KAYSERİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI

MALİYET VE YÖNETİM MUHASEBESİ BAĞLAMINDA ENDÜSTRİ 4.0 FARKINDALIĞI: BORSA İSTANBUL'DA İŞLEM GÖREN İMALAT SEKTÖRÜNDEKİ İŞLETMELER ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

DOKTORA TEZİ

ÜMİT NUSRET SALMAN

DANIŞMAN
PROF. DR. SEMRA AKSOYLU



2025

T.C.
KAYSERİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI

MALİYET VE YÖNETİM MUHASEBESİ BAĞLAMINDA ENDÜSTRİ 4.0 FARKINDALIĞI: BORSA İSTANBUL'DA İŞLEM GÖREN İMALAT SEKTÖRÜNDEKİ İŞLETMELER ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

(Doktora Tezi)

Hazırlayan
Ümit Nusret SALMAN

Danışman
Prof. Dr. Semra AKSOYLU

Jüri Üyeleri

1. **Prof. Dr. Ali DERAN**
2. **Prof. Dr. Derviş BOZTOSUN**
3. **Prof. Dr. Neslihan DEMİREL**
4. **Doç. Dr. Erkan UZUN**

Temmuz 2025
KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu tezin kendi çalışmam olduğunu, planlanmasından yazımına kadar hiçbir aşamasında etik dışı davranışımın olmadığını, tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları kaynaklar listesine aldığımı, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

Ümit Nusret SALMAN

	TEZ İNTİHAL RAPORU TESLİM FORMU	Doküman No	FR-287
		İlk Yayın	8/02/2022
		Revizyon	-
		Revizyon No	0
		Sayfa No	ii/1

TC.
Kayseri Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü

Anabilim Dalı : İşletme Doktora
Program Adı : İşletme
Tez Başlığı : Maliyet ve Yönetim Muhasebesi Bağlamında Endüstri 4.0 Farkındalığı: Borsa İstanbul'da İşlem Gören İmalat Sektöründeki İşletmeler Üzerine Bir Araştırma

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmasının a) Giriş, b) Ana bölümler ve c) Sonuç kısımlarından oluşan (Kapak, Önsöz, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) toplam **146** sayfalık kısmına ilişkin **04/07/2025** tarihinde ***Turnitin*** intihal programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan özgünlük raporuna göre tezin benzerlik oranı**: % 5'** tir.

Uygulanan filtrelemeler:

1- Giriş dahil
2- Ana Bölümler dahil
3- Sonuç dahil
4- Alıntılar dahil
5- Kapak hariç
6- Önsöz ve Teşekkür hariç
7- İçindekiler hariç
8- Kaynakça hariç
9- Özet hariç
10- Yedi (7) kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Kayseri Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Önerisi Hazırlama, Tez Yazma ve Teslim Yönergesini inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini, aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim. 04/07/2025

Danışman
Prof. Dr. Semra AKSOYLU
İmza

Öğrenci
Ümit Nusret SALMAN
İmza

KILAVUZA UYGUNLUK

“Maliyet ve Yönetim Muhasebesi Bağlamında Endüstri 4.0 Farkındalığı: Borsa İstanbul’da İşlem Gören İmalat Sektöründeki İşletmeler Üzerine Bir Araştırma” başlıklı Doktora tezi, Kayseri Üniversitesi Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Ümit Nusret SALMAN

İmza

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Semra AKSOYLU

İmza

İşletme ABD Başkanı

Prof. Dr. Derviş BOZTOSUN

İmza

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Prof. Dr. Semra AKSOYLU danışmanlığında Ümit Nusret SALMAN tarafından hazırlanan“**Maliyet ve Yönetim Muhasebesi Bağlamında Endüstri 4.0 Farkındalığı: Borsa İstanbul'da İşlem Gören İmalat Sektöründeki İşletmeler Üzerine Bir Araştırma**” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından Kayseri Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İşletme Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

03 /07 / 2025

JÜRİ:

Danışman	**: Prof. Dr. Semra AKSOYLU**	İmza
Üye	**: Prof. Dr. Derviş BOZTOSUN**	İmza
Üye	**: Prof. Dr. Ali DERAN**	İmza
Üye	**: Prof. Dr. Neslihan DEMİREL**	İmza
Üye	**: Doç. Dr. Erkan UZUN**	İmza

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun ……...…… tarih ve …… sayılı kararı ile onaylanmıştır.

……. /……../ ……

Doç. Dr. Ahmet TERZİ

İmza

Enstitü Müdürü

ÖN SÖZ / TEŞEKKÜR

“Maliyet ve Yönetim Muhasebesi Bağlamında Endüstri 4.0 Farkındalığı: Borsa İstanbul’da İşlem Gören İmalat Sektöründeki İşletmeler Üzerine Bir Araştırma” adlı bu çalışma Kayseri Üniversitesi, Lisanüstü Eğitim Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı’nda Doktora Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez konusunun belirlenmesinden tezin son aşamasına gelene kadar bana yol gösteren, tez danışmanım **Prof. Dr. Sayın Semra AKSOYLU**’ya, doktora eğitimim süresince desteğini esirgemeyen **Prof. Dr. Sayın Derviş BOZTOSUN**’a ve doktora sürecinde emeği geçen kıymetli jüri üyeleri hocalarıma şükranlarımı sunuyorum.

Öğrenimim hayatım boyunca yardımlarını hiç eksik etmeyen, desteklerini hep hissettiğim değerli **dostlarıma** sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her aşamasında bana maddi ve manevi destek olan, eğitim hayatım boyunca beni yüreklendiren, karşılaştığım sıkıntıları aşmamda yardımlarını, sevgi ve desteklerini hiç eksik etmeyen sevgili **aileme ve eşime** sonsuz teşekkürler.

Ümit Nusret SALMAN, Kayseri, 2025

MALİYET VE YÖNETİM MUHASEBESİ BAĞLAMINDA ENDÜSTRİ 4.0 FARKINDALIĞI: BORSA İSTANBUL'DA İŞLEM GÖREN İMALAT SEKTÖRÜNDEKİ İŞLETMELER ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Ümit Nusret SALMAN

Kayseri Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Doktora Tezi, Temmuz 2025

Danışman: Prof. Dr. Semra AKSOYLU

ÖZET

Sanayi devrimleri, tarihsel süreçte üretim biçimlerini dönüştürerek özellikle imalat sektöründe köklü yapısal değişimlere yol açmıştır. Endüstri 1.0, 18. yüzyılda buhar gücüyle çalışan makinelerin kullanılmasıyla üretimde mekanikleşmenin önünü açmıştır. Endüstri 2.0, elektriğin üretime entegre edilmesiyle birlikte seri üretim hatlarının ortaya çıkmasına ve kitlesel üretime geçişi hızlandırmıştır. Endüstri 3.0 ise bilgisayar teknolojileri ve otomasyon sistemleri sayesinde üretim süreçlerinin dijitalleşmesini beraberinde getirmiştir. Günümüzde ise Endüstri 4.0, yapay zekâ, nesnelerin interneti ve siber-fiziksel sistemler gibi ileri teknolojiler aracılığıyla üretimden yönetime kadar tüm süreçlerde dijital dönüşümü mümkün kılmıştır. Bu dönüşüm, sadece üretim hatlarını değil, aynı zamanda maliyet ve yönetim muhasebesi gibi işletmenin stratejik karar alma süreçlerini doğrudan etkileyen bilgi sistemlerini de yeniden şekillendirmektedir.

Bu bağlamda, çalışma Borsa İstanbul (BIST)'te işlem gören ve Kayseri ilinde faaliyet gösteren imalat sektöründeki işletmelerin Endüstri 4.0'a ilişkin farkındalık düzeylerini belirlemeyi ve bu farkındalığın maliyet ve yönetim muhasebesi uygulamaları üzerindeki etkilerini nitel bir yaklaşımla incelemeyi amaçlamaktadır. Yapay zekâ, nesnelerin interneti, siber-fiziksel sistemler gibi teknolojik yenilikler, işletmelerin karar alma süreçlerinde bilgiye dayalı sistemleri ön plana çıkarmaktadır. Bu durumda muhasebe uygulamaları da geleneksel yapılarından uzaklaşarak daha analitik ve stratejik işlevler üstlenmeye başlamıştır.

Araştırma kapsamında yarı yapılandırılmış sorular oluşturulmuştur. İşletmelerle yüz yüze görüşmeler gerçekleştirilerek veriler elde edilmiştir. Elde edilen veriler, içerik ve tematik analiz teknikleriyle değerlendirilmiş; söz konusu teknolojik dönüşümün maliyet ve yönetim muhasebesi uygulamalarına olan yansımaları çok boyutlu olarak ele alınmıştır. Çalışma, BIST'e kayıtlı, imalat sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin endüstri 4.0 farkındalığıyla maliyet ve yönetim muhasebesi uygulamaları arasındaki ilişkiye dair önemli ve özgün bulgular sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Maliyet ve Yönetim Muhasebesi, İmalat, Endüstri 4.0, Nitel Araştırma

INDUSTRY 4.0 AWARENESS IN THE CONTEXT OF COST AND MANAGEMENT ACCOUNTING: A STUDY ON MANUFACTURING COMPANIES LISTED ON BORSA ISTANBUL

Ümit Nusret SALMAN

Kayseri Üniversity Institute of Graduate Education

Doctoral Thesis, July 2025

Thesis Advisor: Prof. Dr. Semra AKSOYLU

ABSTRACT

Industrial revolutions have transformed production methods throughout history, resulting in significant structural changes, particularly in the manufacturing sector. Industry 1.0 paved the way for mechanization in production with the use of steam-powered machines in the 18th century. Industry 2.0 led to the emergence of mass production lines enabling large-scale production through the integration of electricity into manufacturing processes. Industry 3.0, on the other hand, brought about the digitalization of production systems through computer technologies and automation. Today, Industry 4.0 enables digital transformation in all business processes, from production to management, by means of advanced technologies such as artificial intelligence, the Internet of Things and cyber-physical systems. This transformation reshapes not only production systems but also the information structures that directly affect strategic decision-making processes, such as cost and management accounting.

In this context, the study aims to determine the awareness levels of manufacturing companies listed on Borsa Istanbul (BIST) and operating in the province of Kayseri regarding Industry 4.0, and to examine the effects of this awareness on cost and management accounting practices using a qualitative approach. Technological innovations such as artificial intelligence, the Internet of Things and cyber-physical systems bring information-based systems to the forefront in companies' decision-making processes. Consequently, accounting practices have started to move away from traditional structures and assume more analytical and strategic roles.

Semi-structured interview questions were formulated within the scope of this research. Data were obtained through face-to-face interviews with firms. The collected data were evaluated with content and thematic analysis methods, which provided a comprehensive examination of the effects of technological transformation on cost and management accounting practices. The study presents important and original findings regarding the relationship between Industry 4.0 awareness and cost and management accounting practices in manufacturing enterprises listed on *BIST.*

Keywords: Cost and Management Accounting**,** Manufacturing**,** Industry 4.0**,** Qualitative Research

İÇİNDEKİLER

MALİYET VE YÖNETİM MUHASEBESİ BAĞLAMINDA ENDÜSTRİ 4.0 FARKINDALIĞI: BORSA İSTANBUL'DA İŞLEM GÖREN İMALAT SEKTÖRÜNDEKİ İŞLETMELER ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK i
KILAVUZA UYGUNLUK ONAYI iii
KABUL VE ONAY TUTANAĞI iv
ÖNSÖZ/TEŞEKKÜR v
ÖZET vi
ABSTRACT vii
KISALTMALAR LİSTESİ xi
TABLOLAR LİSTESİ xii
ŞEKİLLER LİSTESİ xiii
GİRİŞ 1

BİRİNCİ BÖLÜM

İMALAT SEKTÖRÜ BAĞLAMINDA ENDÜSTRİ DEVRİMLERİ

1.1.Sanayi Devrimlerinin Tarihsel Gelişim Süreci 3
1.1.1.Birinci Sanayi Devrimi (Endüstri 1.0) 3
1.1.2.İkinci Sanayi Devrimi (Endüstri 2.0) 8
1.1.2.1.İkinci Sanayi Devrimi - Birinci Dönem (Endüstri 2.0.1) 8
1.1.2.2.İkinci Sanayi Devrimi - İkinci Dönem (Endüstri 2.0.2) 11
1.1.3.Üçüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 3.0) 12
1.1.4.Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0) 15
1.2.Endüstri 4.0 Bileşenleri 16
1.2.1.Nesnelerin İnterneti 16
1.2.2.Büyük Veri ve Bulut Bilişim 19
1.2.3.Siber Fiziksel Sistemler 21
1.2.4.Üç Boyutlu Yazıcılar 23
1.2.5.Artırılmış Gerçeklik ve Simülasyon 24
1.2.6.Yapay Zekâ 27

1.2.7.Otonom Robotlar 28
1.2.8.Karanlık Fabrikalar..... 31
1.2.9.Blok Zincir ve Veri Madenciliği 33

İKİNCİ BÖLÜM

ENDÜSTRİ 4.0'IN MALİYET VE YÖNETİM MUHASEBESİ ÜZERİNDEKİ YANSIMALARI

2.1. Endüstri Devrimleri Perspektifinden Maliyet Muhasebesi 35
2.1.1.Maliyet Muhasebesinin Tarihsel Süreci..... 35
2.1.2.Maliyet Muhasebesinin Tanımı, Amaçları ve Faydaları..... 37
2.1.3.Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Maliyet Muhasebesinin Amaçlarına Olası Etkileri……..38
2.1.3.1.Ürünlerin Birim veya Parti Maliyetlerinin Belirlenmesi 38
2.1.3.2.Maliyetlerin Azaltılması ve Kontrolü 39
2.1.3.3.Planlama.....39
2.1.3.4.İşletme Kararlarının Alınması 40
2.1.4.Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Üretim Maliyetlerine Olası Etkileri..... 41
2.1.4.1.Direkt İlk Madde ve Malzeme Maliyetleri/Giderleri 41
2.1.4.2.Direkt İşçilik Maliyetleri/Giderleri 42
2.1.4.3.Genel Üretim Maliyetleri/Giderleri.....42
2.1.5.Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Giderlerin Ürünlere Yüklenmesine Olası Etkileri..... ..43
2.1.5.3.Sipariş Maliyet Yöntemi 44
2.1.5.4.Evre (Safha) Maliyet Yöntemi 44
2.1.5.5.Birleşik Ürünler, Atık ve Fire.....45
2.1.6.Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Maliyet-Hacim-Kâr Analizlerine Olası Etkileri.. 46
2.2. Endüstri Devrimleri Perspektifinden Yönetim Muhasebesi 47
2.2.1.Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Yönetim Muhasebesinin Amaçlarına Olası Etkiler……...47
2.2.1.1.Hayat Boyu Maliyetleme 48
2.2.1.2.Hedef Maliyetleme.....49
2.2.1.3.Kaizen Maliyetleme 50
2.2.1.4.Faaliyet Tabanlı Maliyetleme.....51
2.2.1.5.Tam Zamanında Üretim 52

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MALİYET VE YÖNETİM MUHASEBESİ BAĞLAMINDA ENDÜSTRİ 4.0 FARKINDALIĞI: BORSA İSTANBUL'DA İŞLEM GÖREN İMALAT SEKTÖRÜNDEKİ İŞLETMELER ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

3.1. Gereç ve Yöntem 53
3.1.1. Araştırmanın Amacı 53
3.1.2. Araştırmanın Gerekçesi 53
3.1.3. Araştırmanın Deseni 54
3.1.4. Çalışma Grubu ve Örneklem Yöntemi 54
3.1.5. Veri Toplama Aracı 55
3.1.6. Veri Toplama Süreci 56
3.1.7. Verilerin Analizi 56
3.1.8. Geçerlik ve Güvenirlik 57
3.1.9. Katılımcı Kimliklerinin Gizliliği ve Kodlanması 58
3.2. Literatür İncelemesi 59
3.3. Bulgular 66
3.3.1. Birinci Alt Problem: İşletmelerin Endüstri 4.0 Kavramı ve Bileşenlerine Yönelik Farkındalık Düzeylerine İlişkin Bulgular 66
3.3.2. İkinci Alt Problem: İşletmelerin Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Maliyet Muhasebesi Uygulamalarına İlişkin Değerlendirmelerine Yönelik Bulgular 80
3.3.3. Üçüncü Alt Problem: İşletmelerin Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Yönetim Muhasebesi Uygulamalarına İlişkin Değerlendirmelerine Yönelik Bulgular 94
3.3.4. Dördüncü Alt Problem: İşletmelerin Mevcut Durumlarına Göre Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Avantaj ve Dezavantajlarına İlişkin Değerlendirmelerine Yönelik Bulgular…. 117
SONUÇ VE ÖNERİLER 137
KAYNAKÇA 146
TEZ İNTİHAL RAPORU 167
ETİK KURUL ONAYI 170
ÖZGEÇMİŞ 171

KISALTMALAR LİSTESİ

ABD	:	Amerika Birleşik Devletleri
ACATECH	:	Almanya Teknik Bilimler Akademisi
AR	:	Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality)
AR-GE	:	Araştırma ve Geliştirme
ATM	:	Otomatik Vezne Makinesi (Automated Teller Machine)
BIST	:	Borsa İstanbul
CAD	:	Bilgisayar Destekli Tasarım (Computer Aided Design)
CAM	:	Bilgisayar Destekli Üretim (Computer Aided Manufacturing)
CEO	:	Genel Müdür (Chief Executive Officer)
CFO	:	Mali İşler Direktörü (Chief Financial Officer)
CIO	:	Bilgi Teknolojileri Direktörü (Chief Information Officer)
CoralReef	:	ERP Yazılımı ve Ticari Yazılım Markası
CPS	:	Siber Fiziksel Sistemler (Cyber Physical Systems)
Dext	:	Yapay Zekâ Destekli Muhasebe Yazılımı
Docyt	:	Yapay Zekâ Destekli Finansal Yönetim Yazılımı
EBSO	:	Ege Bölgesi Sanayi Odası
ENDÜSTRİ 1.0	:	Birinci Sanayi (Endüstri) Devrimi
ENDÜSTRİ 2.0	:	İkinci Sanayi (Endüstri) Devrimi
ENDÜSTRİ 3.0	:	Üçüncü Sanayi (Endüstri) Devrimi
ENDÜSTRİ 4.0	:	Dördüncü Sanayi (Endüstri) Devrimi
ERP	:	Kurumsal Kaynak Planlama (Enterprise Resource Planning)
ESP	:	Kurumsal Sistem Planlama (Enterprise System Planning)
FTM	:	Faaliyet Tabanlı Maliyetleme
GES		Güneş Enerjisi Santrali
GPRS	:	Genel Paket Radyo Servisi (General Packet Radio Service)
GSM	:	Küresel Mobil İletişim Sistemi (Global System for Mobile Communications)
HM	:	Hedef Maliyetleme
HBM	:	Hayat Boyu Maliyetleme
Indy	:	Yapay Zekâ Destekli Muhasebe Yazılımı
IoT	:	Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)
IT	:	Bilgi Teknolojileri (Information Technology)
KM	:	Kaizen Maliyetleme
LOGO	:	LOGO Yazılım (Ticari Yazılım Markası)
MFD	:	Muhasebe ve Finans Direktörü
MÖ	:	Milattan Önce
MS	:	Milattan Sonra
NFC	:	Yakın Alan İletişimi (Near Field Communication)
Nvivo ve MAXQDA	:	Nitel Veri Analizi Yazılımları
PLC	:	Programlanabilir Mantıksal Denetleyiciler (Public Limited Company)
RFID	:	Radyo Frekans ile Tanımlama (Radio Frequency Identification)
SMMM	:	Serbest Muhasebeci Mali Müşavir
TDK	:	Türk Dil Kurumu
TSE	:	Türk Standartları Enstitüsü
TurboDoc	:	Otomatik Belge İşleme Yazılımı
TZÜ	:	Tam Zamanında Üretim
UPS	:	Kesintisiz Güç Kaynağı (United Parcel Service)
Vic.ai	:	Yapay Zekâ Destekli Muhasebe Yazılımı
VR	:	Sanal Gerçeklik (Virtual Reality)
WSN	:	Kablosuz Sensör Ağları (Wireless Sensor Networks)
ZİRVE	:	Zirve Yazılım (Ticari Muhasebe Programı)
YMM	:	Yeminli Mali Müşevir
3D	:	Üç Boyutlu Baskı Teknolojisi (Third-Dimensional)

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Endüstri 4.0'a yönelik farkındalığı inceleyen ulusal ve uluslararası çalışmalar 60
Tablo 3.2. Endüstri 4.0'ın maliyet muhasebesi uygulamaları üzerindeki etkilerini inceleyen ulusal ve uluslararası çalışmalar 62
Tablo 3.3. Endüstri 4.0'ın yönetim muhasebesi uygulamaları üzerindeki etkilerini inceleyen ulusal ve uluslararası çalışmalar 63
Tablo 3.4. Endüstri 4.0 bileşenlerinin işletmeler açısından avantajlarını inceleyen ulusal ve uluslararası çalışmalar 64
Tablo 3.5. Endüstri 4.0 bileşenlerinin işletmeler açısından dezavantajlarını inceleyen ulusal ve uluslararası çalışmalar 65
Tablo 3.6. Katılımcı görüşleri: Endüstri 4.0 kavramı ve bileşenlerine yönelik farkındalık 67
Tablo 3.7. Katılımcı görüşleri: Endüstri 4.0 bileşenlerinin maliyet muhasebesine etkisi 80
Tablo 3.8. Katılımcı görüşleri: Endüstri 4.0 bileşenlerinin yönetim muhasebesine etkisi 94
Tablo 3.9. Katılımcı görüşleri: Mevcut duruma göre endüstri 4.0 bileşenlerinin avantaj ve dezavantajları 118

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. James Watt'ın geliştirdiği buhar makinesi 5
Şekil 1.2. 1924 Ford Model T arabaları..... 10
Şekil 1.3. İlk bilgisayardan, mikro çip teknolojisine geçiş..... 14
Şekil 1.4. Endüstri 4.0 tasviri 16
Şekil 3.5. Farkındalık temasına ait kategori ve kodlamalar 68
Şekil 3.6. Maliyet muhasebesi temasına ait kategori ve kodlamalar..... 81
Şekil 3.7. Yönetim muhasebesi temasına ait kategori ve kodlamalar 95
Şekil 3.8. Avantaj ve dezavantaj temasına ait kategori ve kodlamalar..... 119

GİRİŞ

Sanayi devrimleri, üretim süreçlerinden toplumsal yapıya, ekonomik ilişkilerden kurumsal yapılara kadar birçok alanda köklü dönüşümler yaratmış; bu dönüşümler endüstri devriminde farklı teknolojik gelişmelerle şekillenmiştir. Günümüzde ise üretim sistemlerinde yaşanan en yeni dönüşüm, Endüstri 4.0 olarak adlandırılan ve otonom robotlar, yapay zekâ, nesnelerin interneti gibi yenilikçi bileşenlerle tanımlanan bir paradigmayı temsil etmektedir. Bu dönüşüm yalnızca üretim süreçlerini değil, aynı zamanda organizasyonel yapıların karar alma mekanizmalarını, bilgi sistemlerini ve muhasebe fonksiyonlarını da kapsamlı biçimde etkilemektedir.

Özellikle maliyet ve yönetim muhasebesi gibi bilgi temelli süreçler, Endüstri 4.0'ın sunduğu gerçek zamanlı veri erişimi, ileri düzey analiz imkânları ve esnek raporlama altyapısı sayesinde yeniden şekillenmekte; işletmelerin stratejik karar alma süreçlerinde daha etkin rol oynamaktadır. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde, bu dönüşüm sürecine işletmelerin ne ölçüde uyum sağladığı, farkındalık düzeylerinin ne olduğu ve muhasebe sistemlerine bu yeniliklerin nasıl entegre edildiği yeterince araştırılmamış bir alandır.

Bu bağlamda, çalışma Borsa İstanbul (BIST)'te işlem gören ve Kayseri ilinde faaliyet gösteren imalat sektöründeki işletmelerin, Endüstri 4.0 uygulamalarına yönelik farkındalık düzeylerini değerlendirmeyi ve bu farkındalığın maliyet ve yönetim muhasebesi uygulamaları üzerindeki etkilerini nitel bir perspektifle ortaya koymayı amaçlamaktadır. Çalışma, yalnızca teknolojik yeniliklerin algısal düzeyde değerlendirilmesini değil, aynı zamanda bu yeniliklerin işletmelerin maliyet ve yönetim muhasebesi sistemlerinde yarattığı stratejik, operasyonel ve yapısal etkileri de bütüncül bir bakış açısıyla analiz etmektedir.

Kayseri ili, sanayi ve imalat alanındaki köklü geçmişiyle bu dönüşüm sürecini anlamak için örneklem açısından anlamlı bir zemin sunmaktadır. Nitel araştırma yöntemine göre

yapılan bu çalışmada, alan uzmanı yöneticilerle gerçekleştirilen yarı yapılandırılmış görüşmeler aracılığıyla saha temelli bulgulara ulaşılmış; Endüstri 4.0'ın maliyet ve yönetim muhasebesi uygulamalarıyla olan etkileşimi, doğrudan sektör profesyonellerinin deneyim ve yorumları ışığında derinlemesine incelenmiştir.

Bu kapsamda çalışmanın birinci bölümünde, Sanayi Devrimlerinin tarihsel gelişim süreci ayrıntılı biçimde ele alınmış; her bir endüstri aşamasının üretim yapıları ve toplumsal etkileri tartışılmıştır. İkinci bölümde, Endüstri 4.0'ın ve bileşenlerinin maliyet ve yönetim muhasebesi üzerindeki etkileri teorik düzeyde incelenmiştir. Üçüncü bölümde ise, bu teorik çerçevenin sahadaki yansımalarını ortaya koymak amacıyla nitel bir saha araştırması gerçekleştirilmiştir. Araştırma, *BIST*'te işlem gören ve Kayseri ilinde faaliyet gösteren imalat sektöründeki işletmeler üzerinde yürütülmüştür. Katılımcılar, üst düzey yöneticiler ve mali müşavirlerden oluşmakta olup; veri toplama sürecinde yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılmıştır. Verilerin analizinde içerik ve tematik analiz teknikleri benimsenmiş; *Nvivo* ve *MAXQDA* gibi nitel veri analiz yazılımlarından destek alınmıştır. Bu sayede, Endüstri 4.0 farkındalığının maliyet ve yönetim muhasebesi uygulamalarına etkisi çok boyutlu ve derinlemesine incelenmiştir.

Bu çalışma, Endüstri 4.0 sürecinin muhasebe disiplinine etkilerini nitel bir bakış açısıyla ele alarak, Türkiye'de sınırlı sayıda bulunan bu alandaki çalışmalara özgün bir katkı sunmaktadır. Özellikle *BIST*'te işlem gören ve Kayseri ilinde faaliyet gösteren imalat işletmeleri örneği üzerinden yürütülen araştırma, teknolojik dönüşümün maliyet ve yönetim muhasebesi uygulamalarına yansımalarını saha verileriyle ortaya koymakta; karar vericilere, akademisyenlere ve uygulayıcılara önemli bulgular sunmaktadır. Ayrıca çalışmanın üst düzey yöneticiler ve mali müşavirlerin kurumsal bakış açılarına dayalı olarak gerçekleştirilmiş olması, araştırmanın geçerliliğini ve sektörel değerini artırması açısından önemli olacağı düşünülmektedir.

BİRİNCİ BÖLÜM

İMALAT SEKTÖRÜ BAĞLAMINDA ENDÜSTRİ DEVRİMLERİ

1.1. Sanayi Devrimlerinin Tarihsel Gelişim Süreci

Sanayi devrimleri, insanlık tarihinin üretim süreçlerinde köklü dönüşümler yaratan dört temel aşamadan oluşmaktadır. Söz konusu aşamalar şunlardır:

- Birinci Sanayi Devrimi (Endüstri 1.0)
- İkinci Sanayi Devrimi (Endüstri 2.0)
- Üçüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 3.0)
- Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0)

Bu dört sanayi devrimi ayrıntılı biçimde ele alınarak tarihsel gelişimleri ile maliyet ve yönetim muhasebesi üzerindeki etkileri açıklanmaya çalışılmıştır.

1.1.1. Birinci Sanayi Devrimi (Endüstri 1.0)

Sanayi devrimi; günümüz toplumsal, siyasal ve ekonomik ilişkilerin başlangıç noktası olarak kabul edilen ve tarihsel açıdan toplumlar için önemli dönüm noktası niteliği taşıyan süreçtir. Bu konuda Eric J. Hobsbawm, *Sanayi ve İmparatorluk* adlı eserinde, insanlık tarihi boyunca üretimde tarımın, metalürjinin (demir üretimi) ve kentleşmenin doğuşundan bahsetmektedir. Bu bağlamda hiçbir değişimin sanayileşmenin doğuşu kadar derin bir etki yaratmadığını belirtmektedir (Hobsbawm, 2005, s. 73). 1760-1840 yılları arasında İngiltere'de makine temelli ekonomik dönüşümü ifade etmek amacıyla süreç bir devrim olarak nitelendirilmiş, kavramsal olarak *Sanayi Devrimi* şeklinde tanımlamıştır (Bezanson, 1922, s. 343). Literatürde Sanayi Devrimi, farklı bakış açılarıyla değerlendirilmiştir. Sanayi Devrimi, 18. yüzyılın sonları ve 19. yüzyılın başlarında İngiltere'de makine kullanımının hızla gelişmesi olarak yorumlanmıştır (Coleman, 1956, s. 4). 1840-1920 yılları arasında hızlanan kentleşme süreçlerine doğrudan etki eden,

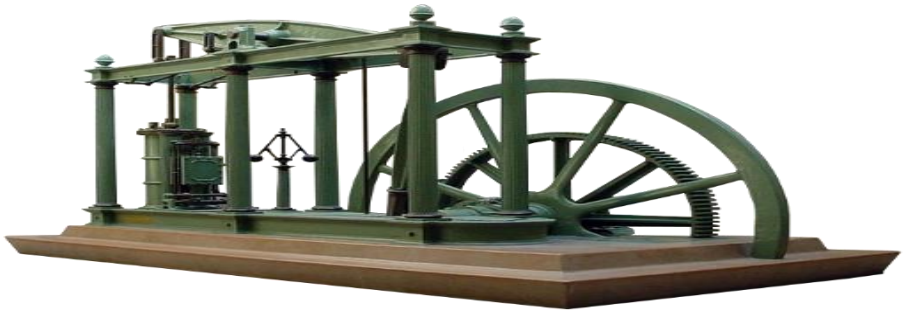
teknik ve organizasyonel dönüşümler bağlamında değerlendirilmiştir (Ward, 1970, s. 143). Buhar gücünün kullanılması, küreselleşme, nüfus, burjuva sınıfının sermaye birikimi ve bilimsel birikim sonucu elde edilen teknolojik gelişmeler bağlamında açıklanmıştır (Hobsbawm, 2005, s. 73). 1750-1890 yılları arasında buhar motorlarının üretimde yaygın olarak kullanılması dönemin Sanayi Devrimi olarak nitelendirilmesinde önemli bir dönüm noktası olmuş ve bu dönem *Birinci Sanayi Devrimi, Endüstri 1.0* ya da *Buhar Çağı* olarak adlandırılmıştır (Kagermann vd., 2013, s. 14).

Endüstri 1.0'ın en belirleyici gelişmelerinden biri, buhar gücünün keşfedilmesidir. Bu alandaki ilk çalışmalar 1650 yılından başlayarak 1800'lü yılların başına kadar sürmüştür. Buhar gücünün keşfi her ne kadar Sanayi Devrimi'nin başlangıcı olarak kabul edilse de bu dönüşüm ani bir şekilde gerçekleşmemiştir. Savaşların azalması ve geçici de olsa göreli bir barış ortamının sağlanması, veba, sıtma gibi salgın hastalıkların nüfusun büyük bir bölümünü yok etmesine karşın belirli ölçüde kontrol altına alınması gibi etkenler, Avrupa'da nüfusun hızla artmasına neden olmuştur. Bu hızlı nüfus artışı, bireysel ve toplumsal gereksinimlerin çoğalmasına, dolayısıyla endüstriler tarafından üretilen ürünlere olan talebin önemli ölçüde yükselmesine neden olmuştur. Öte yandan kırsal bölgelerden kentsel alanlara doğru yaşanan yoğun göç dalgası bu süreci etkileyen en önemli faktörlerden biri olarak ortaya çıkmıştır (Çelik, 2021, s. 25).

Dünya ticaretinde ürün talebinin giderek artması ve bu artan talebe paralel olarak yalnızca kol gücüne dayalı üretim tekniklerinin yetersiz kalması, sektörde büyük bir dönüşümü zorunlu hale getirmiştir. Bu bağlamda imalat endüstrisinde artan ürün talebine yanıt verebilmek amacıyla kapitalist üretim yaklaşımlarının mümkün olan en hızlı bir şekilde uygulanması kaçınılmaz hale gelmiş ve kısa sürede makineleşmeye geçiş zorunlu olmuştur (Yin vd., 2018, s. 700).

Buhar gücüyle çalışan başarılı ilk makine, 1775 yılında Watt tarafından geliştirilmiştir. Öte yandan buhar gücüyle çalışan makineler ilk olarak İngiltere'de kullanılmaya başlanmış ancak kısa sürede küresel ölçekte yaygınlaşmıştır (Freeman & Louca, 2013, s. 245). Buhar gücünün mekanize üretimle birleşmesi, toplam üretimde köklü bir dönüşüm yaratmıştır.

Şekil 1.1. *James Watt'ın geliştirdiği buhar makinesi (https://en.wikipedia.org)*



Üretim kapasitesi ve verimlilikteki artışla birlikte sanayi bölgelerinde nüfus yoğunluğu artmıştır. Böylece kentleşme süreci hız kazanmıştır. Endüstri 1.0 ile birlikte gelişen kentleşme üretim için daha fazla hammadde ihtiyacını ortaya çıkarmış ve bu doğrultuda demiryolu inşası, ulaşımın temel unsurlarından biri haline gelmiştir (Çeliktaş vd., 2015, s. 25). Buhar gücünün ulaşım araçlarında kullanılması, düşük maliyetli hammadde taşımacılığına olanak tanımış ve ticaretin daha geniş coğrafyalara yayılmasını sağlamıştır. Bu gelişmeler Sanayi Devriminin yalnızca İngiltere ile sınırlı kalmayıp, diğer ülkelere ve kıtalara yayılmasını da büyük ölçüde kolaylaştırmıştır (Kılıç, 2023, s. 281). Böylece Sanayi Devrimi, bölgesel bir gelişme olmaktan çıkarak küresel bir nitelik kazanmıştır. Bu bağlamda Endüstri 1.0'ın çağımızın en önemli olgularından biri olan küreselleşme sürecinin başlangıç noktası ve ilk aşaması olarak kabul edilmektedir. Küreselleşme; tüm dünyanın sınırlarının olmadığı bir pazar haline gelmesi, sermayenin her coğrafyaya ulaşarak iktisadi ve ticari faaliyetleri gerçekleştirmesi ve dünya üzerinde yaşayan her bireyin bir tüketici konumuna gelmesi süreci olarak tanımlanmaktadır. Yüzyıllar boyunca devam eden bu süreç zaman zaman savaşlar, ekonomik dalgalanmalar ve siyasi gelişmeler gibi etkenlerle kesintiye uğrasa da küreselleşmenin sürekli olarak gelişimi devam etmiştir (Görçün, 2020, s. 17).

Küreselleşme sürecinin itici güçlerinden biri de kapitalist sınıftır. Kapitalist sınıf, ilk olarak Sanayi Devrimi sürecinde ve küreselleşmenin ilk aşaması olan Endüstri 1.0 döneminde etkisini göstermiş; ekonomik, sosyal ve siyasal açıdan kayda değer bir güce sahip olduğunu kanıtlamıştır. Dolayısıyla Endüstri 1.0'ın temel itici gücü kapitalist sınıf olarak tanımlanırken, bu sürecin en belirleyici unsuru ise bu sınıf tarafından elde edilen sermaye birikimi olmuştur. Bu açıdan bakıldığında Endüstri 1.0, tüm dünyayı etkileyen ve ilgilendiren bir süreç olmuş bazı ülkeler bu sürece erken uyum sağlarken bazıları daha

geç reaksiyon göstermiştir. Sanayi devrimine en erken uyum sağlayan ülkelerin başında İngiltere gelmiştir. Yüzyılların birikimi olan bilimsel bilgi, güçlü bir şekilde varlık göstermiş ve bu bilgi birikimi, teknolojik gelişimi tetiklemiş ve sanayileşme için gerekli koşullar olgunlaşmıştır. Buhar gücü, teknolojik gelişim, küreselleşme talep artışı gibi etkenler üretim süreçlerinin köklü değişimine neden olmuştur (Görçün, 2020, s. 22). Endüstri 1.0, 18. yüzyılın ikinci yarısında başlayıp 19. yüzyıl boyunca etkisini artırmış ve mekanik üretim tesislerinin yaygınlaşmasına öncülük etmiştir (Hermann vd., 2016, s. 3929). Bu Sanayi Devrimi, kömür madenciliğinin genişlemesine, buhar makinelerinin gelişimine ve ilk makinelerin üretimde etkin olarak kullanılmasına olanak tanımıştır (Koca, 2020, s. 4534). Bu dönem aynı zamanda hayvan gücünün yerine makinelerin kullanıldığı ve makinelerin üretim süreçlerinde insan emeğini destekleyici bir rol üstlendiği evre olarak da tanımlanmaktadır (Agrawall vd., 2016, s. 103). Endüstri 1.0 kapsamında üretim süreçlerinde yaşanan temel gelişmeler aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Groover vd., 2008, s. 23):

- Buhar makinesinin geliştirilmesiyle birlikte yeni bir üretim teknolojisinin ortaya çıkması,
- Torna, freze ve delme makineleri gibi takım tezgâhlarının icat edilmesi,
- Dokuma endüstrisinde büyük verimlilik artışı sağlayan eğirme makinesi ve elektrikli dokuma tezgâhının geliştirilmesi,
- Ölçek ekonomisi çerçevesinde ürünlerin birim maliyetlerinin büyük ölçüde azaltılması,
- İş gücünün, iş bölümü esasına göre örgütlendiği, fabrika sisteminin yaygınlaşması gibi gelişmeler başta gelmektedir.

Üretim süreçlerinde kullanılmak üzere geliştirilen bu makinelerin ve ekipmanların küçük aile atölyeleri tarafından finanse edilmesi oldukça güçtü. Bireysel üreticiler için diğer bir zorluk ise makinelerin kullanımının teknik bilgi ve yüksek enerji gerektirmesiydi. Ayrıca üretimin giderek daha fazla teknik uzmanlık çok aşamalı işlem süreçleri ve iş bölümüne dayanması; küçük atölyelerin yerini, yoğun iş gücü gerektiren ve tamamen organize bir şekilde yönetilen fabrika sistemine bırakmasına neden olmuştur (Söylemez, 2020, s. 228). Bu bağlamda iç pazar için üretim yapan küçük atölyeler ve imalathaneler fabrikalara dönüşmüş, bu dönüşüme uyum sağlayamayan işletmeler ise kapanmak zorunda kalmıştır.

Endüstri 1.0 sona erdiğinde bireyler önceki dönemlerle kıyaslanamayacak ölçüde daha yüksek kalifikasyon ve eğitim düzeyine sahip hale gelmiştir. Bu süreç, bireylerin doğal bir biçimde dönüşüm geçirmesine yol açmış, yeterli düzeyde nitelikli olamayanlar ise üretim süreçlerinin dışında bırakılmıştır. Bunun sonucunda bireylerin gelişimi ülkelerin kalkınmasıyla doğrudan ilişkilendirilmiştir. Söz konusu dönüşüm her ülkede aynı hızla gerçekleşmemiş, bazı ülkelerde Sanayi Devrimi'nin etkisi çok geç hissedilmiştir (Görçün, 2020, s. 38).

Sanayi Devrimi sürecinde yaşanan tüm bu yenilikler zamanla bölgesel ve küresel pazar ekonomilerinin büyümesine, demokratik yönetim biçimlerinin ortaya çıkmasına ve özellikle Batı Yarımküre'de güçlü bir orta sınıfın yükselmesine neden olmuştur. Bu bağlamda Endüstri 1.0, başta İngiltere olmak üzere ekonomik, siyasi ve toplumsal dinamikleri dönüştüren ülkelerde toplumların refah seviyesini büyük ölçüde artırmıştır (Tinmaz, 2020, s. 5).

Endüstri 1.0 olumlu etkilerinin yanı sıra emeğin değersizleşmesi ve sömürü düzeninin yaygınlaşması gibi bazı olumsuz sonuçlara da yol açmıştır. Aynı zamanda yenidünya düzeni adil olmaktan uzak bir yapıya bürünmüş, güçlü olanlar avantaj sağlarken zayıf olanlar hızla dezavantajlı duruma düşmüştür. Bu sistemde başarısız olanların ikinci bir şansı neredeyse hiç olmamış, ekonominin sert ve acımasız koşulları içerisinde, ayakta kalamayanlar büyük kayıplara uğramıştır. Tarım toplumundan sanayi toplumuna radikal bir geçiş süreci yarattığı düşünülen Sanayi Devrimi, iki temel değişikliğe neden olmuştur. Bunlardan ilki, el işçiliğine dayalı üretimden makine tabanlı üretime geçiş, ikincisi ise küçük ölçekli atölyeler yerine fabrikalaşmanın benimsenmesidir. Bu dönemde gerçekleşen teknolojik ilerlemeler, buhar gücünün üretim süreçlerinde yaygınlaşmasını ve fabrikalaşmanın hız kazanmasını sağlamıştır. Ayrıca sanayileşmeyle birlikte kadınların geleneksel iş rollerinden uzaklaştırılması ve erkek egemen bir iş yeri kültürünün yaygınlaşması bu dönüşümün toplumsal etkisi olmuştur (Philbeck & Davis, 2018, s. 19).

Sonuç olarak Endüstri 1.0 1760'lı yıllarda başlayıp 1830'lara kadar devam eden süreyi kapsamaktadır. Bu dönemde su ve buhar gücünden elde edilen enerji, metalürji (demir üretimi), tekstil endüstrisi (pamuk eğirme ve mekanik dokuma) ve altyapı hizmetleri (kanal ve yol yapımı) gibi sektörlerde büyük ilerlemeler kaydedilmesine olanak sağlamıştır. Teknolojik gelişmelerin ve mühendislik disiplinlerinin üzerine inşa edilen Endüstri 1.0 yeni enerji kaynakları (buhar motoru), ulaşım altyapısı (demiryolları) ve ileri

üretim teknikleri (takım tezgâhları) gibi unsurlarla şekillenmiştir (Kapás, 2008, s. 20). Endüstri 1.0'dan sonra 1870-1913 yılları arasında özellikle çelik üretim yöntemlerinin geliştirildiği; elektrik, içten patlamalı motorlar, Atlantik-ötesi telgraf, radyo gibi buluşların ortaya çıktığı dönem ise *İkinci Sanayi Devrimi* ya da *Endüstri 2.0* olarak anılmaktadır (Kabaklarlı, 2016, s. 37).

1.1.2. İkinci Sanayi Devrimi (Endüstri 2.0)

Bir olay veya sürecin tarihsel bir dönüm noktası olarak kabul edilebilmesi için, yalnızca belirli bir topluluğu değil, tüm insanlığı ve bireyleri etkileyen aynı zamanda sosyal, ekonomik ve siyasal boyutlarıyla gündelik yaşamı şekillendirecek yeni yaklaşımlar sunması gerekmektedir (Görçün, 2020, s. 50). İngiltere'de buhar gücünün sanayiye uygulanmasıyla birlikte başlayan Endüstri 1.0 üretim süreçlerinin gelişmesine neden olmuş ve bu gelişim süreci zamanla dünyanın birçok bölgesine yayılarak küresel ölçekte etkisini göstermiştir. Küreselleşmenin ilk dalgası olarak da nitelendirilen bu dönem, 1800'lü yıllara kadar etkisini sürdürmüştür. 1867 yılından başlayarak 1988'e kadar devam eden ve küreselleşme sürecinin ikinci dalgası olarak değerlendirilen dönem ise literatürde *İkinci Sanayi Devrimi veya Endüstri 2.0* olarak adlandırılmıştır (Gordon, 2000, s. 54).

Endüstri 2.0, literatürde genellikle iki dönem olarak değerlendirilmektedir. Bunlar dönemin başlaması-gelişimi ve dönemin duraklaması-yeniden başlaması şeklindedir. Bundan dolayı Endüstri 2.0.1 1867 yılından başlayarak 1914 yılına kadar devam eden süreci kapsarken, Endüstri 2.0.2 ise 1914 yılından başlayarak 1989 yılına kadar devam eden süreci kapsamaktadır.

1.1.2.1. İkinci Sanayi Devrimi - Birinci Dönem (Endüstri 2.0.1)

Endüstri 2.0.1, 19. yüzyılın sonları ile 20. yüzyılın başlarındaki zaman dilimini kapsamaktadır. Bu dönemde bilimsel gelişmeler ve teknolojik ilerlemeler hız kazanmıştır. Toplum bilimi ve teknolojiyi daha iyi bir yaşamın anahtarı olarak görmeye başlamıştır. Bu bakış açısı, üretimden eğitime, yaşam tarzından ekonomik yapılara kadar birçok alanda köklü değişikliklere neden olmuştur (Çetin, 2021, s. 68).

Endüstri 2.0.1'in Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD), seri üretim çağı ile birlikte başladığı kabul edilmektedir (Von Tunzelmann, 2003, s. 370). ABD, sahip olduğu geniş doğal kaynaklar ve yoğun göç hareketleri sayesinde ülkenin her yerinde çeşitli sektörlerde

çalışabilecek geniş bir iş gücüne sahip olmuştur (Tinmaz, 2020, s. 8). Bu iş gücü, sanayiye yön veren teknolojik gelişmelerin yaygınlaşmasında da önemli bir rol oynamıştır. Söz konusu gelişmelerin başında telefon, elektrikli aydınlatma, daktilo ve asansör gibi önemli buluşlar gelse de üretimde buhar gücüyle çalışan motorların yerine elektrik jeneratörlerinin kullanılması Endüstri 2.0.1'in temel itici gücü olmuştur (Taş, 2018, s. 1821; Ślusarczyk, 2018, s.235). Elektrik enerjisinin üretim süreçlerine entegre edilmesi, kitlesel üretimi mümkün kılan seri montaj hattı sistemlerinin geliştirilmesini sağlamış ve Endüstri 2.0.1'in en karakteristik özelliği haline gelmiştir (Arkan, 2018, s. 45).

