lı yıllar boyunca yapay zekâ çalışmalarında aşırı iyimser bir hava olmasına rağmen gerçekleşmeyen beklentiler nedeniyle ABD ve İngiliz hükümetleri yapay zekâ fonlarını kesti. Sonraki yıllarda coşku kayboldu ve ülkelerin yapay zekâ araştırmalarına fon sağlama isteği azaldı. 1970 ile 1990 arası yapay zeka araştırmaları alanındaki finansal sıkıntının yaşadığı dönem olarak görülmektedir [62].

1990'ların sonunda, Amerikan teknoloji şirketleri yeniden yapay zekâ çalışmaları ile ilgilenmeye başladı. Japon hükümeti, makine öğrenmesini geliştirmek için beşinci nesil bir bilgisayar geliştirme planı açıkladı [79]. Yapay zekâ çalışmalarını takip edenler, kısa zamanda bilgisayarların mantıklı sohbet edeceğini, dilleri tercüme edebileceğini, resimleri

yorumlayabileceklerini ve insanlar gibi neden-sonuç ilişkisi kurabileceklerine inanıyorlardı. Birçok iniş ve çıkıştan sonra IBM'in satranç bilgisayarı Deep Blue, 11 Mayıs 1997'de dünya satranç şampiyonu Garry Kasparov'u yenerek yapay zekâ teknolojisinde yeni bir sıçrama noktası oldu [80].

2013 yılında dünyanın önde gelen yapay zekâ araştırmalarından biri olan DeepMind, bir dizi insan oyuncunun seviyesinin üzerinde Atari oyunu oynayabilecek bir yapay zekâ tanıttı. İlk bakışta etkileyici görünmemiş olabilir, ancak yapay zekânın bu oyunları kendiliğinden öğrenmesini sağlamak için takviye öğrenme ve sinir ağlarını kullandılar. Ayrıca, sadece pikselleri aracılara girdi olarak kullandılar. Bu yüzden yaptığı hamleye bağlı olarak aracıya verilen doğrudan bir doğru sonuç yoktu. Klasik Atari oyunlarının yanı sıra, DeepMind de AI AlphaGo ile dünyanın en iyi insan Go oyuncusunu yenmeyi başardı. Ekim 2015'te ilk önce Avrupa Şampiyonu olan Fan Hui'yi beşe sıfır mağlup etti. Maçtan sonra Go sahnesinde AlphaGo ile ilgili pek çok şüphe vardı. Çünkü Avrupa Şampiyonu Fan Hui 2-dan seviyesindeydi (9-dan = en iyi seviye). Bu nedenle DeepMind takımı 9-dan seviyesindeki Dünya Şampiyonu Go oyuncusu Lee Sedol ile karşılaşmak için Güney Kore'ye gitti ve AlphaGo, Lee Sedol karşısında 4-1 kazanmayı başardı [81].

2017 yılında DeepMind, yeni nesil AlphaGo'yu yayınladı. AlphaGo Zero, düşük donanım üzerine kuruldu ve kendisine karşı oynamayı öğrendi. Üç günlük eğitimden sonra AlphaGo Zero, Lee Sedol'u mağlup eden bir önceki versiyonu AlphaGo'yu 100- 0 yenerek AlphaGo'dan daha güçlü olduğunu kanıtladı. 40 günlük eğitimden sonra AlphaGo Zero'nun yeni versiyonu AlphaGo Zero'yu da mağlup etmeyi başardı [82].

Son yirmi yılda, yapay zekâ çalışmaları ağır şekilde ilerlemiştir. Bir araştırma firması olan Fortune Business Insight (2019) yapay zekâ pazarının 2027 yılına kadar 266,92 milyar dolar olacağını öngörmektedir. Tüm bunlar büyük veri, daha hızlı bilgisayarların yapılması ve son yıllarda makine öğrenme tekniklerinde yaşanan gelişmeler sayesinde mümkündür. Yapay Sinir Ağları kullanımıyla video işleme, metin analizi ve konuşma tanıma gibi karmaşık işlemlerin kolayca yapılabilir olması ve mevcut çözümlerin önümüzdeki yıllarda daha da artacak olması yapay zekâ çalışmalarını daha iyi hâle getirecektir.

2.2.2 Yapay Zekâya Yönelik Yaklaşımlar

Akıllı sistemler geliştirmeye çalışırken, sistemin etrafındaki dünyadan nasıl bilgi toplayacağının, bu bilgiyi nasıl temsil edeceğinin ve işleyeceğinin belirlenmesine yönelik uzmanların farklı görüşleri vardır. Hem yapay zekâ teorisyeni Eliezer Yudkowsky hem de filozof Nick Bostrom, yeni yapay zekâların inşasında göz önünde bulundurulması gereken dört temel ilke önermiştir: (1) Yapay zekânın işleyişi anlaşılabilir olmalı ve (2) eylemleri temelde öngörülebilir olmalıdır. Bu kriterlerin her ikisi de yapay zekâ programını kontrol eden uzman bireylerin olası bir aksaklık durumunda zamanında müdahale etmesini mümkün kılmalıdır. Ek olarak, (3) yapay zekâlar manipülasyona karşı dayanıklı olmalı ve bir kazanın meydana gelmesi durumunda (4) sorumluluklar açıkça belirlenmelidir [83].

Yapay zekânın "nasıl tasarlanması" ve geliştirilmesi gerektiğine yönelik önerilerin dışında, literatürde yapay zekânın "nasıl işlediği" yönüyle ilgili yaklaşımlar da mevcuttur. İnsan zekâsına yakın yapay zekâ geliştirme arayışının tarihinde, Yapay zekânın işleyişiyle ilgili bir takım rakip paradigmalar birbirine üstün gelmiştir. Bu temel paradigmalardan biri sembolik yapay zekâyı içeren (SAI; Symbolic artificial intelligence) "sembolik" paradigma, bir diğeri ise numerik yapay nöral ağları (NAINYZ; Numeric artificial intelligence) içeren istatistiksel veya bir diğer adıyla "numerik" paradigmadır [87]. Sembolik paradigma 20. yüzyılın büyük bir bölümünde baskınken, 21. yüzyıldan itibaren numerik (istatistiksel) paradigma öne geçmiştir. Her iki yaklaşım da bilgi işleme modeli olarak işlev görse de, bazı çalışmacılar yapay zekâ açısından bu iki yaklaşımın temelde uzlaşmadığını ve yapısal açıdan farklı olduklarını öne sürmüşlerdir [62].

2.2.2.1 Sembolik ve numerik yapay zekâ paradigmaları

Sembolik paradigmanın temel prensibi, yapay zekânın insan zekâsının soyut temsillerin manipülasyonuna dayandığı varsayımıdır. Sembolik yapay zekâ (SAISYZ) ile oluşturulan bir makineye gerçek dünyadaki varlıkları veya kavramları temsil eden ipuçlarını (sembolleri) içeren hazır bilgiler depolanır. Daha sonra bu makineden sistemine yüklenen karmaşık verileri "mantık" yürüterek yorumlaması ve içgörü geliştirerek buna yönelik davranışlarda bulunması beklenir. Sembolik yapay zekâ, hafızasına kaydedilen bilgileri işlerken, semboller, sıfatlar ve eylemler arasında mantık yürüterek sonuca varır (Tablo 2.1).

Mantık yürütürken ise birincil düzeyde (Örn; doğru/yanlış ve basit toplama işlemleri gibi) hesaplama işlemlerini kullanır [84].

Tablo 2.1: Sembolik Yapay Zekânın Çalışma Prensibi

Semboller	**Sıfat ve Eylemler**	**Mantıksal Bağlayıcılar**	**SAI Yorumu**
Ali Araba	Kırmızı Eski Sürmek	Ve	Ali kırmızı ve eski araba sürüyor

En önemli becerisi doğaya ait sembolik ipuçlarını barındıran bilgiyi manipüle ederek gerçeklere ve kurallara dayalı akıllı kararlar almasıdır. SAI sistemleri genellikle mantıksal veri tabanları, anlamsal ağlar, kavramsal çerçeveler, bilişsel şemalar gibi karmaşık sembol yapılarından faydalanarak çalışır. Ayrıca SAI sistemleri yukarıdan aşağıya doğru çalışma prensibine sahiptir. SAI sistemlerini, ağırlıklı olarak sayısal işlem yaptığı iddia edilen NAI sistemlerinden ayıran en önemli özelliği doğaya ait kendisine önceden depolanan ipuçlarını iç görüleri aracılığıyla ve mantık yürütme yoluyla manipüle ederek kararlar almasıdır [62].

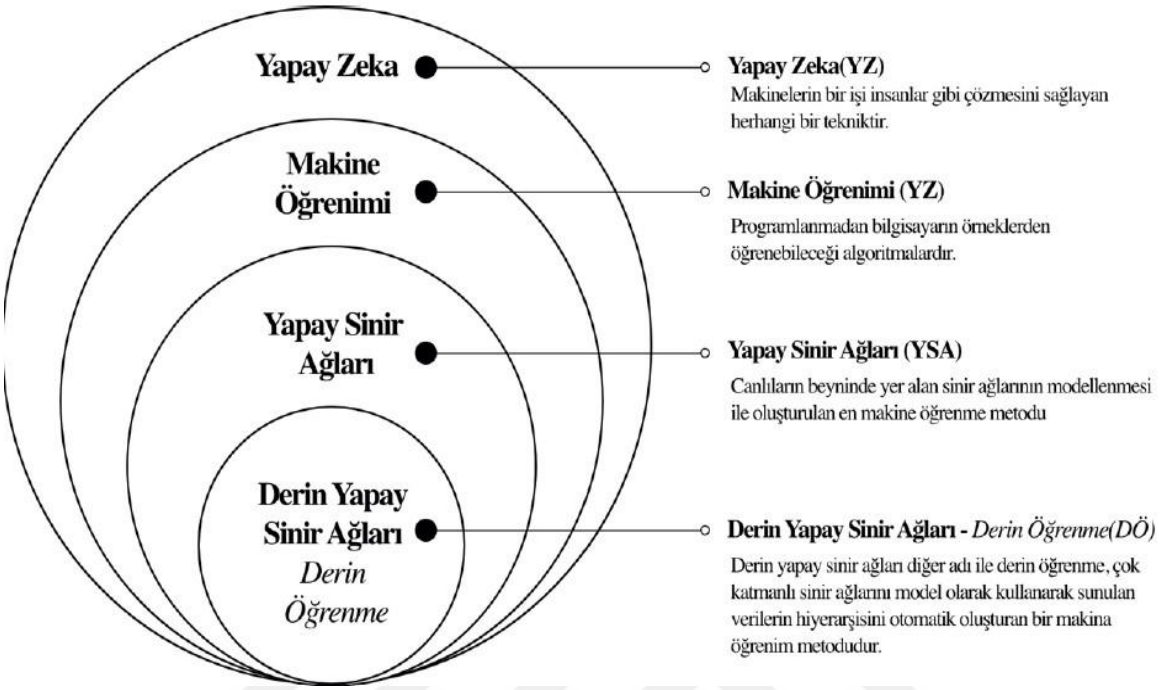
Sembolik olmayan, numerik (istatistiksel) yapay zekâ (NAI) yaklaşımı ise makine öğrenmesini (machine learning) esas alır (Bkz. Şekil 2.11). Yukarıdan aşağıya ilkesiyle çalışan sembolik yaklaşımlı sistemlerin aksine, numerik yapay zekâ sistemleri aşağıdan yukarı doğru çalışma mekanizmasına sahiptir. Bu çalışma mekanizması literatürde "Makine öğrenmesi" ile karakterize edilir. Numerik yapay zekâ sistemleri kendilerine sağlanan nöral altyapı sayesinde (Bkz. Şekil 2.11) kendi öğrenme sürecini gerçekleştirir. Geliştiriciler ilk olarak makinenin ham çevresel verileri ve belirli kalıpları tanımasını sağlar. Daha sonra makinenin kendi karmaşık sistemlerinde, kendisine sağlanan ham duyusal verilerin, yüksek boyutlu temsillerini oluşturması beklenir. NAI sistemi yapay sinirler olarak adlandırılan birbirine bağlı düğümler üzerinden çeşitli algoritmaları devreye sokar. Makine bu algoritmaları oluşturmak için çoklu hesaplama teknikleri kullanır. Bir NAI sistemi geliştikçe makine öğrenmesi ve derin öğrenme gibi becerileri daha iyi sergilemesi beklenir [62].

“Makine öğrenmesi” numerik yapay zekâ sistemlerinin öne çıkan özelliklerinden biridir (Bkz. Şekil 2.11). Aşağıdan yukarı çalışma sistemiyle karakterize edilen makine öğrenmesi, doğadaki evrimsel eğilime dayanarak, daha küçük ve basit bileşenlerden daha karmaşık sistemler inşa etme üzerine kuruludur. Bu şekilde, makineler veri toplama ve işleme yoluyla insanlara benzer bir şekilde öğrenebilirler. Sembolik yapay zekâ sistemlerinin katı ve kurallara dayalı bir şekilde işlem yürütmesinin aksine kendi kendine öğrenme yöntemiyle makine zekâsı, insan zekâsı gibi esnek ve uyarlanabilir hâle gelebilir. Bu aşağıdan yukarıya yaklaşım, sistemdeki çeşitli kalıpları tespit etme, verilerden yola çıkarak tahminler yapma ve bu tahminler doğrultusundaki yeni bilgileri öğrenme gibi çeşitli teknikleri içerir [84]. İnsan biyolojisinin daha iyi bir modellemesini sunan aşağıdan yukarıya öğrenme tekniği, yani makine öğrenmesi önde gelen yapay zekâ yaklaşımlarından biri olmuştur.

“Nöral ağlar” (neural networks) biyolojik olarak insan beynindeki sinir ağı sisteminin modellenmesiyle oluşturulmuş, gözlenebilir bilgilerden öğrenebilen yazılımdır. Nöral ağlar, makine öğrenmesi gibi, numerik yapay zekâ sistemleriyle karakterize edilen bir diğer özelliktir (Bkz. Şekil 2.11). Tıpkı insan beynindeki sinir ağı sisteminde olduğu gibi numerik yapay zekâ sistemleri de insanınkine benzer nöral ağlara sahiptir ve bu alt yapı sayesinde bilgi işleme sürecini gerçekleştirir [70].

“Derin öğrenme” (deep learning) ise numerik yapay zekâ sistemlerini tanımlayan bir diğer beceridir (Bkz. Şekil 2.11). Makine öğrenmesinin bir alt boyutu olan derin öğrenme, bir yapay zekânın sistemine giren verinin birden fazla nöral ağlar katmanları arasında işlemesi ve bu işleme dayalı çıktı (output) elde etmesiyle gerçekleşir. Özellikle 2000’li yılların başından itibaren makine öğrenmesinin yeni bir çağa girmesine neden olan derin öğrenme, AlphaGo ve diğer gelişmiş yapay zekâ sistemlerinin arkasındaki teknolojidir. Derin öğrenmede, yapay zekânın nöral katmanlarındaki nöronlara ağırlıklı bir değer atanır. Verilerdeki kalıpların bir kısmı tanındığında, bununla ilgili nöron belirli bir değer eşiğini geçerse tıpkı insan beyninde olduğu gibi aktive olur veya “ateşlenir”. Yani burada yapay zekâ belirli bir işlevi öğrenmek için nöral ağları ve girdi-çıktı eşleştirmelerinde oluşan modelleri kullanır (85). Dolayısıyla derin öğrenme, bir yapay zekânın, verilere yönelik tahminlerde bulunurken nöron katmanlarını kullanarak modeller öğrenmesi olarak tanımlanabilir. Lewis-Kraus’a göre [114] derin öğrenme oldukça avantajlıdır çünkü “bir

katmanla makine yalnızca basit kalıpları bulabilirken; birden fazla ile katmanla birlikte makinenin, kalıpların içindeki kalıpları araması mümkün olmaktadır.”



Şekil 2.11: Yapay Zekâ Yaklaşımları [86].

Genel olarak bakıldığında NAI sistemleri biyolojik sinir sistemlerinin yapısını taklit ettikleri için, beynin modellenmesine olanak sağlar. Bu açıdan, NAI geliştiricilerinin SAI geliştiricilerine göre daha devrimci ve fütüristik bir sistem önerdikleri söylenebilir. Ayrıca bu yaklaşım yapay zekâ sistemine görece daha az müdahaleyi gerektirir, çünkü sistem sadece öğrenir [87]. Örneğin, öğrenme sayesinde zamanla bir köpeği, kediden ayırabilir; bir metni okuyabilir ve daha sonra kendi metinlerini üretebilir. Yani yalnızca önceden toplu bir şekilde sistemine yüklenmiş çok sayıda hazır bilgiye ihtiyaç duyan, yukarıdan aşağıya bir işleyişi yoktur. Bu da onu sembolik yapay zekâdan ayıran en önemli özelliktir. Ayrıca sembolik yapay zekâdan farklı olarak karar vermeyi doğru-yanlış ekseninde yürütmez. Doğadaki değişkenlerin arasındaki ilişkilerin yalnızca doğru yanlış üzerine kurulu olmaktansa farklılaşabileceğini ve esnek olabileceğini hesaba katar. Bu nedenle tüm ihtimalleri gözeterek, veriler arasında korelasyonel ilişkiler kurarak algoritmik hesaplamalarla sonuçlara varır [62].

En başından itibaren yapay zekâ geliştirme çalışmalarına bakıldığında hem numerik hem de sembolik yaklaşımlı çalışmaların, yapay zekâyla ilgili hedefleri gerçekleştirmede yeterli

olmadığı, yani insan zekâsı seviyesinin becerilerine ulaşmada tam anlamıyla başarılı sonuçlar ortaya koyamadığı görülmektedir. Sembolik yapay zekâ ile çalışan makineler insanların sorularına beklenen tepki ve yanıtları her zaman isabetli veremezken, numerik sistemlerin yapay sinir ağları beklenen düzeyde makine öğrenmesi gerçekleştirememiştir [70]. İlerleyen yıllarda bu yöntemlerden herhangi biri ile yapay zekâda hedeflenen gelişmelerin yaşanıp yaşanmayacağı veya ne zaman yaşanacağı belirsizdir.

Kimi araştırmacılar yapay zekâyı insan zekâsına denk bir hale getirme hedefinde bu paradigmaların tek başına yeterli olmayacağını, çift sistemin yani hem sembolik hem de numerik paradigmaları yapay zekâya entegre etmenin daha iyimser sonuçlar vereceğini öne sürmektedir. Çift yaklaşımlı sistemlerin güçlü yönü, makinelerin belirli görevleri nasıl gerçekleştireceklerini öğrenmeleri ve öğrendikleri bilgiyi daha etkili hale getirmek için birden çok algoritma kullanmasını mümkün kılmasıdır [84].

2.2.2.2 Dar yapay zekâ

Literatürde yapay zekânın sembolik ya da numerik paradigmalarla inşa edilmesine yönelik tartışmaların yanı sıra yapay zekâya yönelik yaklaşımların önemli bir bölümü yapay zekânın farklı uzmanlık seviyelerine ve işlevsellik düzeylerine göre ayrılmasını içermektedir. Buna göre yapay zekâ sistemleri; problem çözme, akıl yürütme ve öğrenme gibi becerilerinin seviyelerine göre göre dar, genel ve süper yapay zekâ gibi üç kategoride sınıflandırılmaktadır [62].

Dar yapay zekâ, insanlığın şu ana kadar elde ettiği tek Yapay Zekâ türüdür; dolayısıyla günümüzde var olan tek yapay zekâ türü budur. Dar yapay zekâ sınırlı bir göreve odaklanan dar bir beceri yelpazesine sahip olan yapay zekâ türüdür [66]. İnsan benzeri biliş ve akıl yürütmeyi kopyalayarak Satranç ya da GO oynamak, satın alma önerileri yapmak, kanser ve diğer hastalıkları aşırı hassasiyetle teşhis etmek ve hava durumu tahminleri gibi tek bir görevi yerine getirmek üzere çalışan yapay zekâ sistemlerini temsil etmektedir. Günümüzde makinelerin konuşma ve görüntü tanıma gibi özellikleri büyüleyici görünse de bu beceriler dar yapay zekâ uygulamalarıdır. Karmaşık gibi görünen Google'ın çeviri motoru, Siri, şoförsüz otomobil teknolojileri bile birer dar yapay zekâ ürünüdür. Ayrıca bilgisayarların vizyonu, konuşma ve metni doğal dilde anlayarak, bireye özel kişiselleştirilmiş bir şekilde

etkileşime geçmeleri, yani doğal dil işleme becerileri (NLP) mevcut aşamada halen dar yapay zekâ kapsamındadır.

Temelde, dar yapay zekâ çok sınırlı bir bağlamda çalışır ve kendi alanının ötesindeki görevleri yerine getiremez. Örneğin, ses ve video dosyalarını sizin için transkript eden programlardan size aynı zamanda yemek sipariş etmesini bekleyemezsiniz. Bu, başka bir yapay zekâ sisteminin görevidir. Dar yapay zekâ bazen "zayıf yapay zekâ" olarak da adlandırılır. Bununla birlikte, bu, dar yapay zekânın yetersiz olduğu anlamına gelmez. Aksine hem fiziksel hem de bilişsel olan rutin işlerde oldukça iyi performans sergiler. Pek çok insan işini yapabilir ve hatta insanların elinden bazı meslekleri alabilir durumdadır. Ayrıca insanlar için çözmesi yıllar alabilecek verilerden desenleri ve bağlantıları ortaya çıkarabilir. Fakat dar yapay zekâ insan zekâsı seviyesinde bir zekâyı temsil etmemektedir [62]. Bu türde bir zekâ, genel yapay zekânın konusudur.

2.2.2.3 Genel yapay zekâ

"İnsan düzeyinde yapay zekâ" veya "güçlü yapay zekâ" olarak da bilinen genel yapay zekâ (Artificial General Intelligence), çevresini bir insan kadar anlayabilen, olaylara ilişkin bir insan gibi mantık yürütebilen; kısacası insan kadar becerikli bir yapay zekâ türüdür. Genel yapay zekâya ulaşmak oldukça zordur ve yapay zekâ çalışmacıları yıllardır bu zekâ türüne ulaşmanın eşiğinde olduğumuzu söylemektedir [66]. Ancak genel yapay zekâ çalışmaları halen gelişmektedir ve yapay zekâda ne kadar süre içinde insan zekâsına ulaşılacağı belirsizdir. İnsan beyninin bilişsel işleyişi hakkında hâlihazırdaki bilgi eksikliği göz önüne alındığında ve akıl yürütme mekanizmalarını birebir taklit etmek oldukça zor olduğundan, en azından önümüzdeki birkaç yıl içinde genel yapay zekâ sistemleri görmemizin pek olası görünmediği söylenebilir.

İnsanlar verileri bilgisayarlar kadar hızlı işleyemeyebilirler. Ancak ayrıntılara inmeden soyut bir şekilde düşünebilir ve planlayabilir, sorunları genel düzeyde çözebilirler. Yenilik yapabilir, önceden var olmayan düşünceler ve yeniliklerle ortaya çıkabilirler. Telefonun icadı, gemilerin inşa edilmesi ile sosyal medya, oyun, sanal gerçeklik gibi kavramları düşündüğümüzde, orada olmayan bir şeyi icat etmenin -şimdilik- insana özgü olduğu ve bunları bir bilgisayara öğretmenin oldukça zor olduğu görülmektedir. Ayrıca bir insan herhangi bir durumla ilgili karar verirken o durumu nasıl algıladığına bakar ve birden fazla

düşünce ile hatıralar arasında karmaşık bir bilişsel yol izler [62]. Bilgisayarların böylesi bir işlevi başarması şu an için olası değildir.