Endüstri 2.0.1 sürecinin itici gücü olarak kabul edilen elektriğin üretim aşamasında kullanımı, başlangıçta iki temel nedenden dolayı hızlı bir gelişim göstermemiştir. İlk olarak, elektriğe dayalı yeni üretim teknolojilerinin ABD'de faaliyet gösteren üretim tesisleri arasında yayılması görece oldukça yavaş gerçekleşmiştir. İkinci olarak ise yeni bir teknoloji içeren bir fabrika kurulduğunda bile bu teknolojiden en iyi şekilde nasıl yararlanılacağının öğrenilmesi belirli bir zaman gerektirmiştir (Freeman & Soete, 2004, s. 24). Bu dönemde elektrik kadar önemli bir diğer gelişme de plastiğin endüstride yaygın olarak kullanılmaya başlaması olmuştur. Plastik, üretim süreçlerinde maliyetleri düşürmek ve üretim hızını artırmak adına kritik bir malzeme haline gelmiştir (Lipsey & Bekar, 2000, ss. 4-5).

1890'larda elektriğin kullanılmaya başlanmasının ardından gelişen Endüstri 2.0.1 dönemi, iş bölümüne dayalı endüstriyel seri üretimi başlatmıştır (Agrawall vd., 2018, s. 98). 1900'lü yılların başlarında, Amerikan otomobil üreticisi Henry Ford, üretim süreçlerini daha verimli hale getirmek amacıyla yenilikçi bir yaklaşım geliştirmiştir. Bu bağlamda, üretim tezgâhları arasındaki taşımayı ortadan kaldıran ve üretimi doğrudan bantlar üzerinde gerçekleştiren bir sistem tasarlamıştır. Ford bu sistemi *Bant Tipi Üretim Sistemi* olarak tanımlamış ve hayata geçirmiştir (Ford Motor Company, 2013).

Montaj hattı üretim sistemi, endüstriyel üretim süreçlerinde önemli bir dönüşümü beraberinde getirmiştir. Üretim yapan işletmeler kitlesel üretim modelini benimseyerek daha az çeşitlilikte ürün üretip maliyetleri rasyonel bir şekilde düşürecek stratejiler geliştirmiştir (Arslan, 2018, s. 152). Kitlesel üretimi Henry Ford, tek tip ve tek renkte ürettiği *Ford Model T* marka otomobilinde uygulamıştır. Buna göre, üretim sürecinde işler küçük parçalara bölünerek basitleştirilmiş, her makine belirli bir işçiye atanarak yalnızca tek bir görevi yerine getirecek şekilde üretim sürecinde konumlandırılmıştır. Bu yöntem,

üretim sürecindeki hata payını en aza indirecek şekilde tasarlanmış, emekle birlikte üretim süreçleri standartlaştırılmıştır. Böylece, hızlı ve yüksek hacimli üretim sağlanmış ve verimlilik artırılmıştır (Mokyr & Strotz, 1998, s. 221). Endüstri 2.0'ın ilk döneminde işletmelerin temel amaçlarından biri olan yüksek üretim hacmi, kitlesel üretimle düşük maliyetlerle gerçekleştirilmiştir. Ayrıca basitleştirilmiş ve standartlaştırılmış iş süreçleri, üretim süresinin kısalmasına, işçilerin belirli görevlerde uzmanlaşmasına ve yeni makine yöntemlerinin geliştirilmesine katkı sağlamıştır (Tinmaz, 2020, s. 7).

Şekil 1.2. *1924 Ford Model T arabaları (https://www.thehenryford.org)*



Bu gelişmeler doğrultusunda Endüstri 2.0.1 süresince üretimde standartlaşma, karmaşık tekniklerin kullanımı, üretim süreçlerinde hassasiyetin artırılması, elektrik şebekeleri gibi büyük ölçekli teknolojik altyapıların oluşumu ve içten yanmalı motorlara dayalı yeni toplu taşıma biçimlerinin geliştirilmesi gibi önemli yenilikler ortaya çıkmıştır (Philbeck & Davis, 2018, s. 21). Bu yenilikler endüstriyel üretim süreçlerini daha sistematik ve verimli hale getirmiş, modern sanayi toplumunun temellerini atmıştır.

Bu bağlamda, Endüstri 2.0.1'in üretim süreçleri üzerindeki temel etkileri şu başlıklar halinde sıralanabilir (Groover vd., 2008, s. 23):

- Seri üretim,
- Montaj hatları,
- Fabrikaların elektrifikasyonu,
- Dikey entegrasyon.

Üretim hatlarında elektrik enerjisinin devreye girmesiyle birlikte üretim süreçleri son derece sistematik ve standart bir görünüm kazanmıştır. Böylelikle üretim süreçleri daha kontrol edilebilir hale gelmiştir (Sharma & Singh, 2020, s. 21). Elektriğin sanayide kullanımı fabrikaların elektrifikasyonunu sağlamış, üretim süreçlerinde montaj hatlarının uygulanmasına ve seri üretimin hayata geçirilmesine olanak tanımıştır. Çeşitli işletme birleşmeleriyle dikey entegrasyon sağlanarak, işlem ve üretim maliyetlerinde düşüşler gerçekleştirilmiştir. Bunun yanı sıra, araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin artan önemi nedeniyle, işletmeler bünyesinde araştırma ve geliştirme (AR-GE) laboratuvarları kurulmasına yönelik çalışmalar hız kazanmış ve bu durum, işletmelerin daha kurumsal bir yapıya bürünmesini sağlamıştır (Söylemez, 2020, s. 233).

Endüstri 2.0.1 yalnızca üretim süreçlerini değil, ulaşım, haberleşme, fabrika içi düzenleme, müşteri beklentileri ve sosyal yaşam alanlarında da köklü dönüşümler sağlamıştır. Ulaşımda, demiryolu taşımacılığının yerini karayolu taşımacılığı almıştır (Harari, 2019, s. 76). Haberleşmede, telgraf haberleşmesinin yerini 20. yüzyılda gelişen telekomünikasyon teknolojileri almaya başlamıştır (Ongun, 1991, s. 8). Fabrika içi daha verimli, yüksek performanslı ve etkin üretim süreçlerine uygun şekilde yeniden düzenlenmiştir. Üretim anlayışında, standart ürünler yerine müşteri beklenti ve beğenilerine göre çeşitlendirilmiş ürünlerin üretimi önem kazanmıştır (Yin vd., 2018, s. 849).

Endüstri 2.0.1 ile birlikte endüstriyel üretimde yaşanan dönüşüm, toplumun yaşam standartlarını yükseltmiş ve paranın satın alma gücünü artırmıştır. Yeni teknolojik gelişmeler işçi sınıfının günlük yaşamına daha önce hiç olmadığı kadar hızlı bir biçimde etki ederek refah seviyesini yükseltmiştir (Rosen, 2012, s. 67). Ayrıca üretimde meydana gelen bu hızlı dönüşüm emek piyasasında da derin değişimlere yol açmış, çalışanların görev tanımları ve bu görevleri yerine getirme biçimleri de büyük ölçüde değişmiştir. Bu durum, işçilerin mevcut işlerini sürdürebilmek ya da yeni gelişen endüstrilerde iş bulabilmek için yeni beceriler öğrenme gerekliliğini doğurmuştur (Tinmaz, 2020, s. 8).

1.1.2.2. İkinci Sanayi Devrimi - İkinci Dönem (Endüstri 2.0.2)

Endüstri 2.0'ın ikinci evresi, 1914 yılında Birinci Dünya Savaşı'nın başlamasıyla ortaya çıkmış ve 1989 yılında Berlin Duvarı'nın yıkılmasıyla sona ererek yerini Endüstri 3.0 dönemine bırakmıştır. Savaşın başlamasıyla birlikte küreselleşme süreci kesintiye uğrasa da, Endüstri 2.0 süreci ilerlemeye devam etmiştir. Bu dönemde kapitalist üretim yapısına

sahip pek çok işletme, savaşın etkisiyle silah ve askeri ekipman üretimine yönelmiştir. Bu dönüşümde, yeni geliştirilen montaj hattı sistemlerinin devreye alınması, farklı sanayi dallarının savaş sanayisine kolaylıkla adapte olabilmesine olanak sağlamıştır. Savaş sona erdiğinde ise bu işletmeler, tahrip olan ülkelerin yeniden yapılandırılmasına katkı sunmuşlardır. 1929 yılında yaşanan ve "Büyük Buhran" olarak tarihe geçen ekonomik kriz, hem sermayenin küresel hareketliliğini hem de Endüstri 2.0 döneminin gelişim ivmesini olumsuz yönde etkilemiştir. Bu krizin başlangıç noktası sayılan ve "Kara Perşembe" olarak anılan süreç, ilerleyen yıllarda insanlık tarihindeki en yıkıcı savaşlardan biri olan İkinci Dünya Savaşı'nın zeminini hazırlamıştır (Yin vd., 2018, s. 855). İlk aşamada borsa krizi olarak değerlendirilen bu süreç, esasen sanayideki çöküşün bir sonucu olmuştur. Sanayi işletmeleri satılamayan ve birikerek büyük envanter yığınlarına dönüşen ürünler nedeniyle finansal darboğaza girmiş, devamında borsanın çöküşüne yol açmıştır. Küreselleşme ve Endüstri 2.0.2 İkinci Dünya Savaşı'nın sonuna kadar duraklamış ve savaşın ardından tekrar ivme kazanmıştır (SIEMENS, 2015, s. 6).

Genel olarak Endüstri 2.0.1 ve 2.0.2 süreçlerinde meydana gelen teknolojik ve endüstriyel gelişmeler, izleyen sanayi devrimlerine yönelik önemli bir altyapı teşkil etmiştir. Elektrik enerjisinin üretim süreçlerine entegre edilmesi, petrokimya endüstrisinin gelişimi ile birlikte bilgisayar, yazılım ve dijital kontrol sistemlerinin ön plana çıktığı dönem, *Üçüncü Sanayi Devrimi* ya da *Endüstri 3.0* olarak adlandırılmıştır.

1.1.3. Üçüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 3.0)

20. yüzyılın ilk yarısı iki büyük dünya savaşı ve ulusal sınırların yeniden şekillenmesiyle belirlenmiş, sanayileşme ve teknolojik ilerleme açısından önceki dönemlere kıyasla görece bir yavaşlama yaşanmıştır. Bu yavaşlamada savaşların yanı sıra 1929 Büyük Buhranı gibi olumsuz ekonomik gelişmeler de rol oynamıştır. Bu dönemi sona erdiren gelişme ise, 1989 yılında Berlin Duvarı'nın yıkılması olmuştur. Çift kutuplu dünya düzeninin sona ermesini sembolize eden bu olay, küreselleşmenin hız kazanmasına neden olmuştur. Böylece Üçüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 3.0) sürecinin gereklilikleri büyük ölçüde sağlanmış ve sanayinin yeni bir dönüşüm sürecine girmesi için gerekli yapısal koşullar oluşmuştur.

1989 yılında Berlin duvarının yıkılmasıyla başlayan süreç, küreselleşmenin siyasi ve ekonomik olarak tekrardan harekete geçtiği ve geçmişe ilişkin egemen paradigmaların hızla dönüşüme uğradığı bir dönemin başlangıcı olmuştur. Kapitalist sanayi yapıları bu

dönemde karşılarında sınırsız denilebilecek genişlikte bir pazar ve üretim faaliyetlerinde kullanabilecekleri büyük ölçekli bir iş gücü bulmuşlardır (Serinikli, 2018, s. 1610).

Endüstri 1.0 ve Endüstri 2.0 dönemlerinde, baskın olan unsur üretim süreçlerindeki değişimler olmuştur. Bu bağlamda, sistem üretim süreçlerini gerçekleştiren aktörler tarafından domine edilmiştir. Üretim, tedarik, lojistik ve diğer süreçler üreticiler tarafından tasarlanmış ve yönetilmiştir. Sanayi üretimi odaklı bir yapı hâkim olmuş ve ekonomik sistemler büyük ölçüde üretim süreçlerine dayalı olarak şekillenmiştir (Görçün, 2020, s. 17).

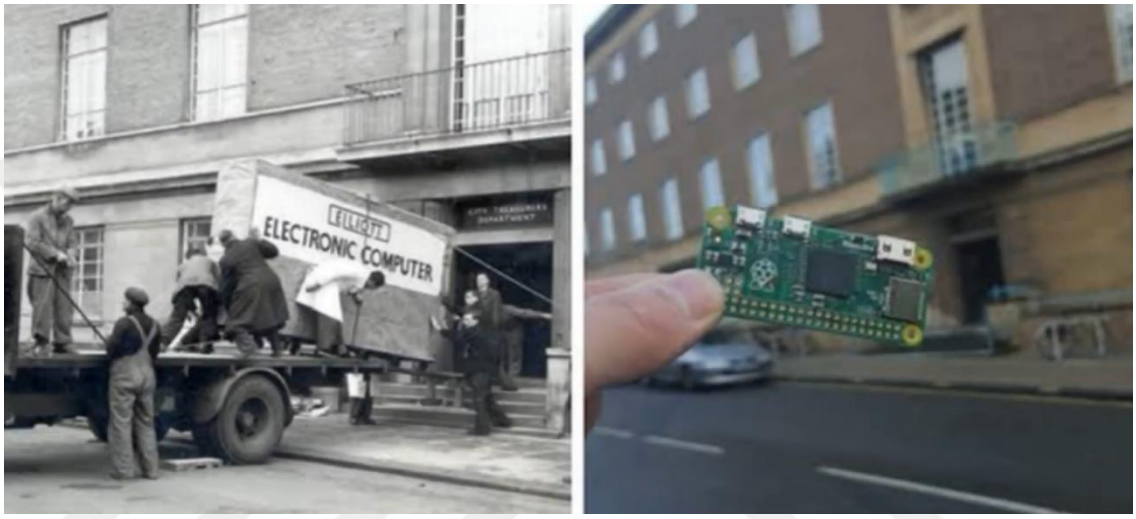
1990'lı yıllardan itibaren teknolojik gelişmelerin hızlı ilerlemesi dünyada, üretimin sayısallaştığı ve bilişim teknolojisinin ön plana çıktığı bir dönemi başlatmıştır (Kagermann vd., 2013, s. 20). Sentetik mallar, bilgisayar teknolojisi, fiber optikler, telekomünikasyon, biyogenetik, lazer teknolojisi, biyotarım gibi yenilikler bu dönemin belirleyici unsurlarını oluşturmuştur (Kagermann vd., 2013, ss. 13-14). Literatürde bu gelişmelerle Endüstri 3.0 farklı şekillerde tanımlanmıştır. 1980'li yılların ardından gerçekleşen bilgi teknolojileri temelli olarak yaşanan gelişmeler Endüstri 3.0 olarak adlandırılmıştır (Gordon, 2017, s.56; Lee vd., 2015, s.20). Dünyanın bugün içinde bulunduğu dönem, bilgisayar ve internet teknolojilerinin baş döndürücü bir hızla ilerlediği dijital bir devrim olarak nitelendirilmiştir (Lightfoot vd., 2013, s.1420; Brown, 2013, s.43; Rifkin, 2011, ss. 26-27). Başka bir tanıma göre, elektronik ve bilgi teknolojileri destekli makinelerin, internet ve ağlara bağlanarak üretimde dijitalleşmeyi sağlaması olarak tanımlanmıştır (EBSO, 2015).

Endüstri 3.0'a geçiş, üretim odaklı ekonomik yapılardan bilgi ve teknoloji temelli sistemlere yönelişi ifade eden bir dönüşüm süreci olarak değerlendirilmektedir (Kurbonov vd., 2023, s. 406). Gelişmiş elektronik sistemler ve bilgi teknolojileri, üretim süreçlerinin otomasyonunu daha ileri bir aşamaya taşımıştır (Hermann vd., 2016, s. 3932). Bu dönemde bilgisayar teknolojileri işlem maliyetlerini önemli ölçüde düşürmüş ve işletmelerin yönetim ve operasyon maliyetleri üzerinde önemli bir avantaj elde etmelerini sağlamıştır. Aynı zamanda üretim süreçlerinin bilgisayar teknolojileri temelinde kontrol edilmesini sağlayarak otomasyonun yaygınlaşmasında belirleyici bir rol oynamıştır (Agrawal vd., 2018, s. 106).

Endüstri 3.0 sürecinde, üretimde mekanik ve elektronik temelli makinelerin yerini dijital teknolojilere dayalı makineler almaya başlamıştır. Dijital teknolojinin gelişimiyle birlikte

bilgisayarlar ve internet hızla yayılmış, bilgi işlem ve haberleşme teknikleri büyük ölçüde gelişmiş, mikro elektronik teknolojilerinin kullanımı yaygınlaşmıştır (Smith, 2001, s. 4). Bu dönemde atom enerjisi, bilgisayar sistemleri, fiber optik ve çip teknolojileri gibi mikroelektronik temelli yenilikler ortaya çıkmış ve gelişmeye devam etmiştir (Kagermann vd., 2013, s. 24).

Şekil 1.3. *İlk bilgisayardan, mikro çip teknolojisine geçiş (https://www.sciencesource.com)*



Üretim sistemlerini daha da otomatikleştirmek için elektronik, bilişim ve iletişim teknolojilerinin kullanılmasıyla Endüstri 3.0 süreci, üretim süreçlerine aşağıdaki yapısal yenilikleri getirmiştir (Mulyani vd., 2021, s. 246):

- Programlanabilir Mantıksal Denetleyiciler (PLC),
- Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) ve Bilgisayar Destekli Üretim (CAM),
- Esnek Üretim Sistemleri,
- Üç Boyutlu (3D) Baskı Teknolojisi.

Endüstri 2.0 sürecinde kitlesel üretim uygulanırken, Endüstri 3.0 sürecinde kitlesel üretim işlevini büyük ölçüde yitirmiş, yerine daha esnek üretim yöntemleri uygulanmaya başlanmıştır (Aydın, 2005, s. 58).

Sonuç olarak, Endüstri 3.0 süreci, 20. yüzyılın ilk yarısında yaşanan iki büyük dünya savaşı ve buna bağlı olarak değişen siyasi sınırlarla şekillenmiş, bu dönemde sanayileşme ve teknolojik gelişmeler önceki dönemlere kıyasla daha yavaş bir seyir izlemiştir. Sanayinin yeniden ivme kazanması ise ancak İkinci Dünya Savaşı'nın sona ermesi ve

savaşın yarattığı yıkımın kısmen giderilmesinin ardından, 1950'li yıllarda mümkün olmuştur. Bu dönemle birlikte dijital teknolojilerin gelişimi hız kazanmış ve Endüstri 3.0'ın altyapısı oluşmaya başlamıştır (Davutoğlu, 2020, s. 180). Üretim süreçlerinde bilgisayar ve iletişim teknolojilerinin kullanılmaya başlanması, mekanik ve fonksiyonel ürünlerin gündelik yaşamda daha görünür hale gelmesini sağlamış; böylece makineler yalnızca endüstriyel alanlarda değil, bireysel yaşam pratiklerinde de etkili olmaya başlamıştır (EBSO, 2015). Bu bağlamda, klasik üretim faktörleri olan emek, sermaye, doğal kaynak ve girişimciliğe ek olarak, bilgi ve teknoloji de bu dönemde üretim faktörleri arasında sayılmaya başlanmıştır (Deane, 1988, s. 125).

2011 yılından başlayarak günümüze kadar gelen süreçte ise nesnelerin interneti, büyük veri, otonom robotlar, yapay zekâ gibi büyük ölçekli dönüşümler yaratma potansiyeline sahip teknolojilerin üretildiği dinamik bir süreç devam etmiştir (Eğilmez, 2017). Bu teknolojik gelişmeler literatürde *Dördüncü Sanayi Devrimi, Endüstri 4.0* ya da *İnovasyon Çağı* olarak adlandırılmaktadır (Schwab, 2018, s. 40).

1.1.4. Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0)

2011 yılında Hannover Fuarı'nda düzenlenen endüstri etkinliğinde, dijital teknolojiler ile internetin geleneksel üretim süreçleriyle bütünleşmesi sonucunda sanayide köklü bir dönüşümün başlaması, Dördüncü Sanayi Devrimi yani Endüstri 4.0 kavramı ile tanımlanmıştır. Bu tarihten itibaren küresel ölçekte dikkat çeken bu dönüşüm süreci, üretim sistemlerinin dijitalleşmesiyle yeni bir paradigma oluşturmuştur. Almanya Teknik Bilimler Akademisi (ACATECH), Endüstri 4.0'ı, siber-fiziksel sistemlerin üretim süreçlerine entegre edilmesi olarak açıklamakta ve bu entegrasyonun üretimde esneklik ve verimlilik artışı sağladığını vurgulamaktadır (ACATECH, 2013, s. 11). Nesnelerin interneti, büyük veri, veri analitiği ve otonom robotların üretim süreçlerine dâhil edilerek üretim ve tedarik zincirlerinin sanal ağlar aracılığıyla internete bağlanmasının Endüstri 4.0'ın temelini oluşturduğu ifade edilmektedir. Bu bağlamda, karanlık fabrikalar ve akıllı üretim tesislerinin yaygınlaşacağına dikkat çekilmektedir (Banger, 2018, s. 75). EBSO Endüstri 4.0'ı, otonom şekilde çalışabilen makineler ve üretim sistemleri ile donatılmış akıllı fabrikaların hayata geçirilmesi ve kendi kendine yeterli üretim süreçlerinin oluşturulması olarak tanımlamaktadır (EBSO, 2015, s. 9).

Şekil 1.4. *Endüstri 4.0 tasviri (gsl.com.tr)*



Literatürde genel kabul gören tanıma göre Endüstri 4.0, üretim süreçlerine çeviklik ve dinamizm kazandırarak, endüstriyel verimliliği ve etkinliği en üst düzeye çıkarmayı amaçlamaktadır (Roblek vd., 2016, s.8; Vogel-Heuser & Hess, 2016, s.412).

1.2. Endüstri 4.0 Bileşenleri

Genel olarak literatürde Endüstri 4.0'ın; nesnelerin interneti, büyük veri ve bulut bilişim, siber fiziksel sistemler, üç boyutlu yazıcılar, artırılmış gerçeklik ve simülasyon, yapay zekâ, otonom robotlar, karanlık fabrikalar ve blok zincir ve veri madenciliği gibi bileşenlerden oluştuğu kabul görmektedir (Blanchet vd., 2014).

1.2.1. Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin İnterneti (Internet of Things- IoT) kavramının kökeni çok eskiye dayanmaktadır. Bu kavram, ilk olarak 1999 yılında Kevin Ashton tarafından literatüre kazandırılmıştır. Kevin Ashton, nesnelerin interneti kavramını iş süreçlerinde verimliliği artırmak amacıyla Radyo Frekans ile Tanımlama (RFID) teknolojisi bağlamında tanımlamış ve şirket içi sunumda kullanmıştır (Ashton, 2009, s. 100). Bu bağlamda nesnelerin interneti, zaman ve mekân sınırlamalarından bağımsız olarak cihazların birbirleriyle kolaylıkla bağlanabilmesine imkân tanıyan, internet aracılığıyla verilerin kontrol edilmesini mümkün kılan teknolojik gelişmedir (Greengard, 2017, s. 88).

Nesnelerin İnterneti (IoT) kavramı, literatürde birçok farklı bakış açılarıyla incelenmiş ve tanımlanmıştır. Gerçek ve sanal nesnelerin arayüzler aracılığıyla iletişim kurarak, gelen bilgilere göre kendi kendini yapılandırabildiği dinamik bir küresel ağ sistemi olarak tanımlanmaktadır (Somyürek, 2014, s. 67). Her şeyin interneti ya da endüstriyel internet olarak da adlandırılan Nesnelerin İnterneti (IoT), makine ve cihazların küresel bir ağ üzerinden birbirleriyle iletişim kurmasını mümkün kılan yeni bir teknoloji paradigması olarak tanımlanmaktadır (Lee & Lee, 2015, s. 431). Nesnelerin İnterneti, makinelerin insan müdahalesine ya da manuel veri girişine ihtiyaç duymaksızın kendi aralarında veri alışverişi yaparak bilgi topladığı ve bu bilgiler doğrultusunda karar alabildiği bir sistem olarak tanımlanmaktadır. Bu sistem, algılayan, iletişim kurabilen ve arayüz oluşturabilen tüm bileşenlerin birbirine bağlı olduğu bir ağ yapısını içermektedir (Aktaş vd., 2016, s. 40).

IoT uygulamaları dört temel aşamadan oluşmaktadır. Aşamalara ilişkin açıklamalar aşağıda sunulmaktadır (Gökrem & Bozuklu, 2016, s.48; Conti, 2006, s.22):

- Birinci aşama; sıcaklık, ağırlık, ışık, konum gibi "Çevre" ile ilgili verilerdir.
- İkinci aşama; sensörler, algılayıcılar, RFID gibi "Cihaz" ile ilgili verilerdir. Bu aşamada çevreden elde edilen veriler sayısallaştırılarak sinyallere dönüştürülür.
- Üçüncü aşama; bluetooth, kızıl ötesi, Yakın alan İletişimi (NFC), Kablosuz (Wireless), Genel Paket Radyo Servisi (GPRS), Küresel Mobil İletişim Sistemi (GSM) gibi "İletişim" ile ilgili verilerdir. Bu aşamada cihazlardan gelen sinyaller taşıyıcılardaki kablolu/kablosuz protokollere iletilir.
- Dördüncü aşama; yazılım, bulut, büyük veri, makine öğrenme gibi "Bilinç" ile ilgili verilerdir. Makineler ve cihazlar iletişim haline geçerek, işlemleri gerçekleştirmektedir. Bu aşamada depolanmak üzere işlem merkezlerine gönderilen verilerle bilinç oluşturulur.

IoT teknolojisinin farklı alanlardaki kullanım örnekleri literatürde kapsamlı biçimde ele alınmıştır. IoT; enerji, sağlık ve imalat gibi temel sektörlerde kullanılmakta olup (Insights, 2017, s.56; Bartje, 2016, s.4). Ayrıca imalat, finans ve perakende ticareti alanlarında da yaygın uygulama alanı bulmaktadır (Lee & Lee, 2015, s. 432). Bunun yanı sıra, sağlık hizmetleri, giyilebilir teknolojiler ve akıllı şehir uygulamaları da bu teknolojinin önemli kullanım alanları arasında yer almaktadır (Lueth, 2015, s. 78). Ulaştırma, lojistik, kişisel ve sosyal alanlar ise Nesnelerin İnterneti'nin sunduğu olanaklardan yararlanılan diğer

başlıca alanlardır (Atzori vd., 2010, s. 2791). Bu bağlamda, IoT teknolojisi yalnızca endüstriyel süreçleri değil, aynı zamanda bireysel ve toplumsal yaşam biçimlerini de köklü bir şekilde dönüştürme potansiyeline sahiptir

IoT teknolojisinin muhasebe uygulamalarında kullanımı ve süreçlere olan etkileri şu şekilde belirtilmiştir (Özçelik vd., 2022, s.1550; Valentinetti & Muñoz, 2021, s. 550; Yılmaz & Hazar, 2019, s.33; ICAEW, 2019; Cohen, 2018, s.11; Mahmud, 2017, s.44; Qiu, 2016, ss.14-15; O'Leary, 2013, s.56):

- Kayıt ve karar vermek için gerekli bilgileri toplayıp işlemler yapar. Bu sayede kayıtlarda hataların azaltılması ve kararların daha sağlıklı alınmasını sağlar.
- Bilgileri daha hızlı bir şekilde toplayarak otomatik işlemler yapar. Bu da zaman açısından avantajlar sunar.
- Hammadde ve malzeme verilerinin anlık işlenmesiyle stok kontrolünün istenildiğinde yapılması sağlar.
- Mevcut varlık ve kaynak bilgilerinin anlık izlenmesini ve eş zamanlı veri akışını sunar.
- Maliyet, fiyat, kâr tespitinde kolaylıklar sağlayarak iyileştirmelere fırsat sunar.
- Maliyet sapmalarının tespitini, bütçe oluşturmayı ve karar alma süreçlerini hızlandırır.

IoT teknolojisi, üretim süreçleri açısından makinelere ve cihazlara bilgileri internet üzerinden anlık olarak paylaşarak veri akışını hızlandırmaktadır. Üretim süreçlerinin otonomlaşmasına katkıda bulunarak üretim süreçlerinde harcanan zamanı azaltmaktadır. Böylece daha etkin planlama yapılmasını sağlayarak maliyetlerin minimize edilmesini sağlamaktadır (Rüßmann vd., 2015, s. 4). Üretim araçlarının, makinelerin ve otonom robotların IoT ile haberleşmesi sayesinde verimlilik artarken hata oranları azalmaktadır. Üretim hatlarında meydana gelebilecek mekanik veya elektriksel sorunları sensörler yardımıyla tespit ederek bu sorunların giderilmesini sağlamaktadır. Üretimdeki durma sürelerini azaltan bu teknoloji, arızaların önüne geçerek zaman ve maliyet tasarrufu sağlamaktadır. Ayrıca ihtiyaç duyulan yedek parçaların sipariş edilmesini sağlayarak gereksiz stok maliyetlerini de önlemektedir. Bunun yanı sıra taşınan ürünlerin, hammaddelerin ve malzemelerin taşıma sürecinde sıcaklık, nem, konum ve hasar durumu gibi dış etkenlere ilişkin verileri işletmeler tarafından eş zamanlı olarak takip ve kayıt

edilmektedir. Takip ve kayıt edilen verilerle üretim süreçlerinde daha rasyonel ve veriye dayalı kararlar alınması mümkün hale gelmektedir.

IoT teknolojisini, hâlihazırda birçok büyük ölçekli şirket kullanmaktadır. Örneğin, General Electric jet motorları ve rüzgâr türbinlerinde Kablosuz Sensör Ağları (Wireless Sensor Networks -WSN) ve RFID teknolojilerini kullanarak gerçek zamanlı veri analizi gerçekleştirmektedir. Bu sistem sayesinde cihazların bakım süresi ve maliyetinde önemli ölçüde azalma sağlandığı rapor edilmiştir (Atzori vd., 2010, s. 2791). Beyaz eşya endüstrisinde faaliyet gösteren Arçelik, üretim süreçlerini yazılım tabanlı tam otomatik sistemlerle yönetmektedir. Bu fabrikada dijital ve robotik teknolojiler temelinde üretim yapılmaktadır. Makineler nesnelerin interneti aracılığıyla iletişim halindedir. Böylece üretim hatlarıyla entegre diğer tesislerle koordinasyon sağlanmaktadır (https://www.arcelikglobal.com/tr). Benzer şekilde Bosch Rexroth, Wolf üretim tesislerinde yarı otomatik ve merkezi olmayan bir üretim sistemi geliştirmiştir. Bu sistemde ürünler IoT ve RFID teknolojisi ile işaretlenerek hangi üretim aşamalarından geçmesi gerektiği belirlenmekte ve süreçler tamamen otomatik olarak yönetilmektedir (TÜSİAD & BCG, 2016, s. 28).

1.2.2. Büyük Veri ve Bulut Bilişim

Büyük Veri kavramı ilk kez Michael Cox ve David Ellsworth tarafından 1997 yılında düzenlenen 8. IEEE Görüntüleme Konferansı'nda kullanılmıştır. Çalışmalarında veri setlerinin oldukça büyük olduğundan ve bu durumun ana bellek, yerel disk ve hatta uzak disklerin kapasitesini zorladığından bahsetmişlerdir. Ortaya çıkan sorunu büyük veri problemi (the problem of big data) olarak tanımlamışlardır (Cox & Ellsworth, 1997, s. 238). Büyük veri, 3V modeli (volume, variety, velocity) ile kavramsallaştırılmış ve özellikle 2010'lu yıllardan itibaren akademide ve endüstride geniş yankı bulmuştur (Laney, 2001, s. 35).

Bulut bilişim, yapılandırılabilir bilgi işlem kaynaklarının merkezi bir havuzda toplanarak, kullanıcı taleplerine göre web tabanlı olarak sunulduğu bir sistemdir (Akben & Avşar, 2018, s. 30). Bu tanım çerçevesinde, büyük veri ve bulut bilişim teknolojileri, Endüstri 4.0 kapsamında dijital dönüşümü mümkün kılan temel bileşenler arasında yer almaktadır. Özellikle bu teknolojiler sayesinde, ihtiyaç duyulan verilere mekândan bağımsız ve anlık erişim sağlanabilmekte, böylece fiziksel sınırlar aşılmakta ve karar destek sistemleri için daha hızlı, etkin ve kapsamlı analiz imkânları sunulmaktadır. Bu yönüyle büyük veri ve

bulut bilişim, sanayide esnek, ölçeklenebilir ve veri odaklı üretim modellerinin önünü açmakta; dijitalleşmenin merkezinde konumlanmaktadır (Ke & Shi, 2014, s. 81).

Büyük veri ve bulut bilişim günümüzde farklı sektörlerde yaygın olarak kullanılan önemli bir Endüstri 4.0 bileşenidir. Bileşenin imalat sektöründeki kullanım amaçları arasında; süreçleri hızlandırması, işlemleri dijital ortama taşıması, maliyetleri azaltması ve gerçek zamanlı veri erişimi sunması sayılmaktadır (Çark vd., 2019, s. 116).

Bu sistem muhasebede veri üzerinde daha kapsamlı bir kontrol imkânı sağlarken kullanıcıların istedikleri yer ve zamanda sisteme erişebilmesine de olanak tanımaktadır. Bu gelişmenin muhasebe uygulamalarının gelecekte kâğıda dayalı süreçlerden tamamen dijital ve kâğıtsız çalışma ortamlarına evrilmesine zemin hazırlayacağı öngörülmektedir. Bununla birlikte sistemin sunduğu avantajlara rağmen bilgi güvenliği ve kullanıcı gizliliği bağlamında bazı yapısal riskleri de beraberinde getirdiği dikkate alınmalıdır (Ramlukan, 2015, ss. 9-12).

Büyük veri ve bulut bilişim, geleceğe yönelik öngörüler oluşturma, stratejik planlama yapma, potansiyel tehditleri ve fırsatları belirleme açısından işletmeler için kritik bir öneme sahiptir. Üretim süreçlerinde büyük verinin doğru analizi üretim kalitesini artırıp verimliliği yükseltebilir. Muhasebe sistemlerinde büyük veri, mevzuat değişikliklerinin izlenmesi, beyannamelerin otomatik olarak doldurulması, veri girişlerinin otomatikleşmesi ve uzaktan erişim gibi olanaklar sunarak muhasebe süreçlerinin kapsamını genişletmektedir (Elitaş & Özdemir, 2014, s. 100). Bu sistemler, stok maliyetlerini gerçek zamanlı olarak takip edebilme yeteneğiyle karar alma süreçlerini desteklemektedir. Büyük veri kaynaklarının etkin bir şekilde kullanımı üretim süreçlerinde enerji tasarrufu, ekipman bakımı ve performans değerlendirme gibi alanlarda yenilikçi çözümler sunmaktadır (Lee vd., 2014, s. 5).

Büyük veri ve bulut bilişim teknolojileri, işletmelerin finansal verilerini saklamak amacıyla geleneksel yöntemlerde olduğu gibi yüksek maliyetli sistem odaları kurma zorunluluğunu ortadan kaldırmaktadır. Geleneksel sistemlerde yer alan kesintisiz güç kaynakları (UPS), jeneratörler, yangın söndürme sistemleri ile fiziksel güvenlik ve erişim kontrol sistemleri gibi altyapı unsurlarına olan gereksinim, bulut teknolojilerinin sunduğu sanal çözümler sayesinde önemli ölçüde azalmaktadır. Bu bağlamda, bulut bilişim; işletmelerin verilerini fiziksel ortamlardan bağımsız olarak sanal sunucularda depolamalarını ve bu verilere internet bağlantısı aracılığıyla çeşitli cihazlardan güvenli

bir biçimde erişebilmelerini mümkün kılmaktadır (Göv & Erdoğan, 2020, s. 310). Öte yandan, büyük veri teknolojilerinin maliyet ve yönetim muhasebesi süreçlerinde karar destek mekanizmalarına dâhil edilmesi, işletmelere stratejik avantajlar sunmaktadır. Özellikle müşteri taleplerine dayalı veri analizleri, üretim süreçlerindeki zaman kayıplarını en aza indirerek süreç verimliliğini artırmakta; bu durum da ürün maliyetlerinde düşüşe katkı sağlamaktadır (Okutmuş, 2024, s. 1707). Böylece büyük veri ve bulut bilişim, hem operasyonel etkinlik hem de finansal sürdürülebilirlik açısından işletmelere önemli faydalar sunan dijital dönüşüm araçları olarak öne çıkmaktadır.

Yarı iletken malzeme üreticisi olan Infineon Technologies, üretim sürecinin son aşamasında gerçekleştirilen testlerde bulut bilişim teknolojisiyle tek bir çipten elde edilen verileri üretim sürecinin önceki aşamalarından elde edilen süreç verileriyle ilişkilendirerek analiz etmiştir. Bu sayede, ürün hatalarını azaltarak hatalı çiplerin üretim sürecinden ayıklanmasını sağlamış ve üretim kalitesini artırmıştır (TÜSİAD & BCG, 2016, s. 25). Mercedes Türk firması, Endüstri 4.0 uygulamaları kapsamında büyük veri ve veri analizi teknolojilerini kullanarak üretim süreçlerini iyileştirmek üzerine çalışmalar yaptığını bildirmiştir (https://turkchem.net/mercedesbenz). Tofaş ise, dijital dönüşüm projesi kapsamında Vodafone Business ile iş birliği yaparak özelleştirilmiş mobil şebeke teknolojisini kullanmaktadır. Böylece üretim verileri anında analiz edilerek optimizasyon sağlanmakta, araçların, çalışanların ve stokların konumları anlık olarak takip edilebilmektedir (https://www.techinside.com).

1.2.3. Siber Fiziksel Sistemler

Siber fiziksel sistemler (Cyber-Physical Systems-CPS), fiziksel varlıklar ile bilgisayar sistemlerinin koordineli ve etkileşimli çalıştığı sistemlerdir. Bu sistemler sensörler aracılığıyla bilgi toplamaktadır. Elde ettikleri yeni bilgiler doğrultusunda kendilerini otomatik olarak düzenlemekte, diğer CPS'lerle ve insanlarla iletişim kurarak sürekli öğrenmektedirler (Broy vd., 2012, s. 8). Ulusal Bilim Kurumu'na (The National Science Foundation) göre CPS, üretim süreçlerindeki gözlemleme, koordinasyon, kontrol, hesaplama ve iletişim gibi temel teknolojilerin birleşimiyle oluşturulmuş sistemler olarak tanımlanmaktadır (https://www.siskon.com.tr/).

Siber fiziksel sistemler, otonom bir şekilde bilgi alışverişi yapabilen, hareket edebilen ve birbirlerini kontrol edebilen akıllı makineleri, depolama sistemlerini ve üretim tesislerini

kapsamaktadır (Kagerman vd., 2013, s. 22). Fiziksel ve dijital dünyaların bir araya getirilmesini mümkün kılan CPS, endüstriyel üretim süreçlerinden akıllı ulaşım sistemlerine kadar geniş bir uygulama alanına sahiptir (Rho vd., 2016, s. 437).

Siber fiziksel sistemler sayesinde nesneler ilgili ağları kullanarak birbirleriyle iletişim kurabilmekte, üretim sürecinin çeşitli aşamalarında analizler yaparak bağımsız kararlar alabilmekte ve bu kararları diğer nesnelere iletebilmektedir. Bu sistemler, işletme ağlarına veri sağlama, bu verilere erişme ve verileri işleme süreçlerine uyumlu bir şekilde yürütmekte, tüm bu faaliyetleri bilgisayar tabanlı nesnelerle iş birliği içinde gerçekleştirebilmektedir (Monostori vd., 2016, s. 630).

Siemens ve BSH, fiziksel makinelerden toplanan verileri kullanarak parçaların işlenmesi süreçlerini simüle eden bir CPS geliştirmiştir. Bu yenilikçi teknoloji sayesinde, işleme süreci için gerekli olan hazırlık süresi %80 oranında azaltılmıştır (TÜSİAD & BCG, 2016, s. 27).

CPS'ler için görülen en önemli sorun, siber güvenliktir. Siber fiziksel sistemler, güvenlik ve gizlilik açısından önemli riskler barındırmaktadır. Siber fiziksel sistemlere yönelik saldırılar yalnızca makinelere zarar vermekle kalmayıp aynı zamanda çalışanların güvenliğini de tehdit edebilmektedir. Mevcut güvenlik çözümleri siber fiziksel sistemlerin geniş ağlarına ölçeklenebilir bir şekilde uyum sağlayamadığından henüz yeterli seviyeye ulaşmamıştır. Bu nedenle çalışma anında gerçekleşen saldırılara karşı savunmasız olan siber fiziksel sistemler için daha gelişmiş güvenlik mekanizmalarının tasarlanması ve geliştirilmesi amacıyla AR-GE faaliyetlerine duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır (Banger, 2017, s. 144). Muhasebe bağlamında ise en önemli sorumlulukların başında müşteri verilerinin korunması ve gizliliğinin sağlanması gelmektedir. Dijitalleşme sürecinin getirdiği en büyük zorluklardan biri özellikle finansal işlemler söz konusu olduğunda siber güvenlik riskleridir. Siber tehditler, bilgi teknolojileri kullanıcıları için büyük bir sorun teşkil etmekte olup muhasebe meslek mensupları için de ciddi bir güvenlik açığı oluşturmaktadır (Tekbaş, 2019, s. 110).

Forbes dergisine göre, siber suçların küresel maliyetinin 2019-2025 yılları itibarıyla 2 Trilyon ABD dolarına ulaşılacağı tahmin edilmektedir. Warren, siber saldırıları insanlık için nükleer silahlardan daha büyük bir tehdit olarak değerlendirirken, IBM Başkanı ve

CEO'su Ginni Rometty siber suçları en büyük tehlike olarak tanımlamaktadır (Tekbaş, 2019, s. 110).

1.2.4. Üç Boyutlu Yazıcılar

Üç boyutlu yazıcılar (Third-Dimensional-3D), dijital ortamda oluşturulan üç boyutlu bilgisayar tabanlı verileri fiziksel ve elle tutulabilir nesnelere dönüştüren cihazlar olarak tanımlanmaktadır (Chua & Leong, 2014, s. 34). Bu teknoloji bilgisayar ortamında uygun yazılımlar aracılığıyla tasarlanan çizimleri ya da verileri farklı materyaller kullanarak somut üç boyutlu nesnelere dönüştürme yeteneğine sahiptir (Şekkeli & Bakan, 2018, s. 24).

Geleneksel imalat makineleri belirli malzeme türleri (örneğin plastik, alüminyum, gıda malzemeleri) için özel olarak tasarlanmıştır. 3D yazıcılar daha geniş bir malzeme yelpazesi sunarak üretimde önemli bir esneklik sağlamaktadır. Bu teknolojide kullanılan malzemeler değiştirildiğinde alternatifleriyle kolayca ikame edilebilmektedir (Tekbaş, 2019, s. 100). Ayrıca 3D yazıcılar hazırlık aşamasını ve süresini mekanik muadillerine kıyasla çok daha kısa sürede tamamlayarak üretim sürecini büyük ölçüde hızlandırmaktadır. Bu dijital dönüşüm, hem üretim süreçlerini hem de muhasebe ihtiyaçlarını yeniden şekillendirme potansiyeline sahiptir.

3D yazıcılar yeni bir ürünün tasarımı ve geliştirilmesi sürecinde ortaya çıkabilecek olası sorunların önceden tespit edilmesini sağlamaktadır. Geleneksel üretim yöntemlerinde prototip üretimi yüksek maliyetli ve zaman alıcı bir süreçtir. Buna karşın 3D yazıcılarla istenilen prototipler saatler içinde üretilebilmektedir (Çelik & Çetinkaya, 2016, s. 152). Bu durum hızlı prototipleme sayesinde düşük maliyetli ve kişiye özel üretim fırsatlarını mümkün kılmakta, bireysel yaratıcılığın ve yenilikçi düşüncelerin gelişmesine katkıda bulunmaktadır (Banger, 2018, s. 147).

3D yazıcılar üretim maliyetlerini önemli ölçüde değiştirme potansiyeline sahiptir. Dijital üretim süreçlerinin verimliliği göz önünde bulundurulduğunda maliyet muhasebesi yöntemlerinin bu değişime uyum sağlaması gerekmektedir (Uygunoğlu vd., 2019, s. 280). Ayrıca üretim sürecinde ihtiyaç duyulan miktarda malzemenin kullanılması atık miktarını azaltarak kaynak verimliliğini artırmaktadır (Banger, 2018, s. 147). İşletmeler 3D yazıcılar sayesinde makinelerinde arızaya neden olan parçaları hızlı bir şekilde üretebilmekte ve bu sayede makinelerini kısa sürede yeniden üretime dâhil

edebilmektedir. Bu durum bakım ve onarım maliyetlerini azaltırken enerji tasarrufu sağlamakta ve amortisman giderlerini düşürmektedir (Şahin & Turan, 2018, s. 113). Ayrıca geleneksel üretim yöntemlerinden farklı olarak daha esnek, sürdürülebilir ve verimli bir üretim sürecinin kapılarını açmaktadır. Bu gelişmelere bağlı olarak 3D yazıcıların yaygınlaşması üretim sektörlerinde köklü değişimlere yol açabilecek bir potansiyele sahiptir (Söylemez, 2020, s. 228).

Arçelik, prototip üretiminde uzun süredir 3D yazıcı teknolojisini kullanmaktadır. Bu teknolojiyle servis parçalarının üretilmesi yazıcılar aracılığıyla gerçekleştirilmektedir (www.arcelik3dprint.com.tr). Benzer şekilde Ford İşletmesi, yeni Mustang modelinin motor üstündeki koruyucu kapağını 3D yazıcıyla üretmiştir. Ford yöneticilerinin açıklamalarına göre bu parçalar 3D yazıcıyla dört gün içinde ve 3.000 dolar maliyetle üretilmiştir. Geleneksel üretim yöntemleriyle aynı miktarda parçanın üretilmesi ise yaklaşık dört ay sürmekte ve 50.000 dolara kadar maliyet oluşturduğu bildirilmektedir (https://edm-accessories. ford.com/3DPrinting/).

1.2.5. Artırılmış Gerçeklik ve Simülasyon

Artırılmış gerçeklik (Augmented Reality-AR) ve Sanal Gerçeklik (Virtual Reality-VR) sıklıkla birbiriyle karşılaştırılan iki teknoloji olup, farklı teknolojik yaklaşımlar sunmaktadır. VR, gerçek dünyayı tamamen sanal bir ortama taşıyarak etkileşimli üç boyutlu sanal ortamlar oluşturmayı amaçlamaktadır. Buna karşın artırılmış gerçeklik, gerçek dünyayı sanal verilerle zenginleştirerek kullanıcı deneyimini geliştiren bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır (Somyürek, 2014, s. 67). Bu bağlamda, VR tamamen dijital bir ortam sunarken, artırılmış gerçeklik fiziksel ve sanal dünyayı birleştirerek gerçeklik algısını güçlendirmektedir.