Gelecekte insan zekâsı gibi işleyen bir yapay zekânın nasıl bir sistem olacağını tanımlamak oldukça zordur. Bazı otoriteler 22. yüzyılın başından önce genel yapay zekâyı göreceğimizi iddia etmektedir. Hatta Google araştırma direktörü Peter Norvig ve IBM teknoloji direktörü Rob High, insani düzeyde bir yapay zekâ seviyesine ihtiyacımız bile olmadığını savunmaktadır [62].

2.2.2.4 Süper yapay zekâ

Yapay zekânın çıkış noktasının, insan zekâsının bir modellemesi olduğu göz önüne alındığında öncelikle insan zekâsının nörolojik işleyişini ve kapasitesini tahmin etmek önemlidir. Ancak zekânın kısıtlı bir bölümünü ölçtüğü veya zekâ kavramını sınırlı alanlara indirgemesi yönüyle eleştirilen tartışmalı ölçüm araçları ve varsayımlar en azından zekânın kapasitesini ölçme ve değerlendirmede kat edilecek çok yol olduğunu göstermiştir. Bu nedenle güncel yaklaşımlar zekâyı ele alırken bireylerin zekâ göstergesi olan hâlihazırdaki becerilerine değil, zekânın ortaya koyabileceği olası becerilere, yani zekânın henüz tam anlamıyla keşfedilmeyen kapasitesini sorgulama eğilimindedir. Zekâ kavramına bakış açısının geleneksel çizgiden çıktığı günümüzde, zekânın olası kapasitesinin insanların mevcut araçlarla ölçebildiğinden ya da sahip olabileceğinden daha üst düzeyde olup olmadığı sorusu ortaya çıkmış, bu da süper yapay zekâ (Artificial Super Intelligence) kavramını doğurmuştur [83]. Şu an bulunduğumuz noktada süper yapay zekâ genel yapay zekâdan daha belirsiz bir kavram olarak görünmektedir.

Bazı varsayımlara göre, genel ve süper yapay zekâ arasındaki mesafe oldukça kısadır. Genel yapay zekâya ulaştıktan sonra süper yapay zekâya ulaşmanın belki yalnızca aylar, haftalar sonra olacağı veya göz açıp kapayıncaya kadar gerçekleşeceği ve ışık hızında devam edeceği öngörülmektedir. O zaman ne olacağı hakkında kimsenin kesin bir bilgisi olmasa da, Stephen Hawking gibi bazı bilim insanları süper yapay zekânın gelişimini insanlığın potansiyel sonu olarak görmüşlerdir [88]. Öte yandan Google'ın video oyun tasarımcısı Demis Hassabis gibi bazıları ise, yapay zekânın daha akıllı hale geldikçe, insanların da daha iyi hale geleceğine, çevreyi korumaya, hastalıkları iyileştirmeye, evreni keşfetmeye ve kendilerini anlamalarına odaklanacağına inanmaktadır [89].

Süper yapay zekânın, geleceğin kendisi olduğuna inanılmaktadır. Varsayımlara göre süper yapay zekâ akıl yürütme, bilişsel işlevler, soyut düşünme, sanat, duygular, karar verme, diğer makinelerle ve insanlarla etkileşimler gibi becerilerde olağanüstü performans gösterebilecektir [83]. Bu gibi beceriler bugün insana özgü olarak adlandırılan, başka bir deyişle insan zekâsını yapay zekâdan ayıran temel becerilerdir. Ne var ki tüm insanların bu becerilerde yeterince ustalaştığı iddia edilemez ve gelecekte bir süper yapay zekâ sisteminin insanların gerçekleştiremediği kapasitelere ulaşması veya insanların ustalaşamadığı alanlara hâkim olması da söz konusu olabilir.

2.2.3 Sosyal Bilimlerde Yapay Zekâ Teknolojisinin Yeri

İçinde bulunduğumuz dönem, robot sistemlerin günlük yaşantımızda bir insandan farksız olarak tüm alanlarda yer aldığı, otonom araçların bireylerin sıkça kullandığı sürecin hemen öncesi olarak adlandırılabilir. Örneğin iletişim, yazılım ve bilgi işlem teknolojilerinin gelişimiyle birlikte, söz konusu teknolojilerin insanlığı 20. yüzyılda, eski dönemlere göre bir adım ileri taşıdığı söylenebilir. Yeni teknolojilerin yükselişi bazı dezavantajlar yaratsa da, modern yaşamın ve küreselleşmenin itici gücü olduğunu söylemek mümkündür. Yapay zekâ teknolojisinde yaşanan gelişmelerin de 21. Yüzyılda insanlığı modern zamanın ötesine taşıyabilecek bir potansiyele sahip olduğu yadsınamaz bir gerçek olarak karşımıza çıkmaktadır. Derin öğrenme ve makine öğrenmesi tekniklerinde yaşanan gelişmeler kısa sürede dünya genelinde büyük yankı uyandırdı ve tüm aktörlerin ilgisinin yapay zekâ çalışmalarına yönlenmesine neden oldu. Yakın zamana kadar, yapay zekâ kavramı denildiğinde tüm kesimlerin aklına ilk olarak mühendislik uygulamaları gelmekteydi. Son dönemde sosyal bilimler alanında yapılan akademik çalışmaların sayısındaki artış, ülkelerin yapay zekâ temalı ulusal stratejiler belirlemesi ve sosyal medya ve basında yapay zekâ konulu haberlerin sıkça gündemde yer alması konuyu mühendislik biliminin ilgi alanından çıkararak geniş bir alana yaydı ve konu sosyal bilimlerin de gündemine girdi.

Günümüzde, Yapay zekânın kullandığı yöntemler, yaklaşımlar ve teknikler aracılığıyla sağlanan akıllı çözümlerle ilgili olmayan bir alan bulmak neredeyse imkânsızdır. Doğa bilimleri, yapay zekâ çalışmalarının temelini oluşturan matematiksel ve mantıksal olarak yapılandırılmış problemlerin yer aldığı geliştirme sürecindeki geniş uygulama birimleriyle doğrudan ilişkilidir. Bununla birlikte, modern yaşamın tüm alanlarında yapay zekâ tabanlı ürünlerin ve sistemlerin sıkça kullanılmaya başlanması, yapay zekânın sosyal bilimlerdeki

uygulamaları hakkında yeni tartışma alanları açmaktadır. Felsefi ve sosyolojik tartışmaların yanında özellikle uluslararası ilişkiler disiplininde ortaya çıkan yeni süreçler yapay zekâ çalışmalarını sosyal bilimlerin odağına çekmektedir [90].

Matematiksel işlemlerin yapay zekâ oluşturma sürecinde yer aldığı görüşü yapay zekâ çalışmalarının sadece doğa bilimine dair bir çalışma alanı olarak algılanmasına sebep olmaktadır. Bu durumun kavramsal olarak hatalı olduğu söylenebilir. Matematiksel işlemler üzerinden çözümlemeler yapılırken dahi mantıksal yaklaşımların karmaşık denklemlerin çözümünü sağladığı yadsınamaz bir olgudur [91]. Bu bağlamda hem doğa hem sosyal bilimlerin insanlığın mantıksal düşünmesinin bir ürünü olduğu söylenebilir. Ayrıca, sosyal medya ve basında, robotik, bilgi teknolojileri, tıp, biyomühendislik, otomotiv vb. alanlarda yapılan yapay zekâ temelli çalışmaların çokça yer alması kamuoyunda doğa bilimleri ve yapay zekâ arasında doğrusal bir ilişki kurulmasını tetiklemektedir. Oluşturulan algının aksine, yapay zekânın çok yönlü disiplinler arası bir yapısının olması farklı disiplinlerce de çalışmalar yapılarak yarının teknolojisinin gelişimine katkı sunulduğu göz ardı edilemez bir gerçektir. Yapay zekâ temelli araçların kullanımı, robotik sistemlerin yaygınlaşması için fiziki koşulların sağlanması kadar sosyal ve örgütsel altyapının da oluşturulması gerekmektedir [92]. Sosyal bilimler alanında yapılan çalışmalarda veri toplama, veri işleme ve analiz süreci sınırlayıcı bir durum teşkil etmektedir. Başta yapay zekâ teknolojisi olmak üzere çeşitli teknolojik yenilikler (akıllı sistemler, veri madenciliği, makine öğrenmesi, evrimsel hesaplama vb.) ile birlikte sosyal araştırmalara yeni çözümler sunarak, mevcut sosyal bilimler çalışmalarının oluşturulmasında büyük etki oluşturmaktadır.

Yapay zekâ teknolojisi, 19. yüzyılın sonlarına kadar örnekleme planlarının tasarımı, teorilerin geliştirilmesi için sembolik akıl yürütmenin kullanılması ve nitel alan notlarının değerlendirilmesi gibi yöntemlerle sosyal bilimler çalışmalarında yer almıştır [93]. Günümüzde ise büyük veri ve bulut bilişimin ortaya çıkmasıyla beraber, sosyal bilim veri kümelerinin verileriyle aynı alanda yer alması sağlandı. Bunun sonucunda, araştırmalar, sosyal süreçlerin yapıları ve içeriklerinin oluşturulması sürecinde kullanılan sınırlı verilere dayalı projelerden daha geniş çaplı ve karmaşık dinamik projelere dönüştü [94]. Böylece, sosyal davranışlar daha uzun süreler boyunca gözlenebilir hale geldi ve araştırmacıların daha önemli sonuçlar elde etmesinin önü açıldı. Güncel istatistiksel yaklaşımlar yerine akıllı tekniklerin kullanılması, sınıflandırma ya da tahmin gibi bazı yaklaşımların daha etkili

kullanılması, nesnelerin objektif olarak gözlenmesi, optimizasyon, makine öğrenmesi temelli çözümler ve uzman sistem desteği gibi konularda yapay zekâ uygulamaları sosyal bilimlerde araştırmacılara çözümler sunabilir.

2.2.4 Yapay Zekânın Uygulama Alanları

2.2.4.1 Sağlık uygulamalarında yapay zekâ

Yapay zekâ teknolojisine dayalı sistemler, sağlık alanında uzun süredir kullanılmaktadır. Bir rapora göre, sağlık alanında yapay zekâ uygulamaları geliştirme ile ilgilenen 100'den fazla şirket bulunmaktadır [95]. Bazı ülkelerde yapay zekâ uygulamaları sağlık sisteminde aktif olarak kullanılmaktadır. Birçok uygulama ise hala geliştirilme aşamasındadır. Gelişmiş doğal dil işleme teknikleri kullanılarak, çeşitli konuşan yapay zekâ sistemleri geliştirilmiştir. Sanal hemşire Molly, doğal dil işleme teknikleri kullanılarak oluşturulan uygulamalara bir örnektir. Normalde bir insan hemşire tarafından gerçekleştirilen görevleri yerine getirebilme özelliğine sahiptir. Sanal hemşire olarak tasarlanan Molly, hastalara tedavi sonrası veya takip konsültasyonları arasında yaşanabilecek kronik durumları yönetmede yardımcı olmaktadır [96].

IBM tarafından geliştirilen " Watson for Oncologists" adlı yapay zekâ programı, bir doktor için mevcut durumda kullanması gereken medikal bilgiyi ve çok sayıda dokümanı tarar ve yapılandırılmış/yapılandırılmamış tüm verileri analiz eder. Söz konusu hastalık, herhangi bir yayında/belgede bahsedilen herhangi bir vakaya benziyorsa ve belirli bir tedavi planının etkili olduğu tespit edilmişse, üzerinde çalışılan hastalığın tedavisi için rapor sunar [97].

Bazı şirketler medikal danışmanlık hizmeti sağlayabilecek yapay zekâ tabanlı sistemler geliştirmektedir. Bu sistemler, özellikle sonuçları kritik olmayan hastalıklarda veya insan doktorun hiç bulunmadığı durumlarda kullanılabilir. Buna örnek olarak, Babylon Health tarafından geliştirilen Babylon'dan bahsedilebilir. Babylon, kendisine bildirilen belirtilere dayanarak hastaya danışmanlık hizmeti sağlamak için programlanmıştır. Hastaya konuşulan dilde birkaç basit soru sorar ve hasta, konuşulan dilde cevap verir. Babylon, geniş bir semptom veri tabanını araştırır ve hastaya uygun tıbbi tavsiyesini sunar. Gerekli gördüğü takdirde, hastaya doktora başvurmasını önerir. İlerleyen yıllarda bu gibi tanı koymayı kolaylaştırıcı yapay zekâ sistemlerinin sağlık alanındaki kullanımının giderek yaygınlaşması beklenmektedir [98].

2.2.4.2 Eğitim uygulamalarında yapay zekâ

Akıllı öğretim sistemleri, seksenli yıllar itibariyle üzerinde çalışılan ve geliştirilen bir alandır. Uzun süredir birçok ülkede eğitim alanında yapay zekâya dayalı akıllı uygulamaların kullanıldığı bilinmektedir. Doğal dil işleme vb. yapay zekâ tekniklerinde kaydedilen gelişmeler neticesinde, bir dizi yeni uygulama geliştirmek mümkün olmuştur. Eğitim gibi önemli bir alanda yapay zekâ teknolojisi kullanımı etkisinin oldukça yüksek olduğu bilinmektedir. Eğitimde yapay zekâ uygulamaları, öğrencilerin sorularını cevaplama, soru sorma ve geri bildirimde bulunma, verilen cevapları değerlendirme süreçlerini içerir. Yapılan bir araştırmaya göre yapay zekâ teknolojisinin önümüzdeki 10 yıllık süreçte eğitim alanında önemli değişiklere yol açacağı belirtilmektedir [95].

Bir deneyde, Georgia Tech Üniversitesi'nde bir profesör, kendi verdiği derse yardımcı olacak yapay zekâ temelli bir asistan sistemi yarattı. Robot asistan, tıpkı bir insan asistan gibi öğrencilerle etkileşimde bulundu. Bu süreçte, öğrencilerin ödevlerini değerlendirip notlandırdı ve sorularını e-posta yoluyla cevapladı. Dersi alan öğrenciler, profesör söyleyene kadar dönem boyunca bir insanla değil, bir yapay zekâ sistemiyle iletişime geçtiklerini bilmiyorlardı [99].

Eğitim alanında yapay zekâ sistemlerinin kullanılmaya başlanması ile öğrencilerin sınavlarda verdikleri öznel cevapların değerlendirilmesi mümkün hale geldi. Bu alanda yapılan çalışmalar olumlu sonuçlar vermektedir. Örnek olarak, GRE sınavında muhakeme yeteneğinin ölçüldüğü sorulara verilen öznel cevapların değerlendirilmesinde ETS yapay zekâ temelli robot değerlendirici kullanmaya başladı [95].

Çok sayıda dijital öğrenme materyali bulunmasına rağmen, öğrencilerin farklı algılama ve öğrenme düzeylerini gözetmekten yoksun olmaları sebebiyle bu sistemler geliştirilmeye açıktır. Öğrencinin konuyu ya da soruyu anlamadığı durumlarda öğrencinin bilişsel sürecini göz önüne alabilecek sistemlerin yaratılması gerekli görülmektedir. Genel olarak, yapay zekâ temelli sistemler ile birlikte öğrenci için kişiselleştirilmiş eğitim programlarının yapılması kolaylaşmıştır. Öğrencinin gereksinimlerine uygun içerikler sunan eğitim robotlarının, öğrencinin performansını değerlendirerek kişiselleştirilmiş eğitim programları oluşturabildiği görülmektedir.

2.2.4.3 Finans alanında yapay zekâ

Günümüzde "Chatbot"lar, bankalar tarafından müşteri hesaplarının etkinleştirilmesi veya bakiye kontrolü gibi basit görevlerin yerine getirilmesinde oldukça sık kullanılmaktadır. "Chatbot"lar Bilgi Teknolojilerine aşina olmayan ve konuşarak etkileşim kurmak isteyen müşterilere yardımcı olmaktadır. Bazı yatırım firmaları da müşteri iletişim ve yatırım yönlendirme konularında uzman "Chatbot" lar kullanmaktadır. Müşterilerin yatırım profillerini analiz ederek piyasa koşullarına göre oluşturdukları yatırım tavsiyeleriyle hizmet sunarlar. "Chatbot"ların analiz sürecini bir insan danışmana göre çok daha hızlı ve doğru yapması sektörde tercih edilebilirliğini arttırmaktadır. Hisse senedi alım satımına ilişkin veriler halka açık olduğundan, hisse senedi alım satımı yapay zekâ teknolojisi kullanımı için kusursuz bir alandır. Sentinent Technologies Inc. Hisse senedi alım satım işlemleri için bir yapay zekâ sistemi geliştirmektedir [95].

Finans alanında kullanılan bir diğer yapay zekâ temelli sistem örneği AskMyUncleSam adlı "Chatbot"tur. ABD'deki vergi mükellefleri genellikle karışık olan vergi beyannamesi bildirim sürecinde beyanname hazırlayıcı robot uygulamasına başvurur. Robot bu süreçte mükelleflere rehberlik eder ve bir mükellefin ödeyeceği vergi miktarını, faydalandığı indirim tutarlarını hesaplar [100].

2.2.4.4 Ulaşım araçlarında yapay zekâ

Kendi kendine giden "şoförsüz" otomobiller yüksek potansiyel vaat eden bir yapay zekâ uygulamasıdır. Halihazırda Google, Uber ve Tesla gibi birçok şirket kendi şoförsüz araç modellerini yollarda test etmektedir. Singapur'da ise şoförsüz otobüslerin kullanımı deneme aşamasındadır. Şoförsüz araçlarla ilgili şimdiye kadar çok az sayıda kaza bildirilmiştir ve analizler, şoförsüz araçlarla kaza olasılığının insan kaynaklı araçlardan daha az olduğunu göstermektedir. İlerleyen süreçlerde de şoförsüz otomobillerin kaza sayısının insanın sürdüğü otomobillerden çok daha az olması beklenmektedir [101].

Şoförsüz otomobiller, otomobilin etrafındaki fiziksel dünyanın 3D görüntüsünü oluşturmak için lazer ışınları aracılığıyla ışık tespit etme ve uzaklık algılama (LiDar) tekniğini kullanır. Başka bir araba veya yayalar gibi hareketli nesnelerin mesafesini, hızını ve şeklini hesaplamak için lazer ışınları kullanır. LiDar teknolojisi, yollardan bağımsız olarak, fiziksel kısıtlamalar nedeniyle yürümekte zorluk yaşayan bireyler tarafından da kullanılabilir.

Günümüzde bazı şirketler bu teknoloji alanında birbirlerine üstünlük sağlamak için rekabet halindedirler [102].



Şekil 2.12: Ulaşım Araçlarında Yapay Zekâ

Öte yandan, insanların güvenliğini tehlikeye sokması olasılığına karşın, bu araçların yola çıkmasına izin verilip verilmeyeceği hususunda tartışmalar sürmektedir. Ne olursa olsun, geleceğin önemli bir parçası olarak görülen bu teknolojiyle ilgili düzenlemelerin birkaç hususu ele almak zorunda olduğu belirtilmiştir. Örneğin, bir kaza meydana geldiğinde bundan kimin sorumlu olacağına (otomobilin sahibi, o otomobili yapan şirket veya başka bir sorumlu) açıklık getirilmelidir. ABD'deki bazı eyaletler bu sorunların üstesinden gelmek için çeşitli düzenlemeler oluşturmaya devam etmektedir [68]. Görünen o ki, ulaşım alanında yapay zekâ sistemlerinin geliştirilmesinde şirketler büyük bir hızla ileriye gitmektedir ve şoförsüz ulaşım araçlarını insanların yaygın kullanımına açmak, yakın gelecekteki hedefleri dâhilindedir.

2.2.4.5 Hukuk alanında yapay zekâ

Günümüzde hukuk alanında hizmetler vermek üzere kullanılan yapay zekâ tabanlı uygulamalar mevcuttur. Yapay zekâ tabanlı hukuk sistemleri, vakaların kararlaştırılması için benzer emsal davaların bulunması veya bir vakayla ilgili tartışmaların yapılması için yasal araştırmalar yapılması gibi görevleri gerçekleştirmektedir. Örneğin, Lexus ve Westlaw gibi

şirketlerin sunduğu, yapay zekâ olmayan bazı uygulamalar hukuk veri tabanında anahtar kelimelere dayalı eşleşmelere dayanmaktadır. Ancak bu uygulamaların, eşleşmeleri her zaman doğru bir şekilde saptayamadığı tespit edilmiştir. Bunun nedeni, uygulamanın anahtar kelimeleri eşleştirmek için kelimelerin ikincil anlamlarını hesaba katmadan yalnızca birincil anlamlarına göre arama yapmasıdır [95].

Yapay zekâ tabanlı sistemler, davanın içeriğini kullanarak arama yapabildiği için bu hususta daha iyi sonuçlar vermektedirler. Bu nedenle son yıllarda hukuksal konularda etkileşimli danışmanlık yapmak üzere konuşabilen yapay zekâ uygulamaları geliştirilmiştir. Örneğin, DoNotPay adındaki "Chatbot", bireylerin kendilerine karşı verilen park cezalarına yönelik (itirazlarında haklı olduklarını tespit ederse) temyizde bulunmasına yardımcı olmaktadır. Bu robot çok kısa bir süre içerisinde Londra ve New York'ta 375.000 davanın temyiz başvurularında kullanılmıştır ve 7,2 milyon dolar tutarında para cezasıyla ilgili işlem yapmıştır [103].

DoNotPay kullanıcıya basit sorular sormakta ve bu konuda tavsiyelerde bulunmaktadır. Etkileşimden sonra, kullanıcı tarafından cevap olarak verilen bilgileri kullanarak bir temyiz oluşturur. Hizmet ücretsiz olarak verilmektedir. Benzer şekilde, ABD, Kanada ve İngiltere'de sığınma talebinde bulunan kişilere yasal danışmanlık sağlamak için bir uygulama geliştirilmiştir. Bu uygulamaların başarısından sonra, Birleşik Krallık'taki ve ABD'nin 50 eyaletindeki vatandaşlar için bir dizi hukuksal konuda danışmanlık veren 1000'den fazla robot geliştirilmiştir [103].

Bunun yanı sıra, özellikle kurumsal sektörlerdeki sözleşmelerin analizlerini yapabilen yapay zekâ sistemleri mevcuttur. Sözleşme analizi, bir sözleşmedeki önemli maddeleri bulmak için çok sayıda sözleşme ve ilgili belgeleri taramayı içerir. Genellikle bunun için gereken süre çok uzundur ve birçok durumda görevin tamamlanması pratikte mümkün olmayabilir. Böyle bir durumda, belgelere göz atmak ve en alakalı maddeleri vurgulamak için yapay zekâ tabanlı sistemleri kullanmak mümkündür. Böylece avukatlar sınırlı zaman ve kaynaklarla mümkün olmayan tüm belgeleri tarama işlemine gerek kalmadan, kolaylıkla aradıkları maddelere odaklanabilirler.

2.2.4.6 Siber güvenlik alanında yapay zekâ

Sanal dünyanın boyutundaki ve karmaşıklığındaki hızlı artış, siber saldırganlar ve güvenlik hizmeti sağlayıcıları arasında bir savaşa neden olmuştur. Devam eden bu savaşta hem siber saldırganlar hem de güvenlik sağlayıcıları daha karmaşık ve üstün tekniklere sahip araçlar geliştirmeye çalışmaktadırlar. Siber alan, dengelerin hızlı bir şekilde değiştiği ve kesin kuralları olmayan dinamik bir ortamdır.