Artırılmış gerçeklik tesis planlama, taşıma, sipariş toplama, depolama, paketleme, kalite, güvenlik ve müşteri hizmetleri gibi lojistik süreçlerde verimliliği artırarak üretime önemli katkılar sağlamaktadır. Bu teknoloji, çalışanların karar verme yetilerini desteklemek, çalışma koşullarını iyileştirmek ve uzaktan bağlantılar yoluyla ekip içi iş birliğini güçlendirmek amacıyla da yaygın olarak kullanılmaktadır (Yılmaz & Duman, 2019, s. 190).

Artırılmış gerçeklik teknolojisinin yönetim süreçleri açısından da çeşitli yenilikler sunması beklenmektedir. Bu teknoloji sayesinde farklı konumlarda bulunan kişiler,

makineler, bileşenler ve nesneler aynı ortamda bir aradaymış gibi sunulabilmektedir. Ayrıca iş süreçlerinin geliştirilmesi amacıyla nesnelerin her bir bileşeni üzerinde detaylı ve etkileşimli gösterimlerle sunumlar yapılabilmektedir. Bunun yanı sıra tamir, bakım ve montaj gibi uygulama alanlarında etkin kullanılmakta, verimliliği artırması ve maliyetleri azaltması nedeniyle yaygın olarak tercih edilmektedir (Güler & Yücedağ, 2018, s. 100). Bilgisayar ve üretim teknolojilerindeki gelişmeler sayesinde kullanıcılar ve çalışanlar, üretim süreçlerine dair bilgileri artırılmış gerçeklik aracılığıyla gerçek zamanlı olarak çalışma ortamlarına entegre edebilmektedir (Ong vd., 2008, s. 2721).

Getvuar şirketi, depo verimliliğini artırmak amacıyla Pikvu adını verdiği sistem ile sipariş toplama süreçlerinde AR teknolojisini kullanmaktadır. Bu sistem sayesinde depodaki toplayıcılar AR gözlükleri aracılığıyla bir ok kılavuzu yardımıyla paketin en kestirme yolunu takip edebilmekte, rafları kolayca tanımlayabilmekte ve el tipi tarayıcıya gereksinim duymadan barkodları hızlı bir şekilde tarayarak %1 hata olasılığıyla ürünlere kolayca ulaşabilmektedir (www.getvuar.com, 2023).

Benzer şekilde DHL tarafından yapılan incelemelerde sipariş toplama süreçlerinde AR teknolojisinin geleneksel yöntemlere göre %25 daha hızlı ve %100 doğruluk oranıyla çalıştığı tespit edilmiştir (DHL, 2021).

AR gözlük teknolojisi kullanılarak gerçekleştirilen sipariş toplama uygulamasında, %22 oranında zaman tasarrufu sağlandığı ve hataların %33 ila %58 oranında azaltıldığı tespit edilmiştir (Murauer, 2019, s. 86).

Siemens, fabrika çalışanlarına acil durumlarda ne yapmaları gerektiğini öğretmek için AR tabanlı bir eğitim modülü geliştirmiştir. Bu modül artırılmış gerçeklik özellikleriyle donatılmış, veri tabanına bağlı ve üç boyutlu bir sanal fabrika ortamı sunmaktadır. Bu sayede çalışanlar makine parametrelerini değiştirme, operasyonel bilgilere erişme ve bakım talimatlarını inceleme imkânı bulabilmektedir (TÜSİAD & BCG, 2016, s. 30).

Iowa State University ve Boeing tarafından yapılan bağımsız bir araştırmaya göre, artırılmış gerçeklik teknolojisi çalışan kaynaklı hataları %30 ila %90 oranında azaltmakta ve montaj sürelerini önemli ölçüde kısaltmaktadır (https://www.weforum.org).

Sonuç olarak, artırılmış gerçeklik teknolojisi konum ve nesne katmanlarını aşarak sanal ve gerçek dünyayı birleştirme kapasitesiyle verimliliği artırmakta, süreçlerin

iyileştirilmesine katkı sağlamakta ve farklı sektörlerde geniş bir uygulama alanı sunmaktadır.

Öte yandan simülasyon ise, gerçek dünyadaki bir sürecin ya da sistemin sanal ortama taşınarak birebir modellenmesi olarak tanımlanmaktadır (Şekkeli & Bakan, 2018, s. 29). Özellikle endüstriyel tasarım, malzeme kullanımı ve üretim süreçlerinde yaygın olarak kullanılan simülasyonlar, gerçek zamanlı verilerle desteklendiğinde makineler, ürünler ve insanlarla birlikte fiziksel dünyanın sanal temsillerini oluşturma potansiyeline sahiptir. Bu sayede operatörler üretim sürecine geçmeden önce makine parametrelerini sanal ortamda test ederek kurulum sürelerini kısaltabilmekte ve verimliliği artırabilmektedir (TÜSİAD & BCG, 2016, ss. 26-27).

Günümüzde ürün, malzeme ve üretim süreçlerinde kullanılan üç boyutlu modelleme metotlarının zamanla yerini simülasyon tabanlı sistemlere bırakması beklenmektedir. Bu simülasyonlar üretimde fiziksel dünyayı sanal olarak bizlere gösterecek ve makine ayarlarını, kurulumlarını, üretim araç ve gereçlerinin yerleşimlerini sanal olarak test edilmesine imkân tanıyacaktır (Tiftik & Bumin Doyduk, 2017, s. 131).

Simülasyon teknolojisi özellikle üretim maliyetlerinin yüksek olduğu ürünlerde ya da insan sağlığı ve güvenliği için risk taşıyan ortamlarda sıkça kullanılmaktadır. Örneğin, pilot adaylarının tam donanımlı bir simülasyon ortamında eğitilmesi yakıt ve bakım maliyetlerini minimize ederken; düşme, arıza ve yangın gibi riskleri ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca simülasyon teknolojisi üretim süreçlerinde tasarım, uygulama ve test aşamalarında kullanılarak olası hataların minimize edilmesine ve maliyetlerin azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Simülasyon teknolojileri üretim süreçlerinde montaj, üretim sürecinin düzeni ve ürün geliştirme konusunda işletmelere kolaylıklar sağlamaktadır (Ong vd., 2008, s. 2720).

Günümüzde üreticiler, makinelerden elde edilen verileri kullanarak simülasyon modelleri oluşturmaktadır. Bu modeller sayesinde, parça işleme sürecindeki kurulum süreleri %80'e kadar azaltılabilmektedir. Bu sayede operatörler, üretim hattında bir sonraki ürün için makine parametrelerini sanal ortamda test etme fırsatı bulmakta ve bu durum hem kurulum sürelerini kısaltmakta hem de üretim sürecinin kalitesini artırmaktadır (TÜSİAD & BCG, 2016, s. 28).

1.2.6. Yapay Zekâ

Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi (CBDDO) tarafından yapay zekâ, bir bilgisayarın veya bilgisayar kontrollü robotun genellikle akıllı varlıklarla ilişkili görevleri yerine getirme yeteneği şeklinde tanımlanmaktadır. Terim sıklıkla akıl yürütme, anlam keşfetme, genelleme yapa veya geçmiş deneyimlerden öğrenme gibi insanlara özgü entelektüel süreçlerle donatılmış sistemler geliştirmek amacıyla kullanılmaktadır (https://cbddo.gov.tr/sss/yapay-zekâ/). Literatürde birçok yazar yapay zekâyı; insan zekâsına özgü algılama, öğrenme, düşünme, çıkarımda bulunma, problem çözme, iletişim kurma ve karar verme gibi bilişsel işlevleri yerine getiren bir işletim sistemi olarak tanımlamaktadır (Nabiyev, 2012, s. 86). Bu tanımlardan yapay zekânın, makinelerin insan zekâsına benzer bilişsel işlevleri yerine getiren bir işletim sistemi olarak tanımlandığı anlaşılmaktadır.

Muhasebe uygulamalarındaki dijital dönüşüm süreci başlangıçta bilgi teknolojilerinin (BT) uygulanmasıyla ivme kazanmış olsa da, günümüzde yapay zekâ ve diğer Endüstri 4.0 bileşenlerinin uygulanmasıyla daha derin ve yapısal bir değişim sürecine girmiştir. Bu dönüşüm, muhasebe sistemlerinin sadece otomasyon düzeyinde değil, aynı zamanda karar destek sistemleri bağlamında da yeniden yapılandırılmasını sağlamıştır. Bu bağlamda Endüstri 4.0 bileşenleri, büyük hacimli verilerin gerçek zamanlı olarak işlenmesine olanak tanımaktadır. Bu durum kurumsal şeffaflığı artırmakta, muhasebe bilgilerinin doğruluğunu güçlendirmekte ve finansal verilere duyulan güveni önemli ölçüde yükseltmektedir (Abdullah & Almagtari, 2024, ss. 4-12). Yapay zekâ endüstriyel süreçlerde tüm bileşenlerin etkileşimini sağlayarak çeşitli işlevlerin otomasyonunu mümkün kılmaktadır. Bu kapsamda yapay zekâ teknolojisi (Erasmus & Marnewick, 2021, s. 728; Aylak vd., 2021, s.76):

- Stokların izlenmesi ve kontrolü,
- İşletme varlıklarının doğru ve hızlı bir şekilde değerlenmesi,
- Üretim maliyetlerinin doğrudan hesaplanması,
- Maliyet minimizasyonu sağlama çalışmaları,
- Muhasebe kayıtlarının otomatik olarak oluşturulması,
- Bütçeleme ve raporlama süreçlerinin otomasyonunu gerçekleştirmesi,

- Büyük veri analitiği ve bulut teknolojileriyle desteklenen bu süreçler, daha verimli ve doğru sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır.

Yapay zekâ, işletmelerde ortaklara ve dış paydaşlara yönelik detaylı raporlar hazırlayarak karar alma süreçlerine katkıda bulunmaktadır. Bunun yanı sıra, muhasebe süreçlerinde hata ve hileleri büyük ölçüde azaltma potansiyeline de sahiptir. Yapay zekâ tarafından işlenen muhasebe kayıtları insan hatalarını önemli ölçüde ortadan kaldırarak veri doğruluğunu artırmaktadır. Bununla birlikte yapay zekâ uygulamalarında kullanılan arayüzlerin ve veri analizi programlarının satın alınması veya kullanım haklarının kiralanması işletmelerin maddi olmayan duran varlıklar kaleminde artışa neden olabilmektedir. Bu durum amortisman giderlerinde de artışa sebep olabilecek önemli bir finansal etki olarak değerlendirilmektedir. Bu artış, ilgili varlıkların amortismana tabi tutulması nedeniyle dönemsel amortisman giderlerinde de yükselişe neden olması beklenmektedir.

Günümüzde maliyet ve yönetim muhasebesi uygulamalarında yapay zekâ destekli yazılımların kullanımı yaygınlaşmaktadır. Dext, Vic.ai, Indy, TurboDoc ve Docyt gibi yapay zekâ destekli muhasebe programları işletmelerin fatura ve benzeri belgelerini otomatik olarak tanımlayarak, herhangi bir manuel müdahaleye gerek kalmaksızın bu belgeleri uygun muhasebe hesaplarına aktarabilmektedir. Bu sistemler yalnızca belge tanıma ve kayıt işlemleriyle sınırlı kalmayıp, aynı zamanda maliyet analizi gerçekleştirme kapasitesine de sahiptir. Bu bağlamda, söz konusu yazılımlar şirket yöneticilerine alternatif stratejik karar seçenekleri sunarak, karar alma süreçlerini daha etkin hâle getirmektedir. Ayrıca her bir yazılım, maliyet ve yönetim muhasebesi uygulamaları açısından fiyatlandırma stratejileriyle, işletme performansının izlenmesi ve değerlendirilmesi gibi alanlarda yöneticilere önemli katkılar sağlamaktadır (Wu vd., 2020, s. 190).

1.2.7. Otonom Robotlar

Robot terimi ilk kez Karel Čapek'in 1920 yılında yazdığı Rossum's Universal Robots adlı oyununda yer almış ve daha sonra tüm dünyada kullanılmaya başlanmıştır. Söz konusu oyunda robotlar, bir fabrikada köle gibi çalışan yapay varlıklar olarak betimlenmiştir (https://tr.wikipedia.org). Fransızcada robotique kelimesi, robotik olarak Türkçeye çevrilmiştir (https://www.fransizcasozluk.net). Türk Dil Kurumu (TDK) sözlüğünde robot, Belirli bir işi yerine getirmek için manyetizma ile kendisine çeşitli işler

yaptırılabilen otomatik araç olarak tanımlanmaktadır (https://sozluk.gov.tr). Bu tanım incelendiğinde robotların bağımsız karar alma yetisine sahip olmadığı, belirli bir işlevi yerine getirmek için dışarıdan yönlendirilen otomatik araçlar olduğu anlaşılmaktadır (Yüksel & Ebru 2017, s. 86).

Robotların hem insan yaşamında hem de sanayide önemli bir yer edinmeye başlaması kökeni 19. yüzyılda buhar gücünün fabrikalarda ve demiryollarında kullanılmaya başlanmasına dayandırılmaktadır. Daha sonraki kritik dönüm noktaları ise 20. yüzyılın başlarında elektrik enerjisinin yaygınlaşması ve 1970'lerde bilgisayarların devreye girmesiyle otomasyon sistemlerinin hayata geçirilmesi olmuştur. 2000'li yıllardan itibaren teknolojik gelişmeler hız kazanmış, geleneksel teknolojiler ilerlemesini sürdürürken bilimsel ve teknolojik yenilikler iş dünyasını doğrudan etkileyen bir sürece evrilmiştir. İş ve üretim süreçlerini otomasyon odaklı dönüştüren bu değişimler günümüzde otonom robotlar olarak adlandırılmaktadır (Banger, 2017, s. 190).

Robotlar, bünyelerinde yer alan gömülü donanım ve yazılımlar sayesinde yapay zekâ kullanabilen, karşılaştıkları durumlara göre farklı kararlar alabilen ve bu kararlar arasından en uygun olanını uygulayabilen, aynı zamanda çevrelerinden veri toplayarak diğer akıllı nesnelerle iletişim kurabilen robotik sistemler olarak tanımlanmaktadır (Banger, 2017, s. 13). Otonom robotlar, farklı sektörlerde operasyonel düzeyde kullanılmakta olup; yetkinliklerini geliştirebilen, esnek bir yapıya sahip olan, birbirleriyle yüksek düzeyde etkileşim kurabilen, insanlarla iş birliği yapabilen ve öğrenme kapasitesine sahip teknolojiler olarak değerlendirilmektedir (TÜSİAD & BCG, 2016, s. 26).

Otonom robotlar işletmelerin verimliliğini artırma ve maliyet yönetiminde yeni yaklaşımlar sunma bakımından önemli avantajlar sağlamaktadır. Özellikle muhasebe mesleğinde manuel iş yoğunluğunu azaltarak daha stratejik alanlara bilgi analizi ve karar verme süreçlerine odaklanma fırsatı sunmaktadır. Bu bağlamda, robot muhasebeciler olarak adlandırılan sanal muhasebeciler veri işleme, doğrulama, raporlama ve denetim gibi işlevleri yerine getirerek tutarsızlıkların tespit edilmesini sağlamaktadır. Veri aktarımı ve günlük muhasebe kayıt işlemlerini otomatik hale getirerek iş süreçlerinin etkin ve doğruluk düzeyini de artırmaktadır (Tekbaş, 2019, s. 83). Tüm bu süreçler CPS, IoT ve yapay zekâ ile uyumlu hale getirilerek, robotların çevresini algılayıp veri toplamasını, öğrenmesini ve diğer sistemlerle iş birliği yapmasını mümkün kılmaktadır.

Robotik sistemler yalnızca bağımsız iş yapabilen mekanizmalar olarak değil aynı zamanda birden fazla robotun ortak çalışarak daha karmaşık üretim süreçlerini gerçekleştirme potansiyeline sahip ileri düzey teknolojiler olarak değerlendirilmektedir.

Otonom robotların üretim süreçlerinde kullanımı, işletmelere kalite, esneklik, verimlilik ve maliyet avantajları sağlamaktadır. Bu teknolojiler üretim otomasyonunda yeni bir dönem başlatarak geçmişe kıyasla daha akıllı, esnek ve iş birliğine dayalı sistemler olarak öne çıkmaktadır. Otonom robotların fabrikalar içinde herhangi bir noktada konumlanabilmesi, çevresini algılayarak otonom hareket edebilmesi ve arıza durumlarında iş planı üretme yeteneği gelecekteki üretim süreçlerinin temel unsurları arasında yer alacağı düşünülmektedir. Bunun yanı sıra bir robotun arızalanması durumunda başka bir robotun devreye girerek görev devrini otomatik olarak gerçekleştirebilmesi bu sistemlerin esneklik ve dayanıklılık açısından sunduğu önemli avantajları göstermektedir (Yazıcı, 2016, ss. 38-39).

Otonom robotlarla, hammaddenin insansız araçlarla fabrikaya taşınması, robotlar tarafından işlenmeye başlaması ve ürünlerin tüm özelliklerinin önceden programlanarak otomatik süreçlerle üretim hattında ilerlemesi mümkün hale gelmiştir. Bu süreçte bilgisayarlar ve robotlar, yapay zekâ desteğiyle üretimin her aşamasında belirlenen kurallar çerçevesinde etkileşim kurarak üretimi gerçekleştirmektedir (Ghobakhloo, 2018, s. 921).

Otonom robotların üretim süreçlerinde kullanılmasıyla işçilik giderlerinin önemli ölçüde azalacağı ancak genel üretim giderlerinin artacağı öngörülmektedir. Bunun temel nedeni büyük ölçekte otonom robotlarla çalışan bir tesisin kurulmasının yüksek yatırım maliyetleri gerektirmesidir. Amortisman kaynaklı genel üretim giderlerinin uzun vadede artması beklenirken, teorik ve pratik kapasite farklarının ortadan kalkması gibi avantajlar sağlayacağı düşünülmektedir. Bu gelişmeler işletmelerin daha verimli üretim modellerine geçiş yapmalarını destekleyerek uzun vadeli avantajlar elde etmesini sağlayacaktır (Okwu vd., 2020, s. 6).

Avrupa'da faaliyet gösteren Kukla işletmesi, birbiriyle etkileşim halinde çalışabilen otonom robotlar üretmektedir. Bu robotlar üretim hattında bir sonraki ürünün montajına hazırlanmak için davranışlarını ayarlayabilme yeteneğine sahiptir. Gelişmiş sensörler ve kontrol üniteleri sayesinde insanlarla yakın iş birliği içinde güvenli bir şekilde çalışabilmektedirler. Benzer şekilde sanayi robotları üreticisi olan A38 işletmesi, özellikle

insanlarla birlikte ürün montajı yapabilmek üzere tasarlanan Yum isimli iki kollu bir robot geliştirmiştir. Bu robot korumalı iki kolu ve sanal görüş özellikleri sayesinde güvenli bir şekilde insanlarla etkileşim kurabilmekte ve aynı zamanda montaj parçalarını tanıma ve yerleştirme işlemleri de yapabilmektedir (TÜSİAD & BCG, 2016, s. 25).

Çin merkezli Changing Fission Technology adlı teknoloji şirketi, insan odaklı iş modelinin %90'ını robotlarla değiştirerek üretkenlikte %250 oranında artış sağladığını rapor etmiştir. Bu üretkenlik artışı robotların öğrenme kapasiteleri ve çevrelerine uyum sağlama yetenekleriyle mümkün olmuştur. Robotlar haftanın yedi günü, günde 24 saat boyunca sıfır hatayla çalışmakta ve gerçekleştirdikleri işleri sürekli olarak optimize etmektedirler. Sürekli çalışan robotlara yönelik Bill Gates'in insan iş gücünün yerini alan robotların, işçi olarak vergilendirilmesi gerektiğine dair önerisi de gelecekte otonom robotların önemine işaret etmektedir (Gedik, 2018, ss. 81-89).

Böylelikle teknoloji odaklı bir üretim yapısına geçişin insan kaynaklı maliyetleri ortadan kaldırdığı ve üretim süreçlerini kesintisiz bir şekilde sürdürme imkânı sağladığı gözlemlenmektedir. Robot teknolojisindeki ilerlemeler daha düşük çevrim süreleri, azalan hata oranları, yüksek kalite ve güvenilirlik, azaltılmış üretim atıkları ve daha etkin üretim alanı kullanımı gibi avantajlar sağlayarak üretim süreçlerinde vazgeçilmez bir konuma ulaşacağı tahmin edilmektedir (Groover, 2016, s. 46).

1.2.8. Karanlık Fabrikalar

Endüstri 4.0 bileşenlerinin uygulandığı en ileri seviyedeki üretim tesislerinden biri, Karanlık Fabrikalar (Dark Factories) olarak adlandırılan tesislerdir. İçinde hiç insan çalışmaması nedeniyle karanlık fabrikalarda denilen bu fabrikaların ilki Çin'de kurulmuştur. Bu fabrikalarda sensörler, aktüatörler, makineler, yapay zekâ, CPS ve robotlar gibi bileşenler bir arada kullanılmaktadır (Qin vd., 2016, s. 174). Bundan dolayı bilgi teknolojilerinin yoğun bir şekilde uygulanarak üretim süreçlerini daha akıllı, verimli ve duyarlı hale getiren sürekli üretim yaklaşımı olarak tanımlanmaktadır (TOBB, 2016, s. 20). Bu teknoloji verilerin toplanması, analiz edilmesi ve yorumlanmasını esas alarak üretim sürecini en üst düzeyde optimize etmeye odaklanmaktadır. Bu bağlamda sensörler, makineler ve üretim kaynakları internet aracılığıyla sürekli iletişim halindedir (Yıldız, 2018, s. 551). Ayrıca makinelerin bakımı, üretim süreçleri ve fabrika yönetimi otonom bir şekilde gerçekleştirilmektedir.

Karanlık fabrikalar, maliyet ve yönetim muhasebesi bakımından geleneksel üretim sistemlerine kıyasla önemli değişimler getirmektedir. Maaş, devamsızlık, verim düşüklüğü, yemek, ulaşım, sağlık giderleri, hukuki tazminatlar ve toplu sözleşme gibi işçiliğe ilişkin maliyetler otonom sistemler sayesinde azalmaktadır. Üretimde gerçekleşen (fiili) kapasite ile teorik kapasite farkı en aza inmektedir. Böylece atıl kapasite minimum düzeyde gerçekleşmektedir (Hiçyorulmaz & Akdoğan, 2019, s. 36). Birbirleriyle iletişim halinde üretim yapan makineler sayesinde bekleme süreleri ve hata olasılığı azalmaktadır (Terzi, 2021, s. 866). Makine ve cihaz ağırlıklı üretim gerçekleştiğinden genel üretim giderlerinde (amortisman, bakım vb.) artış görülmektedir. Buna bağlı olarak amortisman giderlerinde de artışlar olmaktadır. Ayrıca şu an için sistemlerin kurulumu da yüksek yatırım maliyetleri gerektirmektedir (Yılmaz & Öncel, 2023, s. 402). Akıllı fabrikaların geleneksel fabrikalardan temel farkı, insan faktörünün olağanüstü durumlar haricinde tamamen sistem dışına çıkarılmasıdır (Motyl vd., 2017, s. 1503). Geleneksel üretim yaklaşımlarından farklı olarak nihai karar mercii makine olup, bu durum üretim sürecinde radikal bir dönüşüme işaret etmektedir.

Çin'de cep telefonu modülü üreten bir şirket, tamamen karanlık fabrika oluşturarak üretim yapmaktadır. Bu fabrikada robotların kullanılmasıyla işçi sayısı %90 azalırken kusurlu ürünlerin oluşma oranı %25'den %5'e kadar düşmüştür (Aksoy, 2017, s. 35). 2018 Haziran ayında Çinli e-ticaret devi JD, tamamen otonom işleyen bir depo ve nakliye tesisi kurmuştur. Bu tesiste paketleri alan, paketleyen ve transfer eden 20 sanayi robotu çalışmaktadır. Bu tesiste yalnızca 5 teknisyen bulunmakta ve bunların tek sorumluluğu robotların devamlı çalışır durumda olmasını sağlamaktır. Eğer aynı işi yapmak için insanların çalışması gerekseydi, 500 işçiye ihtiyaç duyulacağı bildirilerek maliyete ilişkin avantajlardan bahsedilmiştir (Coşkun & Coşkun, 2020, s. 59). Dünyanın öncü dijital fabrikalarından biri olarak kabul edilen Siemens Amberg Fabrikası, üretim süreçlerinin %75'ini bilgisayarlar ve makineler aracılığıyla gerçekleştirmekte yalnızca %25 oranında insan gücü kullanmaktadır. Süreçte önemli maliyet avantajları elde edildiği raporlanmıştır (https://akillifabrikalar.com.tr/karanlik-fabrikalar/).

Sonuç olarak, karanlık fabrikalar, üretim süreçlerini otomasyon, yapay zekâ ve dijital teknolojilerle optimize ederek insan faktörüne dayalı maliyetleri ve enerji giderlerini azaltmaktadır. Bu gelişmeler gelecekte sanayinin tamamen dijitalleşeceğini, makine ve veriye dayalı optimizasyonların temel rol oynayacağını göstermektedir.

1.2.9. Blok Zincir ve Veri Madenciliği

Günümüzde birçok işletme muhasebe verilerini güvence altına almak ve karmaşık iş süreçlerini hızlandırmak amacıyla Blok Zincir (Blockchain) teknolojisinden yararlanmaktadır. Blok zincir yalnızca bir kripto para teknolojisi olarak görmek yetersizdir. Bu teknolojiyi; denetim, uyumluluk ve mutabakat gibi muhasebe alanlarında geleneksel yöntemlerin yerini alabilecek potansiyele sahip bir sistem olarak değerlendirmek gereklidir. Dünyanın önde gelen blok zincir kullanıcısı IBM, blok zincir teknolojisini herhangi bir iş ağında gerçekleştirilen işlemlerin değiştirilemez bir şekilde kaydedilmesini sağlayan ve varlıkların takip edilmesini kolaylaştıran dağıtık bir elektronik defter (distributed ledger) olarak tanımlamaktadır (www.ibm.com). Bu bağlamda, blok zincir teknolojisi merkezi bir otoriteye ihtiyaç duymadan güvenilir ve şeffaf bir işlem ortamı sunmaktadır (Köylü & Köylü, 2024, s. 364). Muhasebe süreçlerinde blok zincir teknolojisinin sağladığı temel avantajlar şu şekilde özetlenebilir (Sharma, 2025, s.200; Dashkevich, 2024, s.244; Kanaparthi, 2024, s.360):

- Gerçek Zamanlı Kayıt: Geleneksel muhasebe sistemlerinde işlemler belirli dönemlerde kaydedilip geriye dönük olarak güncellenebilirken, blok zincir tabanlı sistemlerde veriler işlem anında kaydedilir ve sonradan değiştirilmesi mümkün değildir.
- Otomatik Mutabakat: İşletmelerin ayrı ayrı veri tutma gereksinimini ortadan kaldıran blok zincir teknolojisi, tüm işlemlerin şifrelenmiş ve merkeziyetsiz bir yapı üzerinden eşzamanlı olarak gerçekleştirilmesini sağlar.
- Faturalama ve Ödeme Güvenliği: Hatalı ya da eksik faturalardan kaynaklanan uyuşmazlıklar minimuma indirilerek, işlem doğruluğu artar ve operasyonel süreçler daha verimli hale gelir.
- Anlık Finansal Raporlama: Finansal veriler sistemde anlık olarak oluştuğundan, raporlamalar zaman kaybı yaşanmadan oluşturulabilir ve ilgili paydaşlarla hızlı biçimde paylaşılabilir.
- Üretim Planlaması: Özellikle dış kaynaklı girdilerin güvenli biçimde faturalandırılmasıyla birlikte, üretim süreçlerinde zaman kazancı sağlanır ve planlama süreçleri daha etkin yürütülebilir.

Almanya'da yapılan bir ankete göre, katılımcı işletmelerin %8'inin blok zincir teknolojisini aktif olarak kullandığı tespit edilmiştir. İşletmelerin bu teknolojiden

yararlanma nedenleri ise şu şekilde sıralanmıştır (PWC, 2018, s.12; Justenhoven vd., 2018, s.8):

- Veri bütünlüğü ve güvenliği açısından, kayıtlar değiştirilemez.
- İşlem takibi ve şeffaflık açısından, tüm işlemlerin anlık takip edilir.
- Müşteri ve tedarikçi yönetimi açısından, işletmelerin tedarikçileriyle olan işlemlerini daha güvenli ve verimli hâle getirir.

Bu teknoloji muhasebe süreçlerini daha şeffaf, güvenli ve otomatik hâle getirerek işletmelerin yönetim kapasitelerini daha etkin ve sürdürülebilir hâle getirmektedir.

İKİNCİ BÖLÜM

ENDÜSTRİ 4.0'IN MALİYET VE YÖNETİM MUHASEBESİ ÜZERİNDEKİ YANSIMALARI

2.1. Endüstri Devrimleri Perspektifinden Maliyet Muhasebesi

Maliyet muhasebesi, tarihsel süreç içinde sanayi devrimlerinin etkisiyle gelişim göstermiş, üretim biçimlerinin ve teknolojik altyapının değişimine paralel olarak fonksiyonları ve amaçları çeşitlenmiştir. Birinci Sanayi Devrimi ile birlikte seri üretimin ortaya çıkması, maliyet unsurlarının izlenmesini zorunlu kılmış; İkinci Sanayi Devrimi ile birlikte standartlaşma ve kitlesel üretim maliyet kontrolünü daha da önemli hale getirmiştir. Üçüncü ve Dördüncü Sanayi Devrimleri ise bilgi teknolojileri ve dijitalleşmenin etkisiyle, maliyet muhasebesini yalnızca kayıt tutan bir sistem olmaktan çıkarıp, stratejik karar alma süreçlerine doğrudan katkı sağlayan bir araç haline getirmiştir. Bu kapsamda, maliyet muhasebesinin evrimi, yalnızca tarihsel bir gelişim çizgisi sunmakla kalmayıp; aynı zamanda işletmelerin karar alma, planlama ve kontrol süreçleri üzerinde de belirleyici etkiler yaratmıştır. Aşağıda, bu dönüşümün bir yansıması olarak maliyet muhasebesinin tarihsel süreci, amaçlarına dair olası etkileri, üretim maliyetleri üzerindeki yansımaları, giderlerin ürünlere yüklenmesine ilişkin etkileri ve maliyet-hacim-kâr ilişkisi bağlamında sağladığı katkılar detaylı olarak ele alınmıştır.

2.1.1. Maliyet Muhasebesinin Tarihsel Süreci

Muhasebe kavramı M.Ö. 3000 yılına kadar uzanan bir geçmişe sahiptir (Güvemli, 2000, s. 8). Aslında uygarlıkların oluşumuyla birlikte muhasebenin de oluştuğu düşünülmektedir (Selimoğlu vd., 2009, s. 220). Muhasebeyi ilk kez bilimsel ölçütlerle inceleyen Luca Pacıoli, 1494 yılında yazdığı Muhasebe Kitabı'nda (Summa Arithmetica) ticaret erbabına ve tek kişilik bir şahıs işletmesine ait hesapları ve kayıtlarla ilgili kuralları, yöntemleri ve izlenecek yolları anlatmaktadır (Can, 2007, s. 9). PACIOLİ'nin

muhasebe kitabı Sanayi Devrimine kadar uygulanmıştır. Sanayi devrimiyle birlikte üretim süreçlerinin değişimi muhasebede farklı problemleri de beraberinde getirmiştir. Özellikle maliyet, fiyat, planlama ve bütçe gibi konuların çözümünde mevcut uygulamalar sorunları tam olarak çözememiştir. Farklı çözüm yollarının arayışı aslında muhasebenin alt dalı olarak maliyet ve yönetim muhasebesinin gelişmesine olanak sağlamıştır (Uragun, 1993, s. 3).

Teknolojik gelişmelerin sürekli olarak devam etmesi üretim süreçlerini doğrudan etkilemiştir. Böylece süreçlerin karmaşıklığı ve üretim hacminin artması maliyetlerin daha detaylı bir şekilde takip edilmesini gerektirmiştir. İş gücü ve malzeme maliyetlerinin yanı sıra, üretimde kullanılan makinelerin farklı maliyet kalemleri ortaya çıkmaya başlamıştır. Makine kullanımı amortisman ve dolaylı maliyetlerin de hesaplanmasını zorunlu hâle getirmiştir (Bekçioğlu vd., 2013, s. 55). Böylece maliyet muhasebesi, genel muhasebeden ayrılarak bağımsız bir muhasebe dalı olarak gelişmeye başlamıştır.

Maliyet muhasebesine ait ilk çalışmalara ABD'de başlanmıştır. Bu çalışmalarda, belirli büyüklüğe ulaşan işletmelerin üretimle ilgili maliyet sorunları teşhis edilmiş ve bölümlere ayrılarak hesaplanmaya çalışılmıştır. Daha sonra General Motors, bugünkü maliyet uygulamalarına esas teşkil eden yöntem ve tekniklerin temellerini atmıştır. Teknolojinin gelişimiyle birlikte bilgisayarların üretim süreçlerinde yaygın şekilde kullanılmaya başlanması, farklı teknik ve yöntemlerle maliyet muhasebesi hesaplamalarının geliştirilmesine ve uygulanmasına olanak sağlamıştır.

Günümüzde Endüstri 4.0 teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla birlikte, maliyet muhasebesinin işletmelerin üretim ve yönetim süreçlerindeki rolü daha da belirgin hale gelmiştir. Değişen ve hızla dönüşen piyasa koşullarına uyum sağlamak ve etkin maliyet kontrolü gerçekleştirmek isteyen işletmeler için, maliyet muhasebesi stratejik bir araç haline gelmiştir. Otonom robotlar, büyük veri analitiği, bulut teknolojileri, siber-fiziksel sistemler, simülasyon uygulamaları ve yapay zekâ gibi Endüstri 4.0 bileşenleri, maliyet muhasebesinin geleneksel yaklaşımlarından farklılaşarak daha uyumlu ve veri odaklı bir biçimde uygulanmasını mümkün kılmaktadır. Bu bileşenler, maliyetlerin azaltılması ve kontrol edilmesi ve değişken piyasa koşullarına uyum sağlanması açısından işletmelere katkı sunmaktadır (Alkan vd., 2007, s. 10).

2.1.2. Maliyet Muhasebesinin Tanımı, Amaçları ve Faydaları

Literatürde çeşitli şekillerde maliyet muhasebesinin tanımları yer almaktadır. Maliyet muhasebesi, kullanıcıların yargıda bulunmalarına ve karar vermelerine yardımcı olmak amacıyla, üretim maliyetleriyle ilgili ekonomik olayların tanınması, ölçülmesi ve raporlanmasına odaklanan bir alan olarak tanımlanmaktadır (Civelek & Özkan, 2019, s. 5). Üretilen mal ve hizmetlerin maliyetini oluşturan unsurların; türlerine, meydana geldikleri yerlere ve ait oldukları ürün ya da hizmetlerle olan ilişkilerine göre belirlenip izlenmesini sağlayan bir kayıt ve hesaplama sistemi olduğu ifade edilmektedir (Altuğ, 2015, s. 6). Mal ve hizmetlerin elde edilmesi, müşterilere ulaştırılması ve ekonomik değere dönüştürülmesi süreçlerinde oluşan maliyetleri; gider türleri, fonksiyonları ve gider yerlerine göre sınıflandırarak kaydeden bir muhasebe dalı olarak tanımlanmaktadır (Akdoğan vd., 2013, s. 11). Üretim sürecinde katlanılan maliyetlerin parasal değerini belirleyen, bu maliyetleri sistematik şekilde kaydeden, sınıflandıran, raporlayan ve analiz eden bir bilgi sistemi olarak tanımlanmaktadır (Karakaya, 2011, s. 10). Bu tanımlardan anlaşılacağı üzere maliyet muhasebesinin temel amaçları şu şekilde özetlenebilir (Alkan vd., 2007, s. 14):

- Üretim işletmelerinde uygulanır.
- Üretim maliyetlerinin hesaplanmasını sağlar.
- Maliyetleri kaydeder, sınıflandırır, özetler ve raporlar.
- Yönetim kararlarına dayanak oluşturur.

Maliyet muhasebesi işletmelere çeşitli açılardan önemli katkılar sağlamaktadır. Bu katkıları şu şekilde sıralamak mümkündür (Akdoğan vd., 2013, s. 12):

- Ürün maliyetlerinin doğru şekilde hesaplanması,
- Hammadde ve malzeme kullanımının etkin biçimde izlenmesi,
- İsrafın tespiti,
- Bütçe ve kapasite hesaplamalarının yapılması ile
- Kârlılık ve verimliliğe yönelik analizlerin gerçekleştirilmesi yer almaktadır.

Maliyet muhasebesinin sağladığı bu katkılar işletmelerde maliyet kontrolü, fiyatlandırma politikaları ve rekabet gücü açısından büyük önem taşımaktadır. Endüstri 4.0'ın üretim süreçlerinde kullanılması anlık ve veri temelli maliyet analizlerinin yapılmasına olanak tanımaktadır. Endüstri 4.0 ile üretim süreçleri daha fazla dijitalleştiği için maliyet

analizleri de daha hızlı ve doğru bilgiye dayalı olmakta, stratejik kararlar alınması açısından da yöneticilere avantajlar sağlamaktadır.

2.1.3. Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Maliyet Muhasebesinin Amaçlarına Olası Etkileri

Maliyet muhasebesi, işletmelerin faaliyetleri sırasında katlandıkları maliyetleri analiz ederek bu bilgileri planlama, kontrol ve karar alma süreçlerinde kullanmayı amaçlayan sistematik bir yaklaşımdır. Özellikle üretim işletmeleri için vazgeçilmez olan maliyet muhasebesi, sadece maliyetlerin kaydını tutmakla kalmaz; aynı zamanda maliyetlerin yönetimi, verimliliğin artırılması ve kârlılığın sağlanması açısından da önemli katkılar sunar. Bu doğrultuda maliyet muhasebesinin temel işlevleri, ürünlerin birim veya parti bazında maliyetlerinin doğru şekilde hesaplanması, maliyetlerin azaltılması ve kontrol altına alınması, geleceğe yönelik planlama yapılması ve işletme yönetiminin rasyonel kararlar almasına destek verilmesi gibi unsurları içermektedir. Aşağıda, maliyet muhasebesinin tanımı, amacı ve faydaları, ürün maliyetlerinin belirlenmesi, maliyetlerin azaltılması, kontrolü ve planlaması ile karar alma süreçlerine katkısı detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

2.1.3.1. Ürünlerin Birim veya Parti Maliyetlerinin Belirlenmesi

Maliyet muhasebesinin temel amaçlarından biri birim maliyetlerin hesaplanmasıdır. Birim maliyet, bir ürünün veya hizmetin üretimi için gerekli toplam maliyetin, üretilen toplam ürün veya sağlanan hizmet miktarına bölünmesiyle elde edilmektedir. İşletmeler için birim maliyet hesaplaması, üretim sürecinde maliyetli noktaları belirlemeye, verimliliği artırmaya ve maliyetleri daha iyi kontrol etmeye yardımcı olmaktadır. Bu sayede işletmeler daha kârlı hâle gelebilmektedir (Kartal vd., 2011, s. 13).

Birim maliyet hesaplamaları işletmelerin maliyet yönetimi, fiyatlandırma stratejileri ve finansal karar alma süreçlerinde kritik bir rol oynamaktadır. Doğru maliyet analizleri işletmelerin kârlılığını artırmasına olanak tanımaktadır. Günümüzde Endüstri 4.0 bileşenleriyle ürünlerin birim maliyetleri anlık hesaplanabilmekte, istenildiğinde bu hesaplamalara anında erişim imkânı bulunmaktadır. Ayrıca ayrıntılı maliyetleme hesaplamalarıyla yönetimin daha hassas ve verimli bir yaklaşım benimsemesini de sağlamaktadır.

2.1.3.2. Maliyetlerin Azaltılması ve Kontrolü

İşletmelerin üretim süreçlerinde maliyetlerin zamanında kontrol edilmesi, maliyetlere müdahale edilerek üretim sürecinin daha etkin yönetilmesini sağlamaktadır. Üretim maliyetlerinin doğru belirlenmesi işletmenin rekabet avantajı elde edebilmesi için ön koşuldur. Üretim işletmeleri, katlandıkları maliyetleri doğru ve zamanında belirlediklerinde bu maliyetleri kontrol altına alarak üretim sürecini daha verimli yönetebilirler (Şakrak, 1997, s. 151). İşletmelerin uzun, orta ve kısa vadeli planlama süreçlerinde ihtiyaç duydukları bilgileri sağlayarak karar vericilere destek olmak, maliyet muhasebesinin temel amaçlarından biridir. Bu amaç, özellikle ürün maliyetlerinin doğru biçimde belirlenmesi ve maliyet kontrolünün etkin şekilde yürütülmesiyle doğrudan ilişkilidir. Söz konusu bilgi temelli yaklaşım, geleceğe yönelik sağlıklı bir planlamayı mümkün kılarak işletmenin izleyeceği stratejik yol haritasının oluşturulmasına ve dolayısıyla başarıya ulaşmasına katkı sağlamaktadır (Altuğ, 2015, s. 10).

Teknolojik gelişmeler ve Endüstri 4.0 bileşenlerinin üretim süreçlerine dâhil edilmesiyle birlikte artan rekabet ortamı, işletmeleri, kârlılıklarını ve piyasa değerlerini artırabilmek adına, maliyetlerini etkin biçimde kontrol altına almaya zorlamaktadır. Maliyet muhasebesi, bu kontrolü tek başına sağlamakta yetersiz kalabilir. İşletmelerin etkili bir kontrol mekanizması oluşturabilmesi için, maliyet muhasebesi aracılığıyla elde edilen verilerin yönetim düzeyinde analiz edilmesi ve bu doğrultuda stratejik kararların alınması gerekmektedir (Yükçü, 2015, s. 13).

Bu bağlamda, doğru şekilde belirlenen maliyet hesapları; işletmelerin kârlılığını artırmalarına ve giderlerini kontrol altına almalarına önemli katkılar sunmaktadır. Endüstri 4.0, üretim süreçlerinin dijitalleşmesi, akıllı üretim sistemlerinin kullanılması ve verilerin gerçek zamanlı olarak analiz edilmesi yoluyla maliyetlerin daha etkin kontrol edilmesine ve optimize edilmesine olanak tanıyarak, bu sürece stratejik bir destek sağlamaktadır.

2.1.3.3. Planlama

Planlama, işletmelerin gelecekteki hedeflerini belirleyerek bu hedeflere ulaşmak için gerekli kaynakları ve stratejileri oluşturdukları temel bir yönetim sürecidir. Maliyet muhasebesi işletmelere maliyetlerini anlamaları, kontrol etmeleri ve geleceğe yönelik

stratejik kararlar almaları için gerekli verileri sağlayarak bu süreci desteklemektedir (Yükçü, 2015, s. 66).

Planlama, işletmenin geçmiş maliyet muhasebesi verilerini dikkate alarak geleceğe yönelik tahminlerde bulunmasına yardımcı olmaktadır. Bu süreç sayesinde işletmenin gelecekteki faaliyetleri, bu faaliyetlerden kaynaklanan giderler, faaliyetlerin üreteceği değerler ve elde edilmesi beklenen kâr belirlenmektedir (Yükçü, 2015, s. 66). Planlama sürecinde maliyet muhasebesinin kullanımı, işletmenin geleceğe yönelik tahminlerini esas alarak hareket etmesini mümkün kılmaktadır.

Planlama sürecinin başarılı olması için maliyet muhasebesinden sağlanan verilerin, işletmenin yapısal süreciyle doğrudan ilişkili olması gerekmektedir. Bu bilgiler, işletmelerin gelecekte karşılaşabileceği riskleri ortadan kaldırmaya ve beklenmedik maliyet sapmalarına karşı önlemler geliştirmeye yardımcı olması gerekmektedir. Özellikle maliyet tahminleri ve gider analizleri, işletmenin rekabet avantajı elde etmesi ve uzun vadeli sürdürülebilirlik stratejilerini oluşturması açısından önemlidir (Altuğ, 2015, s. 10).

Maliyetlerin muhasebede planlanması, üretim ve işletme faaliyetleri başlamadan önce olası giderlerin öngörülmesi ve kontrol altına alınması sürecidir. Endüstri 4.0 bileşenleri bu planlamayı veriye dayalı ve dinamik hale getirmektedir. Akıllı sensörler, gerçek zamanlı veri analitiği, yapay zekâ, nesnelerin interneti ve siber fiziksel sistemler sayesinde üretim süreçlerindeki değişkenlikler anlık olarak izlenebilmektedir. Böylece maliyet tahminleri daha doğru yapılmaktadır. Bu durum kaynakların etkin kullanımını artırarak planlanan maliyetlerle gerçekleşen maliyetler arasındaki farkı en aza indirmekte ve işletmelere stratejik avantajlar sunmaktadır.

2.1.3.4. İşletme Kararlarının Alınması

Maliyet muhasebesi, işletmelerin maliyetlerini etkin bir şekilde kontrol etmelerine yardımcı olan önemli bir yönetim aracıdır. İşletmeler maliyet muhasebesi sayesinde maliyetlerini izlemekte, tahmin etmekte ve maliyet tasarrufu sağlanabilecek alanları belirleyebilmektedir. Endüstri 4.0 bileşenlerinin kullanılmasıyla bu alanların belirlenmesi daha da hızlı ve güvenilir hale gelmektedir. Endüstri 4.0 bileşenleriyle maliyet muhasebesinin kontrol aracı olarak kullanımına ilişkin bazı tahminler şu şekildir (Avder, 2012, s.8; Yükçü & Atağan, 2012, s.70):

- Maliyetlerin İzlenmesi: İşletmelerin tüm maliyet süreçlerinin takibini kolaylaştırabilir. Bu süreçler, doğrudan maliyetleri (örneğin, malzeme ve işçilik maliyetleri) ve dolaylı maliyetleri (örneğin, amortisman giderleri, idari maliyetler) içermektedir. İşletmeler bu verileri analiz ederek maliyetleri azaltabilecekleri alanları belirleyebilir.
- Maliyet Sapmalarının Analizi: Planlanan veya beklenen maliyetlerle gerçekleşen maliyetler arasındaki farklar (sapmalar) analiz edilebilir. Sapmaların nedenleri tespit edilerek, işletme yöneticilerinin gerekli düzeltici önlemleri almasını kolaylaştırabilir.
- Fiyatlandırma Stratejileri: İşletmelerin ürün veya hizmet fiyatlandırmalarını belirlemelerinde önemli bir rol oynayabilir. Fiyatlandırma genellikle bir ürünün maliyetine dayalı olarak yapılır. Bu nedenle maliyetlerin doğru bir şekilde hesaplanması büyük önem taşır.
- Karar Alma Süreçleri: İşletme yöneticileri yatırım kararları, üretim hattının genişletilmesi gibi önemli konularda maliyet muhasebesinden elde edilen verilerden faydalanır. Bu sayede alınan kararlar, daha bilinçli ve stratejik bir çerçevede şekillendirilebilir.

2.1.4. Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Üretim Maliyetlerine Olası Etkileri

Üretim maliyetleri, bir işletmenin bir ürün veya hizmeti üretmek için katlandığı tüm giderleri ifade etmektedir. Üretim süreçlerinde maliyet unsurları üç ana kategoriye ayrılmaktadır. Bunlar direkt ilk madde ve malzeme maliyetleri, direkt işçilik maliyetleri ve genel üretim maliyetleridir (Erdoğan & Banar, 1991, s. 181). Bu bölümde üretim maliyetleri detaylıca açıklanmıştır.

2.1.4.1. Direkt İlk Madde ve Malzeme Maliyetleri/Giderleri

Direkt ilk madde ve malzeme maliyetleri, bir ürünün üretiminde doğrudan kullanılan hammaddelerin ve malzemelerin maliyetini ifade etmektedir. Bu maliyetler genellikle ürün başına veya üretim partisi başına hesaplanmakta olup toplam üretim maliyetinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır (Akdoğan vd., 2013, s. 37). Endüstri 4.0 bileşenleri, maliyet azaltma stratejileri kapsamında hammadde maliyetlerinin düşürülmesi,

hammadde israfının azaltılması ve daha verimli üretim yöntemlerinin kullanılması gibi süreçlerde kolaylıklar sağlamaktadır (Kızıl & Aslan, 2019, s. 5).

2.1.4.2. Direkt İşçilik Maliyetleri/Giderleri

Direkt işçilik maliyetleri, bir ürünün üretiminde doğrudan katkıda bulunan işgücünün maliyetini ifade etmektedir. Bu maliyetler, işçinin belirli bir ürün veya hizmet üzerinde harcadığı sürenin parasal karşılığıdır ve genellikle saat başına veya ürün başına hesaplanmaktadır (Alkan, 2007, s. 36). Direkt işçilik maliyetleri şu unsurları içermektedir (Civelek & Özkan, 2019, s. 15):

- İşçilere ödenen ücretler ve maaşlar,
- Fazla mesai ve üretim verimlilik primleri,
- İşçilere ilişkin sosyal sigorta primleri ve diğer işveren katkıları.

Endüstri 4.0 bileşenleri insan gücüne olan bağımlılığı azaltarak işgücü maliyetlerinde önemli değişimlere yol açmaktadır. Özellikle tekrarlayan ve manuel işlerin makineler tarafından yapılması, işletmelerin personel ihtiyacını azaltırken, daha nitelikli ve teknik bilgiye sahip çalışanlara olan talebi artırmaktadır. Bu dönüşüm, işgücü maliyetlerini azaltma potansiyeli taşırken aynı zamanda çalışanların eğitimine yatırım yapılmasını ve iş gücü yapısının yeniden şekillendirilmesini gerekli kılmaktadır.

2.1.4.3. Genel Üretim Maliyetleri/Giderleri

Genel üretim maliyetleri, dolaylı malzeme ve dolaylı işçilik maliyetlerine ek olarak, üretim sürecinde ortaya çıkan ve belirli bir ürünle doğrudan ilişkilendirilemeyen giderleri kapsamaktadır (Civelek & Özkan, 2019, s. 15). Genel üretim maliyetlerinin kontrol edilmesi için enerji tasarrufu sağlama, atıkları azaltma ve üretim sürecini daha verimli hale getirme stratejileri uygulanmaktadır (Akdoğan vd., 2013, s. 117). İşletmeler üretim maliyetlerini minimize etmek ve kârlılığını artırmak amacıyla genelde aşağıdaki stratejileri uygulamayı tercih etmektedirler (Erdoğan & Saban, 2014, s. 31):

- Daha düşük maliyetli tedarikçilerle çalışmak,
- Hammadde israfını azaltmak,
- Daha verimli üretim yöntemleri geliştirmek,
- Enerji verimliliğini artırarak maliyetleri düşürmek.

Endüstri 4.0 bileşenleri, üretim süreçlerinde maliyetlerin düşürülmesine yönelik çeşitli stratejik olanaklar sunmaktadır. Bu kapsamda dijital tedarik zinciri yönetimi sayesinde işletmeler daha düşük maliyetli ve verimli tedarikçilerle çalışma imkânı elde etmektedir. Ayrıca, enerji tüketiminin optimize edilmesi ve hammadde kullanımının daha etkin planlanması, israfın azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Akıllı sistemler sayesinde makinelerin bakım süreçleri daha öngörülebilir hale gelmekte, bu da üretim verimliliğini artırmaktadır. Gerçek zamanlı veri analizi ve dijital takip uygulamaları ise üretim hatalarının azalmasını ve kalite kontrol süreçlerinin daha düşük maliyetle yürütülmesini mümkün kılmaktadır. Böylece genel üretim maliyetleri daha etkin bir şekilde yönetilmekte ve işletmelerin kârlılığı artmaktadır. Bununla birlikte, insan kaynaklı giderlerin (yemek, sigorta, servis vb.) önemli bir kısmının ortadan kalkması, maliyetler üzerinde ek bir tasarruf sağlamaktadır. Amortisman, enerji tüketimi ve bakım-onarım gibi alanlarda bazı maliyet artışlarının olması da söz konusudur.

Genel olarak değerlendirildiğinde, direkt ilk madde ve malzeme maliyetleri, direkt işçilik maliyetleri ve genel üretim maliyetleri üretim maliyetlerini oluşturan ana unsurlardır. Endüstri 4.0 bileşenleri işletmelere düşük üretim maliyeti sağlama, israfı azaltma, maliyet kontrolü sağlama, üretim süreçlerinde verimliliği artırma ve rekabet avantajı elde etme konusunda avantajlar sunarken, üretim sürecinin otonomlaşması farklı dezavantajları da beraberinde getirmektedir.

2.1.5. Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Giderlerin Ürünlere Yüklenmesine Olası Etkileri

Maliyet muhasebesi uygulamalarında, giderlerin doğru yöntemlerle ürünlere yüklenmesi, hem ürün maliyetlerinin doğru hesaplanması hem de stratejik kararların isabetli şekilde alınması açısından büyük önem taşımaktadır. Giderlerin hangi yöntemle ve ne ölçüde ürünlere dağıtılacağı; üretim sürecinin yapısına, işletmenin üretim modeline ve faaliyet hacmine göre farklılık göstermektedir. Bu bağlamda, sipariş maliyet sistemi gibi her siparişin ayrı takip edildiği durumlarda giderlerin ürüne yüklenme biçimi, müşteri bazlı kârlılık analizine doğrudan etki ederken; evre (safha) maliyet sistemi, seri üretim yapan işletmelerde her üretim aşamasının maliyetini dikkate alarak giderlerin ürünlere daha bütüncül şekilde dağıtılmasını sağlar. Öte yandan, birleşik ürünlerle üretim sırasında oluşan atık ve fireler bakımından da giderlerin ürünlere yüklenmesinde özel hesaplamalar yapılması gerekir. Bu unsurların dikkate alınmaması durumunda, ürün maliyetleri hatalı

belirlenebilir ve işletme yanlış stratejik kararlar alabilir. Bu bölümde, giderlerin ürünlere yüklenme süreci kapsamlı bir şekilde açıklanmıştır.

2.1.5.3. Sipariş Maliyet Yöntemi

Sipariş maliyet yöntemi, her bir siparişin üretim sürecinde oluşan maliyetlerini izlemek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde üretilen her bir mamul veya siparişe ilişkin maliyet unsurları tek tek izlenmekte ve maliyetler ayrı ayrı hesaplanmaktadır (Erdoğan & Saban, 2014, s. 234). Özellikle özel üretimler veya proje bazlı çalışmalar için tercih edilmekte olup, siparişin oluşturulmasından teslimine kadar geçen tüm maliyetleri kapsamaktadır (Özpeynirci & Şirin, 2018, s. 61). Parti maliyet sistemi veya iş emri maliyet sistemi olarak da bilinen bu yöntem, üretim sürecinde her ürünün ayrı bir maliyet analizine tabi tutulmasını sağlamaktadır (Akdoğan vd., 2013, s. 181).

Sipariş maliyet yöntemi, özellikle müşteri bazlı üretim yapan veya projeye dayalı çalışan işletmeler için oldukça avantajlı bir yöntemdir. Bu sistem, maliyetlerin ayrıntılı olarak hesaplanmasını sağlayarak verimlilik, kârlılık ve fiyatlandırma stratejilerinin geliştirilmesine katkı sunmaktadır. Bu yöntemin zaman alıcı ve maliyetli olması, işletmeleri daha etkin çözümler aramaya yöneltmektedir. Bu bağlamda, Endüstri 4.0 bileşenlerinin maliyet analiz süreçlerine dâhil edilmesiyle yöntemin etkinliğini artıracağı ve karar alma süreçlerini daha veriye dayalı hale getireceği düşünülmektedir.

2.1.5.4. Evre (Safha) Maliyet Yöntemi

Endüstriyel işletmelerde üretimin genellikle sürekli ve büyük ölçekli olması, mamullerin bireysel düzeyde izlenmesini güçleştirmektedir. Bu nedenle üretim giderleri belirli bir zaman ve yer bağlamında toplu olarak izlenmekte ve sonrasında uygun maliyetleme yöntemi kullanılarak mamullerle ilişkilendirilmektedir. Bu işlemler safha maliyetleme yöntemi (evre maliyetleme) olarak adlandırılmaktadır. Safha maliyetleme yöntemi, üretim sürecinin belirli aşamalarını temsil eden safhaları esas alarak maliyetlerin belirlenmesini sağlamaktadır (Bekçioğlu &Köroğlu, 2013, s. 57). Bu yöntem çimento, şeker, otomotiv, beyaz eşya, tekstil ve gıda üretimi yapan firmalar tarafından uygulanmaktadır (Civelek & Özkan, 2019, s. 318). Yöntem, üretim sürecini farklı safhalara ayırarak her bir safha için maliyet hesaplamalarına olanak tanımaktadır. Böylece üretim sürecinin farklı aşamalarında ortaya çıkan malzeme, iş gücü, enerji ve diğer maliyet unsurları ayrı ayrı takip edilmektedir (Çabuk, 2003, s. 110). Safha

maliyetleme yönteminin işletmelere sağladığı başlıca avantajlar şunlardır (Alkan vd., 2007, s. 179):

- Standartlaştırma,
- Maliyet kontrolü,
- Performans değerlendirmesi,
- Fiyatlandırma ve kârlılık analizi.

Safha maliyet sisteminde hesaplamalar düzenli olarak yapıldığı için yöneticilere maliyetlere ilişkin sürekli bilgi sağlanmaktadır. Yöntemin bazı sınırlılıkları da bulunmaktadır (Sakarya & Aral, 2008, s. 12):

- Üretilen mamullerin homojen olmaması durumunda birim maliyetlerin belirlenmesi zorlaşmaktadır.
- Yanlış hesaplanan stok ve fire miktarları maliyet hesaplamalarını etkileyebilmektedir.
- Safha maliyet sisteminin sınırlarını belirlemekte zorluklar yaşanmaktadır.

Endüstri 4.0'ın sunduğu dijital teknolojiler söz konusu sınırlılıkların büyük ölçüde aşılmasına olanak tanımaktadır. Özellikle nesnelerin interneti, yapay zekâ, sensör tabanlı izleme sistemleri ve dijital veri analitiği gibi bileşenler sayesinde, üretim süreçleri anlık olarak izlenebilmekte ve her bir ürünün üretim aşamaları ayrı ayrı takip edilebilmektedir. Bu durum, homojen olmayan ürünlerde dahi ürün bazında daha doğru ve şeffaf maliyet hesaplamalarının yapılmasını mümkün kılmaktadır. Ayrıca stok hareketlerinin, fire oranlarının ve üretim adımlarının dijital sistemler aracılığıyla izlenmesi, olası hesaplama hatalarının önüne geçmektedir. Böylece safha maliyet sistemi, Endüstri 4.0 uygulamaları sayesinde daha esnek, etkin ve güvenilir bir yapıya kavuşmaktadır.

2.1.5.5. Birleşik Ürünler, Atık ve Fire

Birleşik ürünler, üretim sürecinde aynı hammaddeden ve aynı işlemden birlikte ortaya çıkan, birbirinden ayrılması ekonomik veya teknik olarak zor olan ürünlerdir. Üretim sürecinin belli aşamalarında birleşik mamuller fiziki olarak ortaya çıkmaya başlamaktadır. Bu aşamaya ayrılma noktası denilmektedir. Ayrılma noktasına kadar üretim bölümünde oluşan maliyetler, birleşik maliyet olarak adlandırılmaktadır. Bu tür

üretimlerde genellikle atık ve fire de oluşmaktadır. Atık, üretim sürecinde istenmeyen ve genellikle değerlendirilemeyen kalıntılar olarak ifade edilirken; fire ise üretim sırasında teknik nedenlerle oluşan, planlanan sınırlar içindeki kayıplar olarak tanımlanmaktadır (Civelek & Özkan, 2019, s. 409).

Endüstri 4.0 bileşenleri bu alanda önemli avantajlar sunmaktadır. Özellikle üretim hatlarına dâhil edilen sensörler aracılığıyla ürün akışları ve fire oranları gerçek zamanlı takip etmek mümkündür. Atık oluşum nedenleri detaylı şekilde analiz edilerek süreç iyileştirme fırsatları ortaya çıkarılabilmektedir. Ayrıca yapay zekâ destekli karar sistemleri, yan ürünlerin ekonomik olarak değerlendirilmesi ve fire oranlarının düşürülmesi için üretim parametrelerini dinamik biçimde optimize edebilmektedir. Bu kapsamda Endüstri 4.0 bileşenleri birleşik ürünlerin verimli biçimde yönetilmesini, atıkların azaltılmasını ve kaynakların sürdürülebilir kullanımını mümkün kılarak, üretim süreçlerini daha esnek, izlenebilir ve çevre dostu hale getirmektedir.

2.1.6. Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Maliyet-Hacim-Kâr Analizi'ne Olası Etkileri

Maliyet-hacim-kâr analizi, işletme yönetiminin stratejik karar alma süreçlerinde yararlandığı yöntemlerin başında gelmektedir. Bu yöntem, mamul fiyatları, birim değişken maliyetler, toplam sabit maliyetler ve satış hacmi gibi değişkenlerin kârlılık üzerindeki etkilerini değerlendirme imkânı sunmaktadır (Kartal vd., 2011, ss. 5-6).

Endüstri 4.0 bileşenleri, maliyet-hacim-kâr analizlerinin daha doğru, hızlı ve veri temelli biçimde yürütülmesine olanak tanımaktadır. Özellikle üretim süreçlerinden anlık olarak toplanan veriler, ileri veri işleme teknikleriyle analiz edilmekte ve sabit ile değişken maliyetlerin daha hassas biçimde ayrıştırılması sağlanmaktadır. Farklı üretim hacimlerine göre oluşturulan kârlılık senaryoları, karar destek sistemlerine dâhil edilerek optimum üretim düzeylerinin ve kârlılık noktalarının belirlenmesine katkı sunmaktadır. Buna ek olarak, üretim simülasyonları aracılığıyla kapasite değişimlerinin maliyet ve kâr üzerindeki etkileri önceden analiz edilebilmektedir. Bu yönüyle Endüstri 4.0 teknolojileri, maliyet-hacim-kâr analizlerine esneklik, öngörülebilirlik ve stratejik derinlik kazandırmaktadır.

2.2. Endüstri Devrimleri Perspektifinden Yönetim Muhasebesi

Endüstri 4.0 ile birlikte dijitalleşme, otomasyon, büyük veri, yapay zekâ ve nesnelerin interneti gibi ileri teknolojilerin üretim ve yönetim süreçlerine entegre edilmesi, yönetim muhasebesinin amaçlarını ve fonksiyonlarını da köklü biçimde etkilemiştir. Geleneksel yönetim muhasebesi sistemleri daha çok geçmişe dönük veri sunarken; Endüstri 4.0'ın sağladığı gerçek zamanlı veri akışı, yönetim muhasebesinin ileriye dönük, tahmine dayalı ve dinamik bir yapıya evrilmesini sağlamıştır. Bu dönüşümle birlikte maliyet kontrolü, performans ölçümü, kaynak planlaması ve stratejik karar alma gibi temel amaçlar daha hızlı, şeffaf ve analitik bir yapıya kavuşmuştur. Ayrıca veri madenciliği, anlık raporlama sistemleri ve karar destek teknolojileri sayesinde yöneticiler, daha bilinçli ve hızlı kararlar alabilme yetkinliği kazanmaktadır. Aşağıda yönetim muhasebesinin amaçlarına dair olası etkileri ayrıntılı biçimde yer verilmiştir.

2.2.1. Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Yönetim Muhasebesinin Amaçlarına Olası Etkiler

Yönetim muhasebesi işletme yöneticilerinin karar alma süreçlerini destekleyen ve gerekli finansal verileri sağlayan bir muhasebe türüdür. Bu bağlamda, yönetim muhasebesi; geçmiş dönemlere ait verileri analiz ederek gelecek dönemlere yönelik projeksiyonlar sunan, işletme yönetimine stratejik karar alma süreçlerinde rehberlik eden bir yapıya sahiptir (Şakrak, 1997, s. 14). Ayrıca işletme fonksiyonlarının planlanması ve kontrol edilmesi süreçlerinde yönetimin karar almasını sağlayacak muhasebe verilerini toplayarak, analiz eden bir sistemdir (Erdağ, 2015, s. 8). Yönetim muhasebesi işletme yönetiminin sağlıklı ve bilinçli kararlar alabilmesi için gerekli sayısal verileri sağlamakta ve yöneticilere sunmaktadır. Ayrıca işletmelerin mevcut durumlarının analiz edilmesi ve geleceğe yönelik planlamalarının yapılması açısından da kritik öneme sahiptir (Büyükmirza, 2014, s. 16).

Bu açıklamalar doğrultusunda, yönetim muhasebesinin temel amaçlarını şu şekilde özetlemek mümkündür (Erkuş, 2016, s. 22):

- İşletmelerin geleceğe yönelik planlamalarını yapması,
- Mevcut kaynaklarını en verimli şekilde değerlendirmesi,
- Doğru kararlar almasını sağlayacak finansal verileri yöneticilere sunması,

- Bütçe uygulamaları ve iş programlarının hazırlanmasına katkı sağlaması açısından yönetime yardımcı olmaktadır.

Yönetim muhasebesi yukarıdaki katkılarının yanı sıra, işletme sahip ve yöneticilerine küresel pazarlara açılma, yeni ürün üretme, mevcut ürünlerin üretimini durdurma, makine ya da üretim süreçleri yenileme ve bütçeleme gibi konularda bilgi sağlama görevini üstlenmektedir (Civelek & Özkan, 2019, s. 466).

Endüstri 4.0 bileşenleri yönetim muhasebesi uygulamalarını dijitalleştirerek, yöneticilerin karar alma süreçlerini daha hızlı, doğru ve öngörülebilir hale getirmektedir. Üretim süreçlerinden gerçek zamanlı maliyet verileri toplanabilirken, büyük veri analitiği ile bu veriler anında analiz edilerek dinamik maliyetleme yapılmasına imkân tanımaktadır. Yapay zekâyla birlikte, geçmiş verilere dayalı olarak bütçe tahminleri üretebilmekte, sapma analizlerini otomatikleştirebilmekte ve performans göstergeleri için erken uyarı sistemleri geliştirebilmektedir. Artırılmış gerçeklik ve simülasyonlarla stratejik kararların finansal etkilerini önceden test etme imkânı sunmaktadır. Bu açıdan Endüstri 4.0, yönetim muhasebesini sadece raporlama aracı olmaktan çıkarıp, gerçek zamanlı bir karar destek sistemi haline dönüştüreceği düşünülmektedir.

2.2.1.1. Hayat Boyu Maliyetleme

Hayat boyu maliyetleme (HBM), bir varlık veya sistemin tedarik edilmesi ya da bir mamulün üretimine ilişkin kararın alınmasıyla başlayan, bu varlık ya da sistemin elden çıkarılması veya üretiminin sonlandırılmasıyla tamamlanan geniş bir süreci ifade etmektedir (Deran, 2008, s. 466). HBM, bir bakıma geleneksel maliyetleme sistemlerine bir tepki olarak görülebilir. Çünkü geleneksel maliyetleme, mamulün üretim öncesi ve üretim sonrası maliyetleriyle ilgilenmemekte, üretim sırasında ortaya çıkan maliyetler üzerinde durmaktadır. HBM, mamulün doğuşundan ölümüne kadar bütün maliyetlerin oluşumunu ve yönetimini göz önünde bulundurmaktadır (Civelek & Özkan, 2019, s. 656).

HBM, üretim sürecinde toplam yaşam döngüsü maliyetinin en düşük düzeyde tutulmasını amaçlayan stratejik bir maliyet yönetimi yaklaşımıdır. Bu çerçevede, en yoğun denetim ve maliyet kontrolü genellikle ürünün planlama ve tasarım aşamalarında gerçekleştirilmektedir. Geleneksel ürün yaşam döngüsü anlayışına göre, gerileme dönemi ürünün son evresini oluşturmakta ve bu aşamada işletmelerin zarar etme olasılığı oldukça yüksek kabul edilmektedir. HBM yaklaşımı, bu sürecin her zaman olumsuz sonuçlar

doğurmayabileceğini öne sürmektedir. Özellikle piyasada faaliyet gösteren rakip firmaların pazardan çekilmesi durumunda, uygun stratejik kararların alınmasıyla işletmenin bu dönemde dahi kârlılığını sürdürebilmesi mümkün olabilmektedir (Köse, 2002, s. 84).

Endüstri 4.0 bileşenleri, HBM sürecine önemli katkılar sağlamaktadır. Özellikle nesnelerin interneti, büyük veri analitiği, yapay zekâ, siber-fiziksel sistemler ve üretim simülasyonları gibi bileşenler sayesinde ürünün tüm yaşam döngüsü boyunca oluşan maliyetler daha doğru, şeffaf ve anlık olarak izlenebilmektedir. Bu sayede planlama ve tasarım aşamalarında maliyet kontrolü daha etkin biçimde gerçekleştirilebilmekte, üretim süreçlerinde israf önlenerek kaynak kullanımı optimize edilmektedir. Ayrıca gerileme dönemine ilişkin öngörüler, veri temelli analizlerle daha doğru yapılabilmekte ve bu doğrultuda stratejik kararlar alınarak ürünün son evresinde de kârlılık sürdürülebilmektedir. Endüstri 4.0, bu yönüyle HBM yaklaşımını daha esnek, öngörülebilir ve sürdürülebilir hale getirmektedir.

2.2.1.2. Hedef Maliyetleme

Hedef maliyetleme yöntemi (HM), İkinci Dünya Savaşı sonrası Japonya'da üretim süreçlerini iyileştirmek amacıyla değer mühendisliği prensiplerinden yola çıkılarak geliştirilmiştir. Bu yöntem, 1960 yılında Toyota tarafından uygulanmaya başlanmış ve zamanla yaygınlaşmıştır (https://www.toyotatr.com). HM, fiyat ve müşteri odaklı bir maliyetleme yöntemi olup, üretim sürecine geçmeden önce piyasa koşullarına göre ürünün fiyatı belirlenerek, tasarım aşamasında ortaya çıkacak muhtemel maliyetleri kontrol altına alma esasına dayanmaktadır (Kaya, 2010, s. 315). Başka bir ifadeyle hedef maliyetleme, yeni bir ürünün planlama, araştırma ve geliştirme aşamalarında maliyetlerin düşürülmesine yönelik tüm fikirlerin dikkate alınmasıdır. Bu fikirler gerçekleştirirken de maliyetlerin minimize edilmesini amaçlayan bir yöntemdir. Bu bağlamda HM, bir ürünün maliyetinin ne olduğu sorusu yerine bir ürünün maliyetinin ne olması gerektiği sorusuna yanıt arayan bir yaklaşımdır. Bu yöntem, maliyetlerin ortaya çıkmadan yönetilmesi prensibine dayanmaktadır (Aksoylu & Dursun, 2001, s. 362). Yöntemin temel hedefi, üretimin tüm seviyelerinde maliyet azaltma çalışmalarının yürütmesini sağlamaktır. HM ile işletmelerde maliyet bilincinin artırılması, israfın önlenmesi ve verimliliğin artırılması amaçlanmaktadır (Karahan, 2018, s. 367).

Endüstri 4.0 bileşenlerinin HM yaklaşımına uygun şekilde kullanılması, ürün tasarımı sürecini daha veri temelli, esnek ve müşteri odaklı bir yapıya dönüştürecektir. Özellikle yapay zekâ destekli analiz araçları ve dijital ikiz teknolojileri sayesinde, ürün daha fiziksel olarak üretilmeden önce farklı senaryolarda maliyet ve performans değerlendirmeleri yapılabilecektir. Bu bağlamda, en düşük maliyetle en yüksek işlevselliği sağlayacak tasarım alternatiflerinin belirlenmesi mümkün olacaktır. Böylece hedeflenen maliyet seviyelerine ulaşmak için gerekli tasarım ve üretim kararları erken aşamada optimize edilerek, toplam maliyet etkinliği önemli ölçüde artırılacaktır.

2.2.1.3. Kaizen Maliyetleme

Kaizen maliyetleme (KM), sürekli iyileştirme anlamına gelen ve 1900'lü yıllarda Masaaki Imai tarafından geliştirilen bir maliyet yönetim sistemidir. Bu yöntem, ürünün üretim süreci boyunca her aşamada maliyetlerin azaltılmasını amaçlayan çağdaş bir maliyet yaklaşımıdır (Prates, 2014, ss. 7-12). KM yöntemi, belirlenen hedef maliyete ulaşmak ve maliyetleri minimize etmek amacıyla üretim süreçlerinin sürekli iyileştirilmesini sağlayan, küçük fakat sık aralıklarla gerçekleştirilen değişimlere dayalı bir sistemdir (Okutmuş & Ergül, 2015, s. 101). Bu yöntemde, gelecekte hedeflenen kârlılığı sağlayabilmek için geçmiş yıllarda ortaya çıkan maliyetler baz alınarak, mevcut dönemde sürekli iyileştirmeler yapılması ve maliyet azaltımına yönelik önlemler alınması esastır (Modarress vd., 2007, s. 1753). Yöntem, süreç odaklı olup israfın ortadan kaldırılmasını da hedeflemektedir. KM'nin temel amacı, üretim sürecindeki verimsizlikleri ortadan kaldırarak toplam üretim maliyetlerini minimize etmektir (Kowalewski, 2016, s. 278).

KM uygulamalarında sürecin ilk aşamasını genellikle bir referans noktasının belirlenmesi oluşturmaktadır. Bu referans noktası çoğunlukla önceki yılın dönem sonu maliyet verilerine dayandırılmaktadır. Sürecin ikinci aşamasında ise, ilgili yıl boyunca ulaşılması planlanan Kaizen hedefi belirlenir. Bu hedef, belirli bir maliyet düşürme oranı esas alınarak hesaplanır ve her bir maliyet unsuruna ilişkin ayrı ayrı hedef maliyet avantajları tanımlanır (Yükçü, 2015, s. 59). Geleneksel maliyetleme yöntemlerinden farklı olarak, Kaizen maliyetleme yalnızca ürünün tasarım ve geliştirme süreçlerindeki maliyet azaltımına odaklanmakla kalmaz; aynı zamanda üretim süreci boyunca sürdürülebilir bir maliyet düşürme anlayışını da benimsemektedir (Hacıhasanoğlu, 2014, s. 49).

Endüstri 4.0 bileşenleri, KM yöntemini daha etkin hale getirerek, süreçlerdeki verimsizlikleri anlık olarak tespit etme ve iyileştirme fırsatlarını dijital olarak analiz etme imkânı sunmaktadır. Süreçlerde sunulan anlık verilerle sürekli iyileştirmeler yapılmasına ve maliyet avantajına yönelik önlemler alınmasına olanak tanımaktadır.

2.2.1.4. Faaliyet Tabanlı Maliyetleme

Faaliyet tabanlı maliyet yöntemi'nde (FTM), maliyet merkezlerinin işlevini maliyet havuzları yüklenmektedir. Her faaliyet türünün bir maliyet havuzu bulunmaktadır. Mamuller o faaliyetten ne ölçüde yararlanmış ise doğrudan o havuzdan maliyet almaktadır. Böylelikle bir faaliyetle mamul arasında doğrudan ilişki kurulmuş ve genel üretim maliyetleri de bu ilişkiye göre dağıtılmış olmaktadır. Bu yöntemin temel amaçları şunlardır (Doğan & Çakıcı, 2016, s.39; Aksoylu & Özkan, 2002, s.49):

- Her mamule, uygun dağıtım anahtarı ile kullandığı faaliyet kadar maliyet dağıtmak ve hataları önlemek,
- Yöneticilere doğru kararlar alabilmeleri için güvenilir maliyet bilgisi sunmak,
- Kârlılığı artırmak amacıyla yüksek katma değerli faaliyetleri ön plana çıkarmak,
- Bazı değer katmayan faaliyetleri elimine ederek maliyet avantajı sağlamaktır.

Küresel rekabetin arttığı günümüz iş dünyasında, işletmelerin değişime açık olması ve çevresindeki gelişmeleri analiz edebilmesi büyük önem taşımaktadır. İşletmelerin ürettiği ürün ve hizmetlerin maliyetleri karar alma süreçlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıntılı maliyet bilgisi yöneticilere hangi ürünlerin üretimine devam edilmesi gerektiğini, hangilerinin üretimden çekilmesi gerektiğini ve fiyatlandırma politikalarının nasıl şekillendirileceğini belirleme konusunda yardımcı olmaktadır (Özgülbaş & Tarcan, 2013, s. 98).

Endüstri 4.0 bileşenleriyle birlikte FTM yönteminin daha etkin hale gelmesi mümkündür. Çünkü sensörler, yapay zekâ ve veri analitiği sayesinde her bir faaliyetin kaynak tüketiminin anlık olarak ölçülmesi mümkündür. Böylece Endüstri 4.0 bileşenlerinin dijitalleşmiş üretim ortamlarına uyarlanmasıyla, FTM'ye göre üretim ortamlarında daha hassas ve detaylı maliyet hesaplamaları gerçekleştirilebilmekte, bu sayede yöneticilerin stratejik karar alma süreçleri daha etkin şekilde desteklenebilmektedir.

2.2.1.5. Tam Zamanında Üretim

Tam zamanında üretim (TZÜ) yaklaşımı, öncelikle Toyota işletmesi tarafından benimsenmiş bir yönetim felsefesidir. Bu sistemin temelinde doğru miktarda kusursuz mamulün, doğru zamanda ve düşük maliyetle elde edilmesi yatmaktadır (https://www.toyotatr.com). TZÜ ile ilgili literatürde farklı tanımlamalar bulunmaktadır. Tam Zamanında Üretim (TZÜ), geleneksel itme üretim stratejisinden farklı olarak çekme sistemine dayanmaktadır. Geleneksel üretim yaklaşımında, belirlenen üretim planına göre hammaddeler üretim hattına alınır ve üretim süreci boyunca aşamalı olarak nihai ürüne dönüştürülürdü. TZÜ sisteminde ise üretim sürecinde yer alan her aşama, yalnızca bir sonraki aşamadan gelen talebe yanıt olarak üretime başlamaktadır. Bu sayede stok seviyeleri en düşük düzeyde tutulmakta ve gereksiz envanter maliyetleri ortadan kaldırılmaktadır (Civelek & Özkan, 2019, s. 656). TZÜ sistemi, gerekli malzemelerin yalnızca ihtiyaç duyulan zamanlarda temin edilmesi ve stok seviyelerinin minimum düzeyde tutulması anlamına gelmektedir (McLaney & Atrill, 2020, s. 388). Ayrıca, işletmelerde verimsiz faaliyetlerin sürekli olarak ortadan kaldırılması yoluyla mükemmelliğe ulaşmayı amaçlayan bir üretim felsefesi olarak da açıklanmaktadır (Atmaca & Terzi, 2007, s. 295).

TZÜ sisteminin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için işletmelerin hatasız üretim ilkesi doğrultusunda hareket etmeleri gerekmektedir (Villa & Taurino, 2013, s. 957). Üretim sürecinde meydana gelebilecek hataların erken tespit edilmesi ve en aza indirgenmesi için sürekli iyileştirme mekanizmaları geliştirilmelidir. Aynı zamanda üretim hattında gereksiz işlem adımlarının ortadan kaldırılması ve üretim sürecinin daha akıcı hale getirilmesi gerekmektedir.

Endüstri 4.0, TZÜ gibi yalın üretim prensiplerinin daha etkin uygulanmasına olanak tanımaktadır. Nesnelerin interneti, sensörler ve yapay zekâ destekli sistemler sayesinde üretim süreçleri gerçek zamanlı izlenebilmekte ve üretim planlaması milisaniyeler düzeyinde optimize edilebilmektedir. Bu durum stok maliyetlerinin düşürülmesini, enerji verimliliğinin artırılmasını ve genel maliyet yapısının daha etkin yönetilmesini mümkün kılmaktadır (TOBB, 2016, s. 22).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MALİYET VE YÖNETİM MUHASEBESİ BAĞLAMINDA ENDÜSTRİ 4.0 FARKINDALIĞI: BORSA İSTANBUL'DA İŞLEM GÖREN İMALAT SEKTÖRÜNDEKİ İŞLETMELER ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

3.1. Gereç ve Yöntem

Çalışmanın bu bölümünde araştırmanın amacı, gerekçesi, deseni, çalışma grubu ve örneklemi, veri toplama aracı ve süreçleri, verilerin analizi, geçerlilik ve güvenirlik ile katılımcı gizliliğine ilişkin bilgilere yer verilmiştir.

3.1.1. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın temel amacı, BIST'te işlem gören ve Kayseri ilinde faaliyet gösteren imalat sektöründeki işletmelerin Endüstri 4.0 kavram ve bileşenlerine yönelik değerlendirmelerine ilişkin farkındalık düzeylerini belirlemek ve bu farkındalığın maliyet ve yönetim muhasebesi uygulamalarına etkisini nitel bir bakış açısıyla ortaya koymaktır. Çalışma, Endüstri 4.0 sürecinin sadece teknolojik boyutunu değil, aynı zamanda muhasebe sistemleri üzerindeki stratejik, operasyonel ve yapısal etkilerini de bütüncül bir yaklaşımla analiz etmeyi hedeflemektedir.

Çalışma sonucunda, Endüstri 4.0 kavramı ve bileşenlerine yönelik farkındalık düzeyi ve bu bileşenlerin işletmelerde uygulanma süreçleri, planlanması ve mevcut teknolojik gelişmelerin düzeyi hakkında değerlendirmelere yer verilmiştir.

3.1.2. Araştırmanın Gerekçesi

Günümüzde Endüstri 4.0, yalnızca üretim süreçlerini değil, aynı zamanda işletmelerin maliyet yapıları, kontrol mekanizmaları ve stratejik karar alma süreçlerini de dönüştürmektedir (Schwab, 2018, s. 54). Özellikle maliyet ve yönetim muhasebesi gibi bilgiye dayalı karar süreçlerinin etkinliği, bu dönüşümden doğrudan etkilenmektedir.

Türkiye'de faaliyet gösteren imalat işletmelerinde bu farkındalığın düzeyi, niteliği ve muhasebe süreçlerine uyumu sınırlı düzeyde incelenmiştir. Bu araştırma, bu boşluğu doldurmayı amaçlamakla birlikte teknolojik dönüşümle muhasebe uygulamaları arasındaki ilişkiyi anlamak adına saha temelli nitel veriler sunmaktadır. Ayrıca, çalışmanın sadece bireysel görüşleri değil, kurumsal düzeyde algı ve uygulamaları merkeze alması, araştırmayı özgün ve sektörel olarak değerli kılmaktadır. Kayseri örneklemi ise, sanayi ve imalat geçmişi güçlü bir şehir olarak, dönüşüm süreçlerine dair anlamlı veriler sunma potansiyeline sahiptir.

3.1.3. Araştırmanın Deseni

Bu araştırma, nitel araştırma yaklaşımlarından durum çalışması deseni ile betimsel nitelikte ve zaman boyutunda kesitsel olarak yürütülmüştür. Durum çalışmaları, belirli bir bağlamda sınırlı bir olayın ya da sürecin çok yönlü ve derinlemesine incelenmesine olanak tanımaktadır (Silverman, 2016, s. 20).

Araştırmanın amacı, BIST'te işlem gören ve Kayseri ilinde faaliyet gösteren imalat işletmelerinin Endüstri 4.0 kavramı ve bileşenlerine ilişkin farkındalık düzeylerini belirlemektir. Çalışmanın; ayrıca farkındalığın maliyet ve yönetim muhasebesi uygulamalarına etkisini analiz etme amacı olduğundan, bu desen çalışmanın bağlamsal niteliğini ortaya koyabilmek açısından uygun bulunmuştur.

3.1.4. Çalışma Grubu ve Örneklem Yöntemi

Araştırmanın çalışma grubunun belirlenmesinde, amaçlı örnekleme yöntemlerinden biri olan ölçüt örnekleme tekniği kullanılmıştır. Amaçlı örnekleme yöntemi, derinlemesine bilgi elde edilebileceği düşünülen durumların ayrıntılı bir biçimde incelenmesine olanak sağlayan bir örnekleme tekniği olarak tanımlanmaktadır (Denzin & Lincoln, 2008, s. 38). Bu çalışmada belirlenen ölçüt, BIST'te işlem gören ve Kayseri ilinde faaliyet gösteren imalat sektörü işletmeleri olarak tanımlanmıştır. "Ölçütler araştırmacı tarafından belirlenebileceği gibi, önceden hazırlanmış bir ölçüt listesi de kullanılabilir." yönündeki yaklaşıma dayalı olarak, çalışma grubu söz konusu ölçüt esas alınarak araştırmacı tarafından oluşturulmuştur (Marshall & Rossman, 2014, s. 45).

Araştırma sürecinde yapılan değerlendirmeler neticesinde, Kayseri ilinde BIST'e kayıtlı olan toplamda 11 adet işletmenin bulunduğu tespit edilmiştir. Bu işletmelerden dokuzu

ile yüz yüze görüşmeler gerçekleştirilmiş, bir işletme görüşme talebini kabul etmemiş, bir işletmenin ise faaliyetlerini tamamen İstanbul'da sürdürdüğü ve Kayseri'de yalnızca belediye ile yapılan bir protokol çerçevesinde işlem yürüttüğü belirlenmiştir. Bu nedenle söz konusu işletme araştırma kapsamına dâhil edilememiştir. Çalışmanın katılımcıları, işletmelerde Genel Müdür (CEO), Mali İşler Direktörü (CFO), Bilgi Teknolojileri Direktörü (CIO), Yeminli Mali Müşavir (YMM), Serbest Muhasebeci Mali Müşavir (SMMM) ile Muhasebe ve Finans Direktörü (MFD) pozisyonlarında görev yapan profesyonellerden oluşmaktadır. Böylece farklı pozisyonlardaki bakış açıları dikkate alınarak maksimum çeşitlilik sağlanmaya çalışılmıştır.

3.1.5. Veri Toplama Aracı

Araştırma verileri, nitel araştırma yöntemine uygun olarak yarı yapılandırılmış görüşme formu aracılığıyla elde edilmiştir. Görüşme formunun geliştirilme süreci çok aşamalı olarak yürütülmüştür. İlk aşamada, ilgili literatür taranarak soruların temel çerçevesi oluşturulmuştur. Sonrasında, form taslağı; muhasebe alanında uzman iki akademisyen, farklı disiplinlerde çalışan üç akademisyen ve imalat sektöründe aktif görev yapan iki şirket müşaviri tarafından değerlendirilmiş ve gerekli revizyonlar yapılarak form nihai haline getirilmiştir. Görüşme sorularının anlaşılırlığı ile dil ve kavram uygunluğu gözden geçirildikten sonra, Kayseri ilinde faaliyet gösteren ve borsaya kayıtlı bir işletme ile Türkiye genelinde ciro açısından ilk 500 içinde yer alan bir başka işletmede görev yapan müşavirlerle pilot uygulama gerçekleştirilmiştir. Bu süreçle birlikte, veri toplama aracının geçerliliği ve uygulama yeterliliği test edilmiştir.

Bu doğrultuda, araştırma kapsamında geliştirilen yarı yapılandırılmış görüşme formunda yer alan soru seti aşağıda sunulmaktadır.

1. Endüstri 4.0 Kavramı ve Bileşenleri Hakkında Ne Düşünüyorsunuz?
2. İşletmeniz Açısından Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Maliyet Muhasebesi Uygulamalarına Etki/leri Hakkındaki Değerlendirmeleriniz Nelerdir?
3. İşletmeniz Açısından Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Yönetim Muhasebesi Uygulamalarına Etki/leri Hakkındaki Değerlendirmeleriniz Nelerdir?
4. İşletmeniz Açısından Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Avantajları ve Dezavantajları Hakkındaki Değerlendirmeleriniz Nelerdir?

5. Görüşme kapsamında ele alınan konulara ek olarak, paylaşmak istediğiniz başka düşünce veya önerileriniz var mı?

Araştırma kapsamında, yukarıda belirtilen yarı yapılandırılmış görüşme soruları katılımcılara yöneltilmiş ve her bir soruya ilişkin detaylı yanıtlar elde edilmiştir. Elde edilen veriler, katılımcıların deneyim ve görüşlerine dayalı olarak nitel içerik analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir.

3.1.6. Veri Toplama Süreci

Nitel araştırmalarda görece en sık kullanılan veri toplama tekniği olan yüz yüze görüşme, katılımcılara kendilerini doğrudan ve derinlemesine ifade etme fırsatı sunmaktadır. Bunun yanı sıra araştırmacıya da görüşme yaptığı kişilerin bakış açılarını, anlam dünyalarını, içinde bulundukları özel duruma yönelik duygu, düşünce ve deneyimlerini katılımcıların kendi ifadeleri ile derinlemesine anlamasına yardım etmektedir (Tekin & Tekin, 2006, s. 112).

Veri toplama sürecinden önce, araştırmanın bilimsel etik ilkelere uygun olarak yürütülmesi için gerekli izinler alınmıştır. Araştırma verileri, nitel araştırma yaklaşımına uygun olarak hazırlanan yarı yapılandırılmış görüşme formu ile toplanmıştır. Görüşmeler yaklaşık 45-60 dakika sürmüştür. Görüşmelere başlamadan önce, bilgilendirilmiş onay formu okunmuş ya da katılımcılara okutulmuş ve veri toplama onayı alınmıştır. Elde edilen veriler, yazılı hale dönüştürülmek üzere ses kayıt cihazı ile kayıt altına alınmış ve bu yöntem konusunda da yine katılımcılar önceden bilgilendirilmiştir. Görüşmeler genellikle katılımcıların kendilerini daha rahat ifade edebilecekleri yerler olan çalışma ofislerinde gerçekleştirilmiştir. Süreç boyunca etik ilkelere azami özen gösterilmiş, gönüllü katılım sağlanmış ve kişisel bilgiler gizli tutularak veri toplama süreci tamamlanmıştır.

3.1.7. Verilerin Analizi

Araştırma sonucunda elde edilen verilerin analiz sürecinde Miles ve Huberman tarafından önerilen interaktif analiz modeli ve kuramsal tematik analiz yöntemi birlikte kullanılmıştır. İnteraktif analiz modelinde veriler toplanıp yazılı hale dönüştürüldükten sonra verilerin azaltılması gerçekleştirilip sonuca gidilir ancak bu süreçte araştırmacı aşamaları tekrar kontrol etmek üzere başa dönebilir bu şekilde sürekli karşılaştırmalı analiz yapılmış olur (Miles & Huberman, 1994, s. 10).

Verilerin analizinde, nitel içerik analizi yöntemi tercih edilmiştir. Bu yöntem, belirli bir metin ya da söylemin içerdiği anlamlı yapıları (kod, tema, kategori) ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır (Miles & Huberman, 1994, s. 11). İlk olarak araştırmacı tarafından açık kodlama yapılmış, daha sonra görüşme dökümleri alanında uzman iki akademisyen tarafından bağımsız kodlanarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Veriler, farklı kodlayıcılar arasında mutabakat sağlanması amacıyla karşılaştırılmış ve araştırmacı tarafından temalar ve kategoriler netleştirilmiştir. Böylece kodlayıcılar arası güvenirlik sağlanmıştır. Kodlama sürecinde, tümevarımsal yaklaşım benimsenmiş; verilerin kendi doğası içinde temalar ortaya çıkarılmıştır. Tüm bu analiz süreçlerinde, veri yönetimini ve kodlamayı desteklemek amacıyla Nvivo ve MAXQDA nitel veri analiz yazılımlarından yararlanılmıştır.

3.1.8. Geçerlik ve Güvenirlik

Nitel araştırmalarda geçerlilik, bulguların güvenilirliğini sağlamak ve çalışmanın doğruluk derecesini artırmak amacıyla çeşitli stratejilerle sağlanır. Bu bağlamda, araştırmanın içsel (iç geçerlilik) ve dışsal (dış geçerlilik) yönleri dikkate alınarak çoklu güvenilirlik ve geçerlilik teknikleri uygulanmıştır (Tekin & Tekin, 2006, s. 112).

İç geçerlilik, elde edilen verilerin araştırmanın amacı ve sorularıyla ne derece örtüştüğüne odaklanmaktadır. Bu kapsamda, yarı yapılandırılmış görüşme formu, ilgili literatür doğrultusunda hazırlanmış; ardından muhasebe ve yönetim alanında uzman akademisyenler ile sektör deneyimine sahip müşavirler tarafından değerlendirilerek içerik açısından zenginleştirilmiştir. Ayrıca pilot uygulama yoluyla formun kavramsal açıklığı ve uygulama yeterliliği test edilmiştir. Böylece görüşme formunun, araştırma bağlamına uygun ve anlamlı veri üretebilme kapasitesi güvence altına alınmıştır.