Yapay zekâ sistemleri, değişen çevreye cevap verebilecek esnekliğe sahip olduğu için siber savunmadaki erken uyarı, önleme, tespit ve müdahale gibi tüm aşamalarda kullanımı artmaktadır. Geleneksel siber güvenlik sistemleri insan müdahalesine ihtiyaç duyduğu için belirli noktalarda yavaş işlerken, insan müdahalesine daha az ihtiyaç duyan yapay zekâ sistemleri siber güvenlik aşamalarında daha üstün performans sergilemektedir [95].

Siber güvenlik süreçlerinde minimum bir gecikmenin bile ciddi hasarlara neden olabileceği göz önüne alındığında, yapay zekâ sistemleri bu açıdan kurtarıcı bir işlev görmektedir. Örneğin, bir hastanenin verilerine yönelik siber saldırı olduğunda, o hastanede yatan hastaların sağlık kayıtlarına erişim yavaşlar. Bir doktorun, acil müdahale gerektiren bir hastanın kayıtlarına ulaşması gerektiğinde bu durum ölümcül sonuçlar doğurabilir.

Yapay zekâ teknolojisi ile tüm veri ağını görüntüleyebilen "yapay polis ajanlar (Artifical police agents)" oluşturulması mümkün olmuştur. Akıllı bir ajan, otonom olarak algılama, akıl yürütme ve hareket etme yeteneğine sahip bir uygulamadır. Bu ajanlar, bir görevi gerçekleştirmek üzere işbirliği yapmak için birbirleriyle etkileşime girebilirler. Ayrıca yeterli sayıda akıllı ajan sistemi kurulursa, ağ üzerindeki kötü niyetli faaliyetler tespit edilebilir [104].

Yapay zekânın siber güvenlik alanındaki işleviyle ilgili tüm bu gelişmelere rağmen, siber saldırılara karşı savunmada insanın yerini makine ile değiştirmek henüz mümkün değildir. Hem insan hem de makine güçlü ve zayıf yönlere sahip olduğu için, her ikisinin güçlerini birleştirmesi durumunda başarı oranının daha yüksek olduğu savunulmaktadır.

2.2.4.7 Askeri teknolojilerde yapay zekâ

Yapay zekânın artan militarizasyonu, hem ulusal hem de uluslararası güvenlik için büyük sonuçlar doğurma potansiyeline sahiptir. BM Konvansiyonel Silahlar Sözleşmesi

(UNCCW) aracılığıyla, özerk silah sistemleri (AWS) sorununu 2014'ten beri tartışmaktadır. Bu silahların tanımlanmasında, yasaklanmasında veya sınırlanmaları konusunda ülkeler arasında herhangi bir uzlaşma bulunmamaktadır. Devletler arasındaki tek anlaşma, bu silahların kullanımında anlamlı insan kontrolünün güvence altına alması gerekliliğidir. Bununla birlikte, anlamlı insan kontrolünün ne anlama geldiğinin tanımlanması ya da bu kavramı operasyonel olarak uygulamanın pratikliği konusunda henüz bir anlaşma sağlanamamıştır [105].

Askeri planlama, ileri teknolojilerin, insansız ve otonom sistemlerin, siber alanın, yeni ortaya çıkan ve bilinmeyen tehditlerin ve savaş alanının acımasız doğası ile birlikte giderek daha karmaşık bir hal almaktadır. Yapay zekâ ve makine öğrenmesinde yaşanan gelişmelerin askeri alanın çeşitli boyutlarına uygulanması ile yeni bir döneme girildiği söylenebilir. Mantıksal olarak değerlendirildiğinde, yapay zekâ uygulamalarının askeri operasyonların düzenlenmesinde aktif olarak kullanılması hazırlık sürecinde önemli etkiler yaratmakta ve sorunların kolay çözülmesine katkı sağlamaktadır. Ek olarak, yapay zekâ sistemlerinde, çok hedefli evrimsel algoritmalar kullanılarak azami sayıda uçağın, yükün ve kat edilecek mesafenin planlaması yapılabilir. Ayrıca insansız hava araçları kullanılarak Otomatik Hedef Tanıma (ATR) sorunları giderilebilir [106]. Askeri planlamanın ötesinde, AI bir operasyon sırasında kararları kolaylaştırmak ve yürütmek için de kullanılabilir. Yapay zekânın en önemli kullanım alanı, araçlar, uçaklar ve füze savunma sistemleri dâhil olmak üzere askeri teçhizatın çalıştırılmasına ilişkin karar merkezleridir. Örneğin, otomatik araç teknolojileri, bir motorlu taşıt kullanılırken insan sürücülere yardımcı olmak için hızlı kararlar almada yapay zekâ uygulamasını kullanır [107].

Yapay zekâ teknolojisinde önde gelen ülkelerin bu teknolojileri özellikle askeri alanda geliştirdikleri bilinmektedir. Özellikle ülkelerin, hızlı veri işleme becerisine sahip otonom askeri yapay zekâ araçları geliştirme çabaları bu süreçte öne çıkmaktadır. Askeri güç, devletlerin göreceli gücünü etkilemektedir ve yapay zekâ teknolojisinin 10-20 yıllık süreçte devletlerin savaşa girme şeklini değiştireceği düşünülmektedir. Yaşanacak bu değişimin kapsamı ve hızı yalnızca yeni teknolojilerin kazanılmasından ziyade yeni teknolojiden yararlanmak için doktrin, taktik ve operasyon stratejilerinin geliştirilmesine de bağlıdır. Bu nedenle kullanılan silah sistemlerinde otomasyon performansının arttırılması hedeflenmektedir [73].



Şekil 2.13: Askeri Teknolojilerde Yapay Zekâ

Yapay zekânın "Algoritmik savaş" kavramını ortaya çıkardığından söz edilebilir. Siber operasyonlar için temel hedef, rakibin karar vermesine müdahale etmek, savaşın etkinliğini genişletmek ve rakipleri belirsiz ve yavaş yöntemlerle şaşırtmaktır. Rakiplerin bir sonraki hamlelerini daha iyi öngörmek için rakip sistemlerin algoritmalarını değiştirmek askeri bir avantaj kaynağı yaratmaktadır. Bu süreçte yapay zekâ geliştirmede öncü ülkeler bu operasyonlarda başarılı olmak üzere rakiplerinin teknolojilerinin en az kendilerininki kadar iyi olduğunu kabul edip tanıyarak, kendi teknolojilerini daha avantajlı duruma getirmenin yollarını aramaktadır. Rusya Genelkurmay Başkanı'nın, politik hedeflere ulaşmada, bazı stratejik hamlelerin silahların gücünden oldukça üstün bir rol oynadığını belirtmesi, bu görüşü desteklemektedir [108].

Yapay zekânın tanımlayıcı özelliklerinden biri, insan kapasitelerinin çok ötesinde olan bilgiyi makine hızında işleme yeteneğidir. AI'nın komuta ve kontrolde ya da karar destek sistemlerinde uygulanmasının giderek arttığı söylenebilir. Karar verme hızıyla başa çıkabilmek için gelecekte askerlerin bilişsel, biyolojik ve analitik işlevlerinde sentetik ve yapay sistemler tarafından kademeli olarak geliştirilmesi gerekebilir [73].

2.2.4.8 İş sağlığı ve Güvenliği alanındaki yapay zekâ uygulamaları

Üretim alanlarındaki çalışma gücünün önemli kısmı çalışma alanlarında mevcut olan tehlikelerden dolayı risk altındadır. Çalışma olduğu sürece ve üretim alanlarındaki

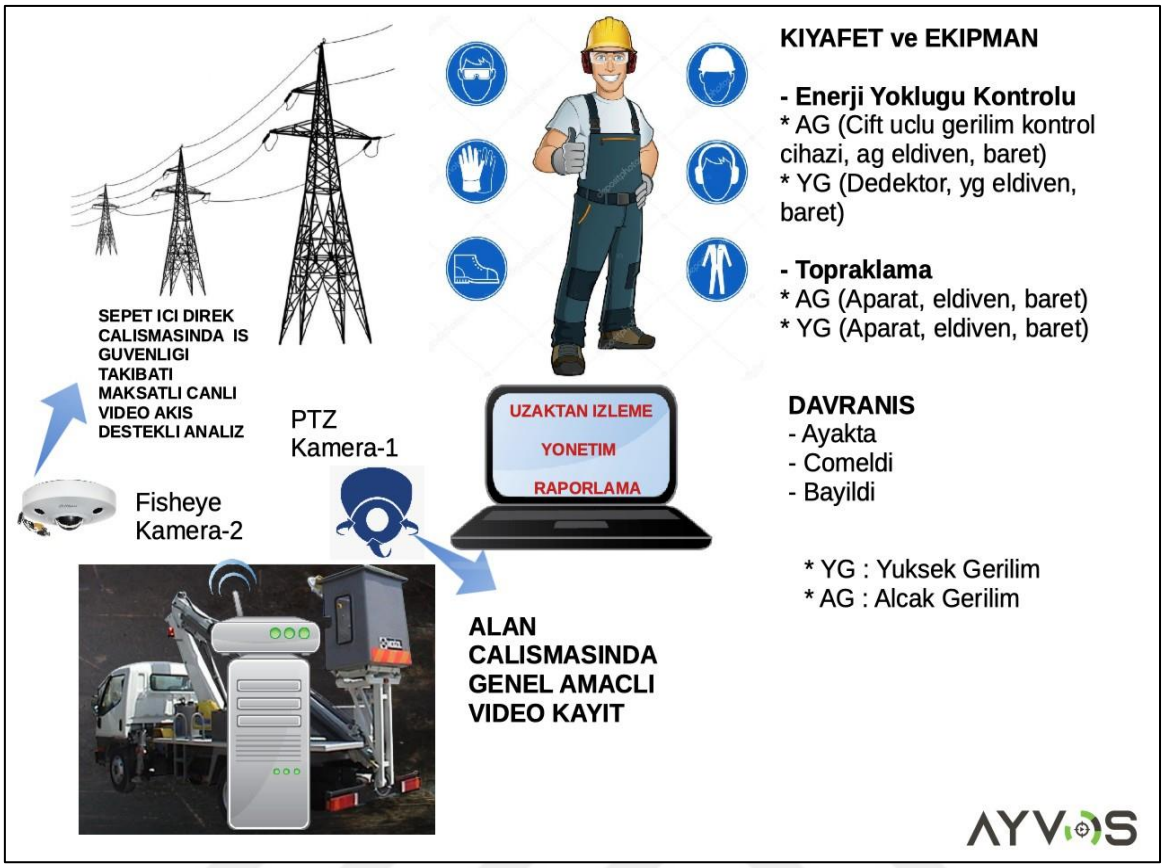
makinelerin varlığıyla ortaya çıkan riskler her yıl önemli sayılarda çalışanın yaralanmasına veya ölmesine, iş yerlerinin de bunun sonucunda ciddi ekonomik riskler ile karşı karşıya kalmasına neden olmaktadır. Bu sebeple işverenler, iş sağlığı ve güvenliği alanında alınabilecek etkili çözümler aramaktadır.

Dünyada sanayi dünyasının en önemli sorunlarından olan iş kazalarının önlenmesinde yapay zeka teknolojileri kullanımının önemi her geçen gün artmaktadır. Çalışma alanlarındaki tehlikeli durum ve davranışlar üzerine makine öğrenmesi ve görüntü işleme tekniklerinin kullanıldığı teknoloji sayesinde birçok alanda etkili çözümler üretmek mümkün.

Çalışma alanlarında bulunan kameralara entegre edilen yazılımlar sayesinde, görüntülerin analiz edilmesi, gerçek zamanlı insan ve nesnelerin ayırt edilebilmesi yapay zeka algoritmaları sayesinde artık mümkün. Öyle ki bu sistemlerle kişisel koruyucu donanımların kontrolünden, vinç ve forklift kontrolüne, alan ihlali tespit sistemine kadar tüm modelleri tanımlamak ve sistemin öngörülerde bulunarak risklerin oluşmadan kaynağında önlenebilmesi mümkün.

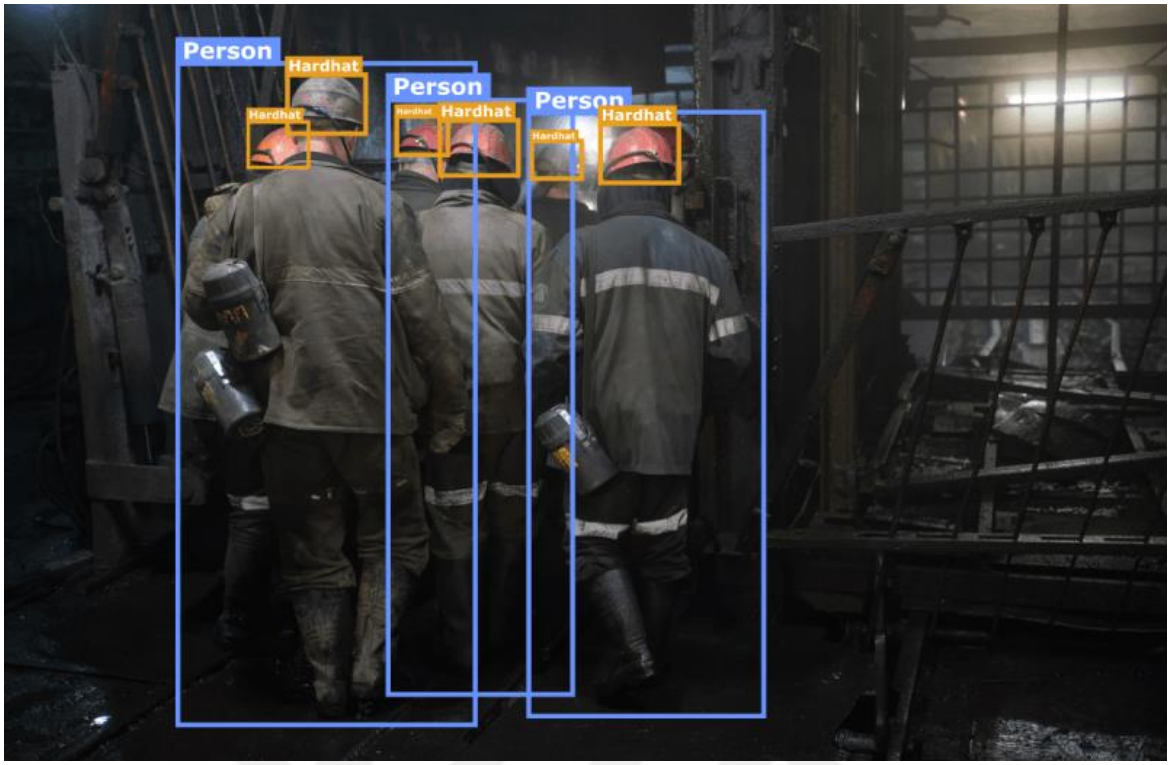
Şu an Türkiye ve dünyanın birçok ülkesinde bulunan yazılım şirketleri üretim alanlarına yapılan işin özelliğine ve sektöre göre çeşitli çözümler sunabiliyor.
İş Güvenliği Çözümlerinden bazıları şunlardır:

a) Kişisel Koruyucu Donanım Kontrolü
b) Yasaklı Alan İhlali Kontrolü
c) Yangın&Duman Tespiti
d) Sigara Tespiti
e) İnsan – Forklift Yakınlaşma Tespiti
f) Bayılma Tespiti
g) Hayvan Tespiti



Şekil 2.14: Elektrik Çalışmalarında Yapay Zeka (AYVOS)

Görüntü işleme tekniklerinin makine öğrenimi ve derin öğrenme yöntemiyle entegre edilmesi sistemi projesini İş güvenliği alanında yapay zeka teknolojilerinde kullanan Türk yazılım şirketi Ayvos, ilk çalışmalarını elektrik üretim ve dağıtım alanında gerçekleştirmiştir. Bu çalışmaya göre elektrik kaynaklı iş kazalarına özel çözümler üretilmesi yapay zeka sistemleri ile mümkün olabilmektedir. Tehlikeli hareket ve durumları yapay zeka tabanlı yazılımı sayesinde öngörebilen ve anlık uyarılarda bulunan bu sistem iş kazalarının önemli ölçüde önlenmesini tehlikenin daha oluşmadan yok edilmesini amaçlamaktadır.



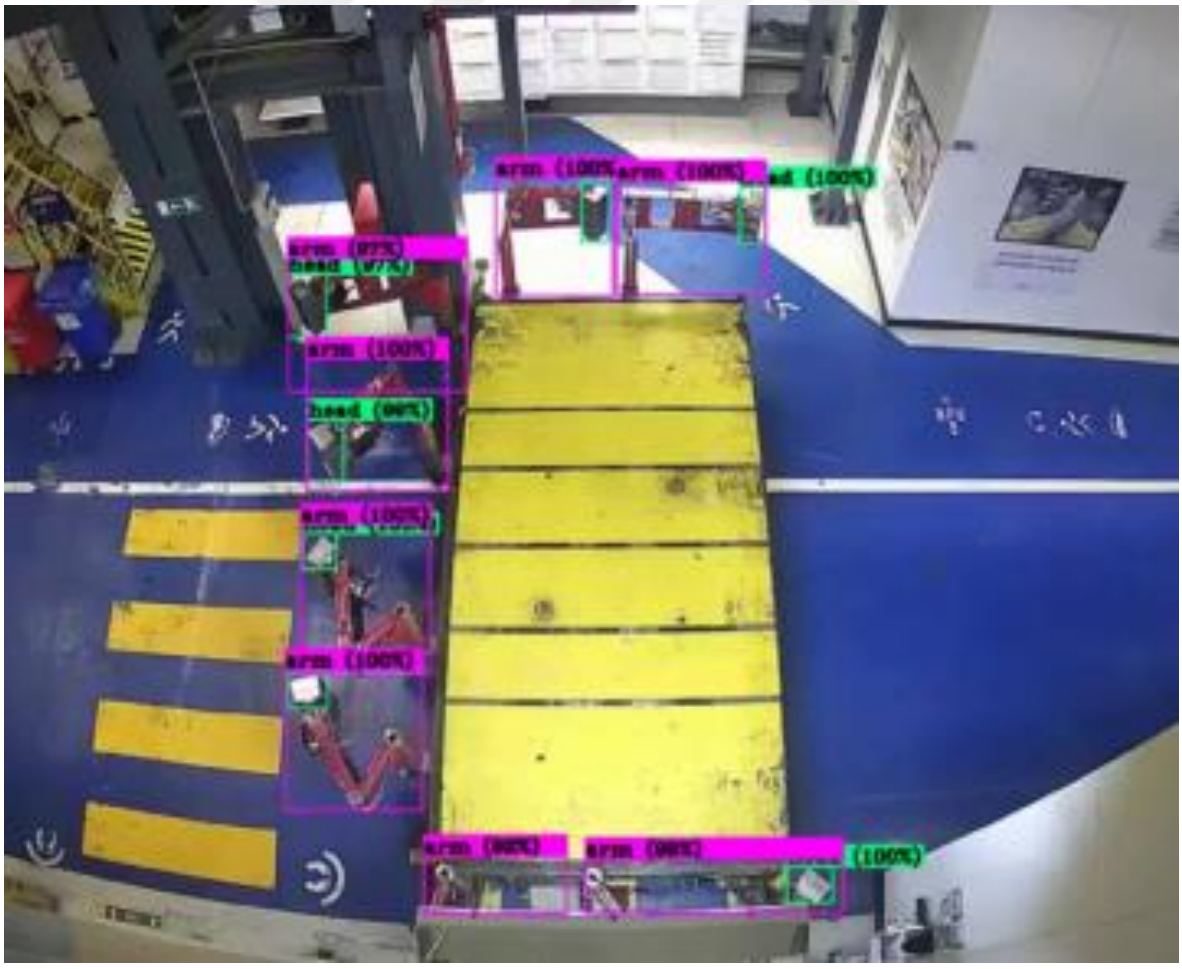
Şekil 2.15: Gerçek Zamanlı Personel Ekipman Kontrolü (Huawei -Wesight)



Şekil 2.16: Alan İhlali Tespiti (Huawei -Wesight)



Şekil 2.17: İnsan-Forklift Yakınlaşma Tespiti (EventGate)



Şekil 2.18: Tepe Vinç Emniyeti (EventGate)

3. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

3.1 İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

Çalışanın iş dolayısıyla herhangi bir sebepten ötürü iş kazası ve meslek hastalığı gibi sağlığına zarar verecek bütün risklerden korunması kavramına iş sağlığı ve güvenliği denir. İşçinin fiziksel, psikolojik, sosyal ve ekonomik yönden korunması için gerekli tıbbi önlemler ile işçi sağlığını ve gerekli teknik önlemler alarak da işçi güvenliğini korumaktır. En genel bakış açısı ile iş yerinden ve işten kaynaklanabilecek sorunların önceden tespit edilip engellenmesidir. İş sağlığı ve güvenliği işçiyi korurken aynı zamanda işyerini ve üretimin verimliliğini korumaktadır [38].

3.2 İŞ KAZALARINI ETKİLEYEN UNSURLAR

İş kazaları işçilerin sağlığının iş nedeniyle fiziksel ya da ruhsal olarak olumsuz etkilendiği durumlardır. İş kazaları çeşitli faktörlerin etkisi sonucu meydana gelir. Bu faktörler; fiziksel, kimyasal, psikososyal, biyolojik ve ergonomik faktörlerdir. Çalışma koşullarında bulunduğu takdirde işçi sağlığı ve güvenliği üzerinde risk oluşturan unsurlar sıklıkla denetlenmeli ve iş kazalarının önüne geçilmesi için uygun tedbirler alınmalıdır.

3.2.1 İş Kazası

6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nda 3' üncü maddede iş kazasının tanımı şu şekilde yapılmıştır; [130]

İş kazası: İşyerinde veya işin yürütümü nedeniyle meydana gelen, ölüme sebebiyet veren veya vücut bütünlüğünü ruhen ya da bedenen engelli hale getiren olayı ifade eder."

Dünya Sağlık Örgütü iş kazası tanımını: "Önceden planlanmamış, çoğu kez kişisel yaralanmalara, makinaların, araç ve gereçlerin zarara uğramasına, üretimin bir süre durmasına yol açan bir olay" olarak yapmıştır.

Uluslararası Çalışma Örgütü iş kazası tanımını: "Belirli bir zarar veya yaralanmaya yol açan, önceden planlanmamış, beklenmedik olay." şeklinde yapmıştır.

3.2.2 Fiziksel Faktörler

Çevresel etkenlerin oluşturduğu sağlığı tehdit eden tehlike faktörleridir. Fiziksel faktörleri şu şekilde sıralayabiliriz:

a) Gürültü
b) Aydınlatma
c) İyonize ve İyonize olmayan ışınlar
d) Basınç
e) Titreşim
f) Termal Konfor

3.2.2.1 Gürültü

İnsanların duymak istemediği ve duymaktan rahatsızlık duyduğu seslere gürültü denir. Gürültü sonucunda işitme duyusunun ve sağlığın olumsuz etkilenmesi görülebilmektedir. Gürültü desibel (dB) birimi ile ölçülür. Ve gürültü ölçümünde kullanılan aletlerin genel adı "sonometre"dir. Kişisel olarak gürültünün verdiği zararı ölçen araçlar gürültü dozimetresi'dir. Uluslararası standartlara göre 85 dB ve üstü kişilerin işitme sağlığını bozan gürültü düzeyidir. Gürültü birçok iş kolunda görülen tehlikelerden birisidir. Gürültü kaynaklı yaşanan işitme kayıpları çok sık rastlanan meslek hastalıklarındandır. Tekstil, inşaat, maden ve ulaşım sektöründe gürültü yaygın olarak maruz kalınan bir fiziksel risk faktörüdür.