Dış geçerlilik, çalışmanın bulgularının benzer bağlamlara ne ölçüde genellenebilir olduğunu ifade etmektedir. Araştırmanın örneklemi, Kayseri ilinde faaliyet gösteren ve BIST'te işlem gören imalat işletmeleri arasından ölçüt örnekleme yöntemiyle belirlenmiştir. Bu doğrultuda, seçilen örneklem hem sektörel hem de coğrafi olarak özgünlük taşımakta; aynı zamanda Türkiye'deki benzer işletmelere dair çıkarımlar yapılmasına olanak sağlamaktadır. Katılımcı profillerinin üst düzey yöneticiler ve mali müşavirler gibi stratejik karar alıcı kişilerden oluşması da bulguların kurumsal düzeyde anlamlılık taşımasına katkı sağlamaktadır.

Güvenilirlik, araştırmanın tutarlılığı, tekrar edilebilirliği ve analiz sürecinin nesnelliği şeklinde tanımlanmaktadır (Miles & Huberman, 1994, s. 13). Bu araştırmada veriler, ses kayıtlarıyla belgelenmiş ve görüşme dökümleri yazılı hale getirilerek sistematik biçimde analiz edilmiştir. Kodlama süreci, araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiş ve ardından alan uzmanı iki akademisyen tarafından bağımsız şekilde yürütülerek karşılaştırılmıştır. Kodlayıcılar arası uyum sağlanarak temalar üzerinde uzlaşılmış ve bu sayede güvenilirlik güçlendirilmiştir. Ayrıca analiz sürecinde Miles ve Huberman'ın interaktif analiz modeli benimsenmiş; verilerin indirgenmesi, düzenlenmesi ve yorumlanması süreçleri döngüsel olarak yürütülmüştür. Kodlama işlemleri, tümevarımsal (inductive) bir yaklaşımla, verilerin doğal akışı içerisinden temaların ortaya çıkarılmasını sağlamıştır. Süreç boyunca Nvivo ve MAXQDA nitel veri analiz yazılımlarından yararlanılarak veri yönetiminde sistematiklik korunmuştur. Bunun yanı sıra, araştırma boyunca etik ilkelere titizlikle riayet edilmiş; katılımcı onamı alınmış, gizlilik sağlanmış ve etik kurul izni ile veri toplama süreci yürütülmüştür. Tüm bu unsurlar, çalışmanın bilimsel güvenilirliğini ve metodolojik bütünlüğünü pekiştirmektedir.

3.1.9. Katılımcı Kimliklerinin Gizliliği ve Kodlanması

Araştırmada etik ilkelere uygunluk doğrultusunda, görüşme yapılan işletmelerin ve katılımcıların kimliklerinin gizliliği titizlikle korunmuştur. Bu kapsamda, veri analizinde ve bulguların sunumunda işletme isimlerine doğrudan yer verilmemiş; her işletme "K1 (Katılımcı1)","K2 (Katılımcı2)", ...,"K9 (Katılımcı9)" şeklinde anonim kodlarla temsil edilmiştir. Bu kodlama yöntemi hem bireysel hem de kurumsal düzeyde gizliliği sağlamak, katılımcıların açık ve özgür şekilde görüşlerini ifade edebilmesini desteklemek amacıyla tercih edilmiştir (Creswell, 2013, s. 122). Kodlama sırasında katılımcıların görev unvanları ve pozisyonları gibi tanımlayıcı bilgiler de gizlenmiş veya genelleştirilerek sunulmuştur. Bu yaklaşım, nitel araştırmalarda etik sorumluluğun bir gereği olup, araştırmanın güvenilirliğine ve akademik bütünlüğüne katkı sağlamaktadır.

Araştırmada görüşmelerin güvenilirliğini ve bütünlüğünü sağlamak amacıyla, katılımcıların açık onamı alınarak ses kayıt cihazı ile kayıt alınmıştır. Bu uygulama, görüşme esnasında herhangi bir bilginin gözden kaçırılmasını önlemeye ve verilerin daha doğru bir şekilde yazılı hale getirilmesine olanak tanımıştır. Ses kayıtları sayesinde katılımcı ifadeleri orijinal biçimiyle analiz edilerek, içerik analizine dayalı kodlama

süreci daha sistematik ve güvenilir bir biçimde yürütülmüştür (Miles ve Huberman, 1994, s. 16).

Tüm ses kayıtları, araştırma süresince gizli ve güvenli ortamda saklanmış, sadece araştırmacı ve yetkilendirilmiş akademik danışmanların erişimine açık tutulmuştur. Verilerin transkript işlemi tamamlandıktan sonra, kayıtlar çalışmanın etik ilkeleri doğrultusunda imha edilmiştir. Katılımcılara, görüşmelerin sesli kaydedileceği ve bu kayıtların hiçbir şekilde üçüncü kişilerle paylaşılmayacağı konusunda bilgilendirme yapılmıştır. Görüşme kayıtlarının tamamı, gerekmesi hâlinde etik kurul onayı ve katılımcı izni çerçevesinde jüri üyelerine sunulabilecektir. Bu yaklaşım, araştırmanın şeffaflık ilkesine ve bilimsel denetlenebilirliğe olan bağlılığını göstermektedir.

3.2. Literatür İncelemesi

Günümüzde dijitalleşmenin her alanda hızla yaygınlaşması, üretim sistemlerinden bireylere, toplumlardan işletmelere kadar pek çok alanda köklü dönüşümlere neden olmaktadır. Bu dönüşüm süreci, literatürde sıklıkla Endüstri 4.0 kavramı çerçevesinde ele alınmaktadır. Endüstri 4.0 yalnızca kavramsal düzeyde değil, aynı zamanda maliyet ve yönetim muhasebesi uygulamaları açısından da önemli yapısal değişimlere yol açma potansiyeline sahiptir. Bu bağlamda, Endüstri 4.0 ile birlikte muhasebe sistemlerini de etkileyen birçok yeni kavram ortaya çıkmış ve bu kavramların muhasebe uygulamaları üzerindeki etkileri giderek daha fazla araştırılmaya başlanmıştır.

Endüstri 4.0'ın yol açtığı bu dönüşüm sürecinde, bireylerin ve kurumların söz konusu değişimlere ne ölçüde hazır olduklarının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çerçevede, Endüstri 4.0'a ilişkin farkındalığın ölçülmesine yönelik olarak üniversite öğrencileri, KOBİ'ler ve farklı sektörlerde faaliyet gösteren işletme çalışanları üzerinde çok sayıda ulusal ve uluslararası çalışma yürütülmüştür. Söz konusu çalışmalar, bireylerin ve kurumların dijital dönüşüm sürecine hazırlık düzeylerini, teknolojiye hâkimiyet oranlarını ve dönüşüme ilişkin algılarını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, bu alanda gerçekleştirilen literatürün sistematik biçimde incelenmesi, yürütülmekte olan araştırmaya hem teorik hem de metodolojik bakımdan derinlik kazandıracaktır.

Bu doğrultuda hazırlanan literatür taraması, Endüstri 4.0'ın farklı boyutlarını ele alan çalışmalar çerçevesinde dört ana başlık altında sınıflandırılmıştır: (1) Farkındalık, (2) Maliyet Muhasebesi, (3) Yönetim Muhasebesi ve (4) Avantajlar ve Dezavantajlar. Her bir

başlık altında ilgili ulusal ve uluslararası çalışmalar değerlendirilmiş; çalışma kapsamı, örneklem grubu, kullanılan yöntemler ve elde edilen bulgular ayrıntılı biçimde sunulmuştur. Bu çerçevede Tablo 3.1'de özellikle farkındalık teması kapsamında yapılmış araştırmalar özetlenmekte olup, sonraki bölümlerde diğer temalara ilişkin bulgulara yer verilecektir.

Tablo 3.1. *Endüstri 4.0'a yönelik farkındalığı inceleyen ulusal ve uluslararası çalışmalar*

Yazar(lar)	Yıl	Literatür Bulguları
Çalışkan	**2025**	Konya'daki bilişim sektöründe faaliyet gösteren KOBİ'ler üzerinde gerçekleştirilen araştırmada, işletmelerin siber güvenlik farkındalık düzeyleri değerlendirilmiş; firmaların büyük çoğunluğunun siber tehditlere karşı bilgi seviyesinin düşük olduğu ve mevcut güvenlik uygulamalarının büyük ölçüde yetersiz kaldığı tespit edilmiştir.
Musarat vd.	**2024**	Malezya inşaat sektöründeki dijitalleşme sürecini analiz eden çalışmada, sektör genelinde Endüstri 4.0'a yönelik farkındalık düzeyinin artış gösterdiği tespit edilmiştir. Ancak özellikle küçük ölçekli firmalarda teknik bilgi yetersizliği, yüksek yatırım maliyetleri ve sistem entegrasyonuna ilişkin sorunlar gibi etkenlerin dijital dönüşüm sürecini önemli ölçüde zorlaştırdığı vurgulanmıştır.
Özbey	**2024**	Malatya OSB'de faaliyet gösteren firmaların Endüstri 4.0'a geçiş potansiyelini analiz eden çalışmada, işletmelerin genel farkındalık düzeylerinin düşük, uygulama pratiklerinin ise oldukça sınırlı olduğu belirlenmiştir. Özellikle dijital altyapı yetersizliği ve yatırım konusundaki isteksizlik, dönüşüm sürecini önemli ölçüde sekteye uğratan temel faktörler arasında yer almaktadır.
Kasnak & Özkara	**2022**	Türkiye'deki imalat şirketlerinin Endüstri 4.0 olgunluk düzeylerini değerlendiren çalışmada, firmaların genel olarak düşük ya da orta düzeyde olgunluk sergilediği tespit edilmiştir. Özellikle veri analitiği, yapay zekâ ve otomasyon teknolojilerinin işletmelerde sınırlı düzeyde kullanıldığı vurgulanmıştır.
Aksu & Taslak	**2022**	KOBİ'lerin dijital dönüşüm süreçlerini Dördüncü Sanayi Devrimi bağlamında ele alan çalışmada, özellikle küçük ölçekli işletmelerde dijital farkındalığın sınırlı olduğu, yatırım ve uygulama istekliliğinin ise büyük ölçüde finansal ve yapısal kısıtlamalar nedeniyle düşük düzeyde seyrettiği belirlenmiştir.
Demir vd.	**2022**	Şanlıurfa'daki KOBİ'ler üzerinde yapılan çalışmada, firmaların büyük bir bölümünün Endüstri 4.0 kavramıyla ilk kez karşılaştığı belirlenmiş; dijital dönüşüm sürecinde finansman yetersizliği, teknik destek eksikliği ve nitelikli insan kaynağı ihtiyacının temel engeller arasında yer aldığı tespit edilmiştir.
Duman & Akdemir	**2021**	Endüstri 4.0 bileşenlerinin kullanım düzeylerini ölçmeye yönelik geliştirilen ölçek aracılığıyla gerçekleştirilen çalışmada, firmalar arasında teknoloji adaptasyonunda anlamlı düzeyde farklılıklar olduğu saptanmıştır. Özellikle büyük veri, bulut bilişim ve nesnelerin interneti gibi temel alanlarda kullanım düzeylerinin genel olarak orta seviyede seyrettiği ifade edilmiştir.
Yıldız vd.	**2021**	Düzce bölgesinde faaliyet gösteren işletmelerin Endüstri 4.0'a yaklaşımlarını inceleyen çalışmada, firmaların kavramsal farkındalık düzeylerinin düşük olduğu ve dönüşüme yönelik istek bulunsa da bu sürecin stratejik ve planlı biçimde yönetilmediği sonucuna ulaşılmıştır.
Yiğitol vd.	**2020**	Konya'daki imalat KOBİ'lerini inceleyen çalışmada, firmaların büyük bir kısmının Endüstri 4.0 ile yalnızca belirli teknolojik bileşenler düzeyinde sınırlı bir ilişki kurabildiği tespit edilmiştir. Araştırma bulguları, yatırım yapma

		konusundaki isteksizlik ile vizyon eksikliğinin dijital dönüşüm sürecini yavaşlatan temel engeller arasında yer aldığını göstermektedir.
Kamber & Bolatan	**2019**	Türkiye genelinde bireyler ve kurumlar düzeyinde yapılan bir çalışmada, Endüstri 4.0'a ilişkin farkındalık düzeylerinin oldukça düşük olduğu belirlenmiştir. Özellikle teknolojik terimlerin büyük ölçüde yanlış veya eksik anlaşıldığı, bu durumun da dijital dönüşüm sürecinde ciddi bir bilgi boşluğu yarattığı ortaya konmuştur.
Mutlu	**2019**	Otomotiv ve tekstil sektörlerini karşılaştırmalı olarak analiz eden çalışmada, her iki sektörde de Endüstri 4.0 farkındalığının kısmen oluştuğu ancak uygulamaların çoğunlukla sembolik düzeyde kaldığı tespit edilmiştir. Otomotiv sektöründe teknik bilgiye dayalı bir ilgi gözlemlenirken, tekstil sektöründe dijitalleşme sürecinin daha yavaş ve sınırlı ilerlediği belirtilmiştir.
Ulusoy	**2018**	Türkiye'deki imalat sektörünü ele alan çalışmada, Endüstri 4.0'a yönelik farkındalığın giderek artmakta olduğu ancak uygulamaların büyük ölçüde büyük ölçekli işletmelerle sınırlı kaldığı ve KOBİ'lerin dijital dönüşüm sürecinde ciddi zorluklarla karşı karşıya olduğu ifade edilmiştir.
Sommer	**2015**	Almanya'daki KOBİ'ler üzerinde yürütülen çalışmada, bu işletmelerin Endüstri 4.0'a geçiş sürecine oldukça temkinli yaklaştıkları, teknoloji yatırımları konusunda zorluk yaşadıkları ve dönüşüm sürecinin ilk aşamalarında en kırılgan grup olarak değerlendirildikleri belirlenmiştir.

Günümüzde dijital teknolojilerin işletme süreçlerine entegrasyonu, maliyet muhasebesi uygulamalarında da köklü bir dönüşümü beraberinde getirmektedir. Endüstri 4.0 ile birlikte ortaya çıkan otomasyon, gerçek zamanlı veri analizi, nesnelerin interneti ve yapay zekâ teknolojileri, maliyetlerin daha doğru, hızlı ve etkin şekilde izlenmesine ve yönetilmesine olanak tanımaktadır. Bu dönüşüm, geleneksel maliyetleme yöntemlerinin yetersiz kaldığı noktalarda yeni nesil, teknoloji destekli maliyet muhasebesi yaklaşımlarını ön plana çıkarmış; süreç bazlı analizler, dinamik maliyet tahminleri ve kaynak kullanımına dayalı raporlamalar daha yaygın hâle gelmiştir. Bu bağlamda, maliyet muhasebesinin işlevi yalnızca maliyetlerin hesaplanması değil, aynı zamanda stratejik karar süreçlerine destek verecek şekilde yeniden şekillenmektedir. Endüstri 4.0'ın maliyet muhasebesine etkilerine ilişkin literatür çalışmaları Tablo 3.2'de sunulmuştur.

Tablo 3.2. *Endüstri 4.0'ın maliyet muhasebesi uygulamaları üzerindeki etkilerini inceleyen ulusal ve uluslararası çalışmalar*

Yazar(lar)	Yıl	Literatür Bulguları
Wagire & Kulkarni	**2025**	Hindistan'daki üretim işletmelerinde yürütülen çalışmalarında, Endüstri 4.0 teknolojilerinin üretim performansı üzerindeki etkileri incelenmiş ve özellikle otomasyon, yapay zekâ ve nesnelerin interneti (IoT) uygulamalarının üretim süreçlerinde kalite artışı, süreç hızlanması ve maliyet verimliliği gibi alanlarda anlamlı iyileşmeler sağladığı belirlenmiştir.
Belbağ vd.	**2020**	Endüstri 4.0 uygulamalarının stok yönetimi ve envanter kontrolü üzerindeki etkileri senaryo analiziyle değerlendirilmiş; dijital çözümlerin stok seviyelerinin daha etkin biçimde yönetilmesini sağladığı ve bu sayede envanter maliyetlerinde anlamlı azalmalar gerçekleştiği belirlenmiştir.
Grencikova vd.	**2020**	Slovakya'da gerçekleştirilen araştırmada, Endüstri 4.0 uygulamalarının iş gücü verimliliği üzerindeki etkileri analiz edilmiş; dijitalleşmenin genel olarak üretkenliği artırdığı ancak bu etkinin firma düzeyinde teknolojiye yapılan yatırım miktarına bağlı olarak değiştiği ortaya konmuştur.
Barutcu	**2019**	Bosch firması özelinde yürütülen çalışmada, dijital dönüşümün üretim süreçlerine entegrasyonunun zaman yönetimi, maliyet kontrolü ve kalite standartları açısından iyileşmelere yol açtığı ancak bu sürecin etkinliğinin çalışanların uyumu ve teknik eğitim programlarıyla desteklenmesi gerektiği vurgulanmıştır.
Malik & Bilberg	**2019**	Üretim sistemlerinde insan merkezli yalın otomasyon uygulamalarını inceleyen çalışmada, Endüstri 4.0 kapsamında insan-makine iş birliğinin yalnızca üretkenliği değil, aynı zamanda çalışan memnuniyetini ve süreç güvenliğini de artırdığı belirtilmiştir. Özellikle esnek montaj hatlarında bu tür uygulamaların verimlilik üzerindeki etkisinin daha belirgin olduğu ifade edilmiştir.
Bağcı	**2018**	Endüstri 4.0'ı üretim süreçlerinde meydana gelen dönüşüm bağlamında ele alan çalışmada, bu yeni üretim paradigmasının yalnızca teknolojik değil, aynı zamanda üretim yapısında köklü bir zihniyet dönüşümünü temsil ettiği vurgulanmıştır. Akıllı fabrikalar ve siber-fiziksel sistemlerin entegrasyonu sayesinde özelleştirilmiş, yüksek verimli üretim modellerinin mümkün hâle geldiği belirtilmiştir.

Endüstri 4.0 süreci, yalnızca teknolojik bir dönüşüm olarak değil, aynı zamanda yönetim yaklaşımlarında köklü değişiklikleri zorunlu kılan bir dönüşüm süreci olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda, dijitalleşmenin etkin biçimde yönetilebilmesi, yalnızca teknik yeterlilikle sınırlı kalmayıp yöneticilerin stratejik düşünme, liderlik sergileme ve değişim süreçlerini planlama becerilerini de gerekli kılmaktadır. Endüstri 4.0'ın yönetim muhasebesine etkilerine ilişkin literatür çalışmaları Tablo 3.3'te sunulmuştur.

Tablo 3.3. *Endüstri 4.0'ın yönetim muhasebesi uygulamaları üzerindeki etkilerini inceleyen ulusal ve uluslararası çalışmalar*

Yazar(lar)	Yıl	Literatür Bulguları
Alakaş vd.	**2025**	OSTİM OSB'de faaliyet gösteren işletmeler üzerinde yürüttükleri çalışmada, Endüstri 4.0 farkındalığının yenilik kapasitesi üzerindeki etkisinde yönetici kültürünün aracılık rolü incelenmiş; elde edilen bulgular, güçlü bir yönetici kültürünün bu ilişkiyi anlamlı düzeyde pekiştirdiğini ortaya koymuştur.
Mühürdaroğlu & Akbaba	**2024**	Erzurum ilindeki işletmeler üzerinde gerçekleştirilen çalışmada, firmaların büyük çoğunluğunun dijital dönüşüm sürecinin henüz başlangıç aşamasında olduğu belirlenmiş; özellikle strateji oluşturma, liderlik geliştirme ve teknoloji entegrasyonu gibi dijital olgunluk göstergelerinde ciddi eksiklikler olduğu ortaya konmuştur.
Binici & Can	**2023**	KOBİ'lerin dijital dönüşüm bağlamında yenilik yapma eğilimlerinin düşük olduğu, geleneksel yapının sürdürüldüğü ve stratejik değişimlere yönelik sistematik bir yaklaşım geliştirilmediği ifade edilmiştir.
Karapolatgil & Şener	**2023**	Türkiye'deki KOBİ'lerin Endüstri 4.0'a hazırlık düzeyi analiz edilmiştir. Firmaların büyük kısmının bu sürecin yalnızca izleyicisi konumunda kaldığı, dönüşüm sürecine aktif biçimde katılım sağlayan işletme sayısının ise oldukça sınırlı olduğu belirlenmiştir. Vizyon eksikliği, teknolojiye yatırım konusundaki isteksizlik ve nitelikli insan gücü yetersizliği, dönüşümün önündeki temel engeller olarak saptanmıştır.
Karanfiloğlu	**2023**	KOBİ ölçekli aile işletmeleri bağlamında yürüttüğü çalışmasında, kurumsal iletişim stratejilerinin Endüstri 4.0'a uyum sürecindeki rolü analiz edilmiş; açık, şeffaf ve sürdürülebilir iletişim kültürüne sahip işletmelerin dijital dönüşüme daha kolay adapte oldukları, zayıf iletişim yapısına sahip olanların ise direnç geliştirdiği tespit edilmiştir.
Ayboğa & Görmüş	**2022**	Türkiye'nin Endüstri 4.0'a uyum sürecindeki mevcut durumu değerlendirilmiş; işletmelerin teknolojik adaptasyona istekli olmakla birlikte, stratejik vizyon ve uygulama becerileri açısından yetersiz olduğu, özellikle KOBİ'lerin dijital strateji geliştirmekte güçlük yaşadığı belirtilmiştir.
Güleryüz	**2021**	Endüstri 4.0 kapsamında yönetici rollerini incelediği çalışmasında, dijital liderliğin işletme performansı üzerinde olumlu etkiler yarattığı, yöneticilerin stratejik karar alma, teknoloji yönetimi ve vizyon belirleme süreçlerinde daha etkin bir konumda olmaları gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.
Stawiarska vd.	**2021**	Polonya otomotiv sektöründe yürütülen çalışmada, Endüstri 4.0 uygulamalarının üretim süreçlerine kısmen entegre edildiği ancak stratejik planlama ve insan kaynakları yönetimi alanlarında entegrasyonun zayıf olduğu ifade edilmiştir.
Ulusoy	**2019**	Türkiye otomotiv sektöründe yapılan çalışmada, firmaların teknolojik dönüşüme genel olarak açık olduğu ancak özellikle orta ölçekli işletmelerde stratejik planlama yetersizliği ve insan kaynaklarının dijital dönüşüme uyum sorunlarının öne çıktığı tespit edilmiştir.
Moeuf vd.	**2018**	KOBİ'lerin Endüstri 4.0 bağlamında karşılaştıkları yönetimsel sorunları incelemişlerdir. Strateji ve kaynak eksikliği gibi temel nedenlerle teknolojik

		dönüşümün büyük ölçüde sınırlı kaldığı ve firmaların dijitalleşmeye hazır olmadıkları, bu nedenle rehberlik ve destek mekanizmalarına ihtiyaç duydukları ortaya konmuştur.
Öksüz vd.	**2017**	Yalın üretim tekniklerinin Endüstri 4.0 perspektifinden yeniden değerlendirilmesi gerektiğini öne sürmüşlerdir. Bu iki yaklaşımın bir arada kullanılması durumunda süreç israfının azaltılarak üretim verimliliğinin anlamlı düzeyde artırılabileceği belirtilmiştir.

Endüstri 4.0 uygulamaları, işletmelere birçok alanda önemli avantajlar sunmaktadır. Dijital teknolojilerin entegrasyonu sayesinde üretim süreçleri esnek ve çevik hâle gelirken, kaynak kullanımı optimize edilmekte, hata oranları düşmekte ve maliyet tasarrufu sağlanmaktadır. Ayrıca, süreç güvenliğinin artırılması ve yüksek katma değerli üretim olanakları önemli avantajlar sağlamaktadır. Endüstri 4.0'ın işletmelerde uygulandığında sağlayacağı avantajlara ilişkin literatür çalışmaları Tablo 3.4'te sunulmuştur.

Tablo 3.4. *Endüstri 4.0 bileşenlerinin işletmeler açısından avantajlarını inceleyen ulusal ve uluslararası çalışmalar*

Yazar(lar)	Yıl	Literatür Bulguları
Çat & Güngör	**2024**	Dijital dönüşümün üretim yönetimi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Üretim süreçlerinin daha esnek, verimli ve hızlı hâle geldiği ancak bu etkinin sağlanabilmesi için dijital altyapı yatırımlarıyla birlikte nitelikli insan kaynağının da yeterli düzeyde olması gerektiği vurgulanmıştır.
Gür & Gündüz	**2023**	Endüstri 4.0'ın üretim sistemlerine hız, esneklik ve otomasyon kazandırdığı; yapay zekâ ve veri analitiği uygulamalarının ise karar destek sistemlerini güçlendirdiği ve firmalara rekabet avantajı sağladığı yönünde bulgulara ulaşılmıştır.
Tonga & Tonga	**2022**	Endüstri 4.0 teknolojilerinin üretim süreçlerinde maliyetleri düşürme, verimliliği artırma ve müşteri odaklı esnek üretim imkânı sunma potansiyeli taşıdığı belirlenmiştir.
Ernur & Yüksel	**2022**	KOBİ'ler özelinde SWOT analizini gerçekleştirilmiştir. Teknolojiye açıklık ve genç iş gücü sektörün güçlü yönleri arasında gösterilmiştir.
Çelik	**2021**	Konya'da bankacılık sektöründe yürütülen dijital teknolojilerin hizmet süreçlerini hızlandırarak müşteri deneyimini iyileştirdiği belirtilmiştir.
Çalış Duman	**2020**	Büyük veri, otomasyon ve nesnelerin interneti gibi teknolojilerin, yönetim performansı üzerinde üretkenlik artışı, daha hızlı işlem süreçleri ve müşteri memnuniyetinde iyileşme sağladığı tespit edilmiştir.
Bányai vd.	**2019**	Atık toplama sistemleri özelinde Endüstri 4.0 teknolojilerinin sürdürülebilirlik üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Özellikle kaynak verimliliğiyle çevresel performansı artıran dijital çözümlerin önemine dikkat çekilmiştir.
Krizanova vd.	**2019**	Endüstri 4.0'ın dijitalleşmenin yönetimin etkinliğini artırdığını ve çevrim içi ortamlarda pazarlama iletişimini daha etkin hâle getirdiğini belirtmişlerdir. Bu durumun firmalar açısından sürdürülebilir açısından avantaj sağladığını vurgulamışlardır.
Strandhagen vd.	**2017**	Endüstri ve Lojistik 4.0 kavramlarını sürdürülebilir iş modelleri çerçevesinde ele almışlardır. Dijital teknolojilerin operasyonel esneklik, kaynak verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki olumlu etkileri olduğu tespit edilmiştir.

Endüstri 4.0'ın sunduğu avantajlara rağmen, uygulama sürecinde çeşitli dezavantajlar ve engeller de dikkat çekmektedir. Özellikle KOBİ'lerde düşük sermaye yapısı, teknolojik altyapı eksiklikleri, nitelikli iş gücü yetersizliği ve stratejik hazırlık düzeyinin düşüklüğü dönüşüm sürecini yavaşlatmaktadır. Ayrıca, yönetsel isteksizlik ve veri güvenliği gibi yapısal sorunlar da sürecin önündeki başlıca engeller arasında yer almaktadır. Bu durum, farkındalık düzeyi yüksek olsa bile uygulamanın sınırlı kalmasına neden olabilmektedir. Endüstri 4.0'ın işletmelerde uygulandığında neden olabilecek dezavantajlara ilişkin literatür çalışmaları Tablo 3.5'te sunulmuştur.

Tablo 3.5. *Endüstri 4.0 bileşenlerinin işletmeler açısından dezavantajlarını inceleyen ulusal ve uluslararası çalışmalar*

Yazar(lar)	Yıl	Literatür Bulguları
Collins vd.	**2025**	Üretim sektöründe faaliyet gösteren KOBİ'lerin Endüstri 4.0'a hazırlık düzeylerini değerlendiren çalışmalarında; teknik kapasite, dijital altyapı ve nitelikli insan kaynağı açısından ciddi yetersizliklerin mevcut olduğu ortaya konmuştur. Özellikle finansman eksikliği ve dijital eğitim imkânlarının sınırlılığı, bu dönüşüm sürecini yavaşlatan temel engeller arasında yer aldığı tespit edilmiştir.
Akpınar vd.	**2024**	KOBİ'ler özelinde gerçekleştirdikleri araştırmada, dijital dönüşüm sürecinin çoğunlukla başlangıç düzeyinde seyrettiği, yüksek dijital olgunluk seviyesine ulaşabilen işletme sayısının oldukça sınırlı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca teknoloji yatırımı eksikliği ile stratejik dijital planlama yetersizliğinin, Endüstri 4.0 sürecinin önündeki başlıca engeller arasında yer aldığı ortaya konulmuştur.
Ata	**2024**	Türkiye'nin Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde, stratejik planlama eksikliği, dijital altyapının yetersizliği ve iş gücü yetkinliklerinin düşüklüğü, geçişin önündeki başlıca yapısal sorunlar olarak tanımlanmıştır.
Zheng vd.	**2021**	Endüstri 4.0 teknolojilerinin üretim alanındaki uygulamalarını inceleyen sistematik literatür taraması yapmışlardır. Otomasyon ve büyük veri uygulamalarının yeterli düzeyde olmaması, dijitalleşme problemlerini ve standartlaşma sorunlarını doğurduğu ifade edilmiştir.
Göv & Erdoğan	**2020**	Gaziantep Teknopark bünyesindeki firmaların dijital teknoloji kullanım düzeylerine yönelik yapılan analizlerde, firmaların birçok dijital bileşeni kullanmakta olduğu; ancak Endüstri 4.0'a ilişkin bütüncül bir stratejik yaklaşım geliştiremedikleri belirlenmiştir. Ayrıca, ileri teknoloji kullanımı sınırlılıkları, nitelikli iş gücünün bulunamaması ve insan gücü verimliliğine ilişkin sorunlar, sürecin olumsuz yönleri olarak ele alınmıştır.
Gabaçlı & Uzunöz	**2017**	Otomotiv sektörüne ilişkin yapmış oldukları çalışmada, sektörün Endüstri 4.0'a hızlı uyum sağlama potansiyelinden bahsedilmiştir. Bunun yanı sıra yüksek yatırım maliyetleri, veri güvenliği riskleri ve nitelikli iş gücüne duyulan ihtiyaç, sektörün karşılaştığı temel zorluklar arasında sayılmıştır.

Yukarıda sunulan literatür taramasından elde edilen bilgiler doğrultusunda, araştırmanın amacına uygun olarak gerçekleştirilen analizlerin bulguları bu bölümde detaylı şekilde ele alınmaktadır.

3.3. Bulgular

Araştırmanın bu bölümünde, Endüstri 4.0 kavramının ortaya çıkışıyla birlikte beraberinde getirdiği yeniliklerin, maliyet ve yönetim muhasebesi bağlamındaki yansımalarını ortaya koymak amacıyla katılımcılara yöneltilen sorulardan elde edilen bulgular, Doğrudan Hedefe Yönelik Davranış Modeli çerçevesinde analiz edilmiştir. Elde edilen veriler, içerik analizi doğrultusunda tematik olarak gruplandırılmış ve "farkındalık","maliyet muhasebesi","yönetim muhasebesi" ile "avantajlar ve dezavantajlar" olmak üzere dört ana tema altında toplanmıştır. Bu bölümde sunulan bulgular, araştırmanın alt problemleriyle uyumlu bir biçimde yapılandırılmıştır.

Birinci alt problem kapsamında, işletmelerin Endüstri 4.0 kavramı ve bileşenlerine ilişkin farkındalık düzeylerine yönelik değerlendirmelere yer verilmiştir. İkinci alt problem, işletmelerin Endüstri 4.0 bileşenlerinin maliyet muhasebesi uygulamalarına etkisine yönelik görüşlerini içermektedir. Üçüncü alt problemde, söz konusu bileşenlerin yönetim muhasebesi uygulamalarıyla olan ilişkisi değerlendirilmiştir. Son olarak, dördüncü alt problem kapsamında, işletmelerin mevcut durumları doğrultusunda Endüstri 4.0 bileşenlerinin avantajları ve dezavantajlarına yönelik algı ve değerlendirmeleri ortaya konulmuştur.

3.3.1. Birinci Alt Problem: İşletmelerin Endüstri 4.0 Kavramı ve Bileşenlerine Yönelik Farkındalık Düzeylerine İlişkin Bulgular

Farkındalık, bireyin o anda yaşadığı düşünceleri, duyguları, bedensel hisleri ve çevresel uyarıları bilinçli bir şekilde algılayıp izlemesi durumunu ifade eder (Zhang vd., 2021, s. 43). Bir başka tanıma göre ise, bireyin olumlu, olumsuz ya da nötr nitelikteki düşünce, duygu ve bedensel hislerini tepki vermeden ya da onlarla özdeşleşmeden, olduğu haliyle gözlemleyebilmesidir (Bishop vd., 2004, s. 233). Endüstri 4.0 gibi teknolojik dönüşümlerin yaşandığı günümüzde, işletmelerin bu yeni kavramlara ve bileşenlerine ilişkin farkındalık düzeyleri, bu teknolojilerin benimsenmesi ve etkin kullanımı açısından kritik bir öneme sahiptir.

Bu bağlamda, farkındalık kavramının hem bireysel hem de kurumsal düzeyde doğru anlaşılması ve geliştirilmesi, işletmelerin rekabet avantajı elde etmeleri açısından önem arz etmektedir. Araştırmanın birinci alt problemi, ***"Endüstri 4.0 Kavramı ve Bileşenleri***

Hakkında Ne Düşünüyorsunuz?" sorusu çerçevesinde belirlenmiştir. Bu alt probleme ilişkin elde edilen tema, kategoriler ve kodlar Tablo 3.6'da sunulmuştur.

Tablo 3.6. *Katılımcı görüşleri: Endüstri 4.0 kavramı ve bileşenlerine yönelik farkındalık*

TEMA	KATEGORİLER	KODLAR
FARKINDALIK	BİLEŞENLER	*BİLGİM VAR/BİLGİM YOK* *OTONOM ROBOT* *YAPAY ZEKÂ* *BÜYÜK VERİ VE BULUT TEKNOLOJİLERİ* *SİBER GÜVENLİK*
	BİLGİ TEKNOLOJİLERİ VE BİLİŞİM	*TEKNOLOJİ VE DİJİTALLEŞME* *SİSTEM* *SERVER*
	ENDÜSTRİLEŞME VE ARAŞTIRMA	*MAKİNE* *BARKOD* *ARAŞTIRMA VE GELİŞTİRME*

Tablo 3.6'da görüldüğü üzere *Farkındalık* temasına ilişkin olarak; "bileşenler","bilgi teknolojileri ve bilişim" ile "endüstrileşme ve araştırma" kategorilerine ulaşılmıştır.

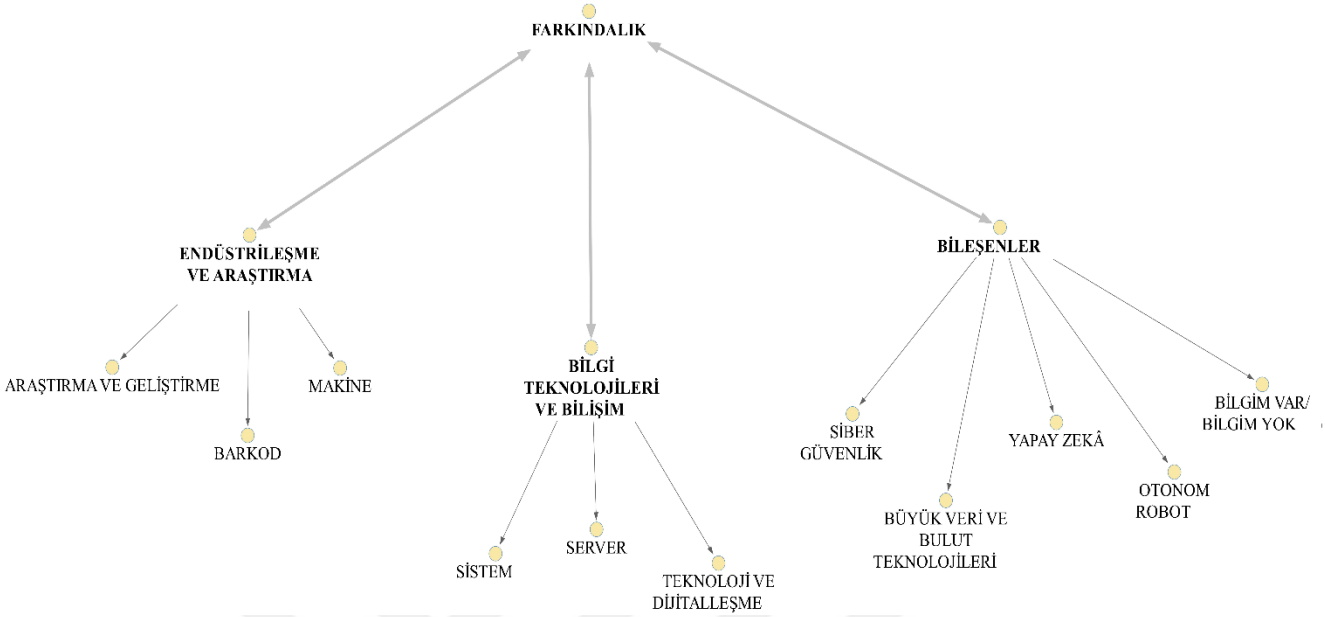
Bileşenler kategorisine ilişkin yapılan analiz sonucunda; "bilgim var/bilgim yok","otonom robot","yapay zekâ","büyük veri ve bulut teknolojileri" ile "siber güvenlik" kodları belirlenmiştir.

Bilgi teknolojileri ve bilişim kategorisine ilişkin yapılan analiz sonucunda; "teknoloji ve dijitalleşme","sistem" ile "server" kodları belirlenmiştir

Endüstrileşme ve araştırma kategorisine ilişkin yapılan analiz sonucunda; "makine","barkod" ile "araştırma ve geliştirme" alt kategorilerine ulaşılmıştır. [1]

[1] *Birinci alt problem kapsamında ele alınan "Farkındalık" teması için katılımcıların görüşleri birbirinden farklılık göstermektedir. Bu nedenle bu tema altında ifadeler ve yorumlar katılımcı bazında değerlendirilmiştir. Diğer alt problemlerde ise katılımcı bazlı analiz yerine genel bir değerlendirme yapılması araştırmacı tarafından daha uygun bulunmuştur.*

Şekil 3.5. *Farkındalık temasına ait kategori ve kodlamalar*



Bileşenler Kategorisi

Bileşenler kategorisine ilişkin yapılan analiz sonucunda; "bilgim var/bilgim yok","otonom robot","yapay zekâ","büyük veri ve bulut teknolojileri" ile "siber güvenlik" kodları belirlenmiştir. Aşağıda, katılımcıların bu kodlara yönelik görüşleri detaylı olarak sunulmaktadır.

"Bilgim Var/Bilgim Yok" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Katılımcıların, Endüstri 4.0 kavramı ve bileşenlerine yönelik farkındalığı üzerine farklı şekilde ifadeleri yer almaktadır. Katılımcıların ifadeleri incelendiğinde, Endüstri 4.0 kavramı ve bileşenleri farkındalığı noktasında "kapsamlı bilgi sahibi olan katılımcılar","kısmen bilgi sahibi olan katılımcılar" ve "sınırlı bilgi sahibi olan veya bilgi sahibi olmayan katılımcılar" olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Kapsamlı bilgi sahibi olduklarını ifade eden katılımcılar (K3, K8, K9), Endüstri 4.0 bileşenlerine (yapay zekâ, otonom robotlar, büyük veri ve bulut teknolojileri vb.) ilişkin farkındalık düzeylerinin yüksek olduğunu ve bu teknolojileri mevcut üretim süreçlerine dâhil etmeye yönelik çalışmalar yürüttüklerini belirtmişlerdir.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

"Endüstri 4.0, makinelerin yapay zekâ ve internet gibi araçlar aracılığıyla birbirine bağlanarak iletişim kurmasını ve bu yolla işlemlerini gerçekleştirmesini ifade eder." ***(K3)***
"Endüstri 4.0'ın verimliliği artıracağı düşüncesindeyim. Aslında konu şu: işletmelere yapay zekâ, büyük veri, nesnelerin interneti, otonom robotlar gibi teknolojileri entegre edebilmektir. Yani insanların işlerini kolaylaştırmak ve bilgi ile verileri dijital ortamda daha rahat tanımlayabilmelerini sağlamaktır. Benim bildiğim kadarıyla bu şekildedir." ***(K8)***
"Endüstri 4.0 artık olmazsa olmaz bir unsur. Bu durum sadece kurumsal olmakla da ilgili değil. Çünkü üretim işletmeleri için kurumsallığın yanı sıra güçlü bir altyapı ve entegre sistemler bütünü de gereklidir." ***(K9)***

Kısmen bilgi sahibi olduklarını ifade eden katılımcılar (K1, K4, K7), Endüstri 4.0'ın ne olduğuna dair temel düzeyde bilgi sahibi olduklarını ancak uygulamalarının sektörel zorluklar nedeniyle sınırlı olduğunu belirtmişlerdir.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

"Hımmm... Endüstri 4.0 konusunda kısmen bilgi sahibiyim. Günümüzde birçok yenilik oluyor. Biz de bunları elbette takip ediyoruz." ***(K1)***
"Endüstri 4.0 konusunda bilgi sahibiyim. Fakat işletmemizde herhangi bir Endüstri 4.0 bileşeninin kullanıldığını düşünmüyorum. Endüstri 4.0 ile ilgili bir gerçek var ki, bu bileşenlerin uygulanması artık işletmeler için bir ihtiyaçtır." ***(K4)***
"Ben finans müdürü olduğum için konuyu maliyetleri minimuma indirmek şeklinde algılıyorum. Günümüzde kâr marjları düşmüş durumda, enflasyon yüksek. Artık önemli olan satışları artırmak değil, maliyetleri düşürmek. Yani "alırken kazanmak" gerekiyor. Endüstri 4.0'ı da bu bağlamda değerlendiriyorum." ***(K7)***

Sınırlı bilgi sahibi olduklarını ya da konu hakkında bilgi sahibi olmadıklarını ifade eden katılımcılar (K2, K5, K6), Endüstri 4.0'a yönelik bilgi düzeylerinin yetersiz olduğunu belirtmiş; buna rağmen, söz konusu teknolojilerin işletmeler açısından taşıdığı önemin farkında olduklarını vurgulamışlardır.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

"Endüstri 4.0'ın makinelerin insan faktörüne çok bağlı olmadan daha uyumlu çalışan sistemler sunduğunu düşünüyorum. Ancak bizim ürettiğimiz ürünler emek yoğun olduğundan, bu teknolojinin sektörümüzde çok uygulanabilir olduğunu düşünmüyorum." ***(K2)***
"Endüstri 4.0 hakkında bilgi sahibi değilim. Ancak aklıma gelenler; işleri daha standart hâle getirmek, verileri daha düzenli takip edebilmek ve zaman kazandırmak gibi katkıları olabilir diye düşünüyorum." ***(K5)***

"Endüstri 4.0 hakkında bilgi sahibi değilim. İşletmemiz hangi endüstri devriminde onu bile bilmiyorum ama sektörümüz açısından önemli bir konumda olduğumuzu düşünüyorum." ***(K6)***

Genel olarak katılımcılar Endüstri 4.0'ın işletmeler için önemi ve gerekliliğini kabul etmektedir. Endüstri 4.0'ın uygulanması ve işletmelere uyumu konusunda algı düzeyleri ve sektörel değerlendirmeleri arasında belirgin farklar bulunmaktadır.

"Otonom Robot" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Katılımcıların otonom robotlara yönelik düşünceleri sektörlere özgü ihtiyaçlar ve mevcut teknolojik altyapılar çerçevesinde farklılık göstermektedir. Katılımcılar otonom robotların uygulanabilirliğini tartışırken, bazı sektörlerde şu anda ihtiyaç olmadığı ancak gelecekte kaliteyi artırmak ve insan gücünü azaltmak için önemli bir potansiyele sahip olduğu görüşünü dile getirmişlerdir. Katılımcıların otonom robotlara duyulan ihtiyaç ve bu teknolojilerin benimsenmesi konusundaki düşünceleri sektörün dinamiklerine ve gelecekteki beklentilere bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

"Bana göre işletmemizin şu aşamasında otonom robotlara ihtiyaç yok. Farklı sektörlerde olabilir ama bizim sektör için gerekli değil." ***(K1)***
"Gelecekte artık insan gücünün yerini makinelerin alacağını düşünüyorum. Kaliteyi belirleyecek şeyin otonomlaşmış robotlar olacağı bir sürece doğru gidiyoruz." ***(K2)***
"Bizim üretim sürecimiz tamamen otomasyona dayalıdır. Şeker üretildikten sonra paketlenmesi ve çuvallara konulması dâhil tüm işlemler otomasyonla yapılır. Yani süreçler el değmeden, robotlar ve makinelerle gerçekleştirilir." ***(K3)***
"Rekabet edebilmek için otomasyon gerekir." ***(K4)***
"Burada kendi sorununu kendi çözen makineler yok ama "otonom bakım" diye bir departman var. Sorun çıktığında bu birimdeki kişiler gerekli müdahaleyi yapar. Gerçek anlamda kendi kendini tamir eden sistemler bizde yok. Bu teknoloji otomotiv sektörüne uygun olabilir ama bizim sektör için fazla ileri düzeyde kalır." ***(K5)***
"Bu işletmede kendi kendine sorunları çözen makineler ya da sistemlerin sorunları önceden tespit edip kendilerini tamir edeceği bir teknoloji bulunmamaktadır. Gerekli mi diye sorarsanız, cevabım kesinlikle evet olur." ***(K8)***

Katılımcıların ifadeleri, otonom robot teknolojilerinin sektör ve işletme düzeyinde farklı biçimlerde değerlendirildiğini ortaya koymaktadır. Otonom robotlara duyulan ihtiyacın sınırlı olduğunu ifade eden katılımcılar (K1, K5), bu teknolojilerin kendi sektörlerinde henüz öncelikli olmadığını belirtmişlerdir. Buna karşılık bazı katılımcılar (K2, K3, K4,

K8), otonom robotların gelecekte daha fazla önem kazanacağını ve üretim süreçlerinde kalite ile verimliliği artırma potansiyeline sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

"Yapay Zekâ" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Katılımcılar Endüstri 4.0 hakkında görüşlerini ifade ederken yapay zekâdan bahsetmişlerdir. Yapay zekâyı, doğrudan Endüstri 4.0, insansız işlemler ve belirsizlik gibi kavramlarla ilişkilendirerek tanımladıkları görülmüştür.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"İşletmede üretimimiz… yapay zekâ mı denir bilmiyorum ama makineler vasıtasıyla gerçekleştirilir."* ***(K3)***
> *"Özellikle işletmemizde yapay zekâya yönelik çalışmalar hâlâ devam etmektedir."* ***(K4)***
> *"…açıkçası Endüstri 4.0'dan, örneğin yapay zekâ gibi bileşenlerden korkuyorum. Bu işin sonunun nereye varacağı konusunda bir öngörüde bulunamıyorum."* ***(K7)***
> *"Endüstri 4.0 ne ise, yapay zekâ da odur. İşletmemiz bünyesinde oluşturulmuş herhangi bir yapay zekâyla ilgilenen departman bulunmamaktadır."* ***(K8)***

Katılımcı ifadeleri, yapay zekâ teknolojilerine yönelik farkındalık düzeylerinin işletmeler arasında farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Yapay zekâya ilişkin belirsizlik yaşadığını ifade eden katılımcılar arasında yer alan K3, üretim süreçlerinde bu teknolojilerin kullanımı konusunda tam bir netlik sağlayamamış olsa da makinelerin rolüne dikkat çekmiştir. K4, işletmesinde yapay zekâ uygulamalarına yönelik çalışmaların sürdüğünü belirtmiştir. Öte yandan, K7 yapay zekâya karşı çekinceli bir yaklaşım sergilemiş ve gelecekteki etkilerine ilişkin belirsizlik hissettiğini dile getirmiştir. K8 ise işletmesinde yapay zekâya özgü herhangi bir departmanın bulunmadığını ifade etmiştir. Genel olarak, yapay zekâ bileşeninin benimsenme düzeyinin, işletmelerin ihtiyaçlarına, teknolojik altyapısına ve çalışanların algısına göre değişiklik gösterdiği söylenebilir.