Gürültü insan sağlığı üzerine fizyolojik, psikolojik ve performans olarak çeşitli olumsuz etkilere sahiptir. Fizyolojik etkileri; İşitme sağlığının geçici veya kalıcı olarak bozulması, solunumun hızlanması, kan basıncının yükselmesi, baş ağrısı veya baş dönmesi, kalp atışlarının hızlanması ve ani reflekslerin oluşması şeklinde sıralanabilir. Psikolojik etkileri ise; Duygusal stresler, çeşitli davranış bozuklukları, uykusuzluk yaşanması, olaylardan hoşnut olamama durumu, bağırarak konuşmak, fazla asabi ve saldırgan olma durumu, tedirgin yaklaşımlar, mide bulantıları ve kararsızlıktır. Performans etkileri; İşyerinde verimin düşmesi ve motivasyonun azalması, yapılan hataların artması, dikkat bozuklukları, bilişsel olarak olumsuz etkiler, kaliteli dinlenme zamanının olmaması, kişiler arası iletişimin zorlaşması ve hareket hızının düşmesi olarak özetlenebilir.

Gürültünün zararlarından korunmak için, çalışma ortamında bulunan yüksek gürültüler 70-120 dB arası olarak ayarlanmalıdır. Gürültü düzeyi 50-60 dB düzeyini aştığı zaman işyerinde işçiler arası iletişim zorlaşır. Yüksek gürültülü çalışma ortamına (85 dB ve üstü) maruz kalınan süreler uzadıkça kişilerin işitme sağlığı olumsuz etkilenir.

Gürültünün etkilerinden korunma yolları teknik ve tıbbi önlemler olarak ikiye ayrılır. Teknik önemler kaynakta, ortamda ve kişide alınması gereken önlemler olarak aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

Kaynakta alınması gereken önlemler şunlardır:

a) Makinenin Değiştirilmesi; gürültü düzeyi yüksek olan makinelerin yerine daha düşük gürültü seviyesinde olan makineler ile değiştirilmesi.
b) Proseslerin Değiştirilmesi; gerçekleştirildiği sırada yüksek gürültüye sebep olan çalışmanın, daha az gürültü çıkaran çalışmayla değiştirilmesi.
c) Tecrit edilmesi; gürültü kaynağının işçilerden ayrı bir bölmeye koyulması.

Ortamda alınması gereken önlemler şunlardır:

a) Ses Yalıtımı; işyerinde gürültü çıkaran makinaların yerleştiği zemine gürültü ve titreşimin emilmesi için yalıtım malzemesi serilmesi. Sesin geçebileceği ve yansıma yapabileceği duvar, tavan ve taban alanlarının uygun ses yalıtım malzemeleri ile kaplanması.
b) Araya Engel Koyma; gürültünün kaynağı ile gürültüden etkilenen işçi arasına gürültü önleyici engel koyulması.
c) Mesafe Arttırma; gürültü kaynağı ile gürültüden etkilenen işçi arasındaki mesafenin arttırılması.

Kişide alınması gereken önlemler şunlardır:

a) Sessiz Bölme İçine Alma; gürültüden etkilenen işçinin, gürültüye karşı yalıtımı yapılmış bölmeye alınması.
b) Maruziyet Süresini Azaltma; işyerinde gürültünün olduğu bölümdeki çalışma süresinin azaltılması.
c) KKD Kullanımı; gürültüye karşı uygun olan kişisel koruyucu kullanımı.

Tıbbi önlemler aşağıdaki şekilde sıralanabilir;

a) Gürültülü işlerde çalışacak kişilerin işe girişlerinde yapılan sağlık kontrollerinde odyogramlarını alınmalıdır.
b) Gürültülü olan işlerde sağlık durumu yeterli işçiler bulunmalıdır.
c) Gürültülü olan işlerde çalışan işçilerin, her 6 ayda bir odyogramları alınmalı ve bir işitme kaybı var ise uygun önlemler alınmalıdır.

3.2.2.2 Aydınlatma ve aydınlatma çeşitleri

Sağlıklı bir çalışma ortamı oluşturulması için, işçilerin performansını ve verimliliğini etkileyebilecek her türlü çevre faktörü göz önünde bulundurulmalıdır. Çevre faktörü olarak ışık ve aydınlatma; işçilerin çalışma ortamını daha doğru ve hızlı görmesi, daha konforlu çalışması açısından önemlidir. Aynı zamanda uygun aydınlatma ile yaşanabilecek birçok iş kazasının önüne geçilmiş olur. Uygun aydınlatılmış bir iş yeri çalışana iş esnasında zaman kazandırır ve çalışanın göz sağlığının korunmasına yardımcı olur. Yetersiz aydınlatılmış bir iş yeri çalışanın fiziksel ve psikolojik olarak olumsuz etkilenmesine ve verimin düşmesine sebep olur [109].

Aydınlatma şiddeti; bir yüzeye düşen ışık miktarıdır. Aydınlatma birimi lüks'tür ve lüksmetre denilen cihazla ölçülür. Bir mumun 1 metre uzaklıkta meydana getirdiği aydınlanma 1 lüks'e eşittir. Aydınlanma şiddeti gündüzleri karanlık olmayan bölgelerde 2000 ila 100.000 lüks aralığında olabilmektedir. Gece ise bu rakam 50 ila 500 lüks aralığındadır.

İşyerlerinde, çalışma alanları için uygun aydınlatma parametreleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz;

a) Çalışma ortamında bulunan ışığın şiddeti
b) Çalışma ortamında bulunan yüzeylerin matlık veya parlaklığı
c) İş araç gereçlerinin büyüklüğü
d) Çalışma ortamında bulunan nesnelerden ışığın ne kadar yansıdığı
e) Işığın yayılımı ve yüzeylerde dağılımı
f) Işığın yönü ve oluşan gölgeler
g) Çalışanda göz kamaşmasının önlenmesi

h) Aydınlatılmak istenen yüzeyin rengi
i) Çalışanın yaşı

İyi aydınlatılmayan bir çalışma ortamında işçi, uygun görme açısını yakalayabilmek için ergonomik olmayan duruş ve oturuşlar sergiler. Işık yönü ile bağlantılı olarak çalışanların başının duruş biçimi ergonomik olmaktan uzaklaşır. Bu durumlar genel olarak kas ve iskelet sistemi ağrılarına, uzun süreli tekrarlanmalarda da kas ve iskelet sisteminde birikimsel zedelenmelere neden olur. Gözlerde kötü aydınlatma sonucu oluşan sürekli uyum gösterme çabası; gözlerde sulanma, çift görme, baş ağrısı, gözlerde kaşıntı, yanma ve kızarıklık, göz yorgunluğu, gözlerin uyum yeteneğinin azalması ve görsel netlikte kontrastlık duyarlılığı gibi sonuçlara neden olur [110].

Kötü aydınlatma koşullarının devam etmesi ile göz yorgunluğu kronikleşir ve bunun sonucunda çalışanlarda; neşesizlik ve halsizlik, bağ ağrısı ve baş dönmesi, uykusuzluk ve iştahsızlık gibi olumsuz psikolojik etkiler görülür [109]. Bir iş yerinde aydınlatmanın şiddeti ve ortamda dağılımı çalışanın görsel olarak yapması gereken işin hızını, konforunu ve güvenliğini doğrudan etkiler. İşyerindeki aydınlatma seviyesi yükseldikçe yapılan işin ince detayları daha rahat fark edilir. Aydınlatma konusunda yapılan araştırmalar kaliteli bir aydınlatma ortamında çalışan işçilerin motivasyonu ve konsantrasyonunun artmasıyla birlikte işte %50 daha fazla verim gösterdikleri söylemektedir.

İyi aydınlatılmış bir çalışma ortamında; gece vardiyaları tıpkı gündüz vardiyaları gibi güvenle yapılacağı için ekonomik potansiyel artar. Çalışanların iyi görme koşullarında yaptıkları işin doğruluğu artar ve hata payı azalır. Yapılan işin hızı arttığı için orantılı olarak iş verimi artar. İyi aydınlatılmış iş yerinde göz çok fazla yorulmaz ve çalışanların göz sağlığı korunmuş olur aynı zamanda iyi aydınlatma psikolojik olarak olumlu etki gösterir.

3.2.2.3 İyonize ve iyonize olmayan ışınlar

Hayatımızın içinde gerek endüstri gerekse tıbbi uygulamalarda oldukça kolaylık sağlayan ve yaygınlaşan radyasyon, endüstri ve sağlık sektöründe önemli bir yer kaplamaktadır. Radyasyon, atomlardan ortama dalga veya parçacık şeklinde enerji yayılımıdır. Günlük yaşantımızda sürekli maruz kaldığımız radyasyon sadece tıbbi ve endüstri uygulamalarında değil evlerde kullanılan cihazlar ile de hayatımızda bulunuyor. Radyasyon teknolojisi, hayatımızda bir yandan konfor sağlarken bir yandan sağlığımızı olumsuz etkileyen bir

fiziksel risk etmenidir. Radyasyon iki sınıfta incelenir. Bunlar; iyonize ve iyonize olmayan ışınlardır [111].

İyonize ışınlar; bulunduğu ortamda karşılaştığı atomların bağlarını iyonlaştıran ışınlardır. İki çeşittir. Bunlar; elektromanyetik (EM) ışınımlar ve parçacıklı ışınımdır.

Elektromanyetik (EM dalga tipi) Işınımlar: Gama ve X ışınlarıdır. Bunlar; yüksek enerjili fakat düşük dalga boylu ışınlarıdır.

Parçacıklı Işınımlar: Alfa ve Beta ışınlarıdır. Bunlar; belirli bir kütleye ve elektriksel yüklere sahip olan aynı zamanda hızlı hareket eden parçacıklı ışınlardır.

İyonize olmayan ışınlar, atomların bağlarını iyonlaştırmaya yetecek enerjisi bulunmayan elektromanyetik ışınlardır. Bunlar; kızıl ötesi ışın, mor ötesi ışın, radyo dalgaları, mikro dalgalar, cep telefonlarının ve bilgisayarların yaydığı dalgalar. Gelişen sanayi ile birlikte kullanım alanları artan yüksek enerji kaynakları ülke gelişimine katkı sağlarken bu kaynaklardan doğan tahribatlar insan sağlığını olumsuz etkilemektedir.

Radyasyon iki çeşit kaynak olarak adlandırılır. Bunlar Natürel yani doğal kaynak diğeri ise yapay kaynaktır;

İlk belirtilen doğal kaynak; kozmik ve karasal olarak iki çeşitte sınıflandırılabilir.

Kozmik radyasyon kaynakları uzaydan gelen ışınlardır. Çok katlı yapılarda oturan kişiler ve pilotlar bu ışınlardan en çok etkilenen kesimdir. Yıldızların doğumu ve ölümü gibi olaylarla meydana gelen kozmik radyasyonun dünyayı etkilemesi bakımından en büyük kaynaklarından biri "Güneş'tir" [112]. Şantiye gibi işçilerin dış ortamda bulunduğu çalışma koşullarında işçi sağlığının en fazla olumsuz etkilendiği radyasyondur.

Karasal radyasyon ise dünyanın yerkabuğunda var olan enerjisinden gelen bir kaynaktır. Radon gazı karasal radyasyon kaynağıdır. Radon gazının olumsuz etkilerinden korunmak için bu riskin bulunduğu bölgelerde çok iyi derecede havalandırma yapılması gerekir. Dünya Sağlık Örgütü'ne göre "Radon gazı, sigaradan sonra akciğer kanserine yol açan en büyük ikinci faktördür."

Yapay radyasyon kaynakları; Endüstrinin gelişimi, tıp biliminin gelişerek ve her geçen gün tıbbi uygulamalar için teknolojiye daha fazla ihtiyaç duyulması sonucu kullanılan X ışınları ve radyoaktif maddeler yapay radyasyon kaynaklarıdır. Yapay radyasyon kaynaklarının %95inden fazlası tıbbi uygulamalardan meydana gelmektedir [113]. Nükleer denemeler sonucu dünyaya yayılan radyoaktif maddeler ise yapay radyasyon kaynaklarına gösterilebilecek en önemli örneklerden biridir [112].

Uluslararası Radyolojik Korunma Komisyonu çalışanların ve halk sağlığının radyasyondan korunmasına yönelik üç temel ilke belirlemiştir. Bunlar; gereklilik, optimizasyon ve doz sınırlarıdır.

Gereklilik: İnsan sağlığına kesin bir yarar sağlamayacak olan radyasyon ile ilgili uygulamalara izin verilemez [113]. Radyasyon uygulamasına izin verecek olan şahıslar, bu uygulamanın ne kadar gerekli bir ihtiyaç olduğunu raporlamak zorundadır [112].

Optimizasyon: Radyasyon uygulamasının gerekliliğine karar verildikten sonra en uygun şekle sokma aşamasına geçilir. Bu aşamada radyasyon uygulaması mümkün olduğunca en düşük doz şeklinde gerçekleştirilir. [112].

Doz Sınırları: Radyasyon uygulamaları mesleklerinde bir bölüm olan kişiler ve olmayan kişiler için yıllık maruz kalınmasına izin verilen dozlar sınırlıdır [113].

3.2.2.4. Basınç

Çalışma ortamlarında devamlı değişken basınç şiddetlerine maruz kalan çalışanların sağlık durumları bu koşullardan etkilenir. Düşük basınç ya da yüksek basınç insan sağlığında farklı olumsuz etkiler oluşturur. Dalgıçlar ve su altında çalışanlar, yüksek basınçtan oldukça fazla etkilenen meslek gruplarıdır. Sünger avcıları yüksek basınç altında çalışırken, bu basıncın belli bir seviyeyi aşması sonucu kandaki çözünmüş azot miktarı artar. Daha sonra bu çözünmüş gaz su üstünde tekrar gaz halini alır ve dolaşım bozukluğuna bağlı olarak dokularda tahribatlar meydana gelir. Aynı zamana tünel inşaatlarında çalışanlarda yüksek basınçtan etkilenen gruplardandır. Bunun nedeni, yer altı çalışmalarında tavanın çökmemesi için iç ortamdaki basınç seviyesi yükseltilir [116].

Düşük basınca maruz kalan işçiler yüksek rakımlı yerlerde çalışan işçilerdir. Bunlar; dağlarda çalışan işler, dağlarda hat onarım ve bakım işleri yapan işçiler, uçak içinde çalışan personeldir. Yaklaşık 3000-4000 metrede ortamda basıncın düşmesi ile kandaki oksijen miktarı da doğru orantılı olarak düşer ve bunun sonucu olarak maruz kalan kişilerde çeşitli rahatsızlıklar meydana gelir. Bu rahatsızlıklar; solunumun hızlanması, kalp ritminin artması, sinir sisteminin olumsuz etkilenmesi sonucu bir sarhoşluk ve uyuşukluk hali oluşmasıdır [110].

Çalışma ortamında sürekli basınç değişimleri görülen bir meslek grubunda işçi seçimi çok önemlidir. İşçi seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar vardır. Bunlar; işçinin genç olması ve tecrübeye sahip olması, kilolu olmamalı ve alkol kullanmamalı, kronikleşmiş solunum rahatsızlıkları bulunmamalıdır. İşçilerin düzenli olarak periyodik kontrolleri yapılmalıdır. Bu kontrollerde akciğer ve eklemlerin incelenmesine önem verilmelidir. İşçi eğer işten ayrılırsa periyodik kontrollere iki yıl boyunca katılmalıdır Gerekli eğitimler verilmeli ve belirli zaman aralıklarıyla tekrarlanmalıdır. Basınç altında kaza geçiren ya da hastalanan işçiler tekrar işe alınmamalıdır [110].

3.2.2.5 Titreşim

Titreşim, bir maddenin içeriden ya da dışarıdan uygulanan bir mukavemet sonucu yaptığı salınımlardır. İnsanların maruz kaldığı titreşim ya salınım hareketi yapan madde ile temas sonucu olur ya da bu maddenin etki halinde bulunduğu yüzeye temas sonucu olur. Titreşim maruziyeti iki çeşittir. Bunlardan ilki; el ile kullanılması gereken araç ve gereçlerin yaydığı titreşimden kaynaklı maruziyet olan el-kol titreşimidir. Diğeri ise; titreşim halinde olan bir cismin etkilediği yüzeyde bulunmak ve motor titreşimi yayan bir araçta oturmak sonucu oluşan tüm vücut titreşimidir [120].

Titreşim maruziyeti sonrasında oluşabilecek riskler, titreşimin büyüklüğüne, etkilenme süresi ve özelliklerine göre değişiklik gösterebilmektedir. Bu etkiler sonucunda çalışanın etkilenme değerleri ve sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri değişiklik göstermektedir.

Titreşim insan üzerinde sadece fiziksel değil aynı zamanda fizyolojik ve psikolojik olmak üzere olumsuz etkilere sahiptir. Çalışanların yaşı, cinsiyeti, titreşime maruz kaldığı süre titreşimin kişi üzerindeki etkilerinin seviyesini belirler. Bu seviyeyi belirleyen diğer parametreler ise titreşimin büyüklüğü ve ne yönden geldiğidir. Bu olumsuz etkiler;

dokularda tahribat, solunumun hızlanması, çalışanın motivasyonunun düşmesi, çalışanın çevresindeki olayları daha zor algılaması, kalp atışlarının ve kan basıncının yükselmesi, sinir sisteminde bozukluklar, baş ağrısı, yorgunluk ve uykusuzluk olarak görülür [109].

El-kol titreşimin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri aşağıdaki şekilde açıklanmıştır;

Ortamda bulunan titreşimin kaynağından, el ve kol sistemine iletilmesi ile işçinin sağlığı ve yapılan işin güvenliğini olumsuz etkileyen bir fiziksel tehlikedir. Elkol titreşimine maruz kalan kişilerde; damar, kemik, eklem, kas ve sinir rahatsızlıkları sebebiyet verir (Titreşim Yönetmeliği, 2003). Bu titreşimlerden en çok etkilenen iş kolları; inşaat, ormancılık ve madenciliktir [109].

El-kol titreşimin çalışan sağlığı üzerinde oluşturduğu en bilindik meslek hastalığı; beyaz parmak ya da ölü parmak olarak adlandırılan hastalıktır. El parmaklarında yer alan kan damarlarının duvarlarındaki kaslarda bulunan sinirlerde bozukluklar görülür. Bu sinirlerin bozulması sonucu damarlar genişleyip daralmakta sıkıntı çeker ve bu durum kan dolaşımında bozukluklar meydana getirir. Sonuç olarak parmakların rengi ölü bir eli anımsatan beyaz rengini alır. Ellerin soğuk ile temas etmesi sonucu elin rengi daha da beyazlaşır ve ağrı oluşur [116].

Tüm vücut titreşiminin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri aşağıdaki şekilde açıklanmıştır;

Titreşim, insanlar arasındaki bilgi girdi ve çıktısını sağlayan göz teması, el ve ayak hareketlerini kısıtladığı gibi, karmaşık merkezi süreçler olan karar verebilme, öğrenme ve hafıza gibi sistemlere de zarar verebilir. Tüm vücut titreşiminin verdiği en büyük etki görme sistemi ve el kol koordinasyonu üzerinedir.

Bu titreşimlerden en çok etkilenen iş kolları; tarım, inşaat ve sanayi sektörü çalışanlarıdır. Çalışma ortamları iş makinaları olan işçiler oturdukları koltuk ile makine motorundan kaynaklı titreşim tüm vücuda iletilir [109].

Titreşimden korunmak ve el-kol titreşimi nedeniyle oluşan sağlık sorunlarının önüne geçmek için; idari, teknik ve tıbbi alanlarda gereken tedbirler alınmalıdır. İdari alandaki tedbirler; çalışma ortamında devamlı el-kol titreşimine maruz kalan işçilere gereken

eğitimler verilerek ve bilgilendirmeler yapılmalıdır. Bu şekilde işçilerin, sürekli karşı karşıya oldukları tehlikelere daha bilinçli yaklaşmaları sağlanır. Yüksek titreşime devamlı aynı çalışanın maruz kalmasını önlemek ve sağlık riskini azaltmak için, dinlenmeli çalışma programları yapılmalıdır. Teknik alandaki tedbirler; titreşim kaynağı olan araç ve gereçler seçilirken minimum düzeyde titreşim saçanlar tercih edilmelidir ve bu araç gereçler ergonomik olarak insan sağlığına uygun olmalıdır. Titreşim kaynağı olan araç ve gereçlerin düzenli olan kontrol ve bakımları yapılmalıdır. Tıbbi alandaki tedbirler; titreşim kaynağı ile etkileşim halinde olacak işçilerin işe alınımında gerekli sağlık muayeneleri yapılmalıdır. Titreşim kaynağı ile etkileşim halinde olan işçilerin ise periyodik olan sağlık kontrolleri yapılmalıdır. Bu kontroller titreşim kaynaklı meslek hastalıklarının önlenmesi için erken teşhis avantajı sağlar. İşçiler ellerinin ve parmaklarının titreşimden en az şekilde etkilenmesi için, anti-titreşim eldivenleri kullanmalıdır. Anti-titreşim eldivenleri, işçinin el ve parmaklarının titreşime karşı yalıtılmasını sağlar [120].

Tüm vücut titreşimi nedeniyle oluşan sağlık sorunlarının önüne geçmek için; ilk olarak titreşimi kaynağında önlemek için titreşim yayan makinaların mümkünse çalışma hızları düşürülebilir. Titreşim kaynağı olan makinanın, bu makinanın kullanıcısına ne yönden ve hangi alandan maruziyet verdiği bilinirse buna göre koruyucu tedbirler alınır. Titreşim oluşturan araçların koltukları, uygun ergonomik önlemlerle titreşimin sürücüye daha yalıtılmış şekilde etkilemesini sağlayabilir. Bu önlemlere örnek olarak: koltukların altına süspansiyon sistemi konulmasıdır. Makine ile aynı ortamda bulunarak yapılan işin minimuma indirilmesi gerekir. Mümkünse titreşim kaynağı işçilerden farklı bir bölümde tutulmalıdır. Makinaların bulunduğu yüzeylerden yayılan titreşimin azaltılması için makinanın bulunduğu tabana titreşim emici yalıtım malzemeleri serilir ve kaynağın bulunduğu odanın duvar ve tavanı da bu malzemeler ile kaplanır. Bu malzemeler, mantar, kauçuk, keçe, plastik gibi maddelerden olabilir. Hangi malzemenin kullanılacağının belirlenmesinde titreşim kaynağı olan makinanın nicelikleri etkilidir [120].

3.2.2.6 Termal konfor

Termal konfor, bir işçinin çalışma ortamında görevlerini yerine getirirken zihinsel ve bedensel olarak rahat ve konforlu olmasına denir. Çalışma ortamında termal konfor şartları uygun şekilde sağlanmaz ise işçinin performansında ve işin veriminde düşüşler görülür.

Termal konforun sağlanmasında 4 çevre kaynaklı etken bulunur; hava sıcaklığı, nem, hava akış hızı ve radyant ısı [121].

Hava sıcaklığının çalışma yaşamına etkileri aşağıdaki şekildedir;

Yüksek sıcaklıklar ve düşük sıcaklıklar, termal konfor şartlarını etkileyen en önemli çevre kaynaklı faktörlerdendir. Yüksek sıcaklıktan etkilenen iş kolları; demirçelik ve cam işleme tesisleri, madenler, gıda sektörü, çimento sanayi, tekstil ve inşaat sektörüdür. Sıcaklık seviyesinin çok yüksek olduğu çalışma ortamları işçilerde ısı stresi durumuna neden olur. Isı stresi, yüksek sıcaklık kaynaklı oluşan sağlık problemlerine denir [116]. Açık havada koşullarında şantiye gibi çalışma alanlarında çalışan işçiler olumsuz termal konfor koşullarından özellikle çok sıcak ve çok soğuk hava sıcaklıklarından oldukça fazla etkilenmektedirler.