"Büyük Veri ve Bulut Teknolojileri" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Katılımcılar, Endüstri 4.0 bileşenlerinden büyük veri ve bulut teknolojilerine dikkat çekmektedirler. Bu noktada verilerin depolandığını ve uzun zaman sonra yeniden erişilebilir olduğunu belirtmişlerdir. Özellikle büyük veri ve bulut teknolojilerini, bilgi işlem departmanıyla eşleştirdikleri gözlemlenmiştir.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"Bilgi işlem bölümümüzü oluşturduk. İşletmemize özel bazı programları hazırlattık. Bu sistem üzerinden gelen verilerle birlikte bilgi depolaması yapabiliyoruz."* ***(K1)***
> *"Veriyle ilgili bir, bilgi işlem servisimiz var. Çiftçi, üretim, ürün vb. tüm bilgiler kayıt altına alınıyor. Hatta tamamen bize ait olan bilgi işlem servisimizin geliştirdiği, bankaların kullandığına benzer* Otomatik Vezne Makinesi *(ATM) bile mevcut. Bir bankanın yazılım şirketiyle yazılım anlaşması yaparak bu sistemi geliştirdik. Bu sistem sayesinde çiftçilerin risk durumu, kredi talepleri gibi işlemler sistem tarafından denetleniyor ve bize raporlanıyor. Tıpkı banka işlemlerinde olduğu gibi çiftçilere ödemeler, avanslar ve krediler veriliyor. Tüm bunlar ciddi düzeyde veri ve bulut teknolojisi gerektiriyor."* ***(K3)***
> *"Endüstri 4.0 ile ilgili süreç çok hızlı ilerliyor. İnternet olduğu sürece birçok bilgiye ulaşmak mümkündür. Ancak doğru bilgiye ulaşma konusunda bazı sorunlar olduğunu düşünüyorum. "Big data" dediğimiz sisteme artık birçok kurum geçmiş durumda. Sistem oluşturma, verileri aktarma, siber sistem kurma gibi uygulamalar bizde de yavaş yavaş geliştiriliyor. Müşterilere daha kolay ulaşabilmek, bilgilerin daha güvenli ve düzenli olması ve üretim süreçlerinde veri sorunları yaşamamak adına verileri dijital ortama taşımaya başladık."* ***(K8)***
> *"…Bu işlemlerle ilgili onaylar verildiğinde, 20 yıl sonra bile sistemden bu bilgilere erişmek mümkün olacak. Aslında tüm bu işlemlerle bir kurumsal hafıza oluşturuluyor ve bilgiler depolanıyor. Aynı zamanda bu sistem, tüm birimleri tek bir noktada birleştiriyor."* ***(K9)***

Katılımcı ifadeleri, bulut teknolojileri ve büyük veri uygulamalarının işletmelerde artan bir öneme sahip olduğunu ortaya koymaktadır. K1 ve K3, işletmelerinde özel yazılımlar aracılığıyla veri depolama süreçlerini geliştirdiklerini vurgulamışlardır. K8, büyük veri kullanımının işletmelerde giderek yaygınlaştığını belirtmiş; veri güvenliği, düzenliliği ve dijital ortama aktarımın, işletmeleri açısından kolaylıklar sağladığını ifade etmiştir. K9 ise bu sistemlerin, bilginin uzun vadede erişilebilirliği ve işletme içi birimlerin uyumu açısından katkı sunduğunu dile getirmiştir.

"Siber Güvenlik" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Katılımcılar, Endüstri 4.0 ve bileşenlerine ilişkin görüşlerini aktarırken özellikle siber güvenlik konusuna vurgu yapmışlardır. Bunun yanı sıra, siber güvenliğin teknoloji kullanımında kritik bir risk unsuru olduğunu ifade etmiş; bu bağlamda güvenlik açıklarının, Endüstri 4.0'ın işletmelerde benimsenmesini doğrudan etkileyebileceğini dile getirmişlerdir. Ayrıca, yakın geçmişte küresel ölçekte yaşanan sistem çökmelerinin işletmelerde bu konuya yönelik farkındalığı artırdığı belirtilmiştir.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"Özellikle bizim işletmemizde IT uzmanları görev yapmaktadır. Siber güvenlik konusunda, sektördeki birçok işletmeye kıyasla daha iyi bir konumda olduğumuzu düşünüyorum."* ***(K4)***
> *"Şu ana kadar herhangi bir siber saldırıyla karşılaşmadık ama olursa da gerekli önlemlerin alınabileceğini düşünüyorum."* ***(K6)***
> *"Endüstri 4.0 bileşenlerinin güvenlik açısından bazı endişeler yarattığını düşünüyorum. En basit örneği, kullandığımız telefonlardan; dinlediğimiz müziklere kadar, örneğin en çok veya en az dinlenen şarkılar, yüksek ya da düşük sesle dinlenen şarkılara göre sistemin bize önerilerde bulunması bile beni ürkütüyor. Bu durum, eylemlerimizin veriye dönüştüğünü ve bize sunulan seçeneklerin potansiyel birer güvenlik problemi olabileceğini düşündürüyor."* ***(K7)***
> *"...Küresel çapta yaşanan program çökmelerinde biz de zaman zaman sorun yaşıyoruz. Geçtiğimiz günlerde dünya genelinde meydana gelen "mavi ekran" sorununu biz de yakından izledik. Network altyapısı, siber güvenlik ve yazılım geliştirme konularında çalışan bir IT birimimiz var. Bu birim farklı departmanların bir araya gelmesiyle oluşturuldu. Ancak buna rağmen biz de yaşanan mavi ekran olayından dolayı bazı problemler yaşadık."* ***(K9)***

Katılımcı ifadeleri, Endüstri 4.0 bileşenlerinin güvenlik boyutuna ilişkin çeşitli endişe ve deneyimlerin işletmeler arasında farklılaştığını ortaya koymaktadır. K4, işletmesinin siber saldırılara karşı hazırlıklı olduğunu belirtirken, K6 henüz böyle bir saldırıyla karşılaşmadıklarını ancak gerekli durumlarda önlem alınabileceğini ifade etmiştir. K7, verilerin bireysel eylemlerden elde edilip belirli kriterlere göre işlenmesinin güvenlik risklerini artırabileceği yönündeki kaygılarını dile getirmiştir. K9 ise küresel ölçekte yaşanan yazılım ve ağ temelli sorunların kendi işletmelerini de etkilediğini, bu tür durumlarda bilgi teknolojileri (IT) biriminin müdahalesine rağmen sorunların tam anlamıyla giderilemediğini belirtmiştir.

Genel olarak, siber güvenlik konusu, Endüstri 4.0 bileşenlerinin uygulanabilirliği açısından kritik bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Ancak işletmelerin bu alanda tam anlamıyla güvenli bir yapı tesis etme konusunda hâlâ çeşitli zorluklarla karşı karşıya olduğu anlaşılmaktadır.

Bilgi Teknolojileri ve Bilişim Kategorisi

Bilgi teknolojileri ve bilişim kategorisine ilişkin yapılan analiz sonucunda; "teknoloji ve dijitalleşme","sistem" ile "server" kodları belirlenmiştir. Aşağıda, katılımcıların bu kodlara yönelik görüşleri detaylı olarak sunulmaktadır.

"Teknoloji ve Dijitalleşme" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Katılımcılar bilgi teknolojileri ve bilişim konusunda dijitalleşmeye büyük önem verdiklerini dile getirmişlerdir.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"Son teknolojiyi işletmeme getirebilirim ama bu tek başına yeterli değildir. Diğer tüm değişkenlerin ve bileşenlerin de bu teknolojiye uygun olması gerekir."* ***(K1)***
> *"Bizde emek yoğun üretim olduğu için çok fazla teknolojiyi kullanamıyoruz."* ***(K2)***
> *"Biz teknolojiyi üst seviyede kullanan bir işletmeyiz ve sürekli kendini geliştiren bir yapıya sahibiz. Teknolojiyle ilgili ne varsa yapıyoruz ve yapmaya devam edeceğiz."* ***(K3)***
> *"Niş ürünler ürettiğimiz için, işletme olarak her zaman teknolojiyi kullanmaya istekliyiz ve aktif şekilde kullanıyoruz."* ***(K4)***
> *"İşimiz gereği yüksek teknolojiyle çalışmak zorundayız. Çünkü beyaz eşya grubu, elektrikli araçlar, cep telefonları gibi pek çok alanda kullanılan süper ince bakır tel üretiyoruz. Bu nedenle izleme, ölçme ve kalite gibi süreçlerin sağlıklı ilerleyebilmesi açısından yüksek teknoloji her zaman gereklidir."* ***(K5)***
> *"İşletmelerimizde teknolojinin rolü birinci sırada yer almaktadır. Makinalarımızı sürekli teknolojiye uygun şekilde revize ediyoruz. Örneğin, beş yıllık bir makinamızı bile yenileme aşamasındayız. Neden? Çünkü teknoloji her yıl değişiyor. Özellikle pandemiden sonra bu alanda daha ciddi bir atılım yaptık."* ***(K7)***

Katılımcı ifadeleri, teknoloji ve dijitalleşmenin işletmeler açısından stratejik bir öneme sahip olduğunu açık bir biçimde ortaya koymaktadır. K1, teknolojinin benimsenmesinin tek başına yeterli olmadığını; bunun yanında altyapı, insan kaynakları, sermaye gücü ve yönetsel kabiliyet gibi unsurların da bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamıştır. K2, işletmesinin teknoloji odaklı değil, emek yoğun bir yapıda olduğunu ifade etmiştir. K3, teknolojik altyapısını sürekli geliştiren bir işletme olduklarını belirtirken, K4 teknolojiyi kullanma konusundaki isteklerini ve bu alandaki uygulamalarını dile getirmiştir. K5, ileri teknoloji kullanımının iş süreçlerinin kalitesini artırmadaki rolüne dikkat çekmiştir. K7 ise teknolojik dönüşüme uyum sağlamak adına makinelerini sürekli yenilediklerini ve özellikle pandemi sonrası bu alanda önemli bir atılım gerçekleştirdiklerini ifade etmiştir.

Genel olarak katılımcı ifadeleri, teknolojinin yalnızca operasyonel süreçlerde değil, aynı zamanda stratejik yönetim açısından da işletmeler için vazgeçilmez bir unsur hâline geldiğini göstermektedir. Bu nedenle işletmelerin Endüstri 4.0'a uyumu için, donanımsal

gelişme yeterli olmayacak, aynı zamanda organizasyonel ve insan kaynağı boyutlarıyla da gelişimin tamamlanması gerekecektir.

"Sistem" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Katılımcılar endüstri 4.0'ın işletmeler için bir ihtiyaç olduğunu ve bu sistemlerin iş süreçlerini optimize etmede kritik rol oynadığını ifade etmişlerdir.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"Endüstri 4.0 konusunda sistemi kurmak yetmiyor. Sisteme uygun altyapı, insan faktörü, yatırım gücü, yönetim yapısı, denetim mekanizması gibi faktörleri de doğru kurmak gerekiyor. Fakat bu sadece bizim işletmemiz için değil, Türkiye'deki birçok işletmede pek mümkün değil."* ***(K1)***
> *"Uygulamada Endüstri 4.0 için hangisi olur bilmiyorum ama biz hammaddeyi yurtiçine getirip millileştirdikten sonra hammadde fabrikaya girer. Üretim süreçleri tamamlanıp faturalandırılmaya kadar tamamen bir sistem üzerinden devam eder."* ***(K7)***
> *"Bizim gibi üretim, ithalat, ihracat, mağazacılık, bayilik, iştirakler, ticaret gibi birçok işlemleri gerçekleştiren işletmelerde bu yapıyı kalem ve kâğıtla yönetemezsiniz. Mutlak bir sisteme ihtiyaç vardır. Bence sadece bizim gibi büyük işletmelerin değil, daha küçük işletmeler için bile bu sistemlere gerek olduğunu düşünüyorum. ....Yönünü büyümeye çeviren, ihracat yapan, bayi ağı oluşturma yapısına giren her işletmenin muhakkak bu sistemlere entegre olması zorunludur. Başka türlüsü yönetilemez de yürütülemez de. Çünkü patron değil, hiç kimse her şeyi bilemez."* ***(K9)***

Katılımcıların ifadelerine göre sistem; işletmelerin ölçeği, sektörel dinamikleri ve mevcut dijital altyapılarına göre farklılık göstermektedir. K1, Endüstri 4.0 sistemlerinin yalnızca teknolojik altyapı yatırımıyla sınırlı olmadığını vurgulayarak; bu yapıların etkin şekilde işleyebilmesi için insan kaynağı, yönetimsel yapılanma, yatırım kapasitesi ve denetim mekanizmaları gibi destekleyici unsurların da bütüncül bir anlayışla ele alınması gerektiğini ifade etmiştir. K7, işletmesinde üretim süreçlerinin uçtan uca dijital sistemler aracılığıyla yürütüldüğünü belirtmiş ve Endüstri 4.0 bileşenlerine ilişkin yüksek düzeyde bir farkındalık sergilemiştir. K9 ise Endüstri 4.0'ı yalnızca büyük ölçekli işletmelere özgü bir dönüşüm olarak görmemekte; bu teknolojilerin, büyüme hedefi olan tüm işletmeler için kritik öneme sahip olduğuna dikkat çekmektedir. Kâğıt-kalem ile yürütülen yönetim biçimlerinin günümüzde yetersiz kaldığını vurgulayan K9, dijital sistemlerin hem operasyonel işleyiş hem de organizasyonel sürdürülebilirlik ve stratejik karar alma süreçleri açısından vazgeçilmez hâle geldiğini belirtmiştir.

Genel olarak, katılımcı ifadeleri, Endüstri 4.0 teknolojilerine uygun sistemin, işletmeler açısından yalnızca bir tercih değil aynı zamanda verimlilik ve sürdürülebilirlik için zorunlu bir dönüşüm aracı olarak görüldüğünü ortaya koymaktadır. Sistemin tek başına kurulmasının yeterli olmadığı, insan kaynağı, altyapı ve yönetsel yapılanmanın bu süreçle uyumlu şekilde geliştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Bu doğrultuda, Endüstri 4.0 teknolojileri işletmeler için operasyonel bir araç olmanın ötesinde, stratejik bir gereklilik olarak konumlanmaktadır.

"Server" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Katılımcılar, veri yönetimi ve saklama süreçlerinde server sistemlerinin önemine dikkat çekmiştir. Katılımcıların ifadelerine göre, işletmelere ait server altyapılarının kayıt ve bilgi saklama süreçlerinde aktif olarak kullanıldığını göstermektedir.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"…Server sistemimiz var. Kayıt yapmaktadır."* ***(K1)***
> *"Her ürünle ilgili reçeteler ve stok kartları bulunuyor. …İşletmemize ait server ile bu bilgilerin tamamı kaydedilmektedir."* ***(K6)***
> *"...Bu bilgileri kaydeden kendi server merkezimiz var."* ***(K9)***

Katılımcıların ifadelerine göre, işletmelerin server ve kayıt konularında belirli düzeyde farkındalığa sahip oldukları gözlemlenmektedir. K1, işletmesinde server tabanlı bir sistemin bulunduğunu ve bu sistemin veri kayıt işlemlerini gerçekleştirdiğini ifade etmiştir. Benzer şekilde K6, her ürünle ilgili reçete ve stok kartı bilgilerinin kendi işletmelerine ait server aracılığıyla kayıt altına alındığını belirtmiştir. K9 ise verileri kaydeden özel bir server merkezinin bulunduğunu ifade etmiştir.

Genel olarak, kendi server sistemlerini kullanarak verileri güvenli biçimde saklamaları, bilgi teknolojileri ve bilişim açısından önemli bir adım olarak değerlendirilebilir. Bununla birlikte, ileri düzey veri analitiği ve büyük veri uygulamaları gibi daha gelişmiş Endüstri 4.0 bileşenlerinin etkin biçimde kullanılması, işletmelerin dijital dönüşüm süreçlerini daha verimli ve sürdürülebilir hâle getirecektir.

Endüstrileşme ve Araştırma Kategorisi

Endüstrileşme ve araştırma kategorisine ilişkin yapılan analiz sonucunda; "makine","barkod" ile "araştırma ve geliştirme" alt kategorilerine ulaşılmıştır. Aşağıda, katılımcıların bu kodlara yönelik görüşleri detaylı olarak sunulmaktadır.

"Makine" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Katılımcılar, üretim teknolojisinde Endüstri 4.0'a tam anlamıyla geçişin henüz sağlanamadığını ancak süreç içerisinde makineleşme ve üretim verimliliği açısından çeşitli çalışmalar yapıldığını belirtmektedir. Mevcut makinelerin yenilenmesi ve üretim süreçlerine daha verimli sistemlerin dâhil edilmesi konusunda araştırmaların devam ettiği anlaşılmaktadır.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"İşletmemizde programsal ya da hız açısından gelişmiş makineler mevcut; ancak üretimler neredeyse ilk dönemde kullanılan teknolojiyle hâlâ devam etmektedir. Makine yenilemesi tek başına yetersiz kalıyor."* ***(K1)***
> *"Gelişmiş makinelerle üretimimiz yoktur. Makineleşme açısından Endüstri 4.0'ı kullanmıyoruz."* ***(K2)***
> *"Özellikle mevcut makinelerimizin yerine, daha az sürede daha fazla katkı sunacak makinelerle çalışma noktasında araştırmalarımız devam etmektedir. Örneğin, şu an 22 makine bulunmaktadır ve bu makinelerden beşi mevcut duruma göre yenilenmiştir. Süreç içerisinde diğer makinelerin de yenilenmesi için çalışmalar sürmektedir."* ***(K7)***
> *"Endüstri 4.0'a uygun makine yenilemesi yaparken bile, eski makinenizle üretime devam etmeniz gerekir. Bir anda tüm makineleri yenilemek, katkı yerine zarar verebilir. Bu nedenle fizibilite çalışmaları, test aşamaları ve üretim kalitesinin ölçülmesi gerekir."* ***(K9)***

Katılımcıların görüşleri, üretim süreçlerinde kullanılan makineler açısından Endüstri 4.0 uygulamalarının henüz tam olarak hayata geçirilmediğini ancak bu doğrultuda kademeli adımlar atıldığını ortaya koymaktadır. K1, makinelerin hız ve programlama açısından gelişmiş olduğunu belirtmekle birlikte, üretim süreçlerinin hâlâ önceki teknoloji düzeyine benzer şekilde sürdüğünü ifade etmektedir. Bu yönüyle, mevcut makine altyapısının Endüstri 4.0 perspektifinde köklü bir dönüşüm geçirmediğine işaret etmektedir. K2 ise, işletmesinde Endüstri 4.0'a yönelik makineleşme ya da otomasyon uygulamalarının bulunmadığını açık bir şekilde dile getirmiştir. K7, üretimde kullanılan makinelerin verimliliğini artırmaya yönelik çalışmaların sürdüğünü ve mevcut makinelerin bir kısmının yenilendiğini belirtmiştir. Bu ifade, kısmi uyum sürecinin devam ettiğini göstermektedir. K9 ise, Endüstri 4.0'a uyumlu makine dönüşümünün dikkatli ve planlı bir şekilde gerçekleştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Mevcut makinelerle üretimin sürdürülmesinin önemine dikkat çeken K9, ani bir değişimin verimlilikten çok maliyet ve operasyonel zarar getirebileceğini ifade etmiştir.

Genel olarak, Endüstri 4.0 bileşenlerinin tam anlamıyla hayata geçirilmediğini ancak makine yenileme ve verimlilik artırma çalışmalarının aşamalı olarak devam ettiğini göstermektedir.

"Barkod" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Katılımcıların ifadeleri, barkodlama sisteminin işletmelerde yaygın olarak kullanıldığını ve üretimden depolamaya, sevkiyattan takibe kadar birçok sürecin dijital olarak yönetildiğini göstermektedir. Bu durum, manuel işlemleri azaltarak veri doğruluğunu artırmakta ve işletmelerin Endüstri 4.0'a uyum sağlamasına katkıda bulunmaktadır.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"İşletmede süreçlerin tamamı için barkodlu sistem mevcuttur. Her üretim emri için başlama ve bitirme kartları oluşturulur. Bu işlemler barkodlu sistemle taranarak kayıt altına alınır."* ***(K4)***
> *"Bu süreçte aşırı bir manuel işlem yoktur. Barkodlama sistemine göre hareket edilmektedir. Bazı noktalarda barkodlama hataları oluşabiliyor. Böyle bir durumda, hata manuel olarak düzeltilip süreç devam ettiriliyor. Endüstri ya da teknoloji her ne derseniz, bence barkodlama buna uygundur. Barkod sistemi neredeyse her aşamada kullanılmaktadır."* ***(K5)***
> *"Barkodlama sistemiyle ürün depoya, oradan da müşteriye hazır hale getirilir. Herhangi bir yetkili bu ürüne ulaşmak istediğinde, sistem üzerinden ürünü seçerek hangi katta, hangi koridorda, hangi rafta bulunduğunu anında görebilir ve doğrudan erişim sağlayabilir."* ***(K9)***

Katılımcıların görüşleri, işletmelerde Endüstri 4.0 farkındalığının barkodlama sistemleri aracılığıyla belirli bir düzeye ulaştığını göstermektedir. K4, işletmesinde tüm süreçler için barkodlu sistemin kullanıldığını ve her üretim emri için başlangıç ve bitiş kartlarının oluşturularak bu işlemlerin barkod sistemi aracılığıyla kayıt altına alındığını belirtmiştir. K5, barkodlama sisteminin üretim süreçlerinde yaygın olarak kullanıldığını ifade etmiş; sistem genel olarak otomasyona dayalı olsa da bazı noktalarda oluşan barkod hatalarının manuel müdahaleyle düzeltildiğini aktarmıştır. Barkod sistemini Endüstri 4.0 ile ilişkilendiren K5, bu teknolojinin işletmesinde neredeyse her aşamada uygulandığını vurgulamıştır. K9 ise, barkodlama sistemi sayesinde ürünlerin depodan müşteriye kadar olan sürecinin izlenebilir hâle geldiğini, sistem üzerinden ürünün bulunduğu konuma anlık erişim sağlanabildiğini ifade etmiştir.

Genel olarak bazı katılımcı ifadelerine göre, üretim süreçlerinin dijitalleşmesi, veri yönetiminin etkinleştirilmesi ve barkodalama gibi Endüstri 4.0 bileşenleri doğrultusunda

önemli ilerlemeler kaydedildiği görülmektedir. Bununla birlikte, sistemlerde hâlen manuel müdahaleye ihtiyaç duyulması bu bileşenlerin bütüncül şekilde uygulanamadığını ve hata oranlarının azaltılmasına yönelik gelişim alanlarının bulunduğunu ortaya koymaktadır.

<u>"AR-GE" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri</u>

Katılımcıların, AR-GE faaliyetlerine yönelik farkındalığı üzerine farklı şekilde ifadeleri yer almaktadır. Katılımcı ifadeleri incelendiğinde, AR-GE çalışmalarına önem verildiği görülmektedir. Bu durum, işletmelerin Endüstri 4.0'a uyum sağlama sürecinde farkındalıklarının arttığını ve sistemli bir dönüşüm sürecine girdiklerini göstermektedir. Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"2016 yılından beri kurulmuş olan bir AR-GE merkezimiz var. Bu merkezde maliyetleri düşürmek, üretimde verimliliği artırmak, toprak inceleme, tohum özellikleri ve su kaynakları gibi konular üzerinde çalışmalar yapılmaktadır."* ***(K3)***
> *"Birim olarak bir AR-GE departmanımız mevcut. Buna rağmen hâlâ AR-GE yatırımlarımız ve güçlendirme çalışmalarımız devam etmektedir."* ***(K6)***
> *"İşletme bünyesinde Endüstri 4.0 ile ilgilenen bir departman bulunmamaktadır. Ancak AR-GE departmanının kurulmasına yönelik çalışmalara başlanmıştır."* ***(K8)***
> *"…Bu bilgiyi de AR-GE verir. Çünkü AR-GE birimi,* Türk Standartları Enstitüsü *(TSE) ve kalite standartlarına göre önceden pazar araştırması, müşteri portföyü, ürün ağacı, üretim süreci ve tüketim miktarları gibi konularda çalışmalar yürütmektedir."* ***(K9)***

Katılımcıların ifadeleri, işletmelerin Endüstri 4.0'a yönelik farkındalıkları konusunda AR-GE yatırımlarını önceliklendirdiklerini göstermektedir. K3, işletmesinde 2016 yılından bu yana faaliyet gösteren bir AR-GE merkezinin bulunduğunu ve bu merkezin maliyetlerin düşürülmesi, üretim verimliliğinin artırılması, toprak analizi, tohum özellikleri ve su kaynaklarının değerlendirilmesi gibi konularda çalışmalar yürüttüğünü belirtmiştir. K6, mevcut durumda bir AR-GE departmanının bulunduğunu ifade etmiş; buna rağmen AR-GE yatırımlarının devam ettiğini ve departmanın daha da güçlendirilmesine yönelik çalışmaların sürdürüldüğünü aktarmıştır. K8, işletmesinde Endüstri 4.0'a özgü bir birimin henüz bulunmadığını ancak AR-GE departmanının kurulmasına yönelik hazırlıkların başladığını belirtmiştir. K9 ise, işletmede yürütülen birçok faaliyetin AR-GE birimi tarafından yönetildiğini; bu birimin, TSE ve kalite standartları doğrultusunda pazar araştırması, müşteri profili, ürün yapısı, üretim süreci ve tüketim miktarları gibi konularda çalışmalar gerçekleştirdiğini ifade etmiştir.

Genel olarak katılımcıların AR-GE yatırımlarını, üretim verimliliğini artırma ve teknolojik dönüşümü destekleme açısından değerlendiği görülmektedir. Bununla birlikte, bazı işletmelerde Endüstri 4.0'a özel bir organizasyonel yapılanmanın henüz oluşturulmamış olması, dijital dönüşüm sürecinin tam anlamıyla kurumsallaşmadığını ortaya koymaktadır. AR-GE faaliyetlerinin daha da geliştirilmesi ve dijitalleşme ile otomasyon süreçlerinin etkin biçimde uygulanması, işletmelerin Endüstri 4.0'a uyum sağlamasında kritik bir unsur olacağı öngörülmektedir.

3.3.2. İkinci Alt Problem: İşletmelerin Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Maliyet Muhasebesi Uygulamalarına İlişkin Değerlendirmelerine Yönelik Bulgular

Maliyet muhasebesi uygulamaları, işletmelerin üretim süreçlerinde oluşan maliyetleri sistematik şekilde kaydederek bu verileri analiz etmeyi ve yönetim kararlarına temel oluşturacak raporlar üretmeyi amaçlamaktadır. Hammaddeden mamule kadar olan süreçte doğrudan ilk madde ve malzeme giderleri, direkt işçilik giderleri ve genel üretim giderleri gibi maliyet unsurları izlenir ve uygun maliyetleme yöntemleriyle ürünlere yüklenir. Bu uygulamalar sayesinde birim maliyetler belirlenir, kârlılık analizleri yapılır, israf önlenir ve kaynak kullanımı optimize edilir. Aynı zamanda yöneticilere fiyatlandırma, üretim planlama ve bütçeleme gibi alanlarda stratejik karar desteği de sunulur.

Bu bağlamda, araştırmanın ikinci alt problemi ***"İşletmeniz Açısından Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Maliyet Muhasebesi Uygulamalarına Etki/leri Hakkındaki Değerlendirmeleriniz Nelerdir?"*** sorusu çerçevesinde belirlenmiştir. Bu alt probleme ilişkin elde edilen bulgular ise Tablo 3.7'de sunulmuştur.

Tablo 3.7. *Katılımcı görüşleri: Endüstri 4.0 bileşenlerinin maliyet muhasebesine etkisi*

TEMA	KATEGORİLER	KODLAR
MALİYET MUHASEBESİ	MALİYET MUHASEBESİNİN AMAÇLARI	*MALİYET HESAPLAMA STOK*
	ÜRETİM MALİYETLERİ	*ÜRETİM MALİYETLERİ ÜRETİM SÜREÇLERİ*
	GİDERLERİN ÜRÜNLERE YÜKLENMESİ	*SİPARİŞE DAYALI ÜRETİM*
	MALİYET HACİM KÂR	*MALİYET GELİR KÂR*
	VERİ KAYDI VE İZLEME	*MUHASEBE KAYDI PROGRAMLAR*

Tablo 3.7'de görüldüğü üzere Maliyet Muhasebesi temasına ilişkin olarak; "maliyet muhasebesinin amaçları","üretim maliyetleri","giderlerin ürünlere yüklenmesi","maliyet-hacim-kâr" ile "veri kaydı ve izleme" kategorilerine ulaşılmıştır.

Maliyet muhasebesinin amaçları kategorisine ilişkin yapılan analiz sonucunda; "maliyet hesaplama" ile "stok" kodları belirlenmiştir.

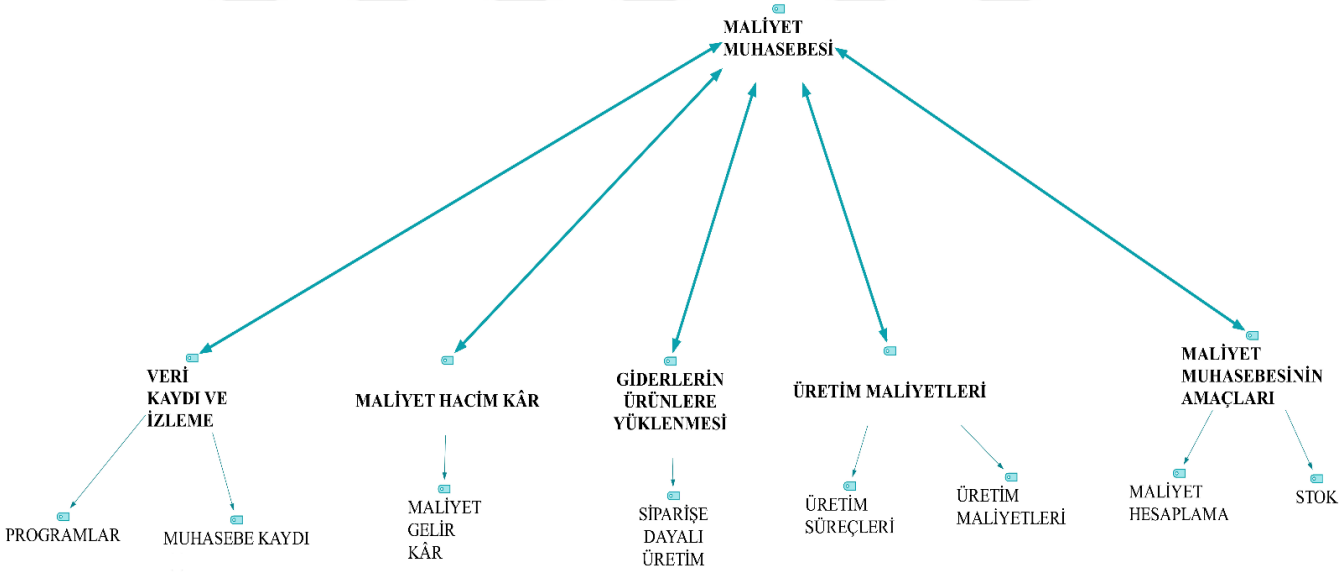
Üretim maliyetleri kategorisine ilişkin yapılan analiz sonucunda; "üretim maliyetleri" ile "üretim süreçleri" kodları belirlenmiştir.

Giderlerin ürünlere yüklenmesi kategorisine ilişkin yapılan analiz sonucunda; "siparişe dayalı üretim" kodu belirlenmiştir.

Maliyet-hacim-kâr kategorisine ilişkin yapılan analiz sonucunda; "maliyet gelir kâr" kodu belirlenmiştir.

Veri kaydı ve izleme kategorisine ilişkin yapılan analiz sonucunda; "muhasebe kaydı" ile "programlar" kodları belirlenmiştir.

Şekil 3.6. *Maliyet muhasebesi temasına ait kategori ve kodlamalar*



Maliyet Muhasebesinin Amaçları Kategorisi

Maliyet muhasebesinin amaçları kategorisine ilişkin yapılan analiz sonucunda; "maliyet hesaplama" ile "stok" kodları belirlenmiştir. Aşağıda, katılımcıların bu kodlara yönelik görüşleri detaylı olarak sunulmaktadır.

"Maliyet Hesaplama" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Katılımcıların ifadelerine göre, işletmelerinde maliyet hesaplama süreçlerinin büyük ölçüde geleneksel yöntemlere dayalı olarak sürdürüldüğü görülmektedir. Bu süreçlerde, geçmiş dönem verileri ile yöneticilerin deneyim ve gözlemlerinin temel alındığı, buna karşın Endüstri 4.0 kapsamında değerlendirilen dijital teknolojilerin ve otomasyon sistemlerinin etkin bir şekilde kullanılmadığı anlaşılmaktadır. Maliyetlendirme faaliyetlerinin büyük oranda manuel analizlere ve subjektif değerlendirmelere dayandırılması, veri odaklı karar alma mekanizmalarının sınırlı kaldığını göstermektedir. Bu durum, dijital dönüşümün işletmelerin, maliyet yönetimi süreçlerine dâhil edilmesinde önemli eksikliklerin bulunduğunu ortaya koymakta; modern maliyetleme sistemlerinin sağladığı hız, doğruluk ve stratejik öngörü avantajlarından yararlanılamadığını göstermektedir.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"Maliyet aşamasında bazı ürünler özelliklidir; her detaya inmek gerekir çünkü bu durum satışları doğrudan etkilemektedir. Pek çok işletmede maliyetler kaba taslak hesaplanırken, bizde her bir kalem ayrı ayrı değerlendirilir ve hesaplanır. Genellikle birim yöneticileriyle üst yönetim bu hesaplamaları analiz ederek yapar. İfadelerimden de anlaşılacağı üzere maliyet hesaplamaları ve planlamalarında Endüstri 4.0 bileşenleri kullanılmamaktadır."* ***(K1)***
>
> *"...Maliyet analizinde yapay zekâ ya da başka bir Endüstri 4.0 bileşeni kullanılmamaktadır. Bizler, öngörebildiğimiz riskleri hesaplar ve maliyete dâhil ederiz."* ***(K2)***
>
> *"Hesaplamalar, yeminli mali müşavirimiz ve muhasebe birimimiz tarafından sistemde kayıtlı veriler üzerinden manuel olarak yapılmaktadır. Hesaplamalarımız doğru yapılmaktadır. Elbette giderleri hesaplama ve sınıflandırmada daha kolay bir program varsa kullanılabilir ama şu an için büyük bir zorluk yaşandığını düşünmüyorum."* ***(K3)***
>
> *"İşletmelerin maliyetlendirme stratejileri genellikle tecrübeye ve geçmiş yıl verilerine dayanmaktadır. Endüstri 4.0 bileşenleri ise henüz bu süreçlerde etkili biçimde kullanılmamaktadır."* ***(K4)***
>
> *"Maliyetlendirme, strateji geliştirme ve maliyet kontrolü gibi hesaplamalar İstanbul'daki merkezimizde yapılır. Burada (muhasebe departmanı) yalnızca genel merkeze yönelik veri oluşturulmakta ve raporlanmaktadır."* ***(K5)***
>
> *"...Elbette, maliyet hesaplaması da yapılmaktadır. Örneğin bir makine yenileyeceksek, bu karar öncesinde maliyet planlaması yapılır. Satın alma, üretim ve muhasebe gibi departmanlar araştırma yapar, veriler sunar ve bu bilgiler ışığıda, danışılarak kararlar alınır."* ***(K7)***
>
> *"Endüstri 4.0 bileşenleri olan yapay zekâ, otonom robotlar ve nesnelerin interneti, işletmemizde maliyet hesaplama süreçlerinde kullanılmamaktadır. Oysa bu sistemlerle hem her aşamadaki maliyeti hem de satılacak ürünün fiyatını takip edebilmek çok faydalı olurdu."* ***(K9)***

Katılımcıların, maliyet hesaplama süreçlerine ilişkin yaptığı değerlendirmeler, söz konusu süreçlerin büyük ölçüde manuel yöntemlere ve yöneticilerin tecrübesine dayalı analizlere dayandığını ortaya koymaktadır. Çoğu işletmede maliyet hesaplamaları, yeminli mali müşavirler, muhasebe birimleri veya ilgili birim yöneticileri tarafından elle yürütülmektedir. Bu durum, hesaplamaların sistematik ve dijital bir altyapıdan yoksun bir şekilde gerçekleştirildiğine işaret etmektedir. Mevcut yöntemlerin doğruluğuna yönelik bir güven bulunsa da dijitalleşme ve otomasyon teknolojilerinin maliyet analizlerinde daha verimli, hızlı ve hassas sonuçlar sağlayabileceği açıktır.

"Stok" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Endüstri 4.0, sensör tabanlı izleme sistemleri, yapay zekâ destekli envanter kontrol mekanizmaları ve bütünleşik veri yönetim platformları gibi teknolojiler aracılığıyla akıllı stoklamaya imkân tanımaktadır. Katılımcı görüşlerine dayalı değerlendirmelerde, işletmelerin önemli bir bölümünün Endüstri 4.0'a uyumlu bir stok yönetim altyapısına sahip olmadığı ancak bazı işletmelerin temel düzeyde dijital takip sistemlerini süreçlerine dâhil ettikleri gözlemlenmiştir. Özellikle üretimde yüksek maliyetli hammaddeler kullanan işletmeler, stok bulundurmanın ekonomik açıdan risk oluşturduğunu vurgularken, bu riskleri azaltmak için yüksek teknolojiye dayalı sistemlerin her durumda gerekli olmadığını belirtmişlerdir. Öte yandan, bazı işletmeler depo operasyonlarını dijital sistemler üzerinden takip ettiklerini, üretimden satışa kadar tüm süreci otomatik olarak izleyebildiklerini ve bu süreçlerin muhasebe sistemleriyle uyumlu biçimde çalıştığını ifade etmişlerdir. Bununla birlikte genel eğilim değerlendirildiğinde, işletmelerin stok yönetimi süreçlerinde Endüstri 4.0'ın sunduğu ileri düzey teknolojileri yaygın ve etkin biçimde kullanmadıkları anlaşılmaktadır.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"Endüstri 4.0 bileşenleriyle bağlantılı bir stoklama sistemi kullanılmamaktadır. Aslında stok yapmak ve kredi kullanarak üretim yapmak mevcut ekonomik konjonktürde riskli olabilir."* ***(K1)***
> *"İşletmemizde Endüstri 4.0 değil ama Endüstri 3.0 düzeyinde bir teknoloji kullanımı söz konusudur. Örneğin, depoda ne kadar stok olduğunu sistem üzerinden otomatik olarak takip edebiliyorum. Çünkü süreçlerdeki tüm veriler sisteme giriliyor, faturası kesiliyor ve muhasebe bu bilgilere otomatik olarak erişebiliyor."* ***(K3)***
> *"Biz ……. kumaşlar üretmekteyiz. Bu kumaşlar üretildiğinde boyahane bölümüne aktarılır. Ardından boyahane bölümünde bu kumaşlar boyanarak mamul haline*

getirilir ve toplar hâlinde satışa hazır şekilde stoklara gönderilir. Bu süreçte sistem üzerinden stoklarımızı takip edebiliyoruz." ***(K4)***
"İşletmemizde üretilen ürünlerin maliyeti çok yüksek olduğu için stok yapılması mantıklı değildir. Stoğa çalışmak hem stok maliyetleri hem de üretim maliyetleri açısından ciddi zararlara yol açabilir. Çünkü biz bakır işliyoruz; altından sonra en değerli madenlerden biridir. Üstelik bu ürünü gümüş ve kalay gibi alaşımlarla da kaplıyoruz. Yani bu ürünü üretip bir yerde stoklamak sağlıklı olmaz. Bu nedenle stok açısından çok yüksek teknolojik bir sisteme de ihtiyaç duymuyoruz." ***(K5)***
"Biz stok açısından çok küçük miktarlarda çalıştığımız için işlemlerimizi manuel olarak da yürütebiliyoruz. Stok için Endüstri 4.0'a uygun ileri teknoloji kullanımına gerek görmüyoruz." ***(K8)***

Endüstri 4.0, stok yönetimi süreçlerinde sunduğu yenilikçi teknolojiler aracılığıyla, işletmelerin maliyetlerini azaltmalarına, gereksiz stok birikimlerini önlemelerine ve üretim süreçlerini daha esnek hale getirmelerine olanak tanımaktadır. Katılımcıların ifadelerinden elde edilen bulgular, işletmelerin stok yönetimini çoğunlukla manuel yöntemlerle veya kısmen otomasyona dayalı sistemlerle yürüttüklerini ancak bu süreçlerin henüz tam anlamıyla Endüstri 4.0 bileşenlerine dâhil edilmediğini ortaya koymaktadır. Özellikle yüksek maliyetli hammaddelerle çalışan işletmeler, stoğa dayalı üretim modelinin finansal riskler taşıdığını düşündüklerinden, siparişe dayalı üretim stratejilerini tercih etmekte ve stok seviyelerini asgari düzeyde tutmaya çalışmaktadır. Oysa Endüstri 4.0 kapsamında sunulan IoT tabanlı stok yönetimi sistemleri, RFID etiketleme teknolojileri ve gerçek zamanlı veri analitiği uygulamaları, envanterin daha hassas, hızlı ve bütüncül bir şekilde izlenmesini mümkün kılarak bu riskleri azaltabilir. Ayrıca, otomatik sipariş sistemleri ve akıllı tedarik zinciri yönetimi gibi dijital çözümler sayesinde, stok seviyeleri daha etkin bir biçimde kontrol edilebilir ve israfın önüne geçilerek finansal verimlilik artırılabilir. Dolayısıyla, işletmelerin stok yönetimi süreçlerinde Endüstri 4.0 teknolojilerini daha yaygın ve sistematik biçimde benimsemeleri, sadece maliyet avantajı sağlamakla kalmayacak, aynı zamanda uzun vadeli finansal sürdürülebilirlik açısından da stratejik bir gereklilik haline gelecektir.

Üretim Maliyetleri Kategorisi

Üretim maliyetleri kategorisine ilişkin yapılan analiz sonucunda; "üretim maliyetleri" ile "üretim süreçleri" kodları belirlenmiştir. Aşağıda, katılımcıların bu kodlara yönelik görüşleri detaylı olarak sunulmaktadır.