Yüksek sıcaklık ortamında çalışan işçilerde eğer koşullar işçiye uygun hale getirilmez ise fiziksel ve psikolojik olarak olumsuz etkiler görülür. Derilerde kaşıntı ile birlikte oluşan kızarıklık ve tahribatlar oluşur. Çalışanın moral bozuklukları yaşaması ve yapılan işe odaklanamama durumu olur. Ortamdaki ısı sonucu aşırı terleyen ve su kaybı yaşayan işçilerde tansiyon düşüklüğü ve baş dönmeleri görülür.

Düşük sıcaklıklara maruz kalınarak çalışılan işler, yüksek sıcaklıklı çalışma ortamlarına göre daha az bulunmaktadır. Düşük sıcaklık maruziyeti kapalı ortamlarda, dondurma işlemlerinin gerçekleştiği soğuk hava depolarında görülür. Soğuk havalarda açık hava koşullarında çalışan denizciler, dağlarda çalışan hat bakım çalışmaları yapan işçiler, yol inşaatlarında çalışan işçiler bundan oldukça fazla etkilenmektedir. Düşük sıcaklık seviyelerinde çalışan işçilerde bazı sağlık sorunları görülür. Bunların başlıca sebebi işçinin soğuktan uyuşmasıdır. İnce işçilik gerektiren işlerde dikkat kaybı ve hissizlik sonucu kazalar meydana gelir [116].

Nem'in çalışma yaşamına etkileri aşağıdaki şekildedir;

Çalışma ortamında bulunan nem miktarı, ortam sıcaklığı ile bağlantılıdır. Nem, mutlak ve bağıl olarak iki şekilde açıklanır. Nem ölçümü, higrometre ya da psikometre ile yapılır. Birimi gr/cm3 tür. Birim havada bulunan su miktarına mutlak nem denir. Bağıl nem ise, mutlak nemin aynı şartlar altında ulaşabileceği en fazla su oranıdır. İşyerlerinde iş sağlığı

açısından değerlendirirsek nem, düşük olduğu koşullarda işçilerin üşümesine, yüksek olduğu koşullarda sıcak ve nem etkisiyle bunalmalarına yol açar [121].

Hava akış hızının çalışma yaşamına etkileri aşağıdaki şekildedir;

Kalabalık işyerlerinde daha sağlıklı bir solunum ortamının olması açısından uygun hava akış hızının sağlanması çok önemlidir. Havalandırma sistemlerinin doğru ve işe uygun olarak projelendirilmesi bu yüzden oldukça önemlidir. Çalışma ortamlarında bulunan hava saatte ortama 3 kez yenilenmiş olmalıdır. Havalandırma seviyesinin yüksek olduğu koşullarda çalışanları rahatsız edecek ve çalışmalarını etkileyecek esintiler meydana gelebilir. Bunların yaşanmaması için çalışma ortamlarında iklimlendirme projeleri yapılmalıdır [110].

Radyant ısının çalışma yaşamına etkileri aşağıdaki şekildedir;

Isı kaynaklarından elektromanyetik dalgalar halinde ortama yayılan ısıdır. Soğurabileceği bir yüzey ile karşılaştığında o yüzeyi ısıtır. Isınan yüzey tarafından radyant ısı tekrar ortama yayılır. Radyant ısının olumsuz etkilerinden korunmak için; radyant ısı kaynağı ile aynı ortamda çalışan işçi arasına ısıyı geçirmeyen ve ısıyı yansıtan paneller konulmalıdır [121].

3.2.3 Kimyasal Faktörler

Hayatımızın neredeyse her alanında bulunan kimyasal maddeler çalışma yaşamında da çok sık maruz kalınan işyeri olumsuz ortam faktörlerindendir. Ortalama her sene kimya sektörü 400 milyon ton kimyasal üretimi yapmaktadır. Gıda, inşaat, endüstri, tarım ve daha birçok sektörde sıklıkla kullanılan kimyasal maddeler işçilerin sağlığını pek çok yönden olumsuz etkilemektedir. İşyerlerinde kullanılan kimyasallar sadece işçi sağlığı değil çevre sağlığı içinde büyük bir risk etmenidir. Kimyasal atıklar hava, toprak ve su ile karışarak zehirleyici etki yapmaktadır. Kimyasal faktörlerin nasıl kullanılması gerektiği, nasıl saklanılması gerektiği ve nasıl atılması gerektiğine dair çeşitli eğitimler vererek işçi sağlığı ve güvenliği korunmalıdır [122].

Endüstri ve daha birçok sektörde, üretim ve diğer aşamalarda kullanılan kimyasal maddeler oldukça çeşitlidir. Kimyasal maddeler insan vücuduna 3 yol ile giriş yapar. Bunlar; solunum sistemi, sindirim sistemi ve deriden emilim şeklinde gerçekleşir. Kimyasal vücudumuza ne şekilde giriş yapacağı kimyasal maddenin fiziksel haline bağlıdır. Kimyasalın fiziksel

biçimine, ne şekilde maruz kalındığına ve maruz kalan işçinin sağlık durumuna ve duyarlılığına göre sağlığa verdiği zarar değişir [123].

İşçi sağlığı üzerinde risk oluşturan kimyasal maddeleri şu şekilde sıralayabiliriz; zararlı, toksik ve çok toksik maddeler, aşındırıcı maddeler, tahriş ediciler, hassasiyet yaratıcılar, kanserojen maddeler, mutajen maddeler, üreme için toksik maddeler ve çevre için tehlikeli maddeler. Kimyasal maddelerin zararları da maddenin tehlike durumuna göre farklılıklar gösterir. Toksik maddeler, zaman içerisinde sürekli maruz kalınmasıyla birikir ve insan vücudunda çeşitli organlarda hastalıklara neden olur. Aşındırıcı, tahriş edici ve hassasiyet yaratıcı maddeler, işçilerin teması ile birlikte deri hastalıklarına yol açar. Kanserojen maddeler, kullanılan sektöre göre değişim gösteren bu maddeler türüne göre farklı organlar üzerinde kanser oluşturma etkisine sahiptir. Boya sektöründe sıklıkla kullanılan solventlerin mesane üzerinde kanser etkisi oluşturması bir kanserojen madde olduğunu gösterir. Bir başka örnek, çok iyi bir yalıtım malzemesi olan fakat aynı zamanda akciğer kanserine yol açan asbesttir. Mutajen maddeler, DNA yapısında kalıcı bozukluklara yol açan maddelerdir. Üreme için toksik maddeler, kadın ya da erkek bireylerin üreme sağlığını olumsuz etkileyen maddelerdir [124].

Kimyasal maddeler çalışma yerlerinde herhangi bir iş kazasına sebebiyet vermeyecek şekilde sadece bilgi sahibi çalışanlar tarafından kontrollü olarak kullanılmalı veya zorunlu olmadıkça kullanılmamalıdır. Güvenlik koşullarının tam olarak sağlandığından emin olmadan kullanımına müsaade edilmemeli ve tüm güvenlik önlemleri ilgili mevzuat hükümlerine göre alınmalıdır. Kimyasal kullanımından kaynaklı yaşanabilecek iş kazası sonuç sadece çalışanların değil aynı zamanda çevrenin de olumsuz etkileneceği unutulmamalıdır. Bu bakımdan tüm çalışanlara İş sağlığı ve güvenliği eğitimleri ile birlikte kimyasal maddeler hakkında bilgilendirme yapılmalı, iş yerinde görevli iş yeri hekimi ve uzmanlarınca da çalışma ortamında bulunan veya kullanılan kimyasallar dikkate alınarak risk değerlendirmesi hazırlanmalıdır.

3.2.4 Biyolojik Faktörler

En yakın örneğini Covid-19 pandemi dönemi ile yaşamış olduğumuz, sosyal ve çalışma ortamımızda çeşitli hastalıkları barındıran biyolojik riskler ile karşı karşıya kalmaktayız.

Özellikle sağlık sektöründe biyolojik riskler çok fazladır. Kalabalık çalışma ortamı bulunan ve sürekli başka insanlarla temas halinde bulunulan işlerde bu risk daha da artmaktadır. Tarım, hayvancılık ve inşaat gibi sektörlerde mevsimsel çalışma göçü yaşandığı için işçilerin toplu olarak barınmak zorunda kaldığı alanlarda hijyen eksikliği nedeniyle biyolojik tehlikelerden etkilenme oranı daha yüksektir. Dış etmenlere maruz kalınarak çalışılan işlerde özellikle yol inşaatlarında çeşitli hayvan saldırılarının yaşanması sonucu bulaşan kuduz hastalığı biyolojik risklere birer örnektir [116].

2019 yılında başlayan koronavirüs salgını , özellikle sağlık çalışanları olmak üzere her sektörden çalışanın sağlığını etkileyen biyolojik riskler arasındadır.

Ülkemizde biyolojik tehlike barındıran işlerde çalışan işçilerin korunması için çıkarılan yönetmeliğe göre; biyolojik risk oluşturan etmenler bilinmeli, biyolojik risklerin vereceği zararlar belirlenmeli, bu risklerden işçilerin sağlığının korunması için işverenin yönetmelikte belirtilen yükümlülüklerini yerine getirmelidir.

3.2.5 Psikososyal Faktörler

İş kaynaklı ve çalışanların ruhsal sağlığını olumsuz olarak etkileyen etmenlerdir. Sanayinin gelişmesi ile birlikte çalışanların uzun çalışma saatleri, yoğun iş yaşamı ve fazla iş yükü psikolojik olarak çalışanların etkilenmesine sebeptir. Yapılan araştırmalara bakıldığında; iş-aile zıtlığı, mobbing, istihdam problemleri ve taciz psikososyal tehlikelerin başında gelmektedir. Bu nedenler sadece çalışanın sağlığını değil aynı zamanda işyerinde üretim verimliliğini de olumsuz yönde etkiler. Bu nedenler genel olarak işte stresli olma durumuna yol açar [125].

Stres sağlık problemlerinin yanında bazı davranış bozukluklarına da neden olur. Sürekli kendini stresli ve gergin hisseden çalışan bir süre sonra çalıştığı ortamda kendini rahat hissedemez ve güçsüz, çaresiz hissetmeye başlar. Bununla birlikte, çalışan kişi işyerinde dikkat dağınıklığı, uykusuzluk ve unutkanlıklar yaşamaya başlar. İş kazalarının en önemli nedenlerinden biri dikkatsizliktir. Stres kaynaklı oluşan dikkatsiz olma hali pek çok iş kazasına sebebiyet vermiştir. Çalışanlarda depresyona sebebiyet veren stres, işin yapıldığı şartların işçiye uygunluğu ve işin işçiye uygunluğu ile doğru orantılıdır. Çalışma hayatında verimin düşmesi, iş kazalarının yaşanması, çalışanda işe geç gelme isteği oluşması, işten

memnuniyetsizlik oluşması, çalışanlar arası uyuşmazlıkların oluşması stresin çalışma hayatına etkilerindendir. Kalabalık çalışma ortamlarında yaşanan, çalışanların birbirlerine ya da işverenin çalışanlarına uyguladığı psikososyal risklerden olan mobbing, çalışanın kendini baskılanmış hissetmesine yol açar. Sadece kalabalık çalışma ortamlarında değil tek başına çalışma zorunda olan kule vinç operatörleri de devamlı tek düze çalışma şartlarından dolayı stresli bir iş hayatına sahiptir [126].

Psikososyal risklerden kaynaklı iş kazalarını önlemek için işe uygun işçi seçimi çok önemli bir etmendir. Ruhsal problemleri olan çalışanlar çok tehlikeli işlerde çalıştırılmamalıdır. Yüksek yerlerde ya da patlayıcı maddelerin bulunduğu çalışma ortamlarında çalışan işçilerin ruhsal durumlarının kontrol altında tutulması gerekir [126].

İşverenler, psikososyal riskleri önleme konusunda çalışanlarına karşı yapıcı bir tutum izlemelidir. Çalışanlar işleyişle ilgili konulara katılmakta teşvik edilmelidirler. Ücret dağılımı adaletli olmalıdır. Aynı nitelikteki işleri yapan çalışanların ücretleri arasında büyük farklar olması çalışanda öfke ve stres hali meydana getirir. Çalışma saatleri, işçilerin sosyal yaşamını tamamen engellememelidir. İşçilerin iş yükü karşılayabileceğinden fazla olmamalıdır [127].

3.2.6 Ergonomik Faktörler

Ergonomi işyerlerinde kullanılan makinaların ve insanların niteliklerini inceler, bu niceliklerin birbiriyle olan koordinasyonunun durumunu değerlendirir. Günümüzde ofis araç gereçleri, çeşitli makinalar ve her türlü teknoloji unsuru insanların anatomik yapısına göre tasarlanmak durumundadır. Gelişen sanayi ile ergonomi işyerlerinde üretimi verimi kılmak ve insan sağlığını korumak açısından çok daha önemli bir konu olmuştur. Makinalı üretim yapılan her işte, kullanılan makina ve işyeri ortamı çalışanın işini daha kolay algılamasına, doğru seçimleri daha kolay yapabilmesine olanak sağlamalıdır. Bu şekilde makina ve insan kaynaklı iş kazaları önlenebilir. İnsanların çalışma hayatında ya da günlük yaşamında kullanım kolaylığı olmayan tüm makina ve ortamlar, ergonomik bir tehlike faktörüdür [109].

Ergonomik çalışmalar üçe ayrılır. Yapılan işe uyum, antropometri, duruş biçimleri ve tekrarlanan hareketler fiziksel ergonomi alanında incelenirken, yapılan çalışmalardaki hata oranını düşürerek kazaları en aza indirmek ve yapılan işin daha kolay yapılması bilişsel

ergonominin alanında incelenmektedir. Örgütsel ergonomi alanında ise çalışma saatlerinin, vardiya düzeni ve iş planları ile çalışanlar arasındaki iletişimin çalışanın en verimli şekilde çalışabilmesine olanak sağlayacak şekilde düzenlenmesi amaçlanmaktadır.

Bir imalathanede uyarıcı göstergelerin çalışanların göz hizalarından daha yukarıya konulması, teknisyenin uyarıları daha zor görmesinden ötürü çalışmalarında problemler oluşur. Bu uyarıcı göstergelerin kuvvetli olmaması da problemlere yol açar. Fakat uyarıcı göstergeler teknisyenin göz hizasında ve kolay fark edilebilir olması, tehlike arz eden olayların önceden fark edilerek iş kazalarının önlenmesine yardımcı olur [109].

Ergonomik bir çalışma ortamında işçilerin konforlu bir şekilde işlerini yürütüyor olmalı gerekir. Aksi takdirde dar ve konforsuz bir alanda çalışan kişi yorulacak ve yorulduğu için dikkatsizlik hali oluşacaktır. Yorulan işçi, işinin erken bitmesi için daha hızlı çalışmaya başlayacaktır. Bu faktörler dikkatsizlik ile birlikte değerlendirildiğinde iş kazalarına zemin hazırlamaktadır [116].

4. TRANSFORMATÖRLER

4.1 GİRİŞ

Fransızcadan dilimize geçmiş olan Transformatör ifadesinin anlamı dönüştürücüdür. 1831 yılında Faraday tarafından keşfedilen temel çalışma ilkesi Faraday ‘ın gerçekleştirmiş olduğu deneyler sonucunda alternatif akım üzerinde basit bir transformatörün yarattığı etkiyi gözlemlemiştir. Gündelik hayatımızı bu denli kolaylaştıran alternatif akımın keşfi Faraday ‘ın yapmış olduğu icadın ne kadar önemli olduğunu bizlere göstermektedir [117].

Düşük akım ve yüksek gerilim seviyesinde olan elektriğin transformatörler vasıtasıyla neredeyse hiç enerji kaybı yaşanmadan yüksek akım ve düşük gerilim seviyesine veya tam tersi duruma dönüştürülmesidir. Elektriğin kullanılıdığı nereneyse tüm makinelerde transformatörler tamamlayıcı eleman görevi görmektedir. Taşınabilir lambalar, oyuncaklar, bilgisayarlar gibi aletlerde gerilim seviyelerinin ayarlanması için transformatörler kullanılır. Büyüklükleri kullanıldığı yere göre prinç büyüklüğünde olabildiği gibi tonlarca ağırlığında da olabilmektedir. Her ikisinde de çalışma mantığı ve prensibi aynı olmakla birlikte kullanıldığı malzemeler boyutuna göre değişiklik gösterebilmektedir.

4.2 TRANSFORMATÖR TANIMI

Elektromanyetik endüksiyon yolu ile akımı veya gerilimi frekansı değiştirmeden yükselten veya düşüren hareketli parçası olmayan elektrik makinelerine transformatör denir. Transformatörler, ince silisli saçlardan oluşan kapalı bir manyetik gövde ile bunun üzerine, yalıtılmış iletkenlerden sarılan sargılardan oluşur. En basit şekli ile transformatörlerde iki sargı bulunur. Bunlardan birine birincil (primer), diğerine ise ikincil (sekonder) sargı denir. Transformatör sargılarına gerilim değerlerine göre alçak gerilim sargısı veya yüksek gerilim sargısı gibi isimler de verilmektedir. Primer ve sekonder sargılarının birbiriyle elektriksel bağlantısı yoktur. Elektrik enerjisi depolanamadığından üretildikten hemen sonra kullanıcıya taşınması gerekmektedir. Bu taşımanın verimli bir şekilde yapılabilmesi için gerilimin yeteri kadar büyük olması gerekir. Santrallerde jeneratörler yardımı ile üretilen elektrik enerjisinin gerilimi çok yüksek değildir. Jeneratör çıkış gerilimleri 0,4-3,3-6,3-10,6-13,0-14,7-15,8 ve 35 kV değerlerindedir. Bu gerilimler enerjinin çok uzak bölgelere taşınabilmesini sağlayacak kadar yüksek olmadığından gerilimi yükseltilmek için transformatörler kullanılır [117].

4.3 TRANSFORMATÖRLERİN YAPILARI

Alçaltıcı transformatörler: Sekonder gerilimi primer geriliminden küçüktür ve gerilimi alçaltır. Primeri ince kesit çok sipir, sekonderi kalın kesit az sipir olur [117].

Yükseltici transformatörler: Sekonder gerimi primer geriliminden büyüktür ve gerilimi yükseltir. Primeri kalın kesit az sipir, sekonderi ince kesit çok sipir olur [117].

Tüm bunlara göre transformatör; sargılarından geçen elektrik akımını elektromanyetik indüksiyon etkisi ile öteki sargısından aynı frekanslı fakat farklı şiddet ve gerilimde başka bir akım sistemine dönüştüren statik bir elektrik makinesi olarak adlandırılır [117].

4.4 TRANSFORMATÖRLERİN EN ÖNEMLİ ÖZELLİKLERİ VE GÖREVLERİ

a) Elektrik güç sistemlerinde akım ve gerilim seviyelerini değiştirmek [117].
b) Elektronik ve kontrol devrelerinde maksimum güç transferi için kaynak ve yük empedansı uyumunu sağlamak [117].

c) 3.Elektriksel izolasyonu sağlamak, bir devreyi diğerinden izole etmek. Örneğin, doğrultma devrelerinde alternatif akım tarafında sürekliliği sağlarken doğru akım tarafını izole eder [117].

4.5 TRANSFORMATÖRLERİN ÇALIŞMA PRENSİBİ

Transformatörün primer sargısına alternatif bir gerilim uygulandığında bu sargıda zamana göre yönü ve şiddeti değişen bir manyetik alan oluşur. Bu alan üstünde sekonder sargının da bulunduğu manyetik demir nüve üzerinden devresini tamamlar. Zamana göre yönü ve şiddeti değişen bu alanın sekonder sargılarını kesmesi ile bu sargıda alternatif gerilim indüklenir. İndüklenen bu gerilimin değeri; Sekonder sarım sayısına, manyetik akının maksimum değerine ve frekansına bağlı olarak değişir [117].

Transformatörün primer sargılarına doğru gerilim uygulandığında demir nüve üzerinde sabit bir manyetik alan oluşur. Bu alan değişken olmadığından sekonder sargılarda gerilim indüklenemez. Çünkü indüksiyon prensibine göre; değeri değişen manyetik alanlar tarafından etkilenen sargılarda indüksiyon gerilimi oluşabilir. Bu nedenle transformatörler özel durumlar dışında doğru akımda kullanılmazlar [117].

4.6 TRAFOLARI SINIFLAMA

Trafoların farklı özellikleri göz önüne alınarak, değişik şekilde sınıflama yapılabilir. Burada belirleyici olabilecek en önemli kriterler; teknik yapıları, büyüklüğü, kullanım amaçları ve üstlendiği görevlerdir. Kullanım amacına göre yapılan sınıflamada, dağıtım ve güç trafolarını kesin olarak birbirinden ayırmak o kadar kolay değildir [118].

Örneğin IEC 60422 Standardında, güçleri 2 MVA ’den küçük olanlar dağıtım ve büyük olanlar güç trafosu olarak değerlendirilir. Ancak bazı standartlarda bu sınır, 1 MVA ile 3 MVA arasında değişir. Bu durumda, trafonun kullanım amacı da belirleyici olmaktadır [118].

Trafolar; teknik yapısı, tipi, görevi, büyüklüğü, faz sayısı, soğutma şekli, kullanım yeri ve amacı gibi özelliklere göre şu gruplara ayrılır [118].

1- Manyetik nüvenin yapılış şekline göre

a) Çekirdek tip
b) Mantel (Shell) tip

2- Sargı tipine göre

a) Oval sargılı
b) Silindirik sargılı
c) Dikdörtgen sargılı

3- Sargı durumuna göre

a) Yalıtılmış sargılı
b) Oto trafolar

4- Soğutma türüne göre

a) Yağ soğutmalı
b) Hava soğutmalı
c) Sentetik sıvı soğutmalı
d) Su ile dolaylı soğutmalı

5- Faz sayısına göre

a) Primer ve sekonderi aynı sayıda faza sahip olanlar
b) Primer ve sekonderi farklı sayıda faza sahip olanlar

6- Bulunduğu yere göre

a) Kapalı mekan trafoları
b) Açık alan trafoları

7- Çalışma prensibine göre

a) Sabit akımlı
b) Sabit gerilimli

8- Kullanım amacına göre

a) Güç trafosu
b) Ölçü trafosu
c) Dağıtım Trafosu

d) Çeşitli cihaz ve makineler için kullanılan trafolar

9- Düşürülen ve yükseltilen gerilim değerlerine göre

a) Alçak gerilim trafosu (AG) 0-1 kV
b) Orta gerilim trafosu (OG) 1,3,5,6,7,10,15,20,25,30 ve 35 kV
c) Yüksek gerilim trafosu (YG) 45,60 ve 110 kV
d) Çok yüksek gerilim trafosu (ÇYG) 150,220,380,400,525… kV

10- Soğutma sistemine göre

a) Kuru trafolar
b) Sıvı yalıtımlı trafolar

11- Yalıtım sistemine göre

a) Sıvı yalıtımlı trafolar
b) Gaz yalıtımlı trafolar
c) Kuru tip trafolar

4.7 GÜÇ TRANSFORMATÖRLERİ

En çok kullanılan transformatör çeşitlerindendir. Elektrik santrallerinde, elektrik iletim-dağıtım hatlarında ve sanayi tesislerinde kullanılır [128].

Güç trafoları (GT), iletim ve dağıtım sistemlerinin en temel ve en önemli elemanlarından birisidir. Elektriksel enerjinin uzak mesafelere iletiminde GT'lere ihtiyaç duyulmaktadır. GT'ler elektriksel gerilim seviyelerini ihtiyaç duyulan aralıklarda değiştirmektedirler [129].

4.7.1 Oto Transformatörler

a) Farklı gerilimlerdeki şebekeleri bağlamak için kullanılan yüksek gerilim transformatörleridir.
b) Yakın gerilim seviyelerinde ekonomik fayda yaratır.
c) Sabit Akılı (CFVV) ya da Değişken Akılı (VFW) olarak tasarlanabilir [128].



Şekil 4.1: Oto Transformatörler

4.7.2 Yükseltici Transformatörler

a) Elektrik santrallerinde alternatörlerin ürettikleri gerilimi iletim hattı gerilimine yükselten transformatörlerdir.

b) Boşta ve yükte kademe şalterli olarak tasarlanabilir [128].



Şekil 4.2: Yükseltici Transformatörler

4.7.3 Raylı Sistem Transformatörleri

a) Demir yolu hattını beslemek için şebekeden alınan gerilimi düşüren transformatörlerdir.

b) Ayrıca, tramvay, metro ve lokomotif gibi hafif raylı sistemlerin ihtiyaç duyduğu CER gücü için üretilen transformatörlerdir [128].



Şekil 4.3: Raylı Sistem Transformatörleri

4.7.4 Mobil Transformatörler

a) Mobil Transformatör, mobil şalt merkezleri için tasarlanıyor.

b) Mobil şalt merkezi bir transformatör merkezinde olması gereken tüm şalt cihazlarının bir treyler üzerine montaj edilmesiyle oluşur [128].



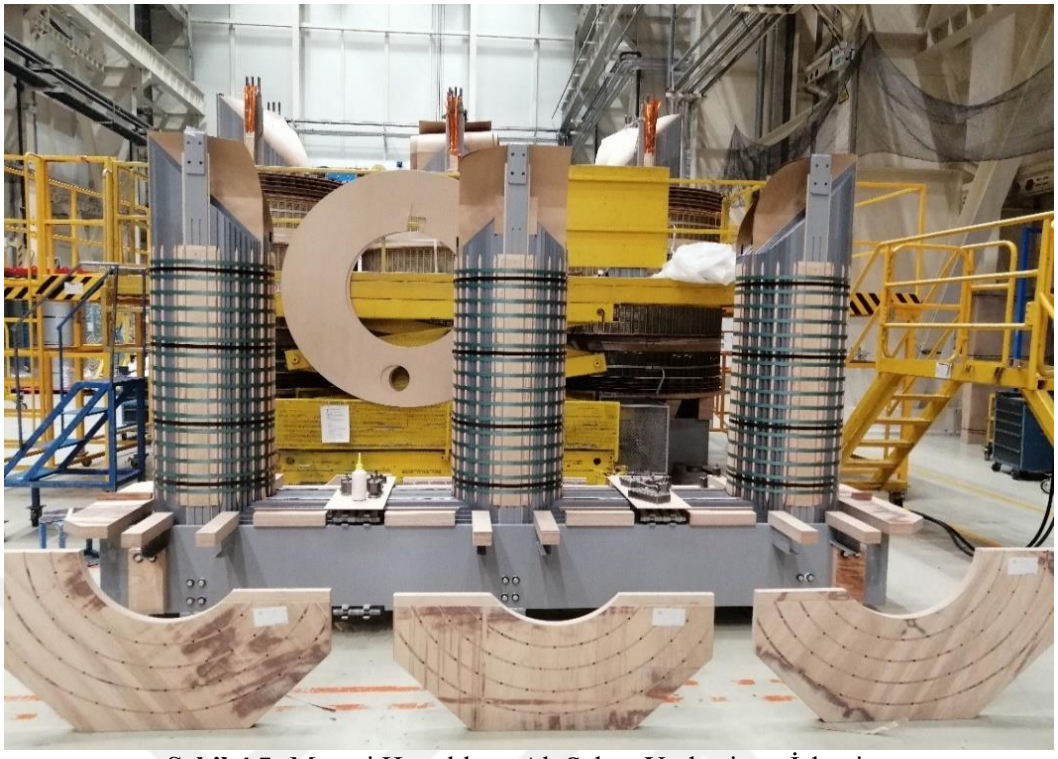
Şekil 4.4: Mobil Transformatörler

4.8 GÜÇ TRANSFORMATÖRLERİ ÜRETİM MONTAJ ÇALIŞMALARI

Güç trafoları üretim montaj proseslerinde trafonun kullanım amacı, yeri ve büyüklükleri gibi özellikler nedeniyle farklılıklar ortaya çıksa da genel olarak güç trafoları montaj çalışmaları altı aşamada incelenebilir.

4.8.1 Montaj Hazırlık ve Alt Taban İzolasyon İşlemi

Bobin geçirme işlemi öncesi bobinlerin alt boyunduruk ve destek takozlarına oturmasını sağlamak amacıyla sıkıştırma demirinin üzerindeki alt takozların ve alt sehpanın teraziye alınıp tutkal ile yapıştırılması işlemleri yapılır.



Şekil 4.5: Montaj Hazırlık ve Alt Sehpa Yerleştirme İşlemi

Aynı zamanda trafonun çekirdek silindirinin ve alt tabanının izolasyonu yapılarak bobin geçirme işlemi öncesi hazırlık tamamlanmış olur.



Şekil 4.6: Alt Taban İzolasyon İşlemi

4.8.2 Bobin Geçirme İşlemi

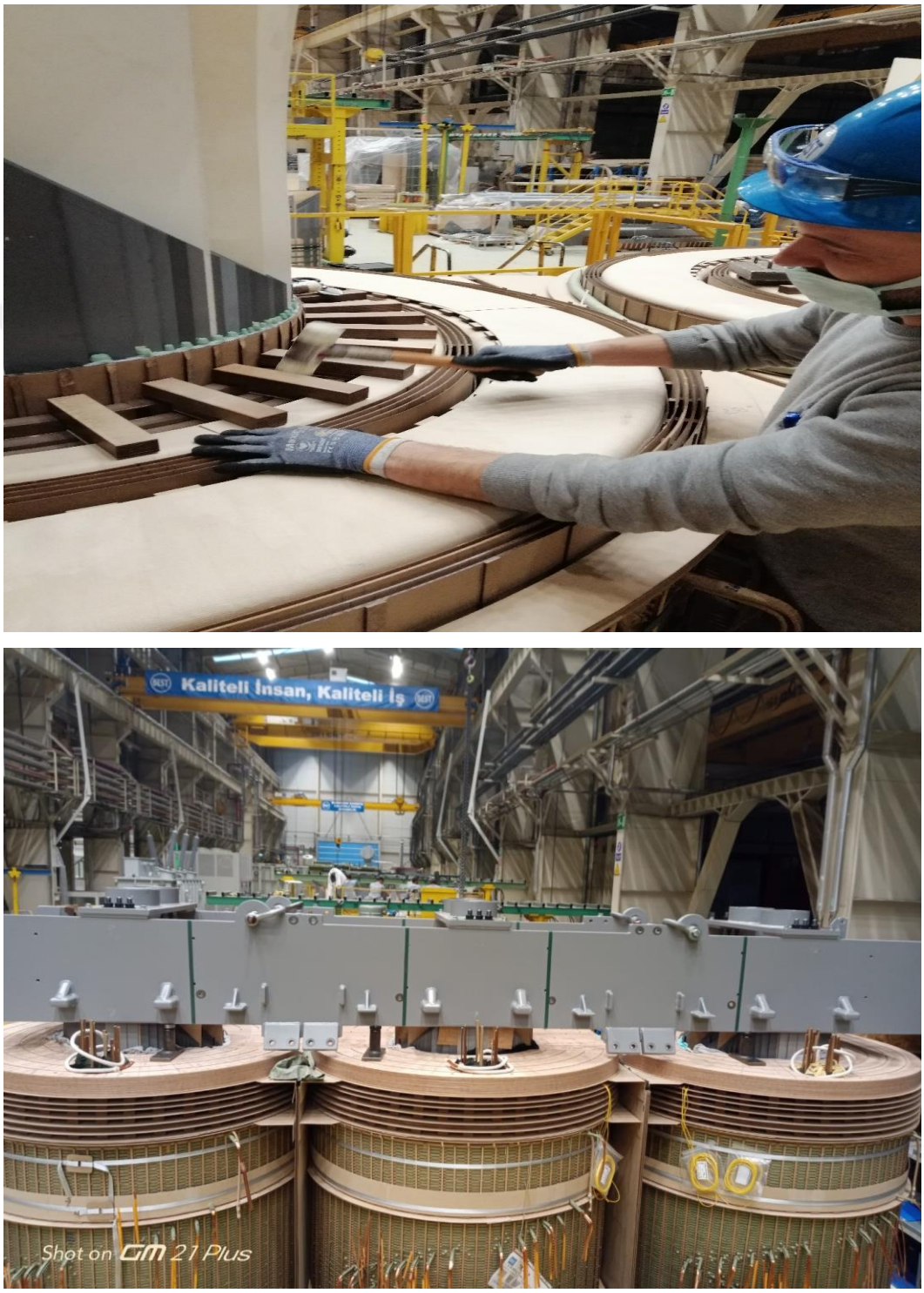
İzole silindirin saç nüve üzerine bağlanarak yağ kanalı çıtalarının resme göre hazırlanması ve alt ara parçaları ile aynı düzleme oturtulması sonrasında fırından emprenye edilmiş olarak gelen bobinin trafonun özelliğine göre hazırlanarak + travers ile alınıp çekirdek nüveye geçirilmesi işlemleri yapılır.



Şekil 4.7: Bobin Geçirme İşlemi

4.8.3 Üst Taban İzolasyon İşlemi

Bobin geçirme işlemi tamamlandıktan sonra, bobinlerin üst kısmının yaka, çember ve ara parçaları ile izolasyonu yapılarak baskı çemberlerinin yerleştirilmesi işlemleri yapılır.



Şekil 4.8: Üst Taban İzolasyon İşlemi

4.8.4 Üst Boyunduruk Saç Dizim İşlemi

AG-YG sıkıştırma demirlerinin bobin üzerine yerleştirilerek silisli saçların dizilmesi ve üst köprülerin atılması işlemleri yapılır. Bu aşamada fırın öncesinde bobinlere dizayn belgesinde belirtilen oranda ön pres uygulaması yapılabilir.



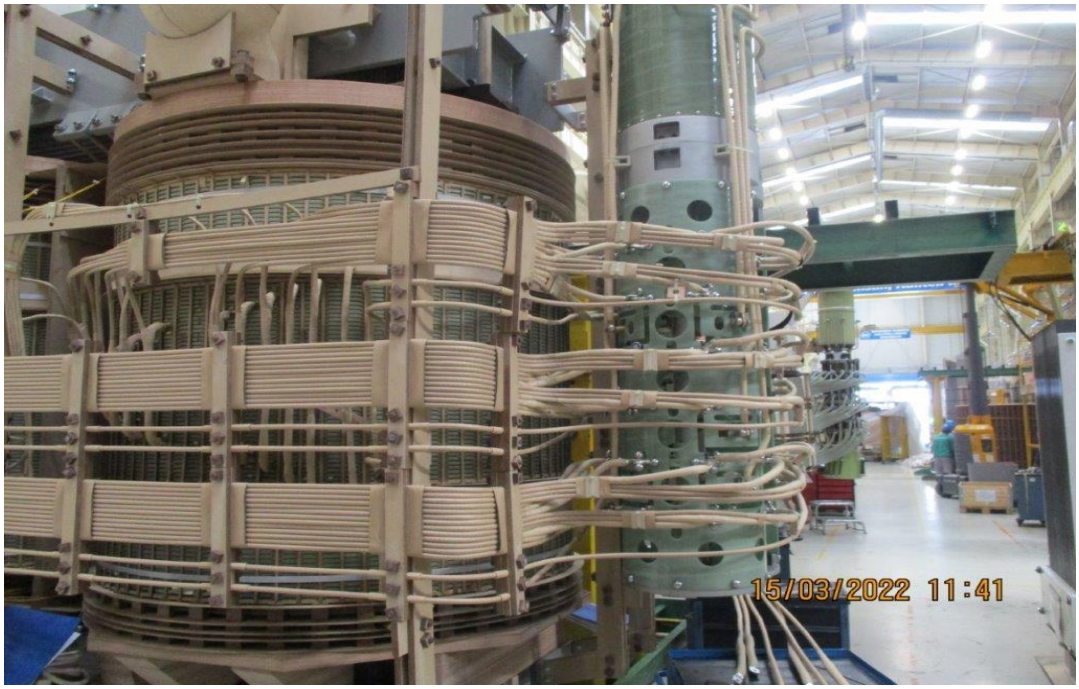
Şekil 4.9: Üst Boyunduruk Saç Dizim İşlemi

4.8.5 AG-YG Ara Bağlantı İşlemi

Üst köprülerin sıkıştırma demirlerine bağlanan konsola şalterin bağlantıları ve şalterden gelen uçların ayar bobinine kaynak yapılması işlemleri yapılır.



Şekil 4.10: AG Ara Bağlantı İşlemi



Şekil 4.11: YG Ara Bağlantı İşlemi

4.8.6 Fırın Sonrası Kuru Sıkım İşlemi

Montaj ve bağlantı işlemleri tamamlanan trafo aktif kısmının nem alma işlemi için fırınlanması sonrası, bobinlerin preslenerek cıvata bağlantılarının tekrar sıkılarak kontrol edilmesi işlemleri yapılır.



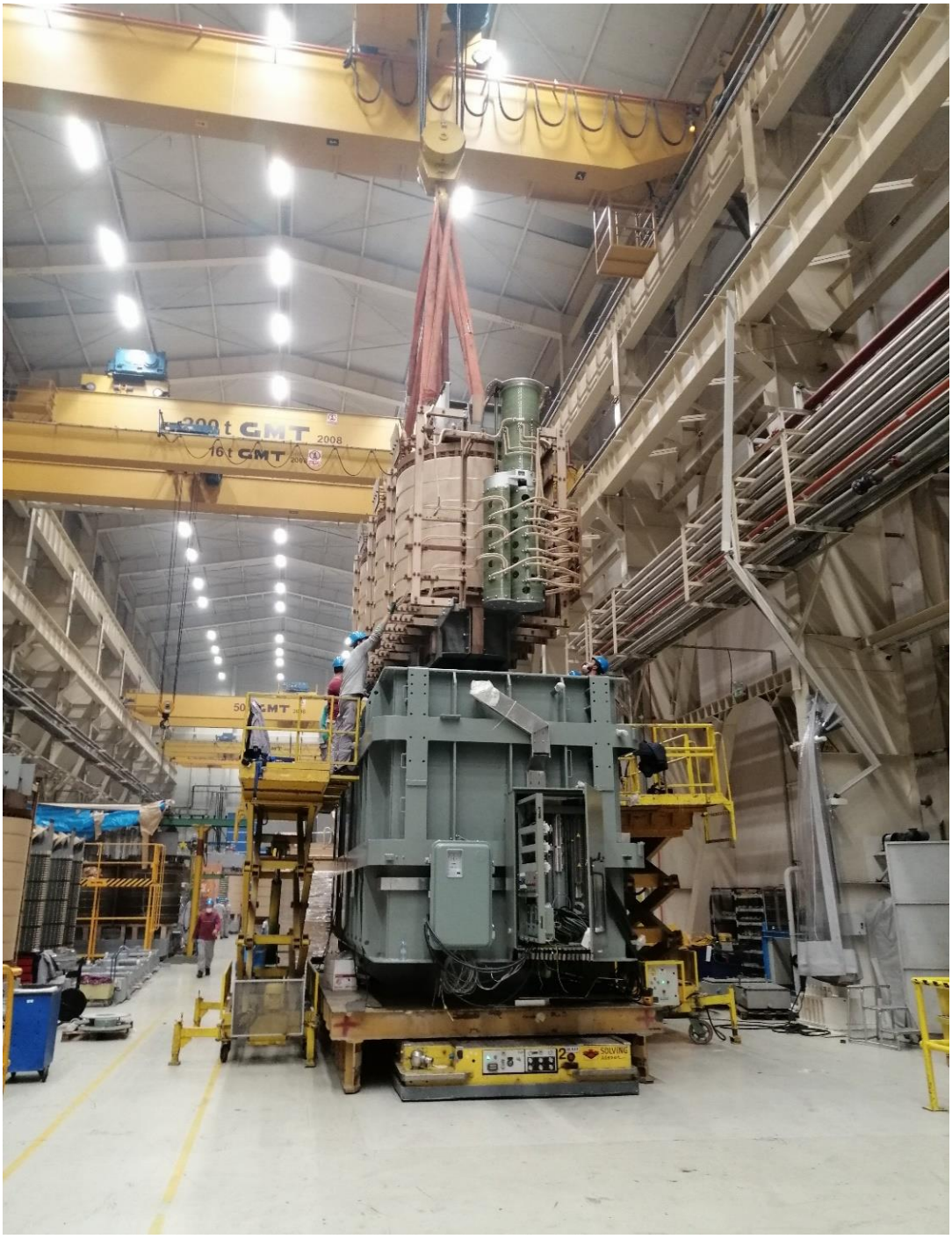
Şekil 4.12: Fırın Sonrası Kuru Sıkım İşlemi



Şekil 4.13: Fırın Sonrası Kuru Sıkım İşlemi

4.8.7 Aktif Kısmın Trafo Kazanına Yerleştirilmesi

Sıkım ve test işlemleri tamamlanan aktif kısmın trafo kazanına yerleştirilerek üst kapağın kapatılması ve vakum işlemi için trafonun son işlemler bölümüne teslim edilmesi işlemleri yapılır.



Şekil 4.14: Aktif Kısmın Trafo Kazanına Yerleştirilmesi

5. FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME METODU

W. T. Fine tarafından geliştirilen "Mathematical Evaluations for Controlling Hazards" metodu, Kinney ve Wiruth tarafından 1976'de revize edilerek "Practical Risk Analysis for Safety Management" adı altında yayınlanmış ve günümüzde Fine-Kinney metodu olarak bilinmektedir [119].

Fine-Kinney metodu risklerin derecelendirilmesi sonuçlarına göre hangi işlere öncelik verilmesi ve kaynakların öncelikli olarak nereye aktarılması gerektiğini gösteren bir yöntemdir. Risklerin ağırlık oranlarını hesaplayarak derecelendirme yapılır ve önlemlerin alınıp alınmamasına karar verilir. Yöntem işyerinin istatistiklerini kullanma imkânı sağlaması doğrultusunda daha gerçekçi sonuçlar vermektedir [119].

5.1 FİNE KİNNEY RİSK ANALİZİ AMAÇLARI

Bu çalışmada temel amaç işyerinde çalışma koşullarından kaynaklanan her türlü tehlike ve sağlık riskini azaltmak, insan sağlığını etkilemeyen seviyeye düşürmektir. Bu riskler iş kazaları olabileceği gibi her türlü meslek hastalığı ve diğer sağlık riskleri de olabilir.

Bir transformatör fabrikası Güç Trafoları Üretim Montaj Çalışmaları risk değerlendirmesi sonucunda, işyerindeki tehlikelerin ne olduğuna karar verilmiş, kaza olma olasılığı ile olası kazaların boyutu/büyüklüğü hakkında bilgi sahibi olunarak bulunan ilk risk derecesinin Endüstri 4.0 ve Yapay Zeka Uygulamaları sonucunda kabul edilebilir seviyeye indirilmesi amaçlanmaktadır.

Risk değerlendirmesi ile tehlikeler daha oluşmadan kaynağında tespit edilerek oluşabilecek risklerin ortadan kaldırılması veya riskin en aza indirilerek kabul edilebilir seviyede tutulması amaçlanmaktadır.

Bu amaç sonucunda;

a) Tehlikeler kaynağında tespit edilir,

b) Ortaya çıkabilecek acil durumlar için tedbirler alınması mümkün olur,

c) İş kazaları ve meslek hastalıkları engellenerek üretimdeki verim ve süreklilik artış gösterir.

5.2 TANIMLAR

Bu çalışmada yer alan kelimeler ve bu kelimelerin tanımları aşağıda verilmiştir.

TEHLİKE; İşyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek, çalışanı veya işyerini etkileyebilecek zarar veya hasar verme potansiyelini ifade eder.

RİSK; Tehlikeden kaynaklanacak kayıp, yaralanma ya da başka zararlı sonuç meydana gelme ihtimalini ifade eder.

RİSK DEĞERLENDİRMESİ; İşyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek tehlikelerin belirlenmesi, bu tehlikelerin riske dönüşmesine yol açan faktörler ile tehlikelerden kaynaklanan risklerin analiz edilerek derecelendirilmesi ve kontrol tedbirlerinin kararlaştırılması amacıyla yapılması gerekli çalışmaları ifade eder.

RİSK YÖNETİMİ; Tehlikenin tanımlanması, risklerin analizi, riskin değerlendirilmesi, önlemlerin uygun şekilde kullanılması ve sonuçların değerlendirilmesini de kapsayacak toplam yöntemi ifade eder.

FREKANS; Tehlikeye maruz kalma sıklığını ifade eder.

OLASILIK: Tehlikenin sonucunda riskin gerçekleşmesidir.

ŞİDDET: Riske maruz kalan kişi / kişiler üzerinde oluşturduğu olumsuz etkinin büyüklüğüdür.

(Risk sonucu ortaya çıkacak zararın büyüklüğünü tanımlar)

RİSK DEĞERİ: Risk Değerlendirme Formülünde ve Risk Değerlendirme Planında kullanılacak olan Risk değeri, riskin gerçekleşme olasılığı, Frekans değeri ve riskin şiddetinin sayısal değerinin çarpımı ile bulunur.

Bir başka deyişle;

Risk Derecesi (Puanı) = Olasılık (İhtimal) X Frekans Değeri X Şiddet (Sonuç)

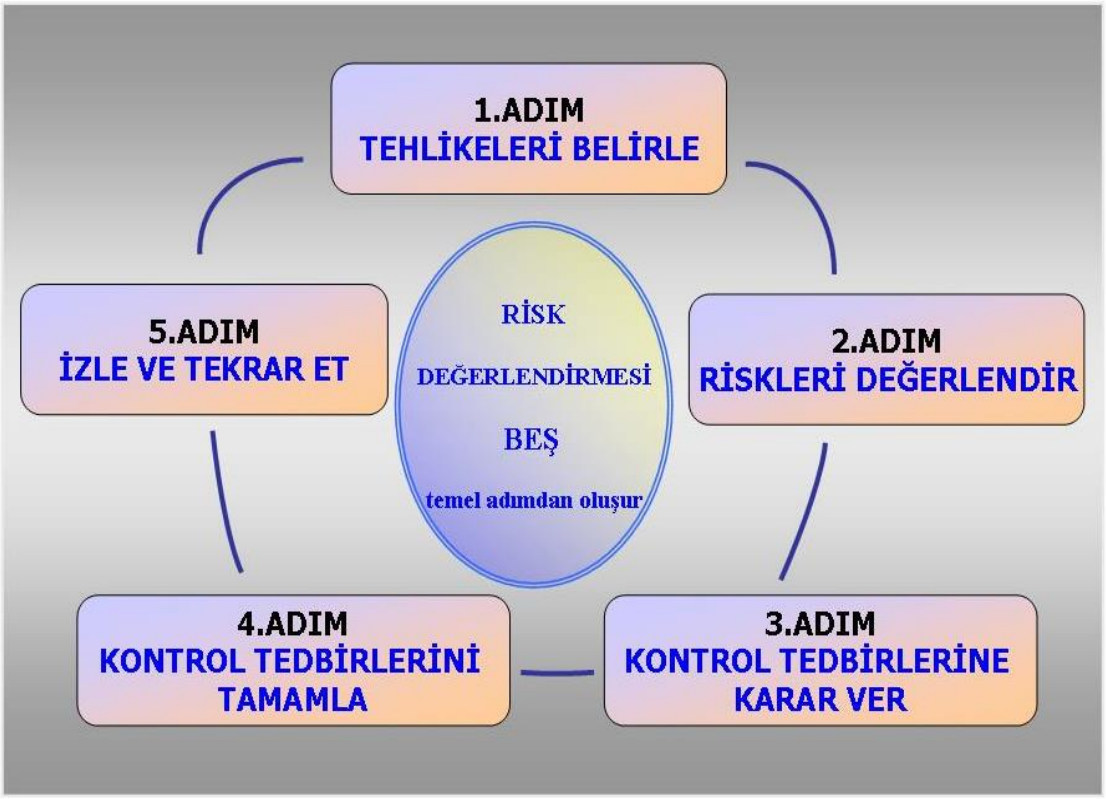
RD= O x F x Ş

5.3 YÖNTEM VE ADIMLAR

Risk yönetimi çalışmasında uygulanacak adımlar;

5.3.1 Tehlikelerin Tanımlanması;

Kurumdaki tüm tehlikelerin belirlenmesi zordur ve zaman alabilir. Bu çalışmada Tablo 5.3 de genel bir tehlike listesi verilmiştir. Bu liste, sonucunda zarar oluşturabilecek genel olaylar listesidir. Bu listedeki, sonucunda zarar oluşturabilecek olaylar, potansiyelinde belirtilen zararlandırıcı olayı taşıyan yapı alanındaki faaliyetlerle eşleştirilerek tehlikeler tanımlanabilir.