"Üretim Maliyetleri" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Endüstri 4.0, üretim süreçlerinde dijitalleşmeyi sağlayarak maliyet hesaplamalarının daha hızlı, doğru ve veri odaklı bir şekilde gerçekleştirilmesini hedeflemektedir. Akıllı üretim sistemleri, büyük veri analitiği ve yapay zekâ destekli tahminleme sistemleri, üretim maliyetlerini belirlemede geleneksel yöntemlerin yerine, daha etkin ve otomatik sistemlerin kullanılmasına olanak tanımaktadır. Katılımcı ifadeleri incelendiğinde, işletmelerin üretim maliyetlerini belirlerken ağırlıklı olarak manuel hesaplamalara ve tecrübeye dayalı yöntemlere başvurdukları ve bu süreçlerin muhasebe birimi ve üst yönetim tarafından yönetildiği görülmektedir. İşletmelerin büyük çoğunluğunda üretim maliyetlerinin en büyük kalemini hammadde maliyetlerinin oluşturduğu belirtilmektedir. İşçilik ve genel üretim giderleri ise hammadde ve malzeme maliyetlerine göre daha düşük seviyede kaldığı ifade edilmektedir.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"Ürünlerimizde üretim maliyetlerinin %80'i hammadde maliyetidir. Bu nedenle hesaplamalar daha kolay yapılabilmektedir. Geriye kalan ise işçilik ve enerji gibi genel üretim maliyetleridir. Bu hesaplamaları kendimiz yaparız."* ***(K1)***
> *"Üretim maliyetleri hesaplanırken, ortalama değerleri tecrübelerimize dayanarak manuel olarak çıkarıyoruz. Tek tek hesaplayarak sonuçlara ulaşıyoruz. Hammaddeyi dışarıdan dövizle temin ediyoruz ve enflasyon bu süreci oldukça zorlaştırıyor. Ayrıca işçilik maliyetleri de üretimde önemli bir yer tutmaktadır."* ***(K2)***
> *"Biz üretim yapan bir işletmeyiz. Üretim maliyetlerimizin en büyük kısmını hammadde oluşturur. İşçilik ve genel üretim giderlerimiz de bulunmaktadır. Geçmişten gelen klasik bir üretim sürecine sahip olduğumuz için bu hesaplamalar, yeminli mali müşavirimiz ve muhasebe birimimiz tarafından sistemde kayıtlı veriler üzerinden manuel olarak yapılmaktadır. Hesaplamalarımız genelde doğrudur. Çünkü hesaplamalar iki–üç farklı denetimden geçmektedir. Maliyet hesaplamaları açısından bu sürecin yeterli olduğunu düşünüyoruz."* ***(K3)***
> *"...hammadde maliyetlerimiz üç aşağı beş yukarı bellidir. İşçilik ve genel üretim giderleri ise üretime göre değişkenlik göstermektedir. Ayrıca maliyetler ürün ağaçları üzerinden de takip edilmektedir."* ***(K4)***
> *"Üretim maliyetlerimizin yaklaşık %70'i doğrudan ilk madde ve malzeme maliyetlerinden oluşmaktadır. Kalan kısım işçilik ve enerji maliyetlerini kapsamaktadır. Her ne kadar tüm binalarımızda enerji üretimi için güneş panelleri kurmuş olsak da, elde edilen enerji ihtiyacın %10'unu bile karşılamamaktadır. Bu hesaplamalar manuel olarak yapılmaktadır."* ***(K5)***
> *"Fiyatlandırma ve maliyetlendirmede en büyük kalemi hammadde ve malzeme maliyetleri oluşturmaktadır. Üretim maliyetlerini belirlerken, hammaddeleri sadece Suudi Arabistan'daki X işletmesinden temin ettiğimiz için doğrudan ilk madde ve malzeme maliyetlerini tespit etmek kolay olmaktadır. İşçilik maliyetleri de belli düzeydedir. Bu nedenle doğrudan ilk madde ve malzeme ile doğrudan işçilik maliyetlerinin tespitinde zorlanmamaktayız. Ancak genel üretim*

> *giderlerinin hesaplanması bazı durumlarda karmaşıklaşabilmektedir. Üretim maliyetleri ve fiyatlandırma yapılırken, her ayın 1'inde ilgili tüm departmanlardan tahmini maliyetler istenir. Bu raporlar birleştirilir, ek maliyetler tespit edilerek nihai maliyetlendirme yapılır."* ***(K7)***
> *"Üretim maliyetleri, üst yönetim ve ilgili departman yöneticileri tarafından hesaplanmaktadır. Örneğin işçilik maliyetleri hesaplanırken, işin yetişip yetişmeyeceği üzerine analizler yapılır. Termin süresi hesaplanır ve bu süreçler program üzerinden takip edilir. Bu veriler doğrultusunda işçilik maliyetleri hesaplanmaya çalışılır."* ***(K8)***

Endüstri 4.0'ın sunduğu dijital çözümler, üretim maliyetlerinin daha doğru ve hızlı hesaplanmasını sağlayarak işletmelerin finansal yönetim süreçlerini optimize etmelerine yardımcı olabilir. Katılımcıların ifadelerinden yola çıkarak, üretim maliyet hesaplamalarının büyük ölçüde manuel yöntemlerle yapıldığı ve geçmiş yıl verileri ile tecrübeye dayalı tahminlerin ön planda olduğu anlaşılmaktadır. Hammadde maliyetlerinin en büyük gider kalemi olduğu belirtilirken, işçilik ve enerji gibi diğer maliyetlerin üretim sürecinin yoğunluğuna bağlı olarak değişkenlik gösterdiği ifade edilmektedir. Bununla birlikte, maliyet hesaplamalarının belirli denetim süreçlerinden geçtiği ve manuel olarak doğrulandığı belirtilmektedir (K1, K2, K3, K4, K5, K7, K8). Ancak, bu süreçlerin daha hassas ve otomatik hale getirilmesi için Endüstri 4.0'ın sunduğu büyük veri analitiği, yapay zekâ destekli maliyet modelleme sistemleri ve otomatik tahminleme araçları işletmelere önemli avantajlar sağlayabilir. Endüstri 4.0 bileşenleri sayesinde, maliyet hesaplamaları daha şeffaf hale getirilebilir, hammaddenin fiyat dalgalanmaları daha doğru tahmin edilebilir ve üretim süreçleri daha verimli bir şekilde planlanabilir.

Sonuç olarak, hammadde fiyatlarının döviz kuru ve enflasyona bağlı olarak değişkenlik göstermesi, üretim maliyetlerinin öngörülmesini zorlaştırmakta ve manuel hesaplamaların daha karmaşık hale gelmesine neden olmaktadır. İşletmeler, maliyet hesaplamalarını departmanlardan gelen tahmini raporlarla ve geçmiş yıllardaki verilerle gerçekleştirirken, bu süreçlerin dijitalleşmediği ve Endüstri 4.0'ın sunduğu analitik araçlardan yeterince faydalanılmadığı görülmektedir. İşletmelerin maliyet yönetimini daha etkin hale getirebilmeleri ve Endüstri 4.0'a uyum sağlayabilmesi için manuel süreçlerden dijital çözümlere geçiş yapmaları, akıllı maliyet hesaplama sistemlerine yatırım yapmaları ve veri odaklı yönetim anlayışını benimsemeleri gerekmektedir. Bu dönüşüm sağlandığında, işletmeler daha doğru maliyet analizleri yaparak avantajlarını artırabilir ve üretim süreçlerini daha sürdürülebilir hale getirebilir.

"Üretim Süreçleri" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Endüstri 4.0'ın sunduğu yapay zekâ destekli üretim planlama, sensör tabanlı veri analizi ve akıllı üretim sistemleri, işletmelerin üretim süreçlerini daha hassas bir şekilde yönetmelerini sağlamaktadır. Bu sayede işletmeler, üretim süreçlerini daha hızlı ve etkin bir şekilde yönetebilmektedir. Katılımcı ifadeleri incelendiğinde, işletmelerin üretim süreçlerinde teknoloji kullanımına yönelik farklı yaklaşımlar benimsediği görülmektedir. Bazı işletmeler üretim süreçlerinin tamamen otomasyona dayalı olduğunu ve manuel müdahaleye gerek kalmadan makinelerin üretimi gerçekleştirdiğini belirtirken, bazı işletmeler ise üretimlerinin emek yoğun olduğunu ve Endüstri 4.0'ın kendi sektörleri için tam anlamıyla uygulanabilir olmadığını ifade etmektedir.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"Ürettiğimiz ürünler emek yoğun olduğu için Endüstri 4.0'ın bizim sektörde ve üretim süreçlerimizde çok fazla uygulanabilir olduğunu düşünmüyorum."* ***(K2)***
> *"Üretim sürecimiz tamamen otomasyona dayalıdır."* ***(K3)***
> *"Üretim süreçlerinde teknoloji kullanılarak her aşama takip edilmektedir."* ***(K4)***
> *"Üretim sürecimiz yaklaşık 2–3 ay sürmektedir. Örneğin bugün sipariş verdiğinizde, en erken 3 ay sonra teslim alabilirsiniz. Bu şekilde, planlamadan çıkan üretim emri üretime; üretimden çıkan ürün ise sevkiyata aktarılır. Tüm süreç program üzerinden takip edilmektedir."* ***(K5)***
> *"Üretim sürecimiz çok sayıda farklı banttan oluşmamaktadır. Hammadde alınır ve levha halinde üretim tamamlanır. Makineler, kesim, ebat ve kalınlık gibi ayarları otomatik olarak yapabilecek düzeydedir. Gerekli veriler makineye girilir ve üretim bu bilgilerle gerçekleştirilir. Üretim süreçlerinde manuel bir işlem yapılmamaktadır."* ***(K7)***
> *"Üretim süreci çoğunlukla kişiler üzerinden yürütülmeye çalışılmaktadır."* ***(K8)***
> *"Ürün siparişi mağazadan alındığı anda, üretim bölümündeki planlama birimi ürünlere ait ilk madde ve malzeme bilgisine erişir. Eksik malzeme varsa siparişi verilir ve satın alma birimine alım emri düşer. Çünkü planlama birimi üretilecek ürünlere ilişkin hammadde ve malzeme bilgisini önceden belirlemiştir. Bu şekilde üretim süreci yürütülür."* ***(K9)***

Endüstri 4.0, üretim süreçlerini daha verimli ve esnek hale getirerek işletmelere zaman ve maliyet tasarrufu sağlama potansiyeline sahiptir. Katılımcılardan K3 ve K7, üretim süreçlerinde otomasyona büyük ölçüde geçildiğini ve makinelerin üretim süreçlerini insan müdahalesi olmadan gerçekleştirebildiğini ifade etmişlerdir. Öte yandan, K2 ve K8, üretiminin emek yoğun olması nedeniyle Endüstri 4.0 bileşenlerinin uygulanabilirliği konusunda şüphe duyduklarını ve üretim süreçlerinde hâlâ manuel iş gücüne dayalı sistemlerin ağırlıkta olduğunu belirtmişlerdir. K4, K5 ve K9 ise, üretim sürecinin takip

edilmesinde programların kullanıldığı ve üretim emirlerinin dijital sistemler aracılığıyla yönetildiğini vurgulamışlardır. Buna rağmen, süreçlerin hâlâ manuel olarak kişiler üzerinden yürütüldüğü ve otomasyona geçişin tamamlanmadığı da görülmektedir.

Sonuç olarak, işletmelerin üretim süreçlerini Endüstri 4.0 ile uyumlu hale getirebilmesi için dijital dönüşüme yönelik yatırımlar yapmaları, üretim süreçlerini daha esnek ve sürdürülebilir hale getirecek teknolojilere yönelmeleri gerekmektedir. Bu dönüşüm sağlandığında, işletmeler verimliliklerini artırarak avantaj elde edebilecek ve üretim süreçlerini daha hassas, hızlı ve hatasız bir yapıya kavuşturabileceklerdir.

Giderlerin Ürünlere Yüklenmesi Kategorisi

Giderlerin ürünlere yüklenmesi kategorisine ilişkin yapılan analiz sonucunda; "siparişe dayalı üretim" kodu belirlenmiştir. Aşağıda, katılımcıların bu koda yönelik görüşleri detaylı olarak sunulmaktadır.

"Siparişe Dayalı Üretim" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Siparişe dayalı üretim yapan işletmeler için Endüstri 4.0'ın sunduğu akıllı üretim sistemleri, üretim süreçlerini optimize ederek hata payını azaltma, maliyetleri düşürme ve müşteri taleplerine daha hızlı yanıt verme imkânı sunmaktadır. Katılımcı ifadeleri incelendiğinde, işletmelerin büyük ölçüde siparişe dayalı üretim yaptıkları ve bu süreçlerde belirli prosedürleri takip ettikleri görülmektedir. Üretim süreçlerinde her departmana belirli sorumluluklar verildiği, sipariş alındıktan sonra hammadde kontrolü, finansal değerlendirme ve üretim sürecine yönelik analizlerin yapıldığı belirtilmektedir. Ancak, üretim süreçlerinin büyük oranda manuel yöntemlerle yürütüldüğü, çoğunlukla kişiler üzerinden takip edildiği ve dijital sistemlerin tam anlamıyla kullanımına geçilmediği anlaşılmaktadır.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"Siparişe göre çalışıyoruz. Ürünlerimiz standart olduğu için seri üretim gerçekleştirilmektedir."* ***(K1)***
> *"İşletmemiz genellikle sipariş üzerine çalışmaktadır. Sipariş alındıktan sonra ilgili departmanlara aktarılır."* ***(K2)***
> *"Genelde siparişe dayalı üretim yapılmaktadır. Bu üretim sürecinde her bir departmana yetkiler verilmiştir."* ***(K4)***
> *"İşletmemiz siparişe dayalı ürün üretmektedir. Farklı ebatlarda ürün talepleri gelmektedir. Çünkü ürettiğimiz ürün…..yani…..camın kullanılmadığı tüm alanları kapsamaktadır. Ürün siparişleri açısından değişkenlik gösteren unsurlar ebat ve*

kalınlıktır. Makineler de istenilen ebat ve kalınlıkta üretim yapabilecek yeterliliktedir. Yüksek derecede teknolojik makine gerektirmemektedir." ***(K7)***
"Büyük oranda siparişe dayalı üretim yapılmaktadır. Sipariş süreçlerinde önce sipariş alınır. Bu işle ilgilenen birim siparişi aldıktan sonra ilgili departmanlara aktarır. Üretim sürecinin gerçekleşmesi için gerekli hammadde ve malzemelerin mevcut olup olmadığı kontrol edilir. Finans biriminden onay alınır. Satış ve pazarlama birimlerinin görüşü alınır. İşin işçilik boyutunda işin yetişip yetişmeyeceği analiz edilir. Termin süresi hesaplanır ve tüm bu süreçler program üzerinden takip edilir. Ancak çoğunlukla süreçler kişiler üzerinden yürütülmektedir." ***(K8)***

Endüstri 4.0, siparişe dayalı üretim yapan işletmelerin daha verimli ve esnek çalışabilmesi için büyük fırsatlar sunmaktadır. Katılımcı ifadelerinden yola çıkarak, işletmelerin sipariş süreçlerini belirli departmanlar üzerinden yönettikleri ancak süreçlerin büyük ölçüde manuel olarak yürütüldüğü anlaşılmaktadır (K1, K2, K4, K7, ve K8).

Sipariş yönetimi süreçlerinin otomatik hale getirilmesi, hammadde stok takibi, üretim kapasitesi planlaması ve termin sürelerinin daha hassas hesaplanmasını sağlayarak işletmelere zaman ve maliyet avantajı sunmaktadır. Akıllı üretim sistemleri, siparişlerin anlık olarak takip edilmesini ve üretim süreçlerinin dijital platformlar üzerinden yönetilmesini mümkün kılmaktadır. Ancak mevcut sistemlerde hâlâ manuel süreçlere bağlı kalınması, hataların ve süreçlerde yaşanan gecikmelerin önüne geçmeyi zorlaştırmaktadır. Sonuç olarak, siparişe dayalı üretim yapan işletmelerin Endüstri 4.0'ın sunduğu yapay zekâ destekli üretim planlama, büyük veri analitiği ve nesnelerin interneti tabanlı süreç yönetimi gibi teknolojilere daha fazla yatırım yapmaları gerekmektedir. Bu yatırımların gerçekleştirilmesiyle birlikte, işletmeler sipariş süreçlerini daha hızlı ve verimli bir şekilde yönetebilecek; müşteri taleplerine daha esnek yanıtlar verebileceklerdir

Maliyet-Hacim-Kâr Kategorisi

Maliyet-hacim-kâr kategorisine ilişkin yapılan analiz sonucunda; "maliyet gelir kâr" kodu belirlenmiştir. Aşağıda, katılımcıların bu koda yönelik görüşleri detaylı olarak sunulmaktadır.

"Maliyet Gelir Kâr" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Endüstri 4.0, işletmelerin karar alma süreçlerini daha veri odaklı hale getirerek maliyet-gelir-kâr analizlerinde daha doğru ve etkin stratejiler geliştirmelerine olanak sağlamaktadır. Dijitalleşen üretim ve muhasebe sistemleri, işletmelerin maliyetlerini daha hassas bir şekilde analiz etmelerini ve kâr marjlarını optimize etmelerini mümkün

kılmaktadır. Katılımcı ifadeleri incelendiğinde, işletmelerin maliyet-gelir-kâr ilişkisini ön planda tutarak yönetildiği, özellikle maliyetleri azaltmanın kârlılığı artırmada en etkili yöntem olarak benimsendiği görülmektedir.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"İşletmemizin kurucuları tüccar kökenli kişilerden oluşmaktadır. Bu nedenle işletme, maliyet, gelir ve kâr ilişkisi mantığıyla yönetilmeye çalışılmaktadır."* ***(K1)***
> *"Maliyet ve gelir ilişkisinde, satış tutarını artırmaktan ziyade maliyeti düşürmek daha fazla kâr elde etmenizi sağlar. Yani artık satarken değil, alırken kazanma anlayışının hâkim olduğu dönemdeyiz. Bu anlayışın sonuçlarını şu anda net biçimde yaşıyoruz. Bu doğrultuda tecrübe ve verilerle analizler yapılmaktadır."* ***(K7)***
> *"İşletmede maliyet gelir ve kâr analizleri yapılmaktadır. Bu analizler sırasında ilgili departmanlar verileri üst yönetime iletir ve analizler üst yönetim tarafından gerçekleştirilir."* ***(K8)***
> *"Maliyet-hacim-kâr analizleri İstanbul'daki merkez birim tarafından yapılmaktadır."* ***(K9)***

Endüstri 4.0 bileşenleri, işletmelerin maliyet-gelir-kâr analizlerini manuel yöntemlerden çıkararak, daha veri odaklı, otomatik ve gerçek zamanlı bir yapıya dönüştürmelerine yardımcı olabilecek potansiyele sahiptir. Katılımcıların ifadelerinden yola çıkarak, işletmelerin kârlılıklarını artırmak adına maliyetleri azaltmaya odaklandıkları ve bu süreci geçmiş tecrübeler ve manuel analizlerle yönettikleri anlaşılmaktadır (K1, K7, K8 ve K9).

Dijitalleşmeyle birlikte, büyük veri ve yapay zekâ destekli finansal modelleme çözümleri, işletmelere daha hızlı ve doğru tahminleme yapma, ani maliyet değişimlerine karşı daha esnek yanıt verebilme imkânı sunmaktadır. Endüstri 4.0'a tam anlamıyla uyum sağlayan işletmeler, yalnızca geçmiş verileri analiz etmekle kalmayıp, gelecekte muhtemel maliyet ve kâr tahminleri yaparak, stratejik kararlarını daha sağlam temellere dayandırabilmektedir.

Veri Kaydı ve İzleme Kategorisi

Veri kaydı ve izleme kategorisine ilişkin yapılan analiz sonucunda; "muhasebe kaydı" ile "programlar" kodları belirlenmiştir. Aşağıda, katılımcıların bu kodlara yönelik görüşleri detaylı olarak sunulmaktadır.

"Muhasebe Kaydı" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Endüstri 4.0, üretim süreçlerinin dijitalleşmesini; veri toplama, işleme ve analiz süreçlerinin otomasyon sistemlerine dâhil edilmesini sağlamaktadır. Aynı zamanda işletmelerin karar alma mekanizmalarını güçlendirirken, muhasebe ve üretim süreçlerindeki hata payını da en aza indirmektedir. Katılımcı ifadeleri incelendiğinde, işletmelerin üretim süreçlerinde muhasebe kaydı işlemlerinde belirli dijitalleşme adımları attıkları ancak süreçlerin tam anlamıyla Endüstri 4.0 standartlarına uygun olmadığı görülmektedir.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"Kayıtlar bir sistem ve altyapı gerektirir. Biz bu konuda sistemsel veri girişini sağlayacak altyapıyı oluşturduk. Yani veri girişi sağlanmaktadır. Her ürün için kartlar açılır ve sisteme işlenir. Böylece her muhasebe işlemi ayrı ayrı kayıt altına alınır. "* ***(K1)***
> *"…Çiftçilerimize bir üretim kartı tanımlamış bulunmaktayız. Çiftçi, kartını kullanarak alım-satım işlemlerini gerçekleştirebilir ve tüm işlemler muhasebe servisine otomatik olarak aktarılır. Aslında işletmemizde hammaddenin girişinden üretimin tamamlanmasına kadar her şey otomatik yapılmaktadır. Buna yapay zekâ denir mi bilemiyorum. Şunu belirtmeliyim ki tüm veriler muhasebe servisinin sistemine otomatik olarak düşer."* ***(K3)***
> *"Burada sadece fiilen gerçekleşen fatura işlemlerinin kaydı yapılmaktadır. Tüm muhasebe sonuçları İstanbul'daki merkezimizde yürütülmektedir. Burada sadece veri girişi yapılır."* ***(K5)***
> *"Hammaddenin yurtiçine getirildikten sonra millileştirilmesi sağlanır ve fabrika girişine alınır. Üretim süreçleri tamamlandıktan sonra, faturalandırılma aşamasına kadar her şey sistem üzerinden ilerler. Yani fabrikada, bir işçinin ürün bilgisini girmesi yeterlidir; otomatik olarak irsaliyesi kesilir. Muhasebe bölümü de bu işleme ilişkin faturalandırmayı tamamlar. Yapılan her işlem sisteme kaydedilir ve muhasebe tarafından otomatik olarak irsaliye hazırlanarak faturalandırılır."* ***(K7)***
> *"Veri toplama sürecinde her birim kendi verisini toplar. Ancak faturalandırma işlemleri tek bir merkezden yapılmaktadır. Bu veriler muhasebeye aktarılır. Manuel olarak aktarılan verilerin kaydı muhasebe programlarıyla gerçekleştirilmektedir."* ***(K8)***

Katılımcıların ifadelerinden yola çıkarak, işletmelerin üretimden muhasebeye kadar uzanan süreçlerde veri toplama altyapılarını geliştirmeye başladıkları ancak tam anlamıyla otomatik ve birbirine uyumlu çalışan bir sistem kurmada henüz Endüstri 4.0'ın sunduğu tüm imkânlardan yararlanmadıkları anlaşılmaktadır. Özellikle üretim süreçlerinde verilerin dijital olarak takip edilmesi ve muhasebe departmanına otomatik aktarılması, işletmeler açısından önemli bir gelişme olarak görülmektedir. Bununla

birlikte, işlemlerin hâlâ manuel olarak yapıldığını, verilerin tam anlamıyla merkezi bir yapıya oturtulmadığını ve muhasebe işlemlerinin uzaktan yürütüldüğü bir yapıdan bahsedilmektedir (K1, K3, K5, K6, K7 ve K8).

Endüstri 4.0 kapsamında büyük veri analitiği, nesnelerin interneti ve yapay zekâ destekli muhasebe sistemleri, işletmelerin bu süreci daha verimli hale getirmesine yardımcı olabilecek kritik unsurlardır. Sonuç olarak, işletmelerin tam anlamıyla Endüstri 4.0'a uyum sağlayabilmesi için üretim süreçleriyle muhasebe sistemleri arasındaki uyumu daha ileri seviyeye taşımaları, manuel işlemleri azaltarak tam otomasyona geçmeleri ve yapay zekâ destekli veri analizi teknolojilerini süreçlerine dâhil etmeleri gerekmektedir. Bu dönüşüm, işletmelere zaman tasarrufu, maliyet avantajı ve daha güvenilir muhasebe kayıtları sağlayarak, önemli bir konuma gelmelerine katkı sunacaktır.

"Programlar" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Endüstri 4.0, işletmelerin üretim süreçlerinden finansal yönetimlerine kadar her aşamada dijitalleşmeyi ve otomasyonu merkeze alan bir dönüşüm sürecidir. Bu süreçte yalnızca yazılım ve programların satın alınması yeterli olmayıp, bu sistemlerin doğru şekilde dâhil edilmesi, nitelikli insan kaynağıyla desteklenmesi ve işletmenin genel stratejilerine uyumlu hale getirilmesi gerekmektedir. Günümüzde Kurumsal Kaynak Planlama (ERP), Kurumsal Sistem Planlama (ESP) ve diğer muhasebe yazılımları gibi dijital çözümler, işletmelerin maliyet hesaplamalarını daha hassas yapmalarını, stok yönetimini optimize etmelerini ve finansal verileri daha hızlı analiz etmelerini sağlamaktadır. Katılımcı ifadeleri incelendiğinde, işletmelerin muhasebe ve finans süreçlerinde çeşitli dijital programları aktif olarak kullandıkları ancak bu sistemlerin Endüstri 4.0'a tam uyumlu olmadığı görülmektedir.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"Bir programı alıp "bu elbiseyi giyeceksin" demek yetmez. Sistemi kurmak, ona uygun personeli temin etmek, pazar araştırması gibi süreçleri doğru yürütmek gerekir. Biz program satın alırken bu unsurlara dikkat ederiz."* ***(K1)***
> *"...ERP ve ESP yazılımları kullanılmaktadır. Depodan ürün çıktığı anda her şey bilgisayar komutlarıyla gerçekleşir."* ***(K2)***
> *"Muhasebe süreçlerinde bankaya ilişkin tüm işlemlerin girişleri otomatik olarak aktarılmakta ve muhasebe kayıtları yapılmaktadır. LOGO (ticari yazılım markası), ERP ve CoralReeF gibi yazılımlar muhasebe departmanında kullanılmaktadır."* ***(K4)***

> *"Muhasebe, mamul maliyetini ilgilendiren her türlü bilgiye ulaşmak için veri programlarıyla entegre şekilde çalışmaktadır. Muhasebe departmanında çeşitli programlar kullanılmaktadır. İşletmemize özel bir program geliştirilmemiştir. Ancak bir yıl içinde ESP programlarına geçilmesi planlanmaktadır; şu anda bununla ilgili görüşmeler sürmektedir."* ***(K5)***
> *"Muhasebe departmanında ZİRVE (ticari yazılım markası) ve LOGO programları kullanılmaktadır."* ***(K6)***
> *"Muhasebede çeşitli programlar kullanılmaktadır. Ancak bana göre bu programların daha gelişmiş olması ve Endüstri 4.0'a uyumlu hale getirilmesi gerekmektedir. Çünkü tam anlamıyla maliyetini hesaplayamadığınız bir ürünü kaç TL'ye satacağınızı da bilemezsiniz. Sistem, önceden anlaşılmış kur bilgisi ile güncel kuru karşılaştırmalı olarak sunabilmelidir ki ben maliyeti ve dolayısıyla kârı doğru hesaplayabileyim. Bu işleme bir nevi yaşlandırma da denir."* ***(K9)***

Endüstri 4.0, işletmelerin muhasebe, maliyet yönetimi ve stok takibi gibi süreçlerinde veri odaklı ve otomatik sistemlerin kullanımını yaygınlaştırarak daha hassas ve güvenilir hesaplamalar yapmalarına olanak tanımaktadır. Katılımcıların ifadelerinden yola çıkarak, işletmelerin muhasebe ve finans sistemlerinde çeşitli yazılımları kullandıkları ancak bu sistemlerin tam anlamıyla Endüstri 4.0 ile uyumlu olmadığı anlaşılmaktadır. ERP ve ESP gibi yazılımların üretim süreçlerinde kullanıldığı belirtilirken, muhasebe sistemlerinde LOGO, ZİRVE, CoralReef gibi yazılımların tercih edildiği ifade edilmektedir. Katılımcıların bir kısmı, mevcut programların Endüstri 4.0'ın gerektirdiği dijital yetkinlikleri karşılamada yetersiz kaldığını ifade etmiş; özellikle büyük veri analitiği ve yapay zekâ destekli tahminleme sistemleri gibi ileri düzey teknolojilerin bu programlara entegre edilmesinin zorunlu olduğunu ifade etmişlerdir. İşletmeler, mevcut yazılım altyapılarını kullanırken, maliyet hesaplamalarında daha fazla veri analitiğine ihtiyaç duyduklarını ve kur değişimleri gibi dinamik ekonomik faktörleri dâhil eden sistemlere yönelmeleri gerektiğini vurgulamaktadırlar. Bununla birlikte, yeni yazılımların sadece satın alınmasının yeterli olmadığı, bu sistemlerin iş süreçlerine dâhil edilmesi, insan kaynağının eğitilmesi ve dijitalleşmenin tüm iş akışına yayılması gerektiği vurgulanmaktadır. Sonuç olarak, işletmelerin maliyet ve yönetim muhasebesi süreçlerinde Endüstri 4.0 bileşenlerine tam anlamıyla geçiş yapabilmesi için mevcut sistemlerini daha akıllı hale getirmeleri, veri odaklı karar alma mekanizmalarını güçlendirmeleri ve teknolojik dönüşüme yönelik kapsamlı bir strateji izlemeleri gerekmektedir. Bu dönüşüm sağlandığında, işletmeler daha verimli, şeffaf ve sürdürülebilir bir yapıya kavuşarak, güçlü bir konuma ulaşabileceklerdir.

3.3.3. Üçüncü Alt Problem: İşletmelerin Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Yönetim Muhasebesi Uygulamalarına İlişkin Değerlendirmelerine Yönelik Bulgular

Yönetim muhasebesi uygulamaları, işletmelerin geleceğe yönelik karar alma süreçlerini desteklemek amacıyla maliyet, gelir ve performans bilgilerini analiz ederek yönetime stratejik raporlar sunmaktadır. Bu kapsamda bütçeleme, kârlılık analizi, maliyet-hacim-kâr analizleri, performans ölçümleri ve yatırım kararları gibi süreçler yürütülmektedir. Endüstri 4.0 bileşenleri ise bu uygulamaları dijitalleştirerek veri toplama hızını artırmakta, gerçek zamanlı analiz ve öngörü modelleriyle karar kalitesini yükseltmektedir.

Bu bağlamda, araştırmanın üçüncü alt problemi "***İşletmeniz Açısından Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Yönetim Muhasebesi Uygulamalarına Etki/leri Hakkındaki Değerlendirmeleriniz Nelerdir?"*** sorusu çerçevesinde belirlenmiştir. Bu alt probleme ilişkin elde edilen bulgular ise Tablo 3.8'de sunulmuştur.

Tablo 3.8. *Katılımcı görüşleri: Endüstri 4.0 bileşenlerinin yönetim muhasebesine etkisi*

TEMA	KATEGORİLER	KODLAR
YÖNETİM MUHASEBESİ	PLANLAMA VE KONTROL	*ANLIK KARAR ALMA* *ÜRETİM PLANLAMASI* *VERİMLİLİK VE KAPASİTE* *YATIRIM* *BİLGİ VE TECRÜBE* *UZUN VADELİ PLANLAMA*
	STANDART MALİYETLER	*BÜTÇE HAZIRLAMA VE BAŞABAŞ ANALİZLERİ* *MALİYET TAHMİNLERİ VE SAPMALAR* *DIŞARDAN SAĞLANAN FAYDALAR*
	YÖNETİM KARARLARI	*ÜST YÖNETİM* *HATA OLASILIĞI* *İNSANA BAĞIMLILIK*
	STRATEJİK YÖNETİM	*PERFORMANS ÖLÇÜMLEME* *SÜREKLİ İYİLEŞTİRME*

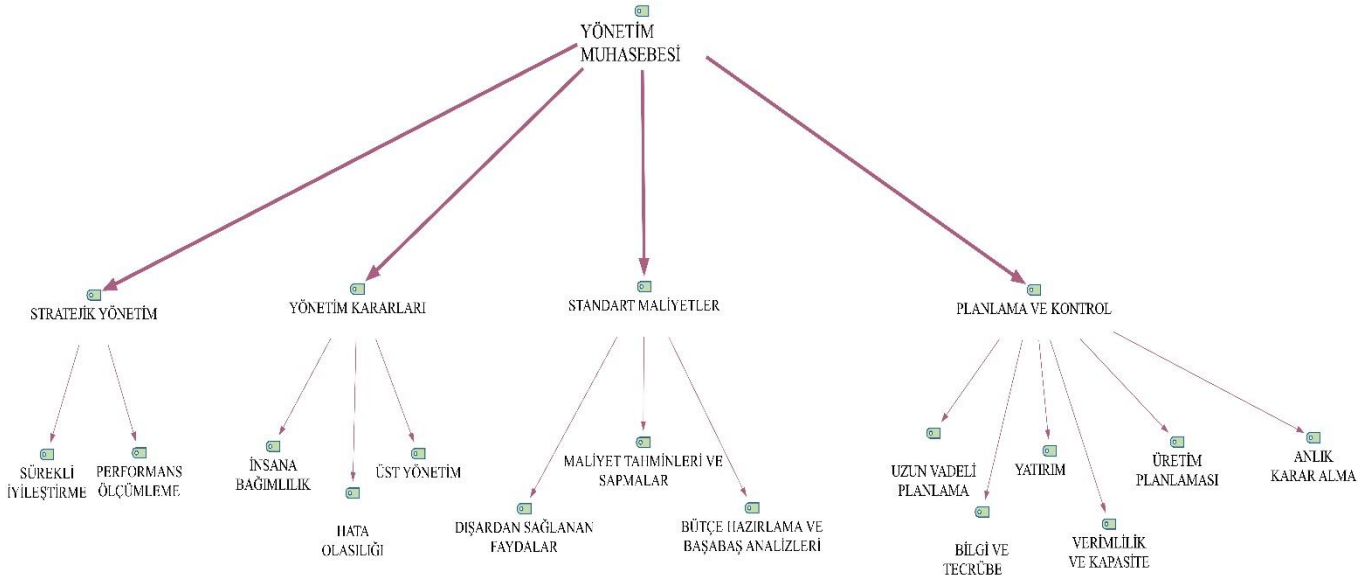
Tablo 3.8'de görüldüğü üzere *Yönetim Muhasebesi* temasına ilişkin olarak; "planlama ve kontrol","standart maliyetler","yönetim kararları" ile "stratejik yönetim" kategorilerine ulaşılmıştır.

Planlama ve kontrol kategorisine ilişkin yapılan analiz sonucunda; "anlık karar alma","üretim planlaması","verimlilik ve kapasite","yatırım","bilgi ve tecrübe" ile "uzun vadeli planlama" kodları belirlenmiştir.

Standart maliyetler kategorisine ilişkin yapılan analiz sonucunda; "bütçe hazırlama ve başabaş analizleri","maliyet tahminleri ve sapmalar" ile "dışardan sağlanan faydalar" kodları belirlenmiştir. Yönetim kararları kategorisine ilişkin yapılan analiz sonucunda; "üst yönetim","hata olasılığı" ile "insana bağımlılık" kodları belirlenmiştir.

Stratejik yönetim kategorisine ilişkin yapılan analiz sonucunda; "performans iyileştirme" ile "sürekli iyileştirme" kodları belirlenmiştir.

Şekil 3.7. *Yönetim muhasebesi temasına ait kategori ve kodlamalar*



Planlama ve Kontrol Kategorisi

Planlama ve kontrol kategorisine ilişkin yapılan analiz sonucunda; "anlık karar alma","üretim planlaması","verimlilik ve kapasite","yatırım","bilgi ve tecrübe" ile "uzun vadeli planlama" kodları belirlenmiştir. Aşağıda, katılımcıların bu kodlara yönelik görüşleri detaylı olarak sunulmaktadır.

"Anlık Karar Alma" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Endüstri 4.0, işletmelerin karar alma süreçlerini veri odaklı, otomatik ve öngörülebilir hale getirmektedir. Akıllı üretim sistemleri, büyük veri analitiği ve yapay zekâ destekli karar mekanizmaları sayesinde işletmeler, anlık gelişen olaylara karşı daha hızlı ve isabetli kararlar alabilmekte, aynı zamanda riskleri önceden tespit ederek önleyici stratejiler geliştirebilmektedir. Katılımcı ifadeleri incelendiğinde, işletmelerin karar alma süreçlerinde insan faktörüne büyük ölçüde bağımlı oldukları, anlık kararların çoğunlukla üst yönetim ve departman müdürleri tarafından verildiği görülmektedir. Üretim

süreçlerinin 24 saat devam ettiği işletmelerde, belirli seviyelerde otomasyon sistemleri kullanılsa da, karar mekanizmalarının genellikle yönetici tecrübesine dayandığı anlaşılmaktadır. Risklerin tahmin edilmesi ve önlenmesi noktasında sistematik bir yaklaşımın bulunmadığı, makine arızaları gibi acil durumlarda anlık müdahalelerin görevli personel tarafından gerçekleştirildiği ancak ileri düzey otomatik karar tahminleme sistemlerinin henüz işletmelerde kullanılmadığı belirtilmektedir. Bununla birlikte, bazı işletmeler üretim sürecini bilgisayarlar üzerinden takip ederek otomatik sistemlerle anlık müdahaleler yapabilse de genel olarak Endüstri 4.0'ın sunduğu yapay zekâ destekli karar alma sistemleri ve öngörülebilir bakım çözümlerinin yeterince benimsenmediği görülmektedir.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"Üretimde düşme, maliyette artış, fire artışı gibi hususlar mutlaka her hafta raporlanır. Bu raporlamalara göre çözümler hızlıca uygulanır. Ancak dürüst olmak gerekirse, çoğu zaman birçok işi yapıyormuş gibi yapıyoruz; çıkarlarımıza göre yorumluyoruz. Anlık kararlar da bu çerçevede şekilleniyor."* ***(K1)***
>
> *"Anlık karar alma sürecinde genellikle birim yöneticilerine sorumluluk verilmektedir. Ancak yine de nihai karar genellikle işletme sahibine aittir. Bazı kararlarda yönetimle birlikte diğer birim müdürleri de karar sürecine dâhil olmaktadır."* ***(K2)***
>
> *"Anlık karar alma süreci işletmemiz açısından oldukça önemlidir. Üretim süreci 24 saat boyunca devam etmektedir. Görevli çalışanlar tüm süreçleri bilgisayar üzerinden takip eder. Örneğin, basınç azaldığında bilgisayar üzerinden müdahale edilerek basıncın artırılması sağlanır. Otomasyon altyapımız sayesinde anlık kararlar hızlı şekilde alınmakta ve uygulanabilmektedir."* ***(K3)***
>
> *"Riskleri tahmin etme ve önleme konusunda henüz sistematik bir yaklaşımımız bulunmamaktadır. Anlık kararların gerektiği durumlarda özellikle üretimi durduran bir sorun varsa, görevli personelin iş akışındaki yeri bellidir ve doğrudan karar alır. Diğer konularda ise kararlar genellikle İstanbul merkezli alınır."* ***(K5)***
>
> *"İşletmede anlık kararlar alınması gerektiğinde, süreçle ilgili üst yönetim ve ilgili departman müdürleri bir araya gelerek karar almaktadır. Bu kararlar çoğunlukla fikir alışverişi şeklinde gerçekleşmektedir. Karar verme aşamasında insana olan bağımlılık oldukça fazladır."* ***(K7)***
>
> *"İşletmede anlık karar verilmesi ya da herhangi bir sorunla karşılaşıldığında genellikle kararlar üst yönetim tarafından alınmaktadır. Sorunun acilen çözülmesi gerekiyorsa ilgili yetkili müdahale eder. Ancak bunun dışında herhangi bir problemde mutlaka üst yönetimle iletişim kurulması gerekir. Makinelerin kendi kendine sorun çözmesi ya da sistemlerin problemi önceden tespit edip kendini güncellemesi gibi bir teknoloji mevcut değildir. Özetle, ortaya çıkan risklerin tahmin edilmesi ve çözüm sunulması genellikle üst yönetimin bilgi ve tecrübesine*

dayalı olarak yürütülmektedir. Bu süreçlerde teknoloji etkin şekilde kullanılmamaktadır." ***(K8)***

"Karar alma mekanizmasında, örneğin bir makine arızalanıp üretimi durduracaksa, bakım-onarım birimi herhangi bir birimden onay beklemeden müdahale eder. Eğer karar yatırım ile ilgiliyse, departman müdürleri ile üst yönetim arasında yapılan toplantılar ve istişarelerle karar alınır. Otomasyona bağlı karar tahminleme sistemleri bulunmamaktadır." ***(K9)***

Endüstri 4.0, işletmelerin anlık karar alma süreçlerini daha sistematik, hızlı ve veriye dayalı hale getirerek üretim süreçlerindeki aksaklıkları en aza indirmeyi hedeflemektedir. Ancak katılımcıların ifadelerinden yola çıkarak, işletmelerin büyük çoğunluğunda anlık kararların hâlâ manuel olarak alındığı, karar mekanizmalarının yönetici bilgi ve tecrübesine dayandığı ve teknolojinin bu süreçlerde yeterince etkin bir şekilde kullanılmadığı anlaşılmaktadır. Özellikle üretim süreçlerinde anlık sorunların çözümüne yönelik birimler belirlenmiş olsa da, sistemlerin kendi kendine öğrenme, tahminleme ve sorunları önceden tespit ederek çözme yeteneğine sahip olmadığı belirtilmektedir. Endüstri 4.0 kapsamında geliştirilen makine öğrenmesi, yapay zekâ ve büyük veri analiz sistemleri, işletmelere anlık karar alma süreçlerinde büyük avantaj sağlayabilir. Örneğin, üretim hattındaki sensörler aracılığıyla bir arızanın veya verimlilik kaybının önceden tespit edilmesi ve bu bilginin üst yönetime otomatik olarak iletilmesi, işletmelerin ani müdahale süreçlerini daha verimli hale getirebilir. Aynı şekilde, karar destek sistemleri sayesinde, yöneticiye alternatif senaryolar sunularak daha bilinçli ve stratejik kararlar alınması sağlanabilir. Sonuç olarak, Endüstri 4.0 sürecinin etkin biçimde yürütülebilmesi için, işletmelerin karar alma süreçlerini dijitalleştirmesi ve yapay zekâ temelli analiz sistemlerinden yararlanması gerekmektedir. Bu dönüşüm sağlandığında, üretim süreçleri daha öngörülebilir hale gelecek, riskler önceden tespit edilerek maliyetler düşürülecek ve işletmeler daha esnek bir yapıya kavuşacaktır.

"Üretim Planlaması" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Endüstri 4.0, üretim süreçlerinin dijitalleşmesini sağlayarak planlama, sipariş yönetimi ve üretim takibini daha verimli ve öngörülebilir hale getirmektedir. Yapay zekâ destekli üretim planlama, büyük veri analitiği ve otomasyon sistemleri sayesinde işletmeler, siparişten teslimata kadar geçen süreci optimize edebilmekte, üretim süreçlerini daha esnek ve hatasız şekilde yönetebilmektedir. Katılımcı ifadeleri incelendiğinde, işletmelerin üretim planlama süreçlerinde dijital sistemlerden yararlanmaya başladıkları ancak yapay zekâ tabanlı tam otomatik bir üretim planlama sistemine geçişin henüz

tamamlanmadığı görülmektedir. Üretim planlamasının sipariş sistemine bağlı olduğu, siparişlerin sistemde kaydedilip planlama birimine iletildiği ve üretim süreçlerinin belirli bir takvime göre yönetildiği belirtilmektedir. Bununla birlikte, üretimde kullanılan elektronik sistemler ve otomasyon çözümlerinin yüksek maliyet gerektirdiği ancak uzun vadede kârlılık sağlayacağı ifade edilmektedir. Üretim planlama sürecinde AR-GE biriminin kalite standartlarına uygun malzeme seçimi, tüketim miktarlarının belirlenmesi ve pazar araştırmaları gibi kritik süreçlere katkı sunduğu da anlaşılmaktadır. Ayrıca yapay zekâ destekli üretim planlamasının henüz tam anlamıyla uygulanmadığı, bu süreçlerin daha çok manuel ve insan faktörüne dayalı olarak yürütüldüğü de görülmektedir.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"…Yapay zekâya yönelik üretim planlaması çalışmaları hâlâ devam etmektedir."* ***(K4)***
> *"Üretim planlamamızda süreç siparişin sisteme düşmesiyle başlar. Sisteme düşen sipariş, yurt içi veya yurt dışı satış ekibi tarafından planlama ekibine iletilir. Planlama ekibi, üretilecek ürüne ilişkin çalışmalar yapar. …Üretim prosesimiz yaklaşık 2–3 ay sürmektedir. Örneğin bugün sipariş verdiğinizde, en erken 3 ay sonra teslim alabilirsiniz. Bu şekilde planlamadan çıkan emir üretime, üretimden çıkan ürün ise sevkiyata gönderilir."* ***(K5)***
> *"Üretimde elektronik sistemler, otomasyonlar, yazılımlar ve entegrasyonlar ciddi bir maliyet oluşturmaktadır. Ancak uzun vadede bu sistemlerin her türlü kârlılığı sağlayacağı açıktır. Bu maliyeti üstlenmek planlama gerektirir ve bu konuda nihai kararı üst yönetim verir."* ***(K8)***
> *"Ürün siparişi mağazadan alındığı anda, üretim bölümündeki planlama birimi ürünlere ait ilk madde ve malzeme bilgisini alır. Eksik malzeme varsa siparişi verilir ve satın alma birimine alım emri düşer. Planlama bölümü, üretilecek ürünlere ilişkin hammadde ve malzeme bilgisine önceden sahiptir. Bu bilgileri de AR-GE birimi sağlar. Çünkü AR-GE birimi, TSE ve kalite standartlarına göre önceden pazar araştırması, müşteri portföyü, ürün ağacı, üretim süreci ve tüketim miktarlarına ilişkin çalışmalar yapmıştır."* ***(K9)***

Katılımcıların ifadelerine göre, işletmelerin üretim planlama süreçlerinde belirli seviyede dijitalleşmeye geçiş yaptıkları ancak yapay zekâ tabanlı tam otomatik üretim planlama sistemlerini henüz tam anlamıyla kullanmadıkları anlaşılmaktadır. Siparişlerin dijital sistem üzerinden planlama birimine iletilmesi, üretim takviminin belirlenmesi ve üretim sürecinin belirli bir sistematik çerçevesinde yürütülmesi önemli bir gelişme olmakla birlikte, süreçlerin hâlâ manuel karar mekanizmalarına bağlı olduğu görülmektedir. Endüstri 4.0 kapsamında geliştirilen yapay zekâ destekli üretim planlama sistemleri, talep tahminlerini daha doğru yaparak üretim süreçlerini öngörülebilir hale getirebilir,

hammadde tedarik süreçlerini optimize ederek stok maliyetlerini azaltabilir ve üretim sürecindeki aksaklıkları önceden tespit ederek verimliliği artıracağı söylenebilir. Sonuç olarak, işletmelerin üretim planlama süreçlerini tam anlamıyla Endüstri 4.0'a uyumlu hale getirebilmeleri için yapay zekâ destekli planlama sistemlerine yatırım yapmaları, üretim verilerini büyük veri analitiği ile daha detaylı analiz etmeleri ve manuel süreçleri otomatik hale getirmeleri gerekmektedir. Bu dönüşüm sağlandığında, işletmeler üretim süreçlerini daha verimli, hızlı ve hatasız bir yapıya kavuşturacaklardır.