Şekil 5.1: Risk Değerlendirme Adımları

5.3.2 Risk Değerlendirme Matrisi

Tablo 5.1: Risk Değerlendirme Matrisi

OLASILIK DEĞERİ	*OLASILIK Zararın Gerçekleşme Olasılığı*
10	Beklenir, Kesin
6	Yüksek, Oldukça mümkün
3	Olası
1	Mümkün Fakat Düşük
0,5	Beklenmez Fakat Mümkün
0,2	Beklenmez

OLASILIK (ŞANS): Zararın gerçekleşme olasılığıdır.
İlk yaptığınız risk değerlendirmesinde hiçbir kontrol önlemi dikkate alınmamalıdır. Bundan dolayı da olasılıklar hep en kötü olasılık olarak düşünülmelidir. Düzeltici Önleyici Faaliyetler (DÖF) frekans ve şiddeti etkilemez. Etkileyeceği tek değişken OLASILIK (ŞANS) olacaktır. Mesela;
Yüksekte emniyet kemersiz çalışan bir işçinin kemer takması sadece düşme olasılığını etkiler. Düşerse ölüm riskini azaltmaz (ŞİDDET) veya tehlikeye maruz kalma sıklığını (FREAKANS) etkilemez.

FREKANS DEĞERİ	*FREKANS Tehlikeye Zaman İçerisinde Maruz Kalma Tekrarı*
10	Hemen Hemen Sürekli Saatte Birkaç Defa
6	Sık Günde Bir veya Birkaç Defa
3	Ara Sıra Haftada Bir veya Birkaç Defa
2	Sık Değil Ayda Bir veya Birkaç Defa
1	Seyrek Yılda Birkaç Defa
0,5	Çok Seyrek Yılda Bir veya Daha Az

FREKANS: Tehlikeye zaman içerisinde maruz kalma sıklığıdır.
Dikkat edilmesi gereken "işin yapılma sıklığı değil, işi yaparken tehlikeye maruz kalma sıklığıdır."
Rutin olmayan bir faaliyeti değerlendirmemiz gerekirse, o faaliyet sırasında tehlikeye maruz kalma sıklığını düşünmemiz gerekmektedir. Mesela;
2 saat süren bir faaliyette, 2 saat içinde maruz kalma sıklığı düşünülmelidir.

ŞİDDET DEĞERİ	*ŞİDDET İnsan ve/veya Çevre Üzerine Yaratacağı Tahmini Zarar*
100	Birden Fazla Ölümlü Kaza Çevresel Felaket
40	Ölümlü Kaza Ciddi Çevresel Zarar
15	Kalıcı Hasar/Yaralanma, İş Kaybı
7	Önemli Hasar / Yaralanma, Dış İlkyardım
3	Küçük Hasar / Yaralanma, İç İlkyardım
1	Ucuz Atlatma Çevresel Zarar Yok

ŞİDDET: Tehlikenin insan ve/veya çevre üzerinde yaratacağı tahmini zarardır.
Yapacağımız risk analizinde şiddet puanlamasını yaparken zarar kısmında "ölüm" var ise puanlamanın buna uygun şekilde "40 puan (tek ölüm)" veya birden çok ölüm var ise "100 puan (birden çok ölüm)" yapılmalıdır.
Eğer yapacağımız şiddet değerlendirmelerinde herhangi bir şüphe var ise daha yüksek puan verilmesi doğru olacaktır.

5.3.3 Risk Değeri

Risk Değeri, Tablo 5.2 'de verilen Risk Değeri Belirleme Matrisine yerleştirilir. İlk olarak tolere edilemez yüksek puanlı olan risklerin ortadan kaldırılmasına öncelik verilir. Risk ortadan kaldırılamıyorsa düşürülme yoluna gidilmelidir. Son aşamada koruyucu malzeme kullanımı sağlanmalıdır.

Tablo 5.2: Risk Değeri Belirleme Matrisi

RİSK DEĞERİ	***RİSK DERECESİ***	***EYLEM***	***TERMİN SÜRESİ***
400 < R	TOLERANS GÖSTERİLEMEZ RİSK	Hemen gerekli önlemler alınmalı veya tesis, bina, çevrenin kapatılması düşünülmelidir	1 Hafta İçinde,Sürekli kontrol
200 < R < 400	ESASLI RİSK	Kısa dönemde iyileştirilmelidir	1 Ay İçinde,Sürekli kontrol
70 < R < 200	ÖNEMLİ RİSK	Uzun dönemde iyileştirilmelidir	6 Ay İçinde,Sürekli kontrol
20 < R < 70	OLASI RİSK	Gözetim altında uygulanmalıdır	1 Yıl İçinde, Sürekli kontrol
R < 20	ÖNEMSİZ RİSK	Önlem öncelikli değildir	Kontrol

5.3.4 Kontrol Tedbirlerine Karar Verilmesi

Bu adımda risklerin kabul edilebilir düzeye indirilmesi için gerekli kontrol tedbirlerine karar verilir. Temel kuralın tehlikenin ortadan kaldırılması olmakla beraber aşağıdaki yöntemler kullanılarak risk en aza indirilmelidir.

İncelenmesi gereken konular:

1. Tehlikenin ortadan kaldırılıp kaldırılamayacağı,
2. Riskin azaltılıp azaltılamayacağı,
3. Teknik imkanlar,
   a) Otomasyon
   b) Tecrit
   c) Uzaklaştırma

d) Havalandırma

e) Ergonomik yaklaşımlar

4. Kişileri korumak için gerekli ölçümler,

5. İdari Önlemler, işaretler, uyarılar

a) Çalışma süreleri

b) İşyeri düzeni

c) Eğitim

d) Planlı bakım/onarım

e) Mental riskler, monotonluk, iletişim

f) Denetim

6. Kişisel koruyucular,

5.4 UYGULAMA

Risk değerlendirmesinin aşağıdaki durumlarda yapılması ve yenilenmesi istenebilir.

a) İş yerinde, iş, yer, el, çalışma yöntemi değişikliği olduğunda,

b) Yeni ve ciddi bir tehlikenin ortaya çıkması durumunda,

c) İşyerinin tamamını ya da büyük kısmını etkileyebilecek bir kaza, iş kazası, meslek hastalığı ya da olay vb. durumun meydana gelmiş olması halinde,

d) Yasal mevzuata göre İşyeri tehlike sınıfına göre

Düzenli aralıklarla, risk analizi ve değerlendirmesi yenilenmelidir.

6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

GT Montaj çalışmaları mevcut durumdaki tedbirler sonrası ve Endüstri 4.0 ve Yapay Zeka Uygulamaları sonrasında olmak üzere 2 aşamalı olarak Tablo 6.1 ‘de Fine Kinney Risk Değerlendirme yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Montaj çalışmaları; 1. Montaj hazırlık ve Alt Taban İzolasyon İşlemi, 2.Bobin Geçirme İşlemi, 3. Üst Taban İzolasyon İşlemi, 4. Üst Boyunduruk Saç Dizim İşlemi, 5. AG-YG Ara Bağlantı İşlemi ve 6. Fırın Sonrası Kuru Sıkım İşlemi olmak üzere altı aşamada incelenmiştir. Her aşama için ortaya çıkabilecek tehlike ve riskler tanımlanarak olasılık, frekans ve şiddet çarpılarak Risk Derecesi bulunmuştur.

Risk değerlendirmesinde; çalışmalarda alınan mevcut önlemler de belirtilerek elde edilen risk dereceleri Endüstri 4.0 ve özellikle Yapay Zeka teknolojilerinden yararlanılması sonrası yeniden hesaplanarak değerlendirilmiştir. Yapılan bu değerlendirme sonucunda mevcut durumdaki risk derecelerinde önemli ölçüde düşüş meydana geldiği gözlenmiştir.

Altı aşamada toplam on iki maddede ele alınan risk değerlendirmesinde, tüm maddelerde hesaplanan ilk Risk Değerlerinin tamamında alınan önlemler sonrasında düşüş meydana geldiği, Risk seviyelerinin ‘Olası Risk’ seviyesinden ‘Önemsiz Risk’ seviyesine gerilediği veya değerlerindeki düşüşe rağmen ‘Olası Risk’ derecesinde kaldığı gözlenmiştir.

Endüstri 4.0 ve yapay zeka uygulamalarının İş Sağlığı ve Güvenliği alanına entegre edilmesiyle birlikte işyerlerinde meydana gelebilecek iş kazalarının önemli ölçüde önüne geçilmesi, özellikle de yapay zeka algoritmalarının öngörülerde bulunarak proaktif çözümler üretebilmesi sonrası sağlanabilecektir. Böylece tehlikenin kaynağında engellenmesi sağlanabilecek olup tehlike sonucu ortaya çıkan risklerin daha oluşmadan ortadan kaldırılması mümkün olabilecektir.

Fine Kinney yöntemi ile, belirlenen tehlikeler sonucu ortaya çıkan risklerin sayısal veriler ışığında hesaplanarak çalışmaların daha somut ve detaylı analiz süreci oluşması hedeflenmiştir. Bu sayede alınabilecek önlemler sonrası daha sağlıklı bir değerlendirme yapılabileceği gibi, elde edilen verilerin saklanması ve proaktif önlemler için sonrasında kullanılması mümkün olabilecektir.

Tablo 6.1: GT Montaj Çalışmaları Fine Kinney Risk Değerlendirmesi

MEVCUT TEHLİKE / OLASI DURUM										DÜZELTİCİ FAALİYET SONRASI DURUM					
NO	BÖLÜM	ÇALIŞMA/ İŞLEM	TEHLİKE/ TEHLİKE KAYNAĞI	RİSKİN TANIMI	MEVCUT DURUM/ÖNLEM AÇIKLAMASI	OLASILIK	FREKANS	ŞİDDET	RİSK DERECESİ	ENDÜSTRİ 4.0 VE YAPAY ZEKA KAPSAMINDA ALINMASI ÖNERİLEN AKSİYON	OLASILIK	FREKANS	ŞİDDET	RİSK DERECESİ	SONUÇ AÇIKLAMASI
1	GT MONTAJ	Montaj Hazırlık ve Alt Taban İzolasyon İşlemi	PSP Silindirin sıkılması esnasında Spanzet Kullanımı	Spanzetin fazla sıkılması nedeniyle patlaması sonucu yaralanma	Kullanıcı kontrolü yapılıyor.	3	1	15	45	Spanzet dişli ve Kayış gerginliğinin yapay zeka destekli kameralar vasıtasıyla kontrolü.	0,5	1	15	7,5	Spanzet dişlerinde aşınma olduğunda ve kayış gerginliği yeterli seviyeye geldiğinde sistem tarafından uyarı verilecektir.
2		Bobin Geçirme İşlemi	Bobinin (+) Travers ile taşınması ve askıda tutularak altında çalışma yapılması	Bobinin devrilmesi ve travers ayaklarından çıkması sonucu yaralanma	Ayarlanabilir sehpalar kullanılmakta, Vinç ve traversin periyodik kontrolleri yapılmaktadır.	0,5	3	40	60	Vinç ve traversin yapay zeka emniyet sistemi ile entegrasyonu.	0,2	3	40	24	Yük taşınması esnasında emniyetli alan mesafesinde veya askıda iken oluşabilecek uygunsuzluklar model eğitilerek uyarı ve ikaz verecek, öngörülerde
3		Üst Taban İzolasyon İşlemi	Personel Platformu kullanımı	Yüksekten düşme	Platformların periyodik kontrol ve bakımları yapılıyor.	0,5	3	40	60	Personel platformu kullanımın yapay zeka sistemi ile kontrolü.	0,2	3	40	24	Düşme risk oluşması durumunda yapay zeka destekli kamera tespiti ile uyarı ve ikaz sistemi çalışacaktır.
4		Üst Boyunduruk Saç Dizim İşlemi	Üst boyunduruk saç paletlerinin vinç ve tırmık aparatı ile taşınması	Saçların aparattan düşmesi sonucu yaralanma	Palet dengeli taşınıyor ve aparata bağlanıyor.	0,5	3	15	22,5	Vinç ve traversin yapay zeka emniyet sistemi ile entegrasyonu.	0,2	3	15	9	Uygunsuz durumlar yapay zeka sistemine tanımlanarak model eğitilir. Oluşabilecek uygunsuz durumda veya sistem öngörüsü sonucunda uyarı ve ikaz sistemi çalışacaktır.
5			Üst boyunduruk saçlarının alınması	Silisli saçların kayarak düşmesi sonucu yaralanma	Tezgahların kenarlarına metal çubuklar yerleştirilmiş	1	3	15	45	Tezgahların yapay zeka sistemi ile kontrolü.	0,2	3	15	9	Uygunsuz durumlar yapay zeka sistemine tanımlanarak model eğitilir. Oluşabilecek uygunsuz durumda veya sistem öngörüsü sonucunda uyarı ve ikaz sistemi çalışacaktır.
6			Üst boyunduruk saçlarının alınması	Uzanarak çalışma , ergononomik duruş bozuklukları meslek hastalığı riski	Eğitimler verilmekte ve talimatlar mevcut.	1	3	15	45	Duruş bozukluklarının RFID ile takibi.	0,5	1	15	7,5	RFID sensörünün yapay zeka aracılığıyla uygunsuz durumları sinyal vermesi.
7			Silisli Saç Dizimi	El,kol Kesilmesi	Kesilme direncine mukavim eldiven ve kolluk kullanılmakta	1	6	7	42	Yapay zeka destekli KKD kullanım denetimi.	0,2	6	7	8,4	Uygunsuz durumlar yapay zeka sistemine tanımlanarak model eğitilir. Oluşabilecek uygunsuz durumda veya sistem öngörüsü sonucunda uyarı ve ikaz sistemi çalışacaktır.

Tablo 6.1: GT Montaj Çalışmaları Fine Kinney Risk Değerlendirmesi (Devamı)

MEVCUT TEHLİKE / OLASI DURUM										DÜZELTİCİ FAALİYET SONRASI DURUM					
NO	BÖLÜM	ÇALIŞMA/ İŞLEM	TEHLİKE/ TEHLİKE KAYNAĞI	RİSKİN TANIMI	MEVCUT DURUM/ÖNLEM AÇIKLAMASI	OLASILIK	FREKANS	ŞİDDET	RİSK DERECESİ	ENDÜSTRİ 4.0 VE YAPAY ZEKA KAPSAMINDA ALINMASI ÖNERİLEN AKSİYON	OLASILIK	FREKANS	ŞİDDET	RİSK DERECESİ	SONUÇ AÇIKLAMASI
8	GT MONTAJ	AG-YG Ara Bağlantı İşlemi	İletken Uçların Kaynak işlemi yapılması	Yanık riski ve ortaya çıkan gazlar	Suni havalandırma,maske ve kaynak gözlüğü mevcut.	0,5	3	15	22,5	Ortam ölçümünün RFID teknolojisi vasıtasıyla yapay zeka sistemine bildirilmesi.	0,2	3	15	9	Ortamdaki gaz miktarının belirlenen seviyenin üstüne çıkması halinde sistem uyarı ve ikaz verecektir.
9			Matkapla Çalışma	Eldiven kullanımı sonucu elin matkaba sarması	Eğitimler verilmekte ve talimatlar mevcut.	0,5	3	15	22,5	Yapay zeka destekli KKD kullanım denetimi.	0,2	3	15	9	Uygunsuz durumlar yapay zeka sistemine tanımlanarak model eğitilir. Oluşabilecek uygunsuz durumda veya sistem öngörüsü sonucunda uyarı ve ikaz sistemi çalışacaktır.
10		Fırın Sonrası Kuru Sıkım İşlemi	Trafonun Vinç ile alınarak taşınması	Halat Kopması veya vinç salması sonucu trafonun düşmesi	Vinç ve travers'in periyodik kontrol ve bakımları yapılıyor.	0,5	3	40	60	Vinç ve travers'in yapay zeka emniyet sistemi ile entegrasyonu.	0,2	3	40	24	Yük taşınması esnasında emniyetli alan mesafesinde veya askıda iken oluşabilecek uygunsuzluklar model eğitilerek uyarı ve ikaz verecek, öngörülerde bulunabilecektir.
11			Sapan Kullanımı	Sapanların kapasitesinden fazla yükte kaldırılması, uygun açıda bağlanmaması veya bağlantı noktasında doğru bağlantı yapılmaması	Sapanların periyodik kontrol ve bakımları yapılıyor.Personel eğitimleri veriliyor.	0,5	3	40	60	Yapay zeka destekli kameralar vasıtasıyla sapanların kontrolü.	0,2	3	40	24	Uygunsuz durumlar yapay zeka sistemine tanımlanarak model eğitilir. Oluşabilecek uygunsuz durumda veya sistem öngörüsü sonucunda uyarı ve ikaz sistemi çalışacaktır.
12			Presleme çalışması	Pres hortumlarının deforme olması veya tablaların yanlış koyulması sonucu tablaların fırlaması	Hortum ve tablaların periyodik kontrol ve bakımları yapılıyor.	0,5	3	40	60	Yapay zeka destekli kameralar vasıtasıyla tüm bağlantı ve hortumların kontrolü.	0,2	3	40	24	Yanlış bağlantı yapıldığında sistem uyarı ve ikaz verecektir.

Yapılan çalışma sonucunda alınacak aksiyonların ve açıklamaların yer aldığı Tablo 6.1 ’de Fine Kinney Risk Değerlendirme yöntemi kullanılarak hazırlanan Risk Değerlendirmesi, Tablo 6.2 ‘de Risk Değerlendirmesi Özet Sonuç Tablosu ‘nda gösterilerek meydana gelen değişim incelenmiştir.

Tablo 6.2: Risk Değerlendirmesi Özet Sonuç Tablosu

RİSK DEĞERLENDİRMESİ ÖZET SONUÇ TABLOSU						
S.No	Yapılan Çalışma/Tehlike	1.Risk Değeri	2. Risk Değeri	Risk Değerinde Gözlenen Değişim	1.Risk Derecesi	2.Risk Derecesi
1	Spanzet Kullanımı	45	7,5	↓	OLASI RİSK	ÖNEMSİZ RİSK
2	Bobinin Vinç ile taşınması	60	24	↓	OLASI RİSK	OLASI RİSK
3	Personel Platform Kullanımı	60	24	↓	OLASI RİSK	OLASI RİSK
4	Saç Paletlerin Taşınması	22,5	9	↓	OLASI RİSK	ÖNEMSİZ RİSK
5	Saçların kayması ve düşmesi	45	9	↓	OLASI RİSK	ÖNEMSİZ RİSK
6	Uzanarak Çalışma	45	7,5	↓	OLASI RİSK	ÖNEMSİZ RİSK
7	Saç Dizimi	42	8,4	↓	OLASI RİSK	ÖNEMSİZ RİSK
8	Uç Kaynak İşlemi	22,5	9	↓	OLASI RİSK	ÖNEMSİZ RİSK
9	Matkapla Çalışma	22,5	9	↓	OLASI RİSK	ÖNEMSİZ RİSK
10	Trafonun Vinç ile taşınması	60	24	↓	OLASI RİSK	OLASI RİSK
11	Sapan Kullanımı	60	24	↓	OLASI RİSK	OLASI RİSK
12	Presleme Çalışması	60	24	↓	OLASI RİSK	OLASI RİSK

Risk değerlendirmesi sonrası mevcut önlemler alınarak hesaplanan risk dereceleri Endüstri 4.0 ve Yapay Zeka Teknolojileri kapsamında düzeltici faaliyet sonrası alınabilecek önlemler ile yeniden hesaplanmıştır. Buna göre;

a) Mevcut önlemler dahilinde hesaplanan 12 adet 1 ’inci Risk Değerlerinin, Endüstri 4.0 ve Yapay Zeka Uygulamaları sonrası yeniden hesaplanan 2 ’inci Risk Değerlerinin tamamında düşüş meydana geldiği gözlenmiştir.
b) Risk Değerleri sonucunda bulunan 12 adet Olası Risk derecesindeki 1. Risk Derecelerinden 7 ’sinin Önemsiz Risk seviyesine gerilediği, 5 adet Olası Risk Derecesi kategorisindeki çalışmaların ise risk değerlerinde düşüş meydana gelmesine rağmen Olası Risk Derecesi kategorisinde kaldığı gözlenmiştir.
c) 12 adet risk’ ten 2 ’sinin Endüstri 4.0 kapsamında RFID sensörleri kullanımı ile Olası Risk Derecesi kategorisinden Önemsiz Risk Derecesi kategorisine gerilediği görülmüştür.

d) Yapay Zeka Uygulamaları sonrası mevcut durumda bulunan 10 adet Olası Risk Derecesinin 5 ‘inin Önemsiz Risk Derecesi kategorisine gerilediği, geriye kalan 5 ’inin ise Olası Risk Derecesi kategorisinde kaldığı gözlenmiştir.
e) Olası Risk Derecesi kategorisinde kalan bu 5 adet risk ‘in Önemsiz Risk Derecesi kategorisine gerilemediği görülse de Risk Değerlerinde meydana gelen düşüş dikkate alındığında Önemsiz Risk Derecesi kategorisi olarak değerlendirilebilir.
f) Yapılan 2 aşamalı analiz ile; ortaya çıkan tehlike ve sonucunda oluşan risklerin mevcut önlemler alınmasına rağmen istenilen seviyeye çekilememesine karşın Endüstri 4.0 ve Yapay Zeka Teknolojilerinin kullanılması sayesinde kontrol altına alınabileceği, vereceği zararların önemli ölçüde azaltılabileceği gözlenmiştir.
g) Risk Değerlerinin önemli ölçüde düşürülmesi ile birlikte oluşabilecek iş kazaları sonrası üretimde meydana gelebilecek gecikmeler ile iş planındaki aksamaların da önüne geçilmiş olacaktır.
h) Tüm bu sayılanlar ışığında Endüstri 4.0 ve Yapay Zeka Teknolojileri kullanımının İSG çalışmalarına katkı sağlayacağı sonucuna varılabilir.

REFERANSLAR

[1] Düzkaya, H. (2016). Endüstri devriminde dördüncü dalga ve eğitim: Türkiye dördüncü dalga endüstri devrimine hazır mı?. *Eğitim Ve İnsani Bilimler Dergisi: Teori Ve Uygulama*, *7*(13), 49-88.

[2] Özsoylu, A. F. (2017). Endüstri 4.0. *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, *21*(1), 41-64.

[3] Gabaçlı, N., & Uzunöz, M. (2017, October). IV. Sanayi devrimi: Endüstri 4.0 ve otomotiv sektörü. In *ICPESS (International Congress on Politic, Economic and Social Studies)* (No. 3).

[4] Çeliktaş, M. S., Sonlu, G., Özgel, S., & Atalay, Y. (2015). Endüstriyel devrimin son sürümünde mühendisliğin yol haritası. *TMMOB Makina Mühendisleri Odası Mühendis ve Makine Dergisi*, *56*(662), 24-34.

[5] EBSO. (2015). Sanayi 4.0 uyum sağlayamayan kaybedecek. Erişim: 03 Ocak 2022 adresi http://www.ebso.org.tr/ebsomedia/documents/sanayi-40_88510761.pdf

[6] Ansal, H. (2016). İTÜ, Bilim Teknoloji ve Toplum. *İstanbul Teknik Üniversitesi Vakfı Yayını, Ekim-Aralık, 74,* 12-17.

[7] Aksoy, S. (2017). Değişen teknolojiler ve endüstri 4.0: endüstri 4.0'ı anlamaya dair bir giriş. *Sav katkı, 4*, 34-44.

[8] Özhan, T. (2016). Makinelerin Evrimi 4. *Sanayi Devrimi, Ekitap Projesi.*

[9] PWC. (2016). Industry 4.0. Erişim: 12 Nisan 2022 adresi: https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-buildingyour-digital-enterprise-april-2016.pdf

[10] Sanayici, M. M., & Derneği, İ. (2017). Endüstri 4.0 ve Geleceğin Lojistiği. 2017 Lojistik Sektör Raporu. *Araştırma Raporları. Mavi Ofset. İstanbul. Erişim Tarihi*, *16*(2017), 26-27.

[11] Saka, T. (2016). Akıllı fabrikalar geliyor. Erişim: 12 Nisan 2022 adresi https://haber.tobb.org.tr/ekonomikforum/2016/259/016027.pdf

[12] Yaylalı, G. (2016). Endüstri 4.0 döküm sektörü için bir fırsat mı yoksa tehdit mi?. *18. Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi Bildiriler Kitabı*

[13] Özkan, M., Arzu, A. L., & Yavuz, S. (2018). Uluslararası politik ekonomi açısından dördüncü sanayi-endüstri devrimi'nin etkileri ve Türkiye. *International Journal of Political Science and Urban Studies*, *6*(2).

[14] Schwab, K. (2016). *Dördüncü sanayi devrimi*. Optimist Yayın Grubu.

[15] Kabaklarlı, E. (2016). *Endüstri 4.0 ve paylaşım ekonomisi: Dünya ve Türkiye ekonomisi için fırsatlar, etkiler ve tehditler*. Nobel Akademik Yayıncılık.

[16] Erkan, E. (2017). Sanayi 4.0 "Ne Zaman Değil; Ne Kadar Çabuk?"-Industry 4.0: "Not when; How quickly? " Erişim: 15 Nisan 2022 adresi http://www. tenva.org/sanayi-4-0-ne-zaman-degil-ne-kadar-cabuk/

[17] KAZDAĞLI, H. (2015). Dördüncü Sanayi Devrimi'ne girerken iktisat eğitimi. *Ekonomi-tek*, *4*(3), 9-67.

[18] Kızıldere, C. (2016). Dünya ekonomik forumu: Eleştirel bir bakış ve 2016 davos zirvesi değerlendirilmesi. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, *13*, 192 – 199.

[19] Duda, G. (2015). '4. Sanayi Devrimi, üretimin her aşamasının dijitalleşmesi demek'. Erişim: 15 Nisan 2022 adres http://www.sanayicidergisi.com.tr/ayin-dosyasi/4-sanayi-devrimiüretimin-her-asamasinin-dijitallesmesi-demek-h1068.html

[20] Özçelik, T., & Onursal, F. S. (2020). Endüstri 4.0'ın İş Hayatı ve Sendikalaşma Üzerine Etkisi. *Business & Management Studies: An International Journal*, *8*(1), 981-1007.

[21] Banger, G. (2018). Endüstri 4.0 ve Akıllı İşletme, Dorlion Yayınları, 2. *Baskı, Ankara*, 200-201.

[22] Gartner. (2018). Gartner Hype Cycle. Erişim: 05 Nisan 2022 adresi https://www.gartner.com/ technology/research/ methodologies/hype-cycle.jsp

[23] Coşkunoğlu, O. (2016). Endüstri 4.0: Bir tekno-politik değerlendirme. *Elektrik Mühendisliği Dergisi, 459,* 8-13.

[24] Özdoğan, O. (2017). *Endüstri 4.0: dördüncü sanayi devrimi ve endüstriyel dönüşümün anahtarları*. Pusula.

[25] Görçün, Ö. F. (2017). Dördüncü endüstri devrimi. *İstanbul: Beta Yayıncılık.*

[26] Rifkin, J. (2015). Nesnelerin interneti ve işbirliği çağı (L. Göktem, çev.). *İstanbul: Optimist Yayınları*.

[27] Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Currency.

[28] Siemens (2016). Endüstri 4.0 Yolunda. Erişim: 08 Nisan 2022 adresi http://cdn.endustri40.com/file/ab05aaa7695b45c5a6477b6fc06f3645/End%C3%BCstri_4.0_Yolunda.pdf/

[29] YETİŞ, H. (2017). Siber fiziksel sistemlerde durağan olmayan bulanık küme tabanlı görüntü mozaikleme yaklaşımı/Nonstationary fuzzy set based image mosacing approach in cyber-physical systems.

[30] TOBB. (2018). 2018 Yılı Sanayi Kapasite Raporu İstatistikleri Haber Bülteni. Erişim: 08 Nisan 2022 adresi https:// www.tobb.org.tr/Sayfalar/Detay.php?rid=8684&lst=Haberler

[31] Öztuna, B. (2017). Endüstri 4.0: Dördüncü sanayi devrimi ile çalışma yaşamının geleceği. *Ankara: Gece Kitaplığı*, *106*.

[32] SEZEN, H. K., SERT, A. G. F. C., & ŞENARAS, A. G. D. A. E. (2018). Teknoloji, Yalın Yönetim ve Ötesi. *EKONOMETRİDEGÜNCEL KONULAR*, 49.

[33] Fırat, S. Ü. ve Fırat, O.Z. (2017). Sanayi 4.0 devrimi üzerine karşılaştırmalı bir inceleme: Kavramlar, küresel gelişmeler ve Türkiye. *Toprak İşveren Dergisi, 114*, 10-23.

[34] Arıksoy, G. (2016). “Endüstri 4.0: akıllı fabrikaların akıllı güvenliği”, Harvard Business Review Türkiye. Erişim: 11.04.2022 adresi https://hbrturkiye.com/endustri-4-0-akillifabrikalarinakilli-guvenligi.

[35] Meral, M. (2015). Siber Güvenlik Kapsamında Kritik Altyapıların Korunmasının Önemi. *Harp Akademileri Stratejik Araştırmalar Enstitüsü Savunma Kaynakları Yönetimi Ana Bilim Dalı, İstanbul, 54*, 73.

[36] Bıçakçı, S. (2014). NATO’nun gelişen tehdit algısı: *21. yüzyılda siber güvenlik. Uluslararası İlişkiler Dergisi, 10*(40), 101-130.

[37] Kahraman, H. (2016). Artırılmış gerçeklik (Augmented reality). Erişim:09 Nisan 2022 adresi http://www. endustri40.com/artirilmis-gerceklik-augmented-reality/

[38] Kılıç, Ö.E. (2014). "Robotlar". Bilim ve Teknik Dergisi. (565). TUBİTAK. Erişim: 09 Nisan 2022 adresi http://www.bilimteknik.tubitak.gov.tr/sites/default/files/ posterler /robotlar_poster.pdf/

[39] Gür, N., Ünay, S., & Dilek, Ş. (2017). Sanayiyi yeniden düşünmek: küresel teknolojik dönüşümün dünya ve Türkiye ekonomisine yansımaları. SETA.

[40] Akben, İ. ve Avşar, İ. (2018). Endüstri 4.0 ve karanlık üretim: Genel bir bakış. *Türk Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi, 3*(1), 26-37.

[41] Altunışık, R. (2015). Büyük veri: Fırsatlar kaynağı mı yoksa yeni sorunlar yumağı mı? *Yıldız Social Rewiew, 1*(1), 45-76.

[42] Doğan, K. ve Arslantekin, S. (2016). Büyük veri: Önemi, yapısı ve günümüzdeki durum. *DTCF Dergisi, 56*(1), 15-36.

[43] Göksu, C. (2014). Big data nedir? Geleneksel veri yönetimine etkisi ne olur? Erişim: 15 Nisan 2022 adresi http:// datawarehouse.gen.tr/big-data-nedir-geleneksel-veri-yonetimine-etkisine-olur/

[44] Ulusoy Y. (2016), 4. sanayi devrimi’ni yaşıyoruz. Erişim: 05 Nisan 2022 adresi http://www. yilmazulusoy. com/tr/makaleler/4.sanayi-devrimini-yasiyoruz/

[45] Davutoğlu, N.A. (2017). Dördüncü sanayi devrimi unsurlarından bulut bilişim sistemi ve hizmetlerin interneti kapsamında işletmelerde sanal organizasyonlar oluşturma. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, 53,* 491-503.

[46] Henkoğlu, T. ve Külcü, Ö. (2013). Bilgi erişim platformu olarak bulut bilişim: Riskler ve hukuksal koşullar üzerine bir inceleme. *Bilgi Dünyası, 14*(1), 62-86.

[47] Sevli, O. (2011). *Bulut bilişim ve eğitim alanında örnek bir uygulama* (Doctoral dissertation, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü).

[48] Yüksel, H. (2012). Bulut Bilişim El Kitabı. Erişim: 05 Nisan 2022 adresi https://yukselis.files. wordpress.com/2012/01/bulutbilic59fimelkitabc4b1.pdf/

[49] Yıldız, Ö. R. (2010). Bilişim dünyasının yeni modeli: Bulut bilişim (cloud computıng) ve denetim. *Sayıştay Dergisi,* 74-75.

[50] Ünver, M. ve Canbay, C. (2010). Ulusal ve uluslararası boyutlarıyla siber güvenlik. *Elektrik Mühendisliği Dergisi, 438,* 94-103.

[51] Yıldız, M. ve Yıldırım, F. (2018). Yapay zekâ ve robotik sistemlerin kütüphanecilik mesleğine olan etkileri. *Türk Kütüphaneciliği, 32*(1), 26-32.

[52] Ekici, Ö. K. (2012). Üç boyutlu yazıcı teknolojisi. *Bilim ve Teknik Dergisi, 541*, 24-29.

[53] Bulut, Ç., & Pırnar, İ. (Eds.). (2013). *Uluslararası işletmecilik: temel kavramlar*. Nobel.

[54] English, O. (1976). Oxford English Dictionary. *Encyclopedia of Swearing*, 334.

[55] Ermağan, İ. (2021, March). Worldwide Artificial Intelligence Studies with a Comparative Perspective: How Ready is Turkey for This Revolution?. In *European, Asian, Middle Eastern, North African Conference on Management & Information Systems* (pp. 500-512). Springer, Cham.

[56] Fogel, A. (1992). Movement and communication in human infancy: The social dynamics of development. *Human Movement Science*, *11*(4), 387-423.

[57] Gil, D., Hobson, S., Mojsilović, A., Puri, R., & Smith, J. R. (2020). AI for management: An overview. *The future of management in an AI world*, 3-19.

[58] Gardner, H. (2010). Multiple intelligences. *New York.-1993*.

[59] Goosen, R., Rontojannis, A., Deutscher, S., Rogg, J., Bohmayr, W., & Mkrtchian, D. (2018). ARTIFICIAL INTELLIGENCE IS A THREAT TO CYBERSECURITY. IT'S ALSO A SOLUTION. *Boston Consulting Group (BCG), Tech. Rep*.

[60] Barnett, J., Mani, I., Rich, E., Aone, C., Knight, K., & Martinez, J. C. (1991). Capturing language-specific semantic distinctions in interlingua-based MT. In *Proceedings of Machine Translation Summit III: Papers* (pp. 25-32).

[61] Minsky, M. (1982). Cellular vacuum. *International Journal of Theoretical Physics*, *21*(6), 537-551.

[62] Russell, S., & Norvig, P. (2005). AI a modern approach. *Learning*, *2*(3), 4.

[63] Colom, R., Karama, S., Jung, R. E., & Haier, R. J. (2010). Human intelligence and networks Dialogues Clin Neurosci. 12, 489–501.

[64] Brennan, T. J., & Lo, A. W. (2011). The origin of behavior. *The Quarterly Journal of Finance*, *1*(01), 55-108.

[65] Brennan, T. J., & Lo, A. W. (2012). An evolutionary model of bounded rationality and intelligence. *PloS one*, *7*(11), e50310.

[66] Corea, F. (2019). Introduction to Data. In *An Introduction to Data* (pp. 1-5). Springer, Cham.

[67] McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. E. (2006). A proposal for the dartmouth summer research project on artificial intelligence, august 31, 1955. *AI magazine*, *27*(4), 12-12.

[68] Stone, P., Brooks, R., Brynjolfsson, E., Calo, R., Etzioni, O., Hager, G., ... & Teller, A. (2016). Artificial intelligence and life in 2030. *One Hundred Year Study on Artificial Intelligence: Report of the 2015-2016 Study Panel*, *52*.

[69] Srivastava, S. K. (2018). Artificial Intelligence: way forward for India. *JISTEM-Journal of Information Systems and Technology Management*, *15*.

[70] Nilsson, N. J., & Nilsson, N. J. (1998). *Artificial intelligence: a new synthesis*. Morgan Kaufmann.

[71] Davenport, C. (2017). Future wars may depend as much on algorithms as on ammunition, report says. *Boston Globe*, *December*, *3*.

[72] White, J. (2018). Google Pledges not to work on weapons after Project Maven backlash. *The Independent*, *7*.

[73] Davis, Z. (2019). Artificial intelligence on the battlefield. *Prism*, *8*(2), 114-131.

[74] Garber, D. (1988, January). Descartes and Method in 1637. In *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association* (Vol. 1988, No. 2, pp. 225-236). Philosophy of Science Association.

[75] Say, C. (2018). *50 Soruda yapay zeka*. Bilim ve Gelecek Kitaplığı.

[76] Turing, A. M. (2009). Computing machinery and intelligence. In *Parsing the turing test* (pp. 23-65). Springer, Dordrecht.

[77] McCorduck, P., & Cfe, C. (2004). *Machines who think: A personal inquiry into the history and prospects of artificial intelligence*. CRC Press.

[78] Steels, L. (2007). Fifty years of AI: From symbols to embodiment-and back. In *50 years of artificial intelligence* (pp. 18-28). Springer, Berlin, Heidelberg.

[79] Grudin, J. (2009). AI and HCI: Two fields divided by a common focus. *Ai Magazine*, *30*(4), 48-48.

[80] Lucci, S., Kopec, D., & Musa, S. M. (2022). *Artificial intelligence in the 21st century*. Mercury learning and information.

[81] Mozur, P. (2017). Beijing Wants AI to be Made in China by 2030. *The New York Times*, *20*.

[82] Silver, D., & Hassabis, D. (2017). AlphaGo Zero: Starting from scratch. *London, United Kingdom: Deepmind*.

[83] Bostrom, N. (2014). Get ready for the dawn of superintelligence. *New Scientist*, *223*(2976), 26-27.

[84] Maymí, F., & Lathrop, S. (2018). AI in cyberspace: Beyond the hype. *The Cyber Defense Review*, *3*(3), 71-82.

[85] Mayer, M. (2018). Artificial intelligence and cyber power from a strategic perspective.

[86] OECD (2019). Artificial Intelligence in Society, OECD Publishing, Paris. Erişim: 3 Nisan 2022 adresi https://doi.org/10.1787/eedfee77-en

[87] Honavar, V., & Uhr, L. (1994). Symbolic Artificial Intelligence, Connectionist Networks, and Beyond. *Iowa State University of Science and Technology, Department of Computer Science*.

[88] Cellan-Jones, R. (2014). Stephen Hawking warns artificial intelligence could end mankind. *BBC news*, *2*(10), 2014.

[89] Hassabis, D. (2017). Artificial intelligence: chess match of the century. *Nature*, *544*(7651), 413-414.

[90] Pavaloiu, A., Köse, U., & Boz, H. (2017). How to apply artificial intelligence in social sciences. In *IASOS-Congress of International Applied Social Sciences*.

[91] Brent, E. E., Anderson, R., & Anderson, R. E. (1990). *Computer applications in the social sciences*. Temple University Press.

[92] Miller, T. (2019). Explanation in artificial intelligence: Insights from the social sciences. *Artificial intelligence*, *267*, 1-38.

[93] Woolgar, S. (1985). Why not a sociology of machines? The case of sociology and artificial intelligence. *Sociology*, *19*(4), 557-572.

[94] Wallach, H. (2016). Computational social science. *Computational Social Science*, *307*.

[95] Castro, D., & New, J. (2016). The promise of artificial intelligence. *Center for Data Innovation*, *115*(10), 32-35.

[96] Insights, F. (2018). Logistics 4.0: how IoT is transforming the supply chain.

[97] Strickland, E. (2019). IBM Watson, heal thyself: How IBM overpromised and underdelivered on AI health care. *IEEE Spectrum*, *56*(4), 24-31.

[98] Wang, W. ve Siau, K. (2018). Trust in health chatbots. Erişim: 02 Nisan 2022 adresi https://www. researchgate .net/publication/333296446_Trust_in_Health_Chatb ots

[99] Maderer, J. (2016). Artificial intelligence course creates AI teaching assistant. *Georgia Tech News Center*, *9*.

[100] Vieira, A., & Ribeiro, B. (2018). *Introduction to deep learning business applications for developers*. Berkeley, CA, USA: Apress.

[101] Sadek, A. W. (2007). Artificial intelligence applications in transportation. *Transportation Research Circular*, 1-7.

[102] Dominguez, R., Onieva, E., Alonso, J., Villagra, J., & Gonzalez, C. (2011, November). LIDAR based perception solution for autonomous vehicles. In *2011 11th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications* (pp. 790-795). IEEE.

[103] Ask, J. A., Facemire, M., Hogan, A., & Conversations, H. B. (2016). The state of chatbots. *Forrester. com report*, *20*.

[104] Li, J. H. (2018). Cyber security meets artificial intelligence: a survey. *Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering*, *19*(12), 1462-1474.

[105] Johnson, J. (2019). Artificial intelligence & future warfare: implications for international security. *Defense & Security Analysis*, *35*(2), 147-169.

[106] Wei, Y., Blake, M. B., & Madey, G. R. (2013). An operation-time simulation framework for UAV swarm configuration and mission planning. Procedia Computer Science, 18, 1949-1958.

[107] Goodall, N. J. (2014). Machine ethics and automated vehicles. In *Road vehicle automation* (pp. 93-102). Springer, Cham.

[108] McKew, M. K. (2017). The Gerasimov Doctrine. *Politico Magazine*, *10*.

[109] Sabancı, A., & Sümer, S. K. (2015). Ergonomi (3. bs.). *Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık*.

[110] HİÇYILMAZ, M., Doğan, M., & Gönen, H. (2018). Geri çekme düzensizliğine sahip çelik çerçevelerde optimum viskoz sönümleyici dağılımının incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, *24*(6), 1024-1029.

[111] Yaren, H., & KARAYILANOĞLU, T. (2005). Radyasyon ve insan sağlığı üzerine etkileri. *TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni*, *4*(4), 199-208.

[112] TAEK (2020). Türkiye Atom Enerjisi Kurumu 2020 Mali Yılı Performans Programı. Erişim: 02 Temmuz 2022 adresi http://www.sp.gov.tr/upload/xSPRapor/files/AfbGq+taek_2020_idari_performans_programi_basim_son.pdf

[113] Gökharman, D. F., Aydın, S., & Koşar, P. N. (2016). Radyasyon güvenliğinde mesleki olarak bilmemiz gerekenler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, *7*(2), 35-40.

[114] Lewis-Kraus, G. (2016). The great AI awakening. *The New York Times Magazine*, *14*(12), 2016.

[115] Altınpulluk, H., & Kesim, M. (2015). Geçmişten günümüze artırılmış gerçeklik uygulamalarında gerçekleşen paradigma değişimleri. *Akademik Bilişim Kongresi*, *4*(6).

[116] Devrim, Y., & Bilir, L. (2016). Performance investigation of a wind turbine–solar photovoltaic panels–fuel cell hybrid system installed at İncek region–Ankara, Turkey. *Energy Conversion and Management*, *126*, 759-766.

[117] Beyin, I. (2019). *Kuru tip transformatörlerin çelik parçalarında şekil optimizasyonu* (Master's thesis, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

[118] Sezer, M. (2014). Trafo bakımı ve yalıtım yağı. *Çağdaş basımevi*.

[119] Erzurumluoğlu, K., Köksal, K. N., & Gerek, İ. H. (2015). İnşaat Sektöründe Fine-Kinney Metodu Kullanılarak Risk Analizi Yapılması, 5. *İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu*, *137*, 146.

[120] Zeyrek, S. (2009). Titreşim. *İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara*, *122*.

[121] İmancı, C. (2014). Döküm atölyelerinde termal konfor şartlarının incelenmesi. *İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, TC Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara*.

[122] Yavuz, C. I., & Erdoğan, S. (2001). İşyerinde Kimyasallar. *TTB Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi*, *2*(8), 33-39.

[123] Güler, Ç., & Çobanoğlu, Z. (1997). Kimyasallar ve çevre. *Çevre sağlığı temel kaynak dizisi*, *50*, 13-15.

[124] Bakanlığı, Ç. V. S. G., & Müdürlüğü, İ. Kanserojen Kimyasal Maddeler ve İş Sağlığı ve Güvenliği.

[125] Kocabaş, F., Aydın, U., Özgüler, V. C., İlhan, M. N., Demirkaya, S., Nihan, A. K., & Özbaş, C. (2018). Çalışma Ortamında Psikososyal Risk Etmenlerinin İş Kazası, Meslek Hastalıkları ve İşle İlgili Hastalıklarla İlişkisi. *Sosyal Güvence,* (14), 28-62.

[126] Gökgöz, M., & Taş, C. (2017). Tehlikeli işlerde çalışanlarda psikososyal risk etmenlerinin değerlendirilmesi.

[127] Vatansever, Ç. (2014). Risk Degerlendirme'de Yeni Bir Boyut: Psikososyal Tehlike ve Riskler. *Calisma ve Toplum, 40*(1).

[128] BEST Transformer. (2022). Ürünler. Güç Transformatörleri. Erişim 10 Haziran 2022 adresi https://www.besttransformer.com/urunler/guc-transformatorleri

[129] YILDIZ, C., ÇELİK, İ., & ŞEKKELİ, M. Güç Trafosu Arızasının Farklı Yöntemler ile Tahmini: 403 MVA'lık Bir Trafoda Uygulama ve Ekonomik Analizi. *Bingöl Üniversitesi Teknik Bilimler Dergisi*, *3*(1), 32-41.

[130] 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, T.C. Resmi Gazete, 28339, 20 Haziran 2012.