"Verimlilik ve Kapasite" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Endüstri 4.0, işletmelerin verimliliğini artırarak kapasite kullanımını optimize eden, insana bağımlılığı azaltan ve üretim süreçlerini sistematik hale dönüştüren bir süreci temsil etmektedir. Gelişmiş otomasyon sistemleri, büyük veri analitiği ve yapay zekâ destekli üretim planlaması sayesinde işletmeler, mevcut kaynaklarını daha verimli kullanabilir ve üretim süreçlerindeki aksamaları en aza indirebilir. Katılımcı ifadeleri incelendiğinde, işletmelerin kapasite kullanımlarında tam verimlilik sağlayamadıkları, üretim süreçlerinin bazı dışsal faktörlerden (ihracattaki düşüş, ekonomik koşullar, ülke içi riskler) etkilendiği ve mevcut üretim süreçlerinde insana bağımlılığın yüksek olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, bazı işletmelerin Endüstri 4.0'a uygun sistemleri devreye aldıkları, makinelerini güncelleyerek teknolojiyi üretim süreçlerine dâhil etmeye başladıkları belirtilmektedir. Ancak, düşük kapasite kullanımı, eski makinelerle yeni makinelerin bir arada çalışması ve süreçlerin yeterince optimize edilememesi, işletmelerin verimlilik konusunda hedefledikleri seviyeye ulaşmalarını engellemektedir. Katılımcılar, otomasyon sistemlerinin verimlilik artışı sağlayacağını ve insana bağımlılığı azaltacağını ifade etmekle birlikte, mevcut ekonomik koşullarda bu dönüşümün gerçekleştirilmesinin zor olduğunu vurgulamaktadır.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"İşletmemizde kapasite kullanımı %80'in altındadır. İhracattaki düşüş, ülkeye uygulanan kotalar ve ülke içindeki riskler gibi dışsal faktörler kapasite kullanımını düşürmektedir. Robot alıp kapasiteyi artırmak kulağa hoş geliyor, ama birçok bileşen eksikse aldığınız robotu çalıştıramazsınız. Bu durumda bir anlamı kalmaz."* ***(K1)***
> *"Şu an için kapasitenin ne kadar kullanıldığını veya ne kadarının boş olduğunu bilmiyorum. İş gücüne dayalı bir sistemle çalışıyoruz ve verimlilik de buna bağlı*

olarak şekilleniyor. En büyük hayalim, otomasyon sistemlerinin gelmesiyle insan gücüne bağımlılığı azaltmak, hatayı en aza indirerek verimliliği artırmaktır." ***(K2)***
"Bizde verimlilik, ... işleme kapasitesiyle ölçülmektedir ve bu oran oldukça yüksektir. Bu süreci yönetebilmek için makinelerimizi güncelliyoruz ve o makineleri kullanacak personeli sürekli eğitiyoruz. Teknoloji işimizi bu noktada kolaylaştırmaktadır." ***(K3)***
"…ancak ne olursa olsun, şu anda verimlilik artmıyor, maliyet düşmüyor ve bu sistemler kurulamıyor. Ülke ekonomisi iyiyken bu yapılabilirdi, fakat şu an çok zor. Endüstri 4.0 bağlamında gerçek şu ki artık bu bileşenleri uygulamak işletmeler için bir ihtiyaç hâline gelmiştir. Bu doğrultuda, verimliliği artırmak amacıyla işletmemizde Endüstri 4.0'a uygun PLC sistemlerini devreye soktuk." ***(K4)***
"İşletmemizde ihtiyaç oldukça, verimliliği ve kapasiteyi artırmak amacıyla yeni makineler alınmaktadır. Ancak genellikle eski makinelerle yeni makineler birlikte çalıştırılmaktadır. Çoğu makinemiz, üzerinde belirtilen kapasite oranlarında üretim yapmaktadır. Arıza olmadığı sürece boşta kalan makine olmaz. Ayrıca üretimimiz mevsimsel olarak çok fazla değişiklik göstermez, bu nedenle kapasite kullanım oranımız da çok etkilenmez." ***(K5)***
"%100 kapasiteyle çalışmadığımız için, hatta şu an düşük kapasiteyle çalıştığımız için, kullanılmayan kapasite bize zaman açısından avantaj sağlamaktadır. Bu boşluk, bazı yeniliklerin yapılmasına imkân tanımaktadır." ***(K7)***
"Doğru sistem kurarsanız, hantallığı hıza dönüştürebilirsiniz. Organizasyon şeması oluşturulup uzmanlaşma artırıldığında ve insana bağımlılık azaltıldığında verimlilik ve kapasite de artacaktır. Örneğin, finans müdürü izne çıktığında işler durmamalı. Bu nedenle doğru insan kaynakları planlaması yapılmalı. Tüm bu süreçlere Endüstri 4.0 bileşenleri entegre edilirse faydalı olacağını düşünüyorum." ***(K9)***

Endüstri 4.0, işletmelerin kapasite kullanım oranlarını artırarak üretim süreçlerini daha verimli hale getirmelerine ve maliyetleri optimize etmelerine olanak sağlamaktadır. Katılımcı ifadelerinden yola çıkarak, işletmelerin büyük çoğunluğunda kapasite kullanım oranlarının tam olarak değerlendirilemediği, üretim süreçlerinin manuel yönetildiği ve insana bağımlılığın yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Verimliliği artırmaya yönelik yatırımların kısmi olarak gerçekleştirildiği ancak bu yatırımların Endüstri 4.0 kapsamında sistemli ve bütüncül bir yapıya dönüştürülemediği görülmektedir. Eski makinelerle yeni makinelerin birlikte kullanılması, sistemler arasında uyum sorunlarına yol açmakta ve üretim süreçlerinde çeşitli verimsizliklerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte, bazı işletmeler otomasyon sistemlerine yatırım yaparak üretim süreçlerini iyileştirmeye çalışmaktadır. Doğru insan kaynakları planlaması ve süreç optimizasyonu ile Endüstri 4.0'ın sunduğu yapay zekâ destekli üretim planlaması, sensör tabanlı veri analizi ve otonom sistemler, işletmelerin üretim kapasitelerini daha verimli hale getirmesine yardımcı olabilir. Sonuç olarak, işletmelerin Endüstri 4.0'a tam anlamıyla uyum sağlayabilmeleri için kapasite kullanımını artırmaya yönelik dijital sistemleri

benimsemeleri, süreçlerini veri analitiği ile daha iyi yönetmeleri ve insana bağımlılığı azaltarak tam otomasyona yönelmeleri gerekmektedir. Bu dönüşüm sağlandığında, işletmeler verimliliklerini artırarak hem iç hem de dış pazarlarda daha güçlü bir konuma ulaşabileceklerdir.

"Yatırım" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Endüstri 4.0, işletmelerin rekabet güçlerini artırmaları, verimliliklerini yükseltmeleri ve sürdürülebilir büyümeyi sağlamaları için dijitalleşme ve otomasyon süreçlerini benimsemelerini zorunlu kılan bir Sanayi Devrimidir. Akıllı üretim sistemleri, enerji verimliliğini artıran çözümler ve yapay zekâ destekli otomasyon sistemleri, işletmelere uzun vadede maliyet avantajı ve operasyonel verimlilik sağlamaktadır. Ancak, katılımcı ifadeleri incelendiğinde, işletmelerin Endüstri 4.0 yatırımlarını gerçekleştirme noktasında finansal zorluklar yaşadığı ve bu tür yatırımların mevcut ekonomik koşullarda büyük bir maliyet gerektirdiği ifade edilmektedir. İşletmeler, enerji verimliliği ve üretim kapasitesini artırmaya yönelik modernizasyon çalışmalarına yönelmiş olsalar da, bu süreçlerin yavaş ilerlediği ve özellikle tüm üretim sistemlerini bir anda yenilemenin maliyet açısından büyük bir yük oluşturduğu ifade edilmektedir. Yatırımların ihtiyaçlara bağlı olarak şekillendiği ancak uzun vadede bu yatırımların kendini amorti ettiği ve işletmelere kârlılık sağladığı da belirtilmektedir. Bu durum, Endüstri 4.0'a yönelik dönüşüm süreçlerinde finansal planlamanın kritik bir unsur olduğunu göstermektedir.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"Bu noktada yenilikler işletmemizde yavaş ilerlese de modernizasyona, kaliteye ve verimliliği artırmaya yönelik ciddi yatırımlar yapılmaya başlanmıştır. Örneğin, enerji verimliliğine yönelik olarak doğalgazda yaşadığımız sorunlar bizi* Güneş Enerjisi Santrali *(GES) yatırımlarına yönlendirmiştir. Rekabet edebilmek için otomasyon gereklidir. Ancak bu dönemde Endüstri 4.0'a ilişkin yatırımlara kaynak ayırmak oldukça zordur."* ***(K4)***
> *"Sürekli büyüyen bir işletmeyiz. Yakın gelecekte mevcut tesislerin, makinelerin, cihazların ve binaların yani fabrikayı oluşturan tüm varlıkların yetersiz kalacağını öngörmekteyiz. Bu noktada ileriye yönelik yatırımlar yapmaya başladık. Ülkemizde genellikle ihtiyaç doğdukça eylemler alınmaktadır."* ***(K5)***
> *"Teknoloji gelişirken biz de yatırımlarımızı yapmaya başladık. Daha az sürede daha fazla üretim yapan makinelerle üretim yapmaya yönelik çalışmalarımız devam etmektedir. Ancak makinelerin aynı anda yenilenmesi ciddi bir maliyet doğurmaktadır. Mevcut ekonomik koşullarda bunu gerçekleştirmek bizim için doğru bir yatırım olmayacaktır."* ***(K7)***

> *"...Kendi elektriğimizi ürettiğimizden daha önce bahsetmiştim. Dört yıl önce yapmış olduğumuz bu yatırım, bugün maliyetinin %100'ünü karşılamış ve kâra geçmiştir. Bu durum, diğer yatırımlar için bize olumlu bir örnek oluşturmuştur. Ancak bu tür yatırımları gerçekleştirebilmek ciddi bir finansman desteği ve özkaynak gerektiği unutulmamalıdır."* ***(K8)***

Endüstri 4.0'a geçiş süreci, işletmeler için önemli fırsatlar sunmakla birlikte, bu dönüşümün başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için ciddi finansal kaynaklar ve stratejik yatırım planlamaları gerekmektedir. Katılımcıların ifadelerinden yola çıkarak, işletmelerin modernizasyon ve verimlilik artırıcı yatırımlara yöneldikleri ancak ekonomik koşullar nedeniyle Endüstri 4.0 bileşenlerine tam anlamıyla yatırım yapmanın zor olduğu anlaşılmaktadır. Mevcut üretim süreçlerinde daha az sürede daha fazla üretim sağlayan makinelerle çalışma konusunda ilerleme kaydedildiği ancak büyük ölçekli dönüşümlerin maliyet yükü nedeniyle aşamalı olarak gerçekleştirildiği görülmektedir. İşletmelerin enerji verimliliği sağlamak amacıyla yenilenebilir enerji yatırımları yaptığı ve bu yatırımların uzun vadede geri dönüş sağladığı belirtilmektedir. Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde, işletmelerin finansal planlamalarını doğru yaparak dijitalleşme ve otomasyon sistemlerine aşamalı yatırım yapmaları büyük önem taşımaktadır. Bu dönüşümün sağlanabilmesi için devlet destekleri, teşvik programları ve alternatif finansman kaynakları daha etkin bir şekilde değerlendirilmeli ve işletmeler uzun vadeli sürdürülebilir büyüme stratejileri doğrultusunda hareket etmelidir. Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde planlı, aşamalı ve finansal olarak yönetilebilir bir yatırım stratejisi benimsenmesi, işletmelerin üretim süreçlerinde sürdürülebilir verimlilik artışı sağlamalarını mümkün kılacaktır.

"Bilgi ve Tecrübe" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Endüstri 4.0, işletmelerin karar alma mekanizmalarını veri analitiği, yapay zekâ ve otomasyon teknolojileriyle destekleyerek daha öngörülebilir ve doğru stratejiler geliştirmelerine olanak tanıyan bir dönüşüm sürecidir. Geleneksel yönetim anlayışında kararlar, büyük ölçüde yöneticilerin bilgi, birikim ve tecrübelerine dayanırken, Endüstri 4.0 ile birlikte geçmiş verilerle desteklenmiş akıllı sistemlerin kullanımı, daha hassas ve dinamik karar alma süreçlerini mümkün kılmaktadır. Katılımcı ifadeleri incelendiğinde, işletmelerin strateji geliştirme, üretim maliyetlerinin hesaplanması, risk tahminleme ve önlem alma süreçlerinde halen büyük ölçüde tecrübeye ve geçmiş yıl verilerine dayalı bir yöntem izledikleri görülmektedir. Karar alma süreçlerinin teknoloji yerine insan faktörüne bağlı olduğu, piyasa dinamikleri ve sektörel değişimlerin yöneticiler tarafından

manuel analiz edildiği anlaşılmaktadır. Özellikle petrol fiyatları gibi dışsal ekonomik değişkenlerin etkisinin öngörülmesinde, Endüstri 4.0'ın sunduğu büyük veri analitiği ve tahminleme sistemleri yerine yönetici öngörülerine dayalı yaklaşımlar benimsendiği ifade edilmektedir. Bu durum, işletmelerin hızlı değişen piyasa koşullarına adaptasyon sürecini zorlaştırmakta ve veri destekli karar alma sistemlerinin eksikliğini ortaya koymaktadır.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"…Oradan gelen verilerle birlikte, bilgi birikimimiz ve tecrübemiz doğrultusunda birçok kararı alırız."* ***(K1)***
> *"İşletmemizde birçok strateji, tecrübe ve geçmiş yıl verilerine dayanarak belirlenmektedir."* ***(K4)***
> *"İşlemlerin çoğu teknolojiden ziyade, tecrübe, bilgi ve birikime dayanmaktadır. Örneğin, üretilen ürünün niteliği açısından petrol fiyatları oldukça önemlidir. Bu konudaki öngörü ve değerlendirmeler, ilgili departman müdürleri tarafından yapılmaktadır."* ***(K7)***
> *"Üretim maliyetlerinin belirlenmesi, risklerin tahmin edilmesi ve önlem alma süreçlerinin tamamı bilgi ve tecrübeye dayanmaktadır."* ***(K8)***

Katılımcılara ait ifadeler, işletmelerin karar alma süreçlerinde teknolojik destek sistemlerinden yeterince yararlanmadıkları, stratejilerin büyük ölçüde geçmiş deneyimlere ve manuel analizlere dayalı olduğu anlaşılmaktadır. Özellikle üretim maliyetleri, risk tahminleme ve piyasa analizleri gibi kritik alanlarda, yapay zekâ tabanlı tahminleme sistemlerinin kullanılmaması, işletmelerin değişen piyasa koşullarına daha yavaş tepki vermesine neden olabilmektedir. Endüstri 4.0 kapsamında geliştirilen büyük veri analitiği, otomatik tahminleme sistemleri ve sensör destekli üretim planlama çözümleri, işletmelere daha isabetli kararlar alma, olası riskleri önceden tespit etme ve maliyet yönetimini optimize etme imkânı sunmaktadır. Sonuç olarak, işletmelerin Endüstri 4.0'a tam anlamıyla uyum sağlayabilmesi için karar alma süreçlerini yalnızca geçmiş deneyim ve tecrübe üzerine kurmak yerine, dijital analiz sistemleriyle desteklemeleri gerekmektedir. Bu dönüşüm sağlandığında, işletmeler piyasa dalgalanmalarına karşı daha dirençli hale gelecek, maliyetlerini daha doğru yöneterek uzun vadede büyüme stratejileri geliştirme fırsatı yakalayacaklardır.

"Uzun Vadeli Planlama" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Dijitalleşme, otomasyon ve yapay zekâ destekli üretim süreçlerinin tam anlamıyla uygulanabilmesi için işletmelerin kısa vadeli kârlılık odaklı planlamadan uzaklaşarak, uzun vadeli yatırım stratejilerine yönelmeleri büyük önem taşımaktadır. Katılımcı

ifadeleri incelendiğinde, Türkiye'de genellikle 1-3-5 yıllık kısa vadeli kârlılık odaklı planlamaların yapıldığı, Avrupa'daki işletmelerin ise 10-20-30 yıllık uzun vadeli planlar doğrultusunda kaynaklarını yönettiği belirtilmiştir. İşletmeler, makinelerini yenileme ve teknolojik altyapılarını geliştirme noktasında belirli bir plan çerçevesinde hareket etmekte ancak ekonomik koşullar nedeniyle bu sürecin aşamalı olarak yürütüldüğü ifade edilmektedir. Uzun vadeli hedeflerin, Endüstri 4.0 dönüşümünü de içermesi gerektiği ifade edilmekle birlikte, bu sürecin tam anlamıyla uygulanabilmesi için daha kapsamlı stratejik planlamalara ve yatırım süreçlerine ihtiyaç duyulduğu anlaşılmaktadır.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"Türkiye'de genellikle kısa vadeli kârlılık hedeflenmekte ve 1–3–5 yıllık planlar yapılmaktadır. Oysa Avrupa'da uzun vadeli, 10–20–30 yıllık planlar yapılmakta; kaynaklar da bu doğrultuda harcanmakta ve planlanmaktadır."* ***(K1)***
> *"Makinelerimizi yenileme konusunda uzun vadeli planlarımız mevcuttur. Örneğin bu yıl iki makinenin, önümüzdeki yıl ise üç makinenin yenilenmesi şeklinde süreci planlayarak yürütmekteyiz."* ***(K7)***
> *"Kendimizi gelecekte nerede görmek istiyorsak, planlarımızı da buna göre uzun vadeli yapıyoruz. Ekonomik koşullar ne olursa olsun, şirketin belirlediği hedeflere ulaşması gerekir. Bu hedeflerin mutlaka Endüstri 4.0'ı da kapsaması gerekmektedir."* ***(K9)***

Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde uzun vadeli planlama, işletmelerin dijital dönüşüm süreçlerini sürdürülebilir kılabilmesi açısından kritik bir faktördür. Katılımcıların ifadelerinden yola çıkarak, işletmelerin kısa vadeli kârlılık odaklı planlamalar yaptığı ancak bazı işletmelerin uzun vadeli yatırım stratejileri geliştirmeye başladığı görülmektedir. Özellikle makine yenileme ve üretim süreçlerini modernize etme konularında aşamalı planlar oluşturulduğu ancak bu sürecin tam anlamıyla Endüstri 4.0 bileşenlerini kapsayacak şekilde bütüncül bir yaklaşımla ele alınmadığı anlaşılmaktadır. Avrupa'daki işletmelerin kaynaklarını uzun vadeli hedefler doğrultusunda yönlendirdiği ve dijital dönüşüm süreçlerine daha planlı bir şekilde yatırım yaptığı belirtilmektedir. İşletmelerin de Endüstri 4.0'ın gerekliliklerini dikkate alarak, yalnızca kısa vadeli değil, uzun vadede dijitalleşmeye, otomasyona ve sürdürülebilir üretim sistemlerine yönelik stratejik planlar geliştirmesi gerekmektedir. Bu dönüşüm sağlandığında, işletmeler değişen küresel piyasa koşullarına daha iyi uyum sağlayabilecek, teknolojik açıdan öne çıkabilecek ve gelecekte doğru büyüme için daha sağlam temeller üzerine inşa edilen işletme yapıları oluşturabilecektir.

Standart Maliyetler Kategorisi

Standart maliyetler kategorisine ilişkin yapılan analiz sonucunda; "bütçe hazırlama ve başa baş analizleri","maliyet tahminleri ve sapmalar" ile "dışardan sağlanan faydalar" kodları belirlenmiştir. Aşağıda, katılımcıların bu kodlara yönelik görüşleri detaylı olarak sunulmaktadır.

"Bütçe Hazırlama ve Başa Baş Analizleri" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Endüstri 4.0, işletmelerin bütçe yönetimi, başa baş analizi ve maliyet hesaplama süreçlerini daha hızlı, doğru ve veri odaklı hale getirmeyi amaçlayan dijital bir dönüşüm sürecidir. Geleneksel bütçe oluşturma süreçleri genellikle manuel hesaplamalara, geçmiş yıl verilerine ve yöneticilerin tecrübelerine dayalı olarak yürütülmektedir. Ancak, büyük veri analitiği, yapay zekâ destekli finansal modelleme ve otomasyon sistemleri sayesinde bütçeleme süreçleri artık daha hassas, dinamik ve öngörülebilir hale getirilebilmektedir. Katılımcı ifadeleri incelendiğinde, işletmelerin bütçe hazırlama ve başa baş analiz süreçlerinde henüz Endüstri 4.0 bileşenlerini aktif olarak kullanmadıkları, hesaplamaların ağırlıklı olarak manuel yapıldığı ve üst yönetim tarafından karar alındığı görülmektedir. Bütçeleme süreci genellikle birim yöneticilerinin raporlarıyla şekillenirken, bu raporlar manuel analiz edilmekte ve belirli maliyet değişkenleri üzerinden hesaplamalar yapılmaktadır. Özellikle piyasa dalgalanmaları, ani maliyet artışları ve hammadde fiyatlarındaki değişiklikler bütçeleme sürecinde zorluk yaratmakta ve işletmeler bu durumu geleneksel yöntemlerle yönetmeye çalışmaktadır. Bununla birlikte, bazı katılımcılar Endüstri 4.0'a geçişin bütçeleme süreçlerini daha doğru ve kolay hale getireceğini belirterek, veri analitiği ve otomasyonun bu süreçlerde etkin kullanılmasının gerekliliğine işaret etmektedir.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"Bütçe hazırlama ve başa baş analizleri için birim yöneticileri verileri toplar, üst yönetime iletir. Üst yönetim bu analizleri yapar ve birim yöneticilerinin görüşlerine sunar. Süreç bu şekilde gerçekleşir."* ***(K1)***
> *"Üst yönetim, ay sonunda ne kadar ürün üretildiği, ne kadar hammadde kullanıldığı, iş gücü giderlerinin ne kadar olduğu gibi toplam giderleri tespit eder. Bu giderleri ürün başına bölerek başa baş analizlerini manuel olarak yapar. Endüstri 4.0'a geçtiğimizde, bu analizleri doğru ve kolay şekilde yapma imkânımız olacaktır."* ***(K2)***
> *"Bütçe oluşturulurken, üretim sezonu öncesi maliyet ve piyasa beklentileriyle ilgili toplantılar düzenlenir. Gerektiğinde haftalık ve aylık toplantılar yapılır. Bu*

toplantılarda her detay ayrıntılı biçimde ele alınır. Örneğin, bizim için önemli genel üretim maliyeti kalemlerinden biri doğalgazdır. Devlet, dönem içinde bir anda %30 zam yaptığında bütçelerde sapmalar oluşur. Bu sapmaları kontrol altına almak için hem doğalgaz hem de taş kömürüyle çalışan kazanlar kurduk. Sonrasında her birim yetkilisiyle birlikte maliyetleri yeniden hesaplarız. Böylece bütçe hazırlama ve başa baş analizleri tamamlanmış olur." ***(K3)***

"Bütçe hedefleri, ilgili birim tarafından haftalık olarak raporlanmaktadır." ***(K6)***

"Bütçelemeyi hazırlarken tonaj bazlı hesaplamalar yapılmaktadır. Her birim kendi tonajına göre hesaplama yaparak finans birimine iletir. Finans birimi de bu raporları birleştirerek bütçeyi oluşturur. Bu işlem herhangi bir program aracılığıyla değil, doğrudan gelen raporlar üzerinden finans müdürü olarak benim tarafımdan yürütülmektedir." ***(K7)***

"Üst yönetim, satış ve üretim miktarına bağlı olarak başa baş noktasına ulaşılacak fiyat ve miktar hesaplamasını yapar. Bütçeler de bu sürece paralel şekilde oluşturulur. İşletmemizde maliyet-hacim-kâr analizlerinin yanı sıra, bütçe hazırlama ve başa baş analizleri de üst yönetim tarafından yapılmaktadır." ***(K8)***

"Bütçe ve başa baş analizleri İstanbul merkezli olarak yürütülmektedir." ***(K9)***

Bütçe hazırlama ve başa baş analizleri, işletmelerin kârlılığını artırabilmesi ve finansal sürdürülebilirliği sağlayabilmesi için kritik süreçlerdir. Katılımcıların ifadelerine göre, işletmelerin bu süreçleri; halen manuel hesaplamalar yaparak, geçmiş yıl verilerini baz alarak ve yöneticilerin tecrübelerine dayanarak yürüttükleri anlaşılmaktadır. Özellikle hammadde fiyat değişiklikleri, piyasa dalgalanmaları ve operasyonel maliyetlerdeki sapmalar, bütçeleme sürecinde en büyük zorluklardan biri olarak öne çıkmaktadır. Bu tür değişkenlerin manuel yöntemlerle yönetilmeye çalışılması, hata payını artırmakta ve bütçeleme süreçlerinin daha uzun ve karmaşık hale gelmesine neden olmaktadır. Ancak, Endüstri 4.0'ın sunduğu veri analitiği, yapay zekâ destekli tahminleme sistemleri ve otomatik raporlama çözümleri, bütçeleme süreçlerini daha verimli, doğru ve hızlı hale getirebilir. Bu sistemler, geçmiş verileri analiz ederek geleceğe yönelik tahminlemeler yapabilir, maliyet sapmalarını daha erken tespit edebilir ve işletmelerin finansal planlamalarını optimize etmelerine yardımcı olabilir. Sonuç olarak, işletmelerin Endüstri 4.0 sürecini etkin bir şekilde sürdürebilmeleri için, bütçe yönetimi ve başa baş analizlerinde de dijitalleşmeye yönelmeleri gerekmektedir. Veri odaklı bütçeleme sistemlerine yatırım yapmak, işletmelerin daha bilinçli ve stratejik finansal kararlar almasını sağlayacaktır.

"Maliyet Tahminleri ve Sapmalar" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Endüstri 4.0, üretim süreçlerinin dijitalleşmesiyle verimliliğin artırılmasını sağlarken, aynı zamanda maliyet yönetimi, tahminleme ve sapma analizlerinde de veri odaklı karar alma mekanizmalarını güçlendirmektedir. Büyük veri analitiği, yapay zekâ destekli

tahminleme sistemleri ve nesnelerin interneti gibi teknolojiler, işletmelerin maliyet hesaplamalarını daha doğru ve etkin bir şekilde yapmalarına olanak tanımaktadır. Katılımcı ifadeleri incelendiğinde, işletmelerin maliyet tahminleme ve sapma analizlerini hâlâ geleneksel yöntemlerle gerçekleştirdiği ve Endüstri 4.0 bileşenlerinden yeterince faydalanmadığı görülmektedir. İşletmeler, maliyet hesaplamalarını genellikle geçmiş yıl verilerine, tecrübelere ve manuel analizlere dayandırmakta, teknolojik analiz araçları yerine piyasa koşullarına göre hareket etmektedir. Özellikle enflasyon ve hammadde fiyatlarındaki değişkenlik, maliyet tahminlemesini zorlaştırmakta ve bu süreçlerin manuel olarak yönetilmesine neden olmaktadır. Bazı işletmeler düzenli olarak maliyet sapmalarını analiz edip raporlamalar yaparak bu sapmalara yönelik önlemler almaktadır. Ancak, bu süreçlerde yapay zekâ destekli veri analizi, makine öğrenmesi ve otomatik tahminleme sistemleri gibi Endüstri 4.0'ın sunduğu teknolojilerden yararlanılmadığı görülmektedir.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"İşletmemizin üretmiş olduğu ürünler çok özellikli olmadığından dolayı fazla sapma da olmamaktadır. Ancak buna rağmen detaylı analizler yapılır. Üretimde düşüş, maliyet artışı, fire oranlarındaki artış gibi durumlar haftalık olarak raporlanır ve buna göre gerekli önlemler hemen alınır."* ***(K1)***
> *"Üretimdeki sapmaları, özellikle enflasyon ortamlarında tespit etmek zor olmaktadır. Örneğin, hammaddeye zam geldiğinde biz de belirli aralıklarla bu farkları ürün fiyatlarına yansıtmak zorunda kalıyoruz. Hemen yansıtmasak da tolere edebildiğimiz ölçüde fiyatları artırmamaya çalışıyoruz. Zorunlu kaldığımızda fiyatlara yansıtıyoruz."* ***(K2)***
> *"Maliyet tahminlerine yönelik, örneğin doğalgaz tüketimi hesaplanırken; geçen yıla ait metreküp fiyatları ve fiili tüketim miktarları, bu yılın güncel fiyatları ve öngörülen tüketim miktarlarıyla karşılaştırmalı olarak yapılmaktadır. Dönem sonunda bu hesaplamaları karşılaştırıyoruz ve varsa sapmaları tespit ediyoruz. Genellikle sonuçlar birbirine yakın olur. Bu yüzden çok büyük sapmalar çıkmaz."* ***(K3)***
> *"Maliyet tahminleri, geçmiş yıl verileri ve deneyimlere dayanarak hesaplanmaktadır. Bu süreçte teknoloji kullanımı bulunmamaktadır."* ***(K4)***
> *"Maliyet tahmini ve sapma hesaplamaları genellikle tecrübeye ve geçmiş yıl raporlarına dayalı olarak yapılmaktadır. Hesaplamalar, her departmandan toplanan verilerle gerçekleştirilir."* ***(K6)***
> *"Her ay maliyet sapmaları tespit edilip raporlanmaktadır. Bu raporlar, finans müdürü olarak benim tarafımdan incelenir. Fiyat ve maliyetle ilgili sapmalar tespit edildiğinde gerekli önlemler alınır."* ***(K7)***
> *"Maliyet tahminleri ve sapmalar hesaplanırken, işin doğrusu teknoloji pek kullanılmamaktadır. İçinde bulunduğumuz muhasebe süreçlerinde, özellikle enflasyon muhasebesi uygulamalarında birçok mali müşavir bile zorluk*

yaşamaktadır. Bu noktada teknolojinin çok verimli olacağını düşünmüyorum. Daha çok piyasa koşulları dikkate alınmaktadır. Ürünü sattığınız işletmelerin durumu ve ürünü alırken katlandığınız maliyetler bu analizlerde önemli rol oynamaktadır. Bu tür birçok değişkenin olması, fiyat skalası oluşturmayı da zorlaştırmaktadır. Bu hesaplamalar günlük veya aylık olarak değişkenlik gösterebilir. Yapılan maliyet tahminleriyle, fiili gerçekleşmeler üst yönetim tarafından karşılaştırılarak değerlendirme yapılır. Bu süreçlerde herhangi bir teknolojik altyapı kullanılmamaktadır." ***(K8)***

Endüstri 4.0 kapsamında gelişmiş veri analitiği ve tahminleme teknolojileri, işletmelerin maliyet yönetimi ve sapma analizlerini daha hassas, hızlı ve doğru bir şekilde gerçekleştirmelerine olanak tanımaktadır. Katılımcı ifadelerinden yola çıkarak, işletmelerin maliyet tahminlerini büyük ölçüde geçmiş yıl verilerine ve manuel hesaplamalara dayandırdığı, bu süreçlerde Endüstri 4.0 bileşenlerinin aktif olarak kullanılmadığı anlaşılmaktadır. Özellikle piyasa dalgalanmaları, hammadde fiyat artışları ve enflasyon gibi dışsal faktörlerin maliyet hesaplamalarını zorlaştırdığı ve bu değişkenlerin manuel yöntemlerle yönetilmeye çalışıldığı görülmektedir. Günümüzde gelişmiş yapay zekâ algoritmaları ve büyük veri analiz sistemleri, bu tür değişkenleri daha hassas bir şekilde modelleyerek işletmelere daha sağlıklı maliyet tahminleri sunabilmektedir. Ancak, işletmelerin teknolojiye olan güveninin sınırlı olduğu ve bu sistemlerin etkinliğine yönelik şüphelerin de bulunduğu gözlemlenmektedir. İşletmelerin maliyet tahminleme ve sapma analizlerinde manuel yöntemlerden dijitalleşmeye geçmesi, Endüstri 4.0'ın sunduğu büyük veri analitiği ve otomatik tahminleme araçlarından faydalanması, daha doğru maliyet analizleri yaparak karar alma süreçlerini iyileştirmeleri açısından büyük bir gerekliliktir. Bu dönüşüm sağlandığında, işletmeler maliyetlerini daha iyi yönetebilecek, piyasa dalgalanmalarına karşı daha dirençli hale gelecektir. Maliyet tahminleri ve sapmalar kritik öneme sahip olduğundan işletmelerin Endüstri 4.0 bileşenlerine olan yatırımılarını artırmaları da elzemdir.

"Dışardan Sağlanan Faydalar" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Endüstri 4.0, işletmelerin yazılım ve bilgi işlem altyapılarını güçlendirmesi, operasyonlarını daha etkin yönetebilmesi için kritik bir rol oynamaktadır. Katılımcı ifadeleri incelendiğinde, işletmelerin Endüstri 4.0 sürecinde hem kendi bünyelerinde geliştirdikleri yazılımları kullandıkları hem de dışarıdan satın aldıkları yazılım ve sistemlerle operasyonlarını destekledikleri görülmektedir. Özellikle muhasebe, üretim yönetimi ve maliyet hesaplama gibi kritik alanlarda dış kaynaklı yazılım çözümlerine başvurulduğu, bununla birlikte bazı işletmelerin bilgi işlem altyapılarını kendi

bünyelerinde geliştirmeye çalıştıkları anlaşılmaktadır. Ayrıca belirli üretim süreçlerinde dış tedarikçilerin sunduğu verilerden faydalanıldığı ve bu verilerin işletmelerin karar alma süreçlerinde önemli bir rol oynadığı ifade edilmektedir. Endüstri 4.0 kapsamında, işletmelerin dijital sistemlere olan adaptasyonlarının hızlandığı ancak bu süreçte dışardan sağlanan çözümlerin de büyük bir yer tuttuğu görülmektedir.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"Belirli programları işletmemize özel olarak yaptırdık. Bazı paket programları ise dışarıdan satın aldık. Bu programlardan gelen verilere bilgi, birikim ve tecrübemizi de ekleyerek birçok kararı alıyoruz."* ***(K1)***
> *"Bilgi işlem alanında kullandığımız yazılımların büyük bir çoğunluğunu kendi bünyemizde oluşturduk. Ancak bazı sistemler de dışarıdan sağlanan fayda şeklinde satın alınmıştır."* ***(K3)***
> *"Dışarıdan sağladığımız faydaya örnek olarak, TİREX uygulamasının üretimde kullandığımız makinelerin üretim süreçlerine dair verileri bize sağlamasını gösterebilirim. Muhasebe birimimiz, mamul maliyetini ilgilendiren tüm bilgilere ulaşabilmek adına bu veri programıyla entegre şekilde çalışmaktadır. Muhasebede kullanılan bu ve benzeri programlar dışarıdan sağlanan fayda olarak kaydedilmektedir."* ***(K5)***
> *"İşletmemizde yalnızca denetim süreçleri dışarıdan sağlanan fayda ile yürütülmektedir."* ***(K7)***
> *"Buradaki tüm süreçlerine ilişkin yazılımlar, işletmemize özel olarak dışarıdan yazılım hizmeti alınarak oluşturulmuştur."* ***(K8)***

Katılımcı ifadeleri değerlendirildiğinde, işletmelerin bilgi işlem sistemlerinde hem kendi bünyelerinde geliştirdikleri yazılımları hem de dışarıdan sağlanan yazılım çözümlerini entegre bir şekilde kullandıkları görülmektedir. Özellikle muhasebe, maliyet yönetimi ve üretim süreçlerinin optimizasyonunda dış kaynaklı yazılım desteğinin önemli bir yer tuttuğu anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, bazı işletmelerin özel yazılımlar geliştirerek kendi ihtiyaçlarına uygun sistemler oluşturdukları ve süreçlerini daha kontrollü bir şekilde yönetmeye çalıştıkları belirtilmektedir. Endüstri 4.0'ın beraberinde getirdiği dijital dönüşüm sürecinde, işletmelerin yazılım altyapılarını güçlendirmesi; dış kaynaklı sağlanan faydaların verimliliğini artıracak ve maliyet ile yönetim muhasebesi uygulamalarına önemli katkılar sağlayacaktır. Sonuç olarak, Endüstri 4.0 sürecinde başarılı olabilmeleri için işletmelerin veri bütünlüğünü sağlaması ve yapay zekâ ile otomasyona yönelik yatırımlarını artırması gerekmektedir.

Yönetim Kararları Kategorisi

Yönetim kararları kategorisine ilişkin yapılan analiz sonucunda; "üst yönetim" , "hata olasılığı" ile "insana bağımlılık" kodları belirlenmiştir. Aşağıda, katılımcıların bu kodlara yönelik görüşleri detaylı olarak sunulmaktadır.

"Üst Yönetim" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Endüstri 4.0, yalnızca teknolojik bir dönüşüm değil, aynı zamanda organizasyonel yapıların, iş süreçlerinin ve yönetim anlayışlarının köklü bir şekilde değişmesini gerektiren kapsamlı bir süreçtir. Dijitalleşme, otomasyon ve veri analitiği gibi unsurların etkin bir şekilde uygulanabilmesi için işletmelerin sadece teknik altyapılarını değil, aynı zamanda yönetim kültürlerini de dönüştürmeleri gerekmektedir. Katılımcı ifadeleri incelendiğinde, üst yönetimin Endüstri 4.0 sürecindeki rolünün belirleyici olduğu, geleneksel yönetim anlayışlarının değişmeden bu dönüşümün tam anlamıyla gerçekleştirilemeyeceği ve işletmelerde yönetsel seviyede bazı dirençlerin olduğu görülmektedir. Avrupa'daki işletmelerin sistematik ve kural bazlı ilerleyerek dijitalleşmeyi benimsemelerine karşın, Türkiye'de bazı süreçlerin hâlâ çıkarlar doğrultusunda esnetildiği ve Endüstri 4.0'ın bütüncül bir dönüşüm yerine kısmi olarak ele alındığı ifade edilmektedir. Ancak, bazı işletmelerin bu algıyı yıkarak üst yönetimi dönüşüme ikna etmeyi başardığı, süreçleri daha sistematik hale getirerek verimlilik sağladığı görülmektedir. Özellikle teknoloji kullanımına karşı başlangıçta direnç gösteren yöneticilerin, dönüşümün sağladığı faydaları zaman içinde deneyimleyerek bu sürece daha olumlu yaklaştıkları ifade edilmektedir. Endüstri 4.0'ın başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için yönetim kadrosunun vizyoner bir bakış açısına sahip olması ve karar alma süreçlerinde profesyonel uzmanlardan destek alması gerektiği katılımcılar tarafından vurgulanmaktadır.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"Endüstri 4.0 dediğimiz konu oldukça kapsamlı bir iştir. Üst kademeden alt kademeye kadar sistemsel bir çözümleme yapılmalı ve buna uygun adımlar atılmalıdır. Örneğin Avrupa'da bu konularda taviz verilmez ve kurallar nettir. Türkiye'de ise sorun bu konuları anlamamak değil; işimize gelmediği için bazı şeyleri çıkarlarımıza veya yapımıza göre yorumluyoruz. Doğruyu söylemek gerekirse, birçok işi sadece yapıyormuş gibi yapıyoruz. Zihniyetimizi, bakış açımızı değiştirmediğimiz ve üst yönetim öncülüğünde bu konulara odaklanmadığımız sürece yol alabileceğimizi düşünmüyorum."* ***(K1)***

"Yönetimi ikna etmek, bir geleneği yıkmak kolay değildir. Ancak biz bunu başardık. Örneğin, birkaç yıl önceye kadar çiftçilere yılbaşında yaklaşık 400 milyon TL dağıtırdık. Emniyet, banka ve personel seferber olurdu. Bu işlem aşırı iş gücü gerektiren bir süreçti ve işletme açısından bir güç gösterisine de dönüşürdü. Biz bu süreci endüstri odaklı bir sisteme entegre ettik. Şu anda herkesin ne zaman ve ne kadar alacağı sistem üzerinden belirleniyor. Aynı bir bankacılık sistemi gibi, tek tuşla ödemeler hesaplara aktarılıyor. Eskiden bu işlem için banka sabaha kadar nakit hazırlardı; biz sabah 8'de dağıtıma başlar, akşama kadar devam ederdik. Şimdi ise gece 12'de tüm hesaplara para geçiyor. Zaman, işçilik ve süreç yönetimi açısından muazzam bir kolaylık sağladı. Başta bu sisteme direnen bölge müdürleri, şimdi "dünya varmış" diyor. Ancak bu tür yenilikler ülkemizde yönetsel açıdan sancılı ilerlemektedir." ***(K3)***

"Girişimciler genellikle sadece kurmakla kalmayıp aynı zamanda yönetebileceklerini düşünürler. Tabi ki endüstrileşme bu kadar kolay ve basit bir süreç değildir. İşletmemiz, bu konuda en azından kısmi de olsa bu bakış açısını aşmayı başarmıştır." ***(K5)***

"Üst yönetimin bakış açısı, endüstrileşme sürecinde belirleyici bir etkendir. İşletmemizde alınacak eylemlerde yalnızca üst yönetim değil, ilgili alanın profesyonelleri de etkin rol oynamaktadır. Bu yaklaşım sürdürülebilirse, Endüstri 4.0'a yönelik hızlı adımlar atılabileceğini düşünüyorum." ***(K7)***

Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde en büyük engellerden biri, köklü yönetim anlayışlarının değişime karşı gösterdiği dirençtir. Katılımcı ifadelerinden yola çıkarak, işletmelerin Endüstri 4.0 dönüşümüne hazır hale gelmesi için öncelikle üst yönetim kültürünün değişmesi ve sürecin bütüncül bir şekilde ele alınması gerektiği anlaşılmaktadır. İşletmelerin bazılarında hâlâ geleneksel yönetim anlayışının hâkim olduğu, karar alma süreçlerinde profesyonellerin görüşlerinin yeterince dikkate alınmadığı ve Endüstri 4.0 dönüşümünün genellikle kısmi adımlarla uygulandığı görülmektedir. Bazı işletmeler bu algıyı yıkarak daha sistematik ve dijitalleşmeye uygun yönetim modellerini benimsemeye başlamış, bu sayede iş süreçlerini daha verimli hale getirebilmiştir. Katılımcıların örnek olarak sunduğu dijital finansal yönetim sistemi gibi uygulamalar, eski ve zahmetli süreçlerin dijitalleştirilerek nasıl verimlilik sağlanabileceğini göstermektedir. Endüstri 4.0'ın sunduğu fırsatlardan tam anlamıyla yararlanabilmek için işletmelerin yalnızca teknolojiye yatırım yapması yeterli olmayıp, aynı zamanda yönetim anlayışlarını da modernize etmeleri gerekmektedir. Üst yönetimin uzman kadrolarla birlikte dönüşüme öncülük etmesi ve Endüstri 4.0'a yönelik uzun vadeli stratejiler geliştirmesi, işletmelerin bu süreçte başarılı olmasını sağlayacaktır. Sonuç olarak işletmelerin Endüstri 4.0 sürecine uyum sağlayabilmesi için yönetim kültürünün ve karar alma mekanizmalarının dönüşüme açık hale gelmesi, geleneksel yönetim anlayışından veri odaklı ve sistematik bir yönetime geçilmesi kritik bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır.

<u>"Hata Olasılığı" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri</u>

Endüstri 4.0, üretim süreçlerinde otomasyonu artırarak insan kaynaklı hataları en aza indirme, verimliliği artırma ve maliyetleri optimize etme hedefiyle sanayiye yön veren bir dönüşüm sürecidir. Gelişmiş otomasyon sistemleri, yapay zekâ destekli üretim hatları ve otonom robotlar, insan kaynaklı hataları en aza indirerek daha tutarlı ve kesintisiz üretim imkânı sunmaktadır. Katılımcı ifadeleri incelendiğinde, işletmelerin otomasyon sistemlerine büyük bir ilgi duyduğu ve üretim süreçlerindeki hata oranlarını düşürme konusunda makinelerin daha avantajlı olduğu görüşünün yaygın olduğu görülmektedir. İnsan gücüne dayalı üretim süreçlerinde, iş yükü, yorgunluk, duygusal faktörler ve dikkat dağınıklığı gibi unsurlar nedeniyle hata olasılığı daha yüksekken, makineler bu tür değişkenlerden etkilenmeden çalışarak süreçleri daha tutarlı bir şekilde yönetebilmektedir. Bunun yanı sıra, makinelerin insanlardan daha uzun süre çalışabilme kapasitesine sahip olması, işletmeler açısından kısa vadede bile maliyet avantajı sağlayabileceği düşüncesini öne çıkarmaktadır. Bu nedenle, Endüstri 4.0'ın sunduğu otomasyon sistemleri, işletmelerin üretim süreçlerinde kaliteyi artırmalarına, hataları en aza indirerek uzun vadede sürdürülebilir bir üretim modeline geçiş yapmalarına olanak tanımaktadır.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"En büyük arzum, otomasyon sistemlerinin işletmeye entegre edilmesidir. Böylece daha az insan gücüne bağlı olarak hata oranının en aza indirileceğini ve verimliliğin artırılacağını düşünüyorum. Aslında ne kadar önlem alınsa da insanın olduğu yerde hata olasılığı her zaman vardır. Otomasyon sistemimiz olsaydı, bu hata olasılığının önemli ölçüde düşeceğine inanıyorum."* ***(K2)***
> *"Makinelerin hata yapma olasılığı, insanlara kıyasla daha düşük olacaktır. Çünkü işin içinde duygu ya da insana özgü diğer değişkenler yer almaz. Ayrıca makineler, insanlara göre çok daha uzun süre kesintisiz çalışabilir. Bu nedenle bana göre uzun vadede değil, kısa vadede bile maliyet avantajı sağlayabilir."* ***(K5)***
> *"İnsan kaynaklı bazı hatalar söz konusu olabilmektedir. Bu tür hatalar makinelerde çok daha az oranda görülür."* ***(K8)***

Endüstri 4.0 kapsamında geliştirilen otomasyon sistemleri, üretimde hata oranlarını azaltarak kaliteyi artırmak, verimliliği yükseltmek ve işletmelerin maliyet avantajı elde etmesini sağlamak açısından büyük bir potansiyel taşımaktadır. Katılımcı ifadelerinden yola çıkarak, işletmelerin üretim süreçlerinde insan kaynaklı hataları minimize etmek için otomasyon sistemlerine yönelik güçlü bir eğilim gösterdiği ve makinelerin hata

oranlarının insanlara kıyasla çok daha düşük olduğu yönünde ortak bir görüşün bulunduğu görülmektedir. İnsan faktörüne dayalı üretimde yorgunluk, dikkatsizlik ve duygusal değişkenler gibi unsurlar nedeniyle hata olasılığı her zaman mevcutken, otomasyon sistemleri bu tür faktörlerden bağımsız olarak daha istikrarlı ve sürekli bir üretim sağlayabilmektedir. Ayrıca makinelerin uzun süre kesintisiz çalışabilme kapasitesine sahip olması, işletmelerin iş gücü planlamasını daha verimli bir şekilde yapmasını sağlayarak kısa vadede bile maliyet avantajı sunabilecektir. Sonuç olarak, Endüstri 4.0'a özgü otomasyon çözümlerinin benimsenmesi, işletmelerin üretim süreçlerini daha kaliteli ve etkin bir şekilde yürütmelerine olanak tanıyacaktır. Bununla birlikte, tam otomasyona geçiş sürecinde işletmelerin mevcut insan kaynakları politikalarını doğru bir şekilde yönetmesi, çalışanların niteliklerini geliştirmek için eğitim ve adaptasyon süreçlerine yatırım yapması, Endüstri 4.0'a başarılı bir geçiş yapabilmek adına kritik bir strateji olacaktır.

"İnsana Bağımlılık" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Endüstri 4.0, üretim süreçlerinin dijitalleşmesini, otomasyon sistemlerinin yaygınlaşmasını ve insan bağımlılığının azaltılmasını hedefleyen bir Sanayi Devrimi olarak öne çıkmaktadır. Bu dönüşüm, iş gücünün tamamen ortadan kalkması anlamına gelmemekle birlikte, manuel süreçlerin daha az hata ile daha verimli bir şekilde yürütülmesini sağlamak amacıyla insan ve makine etkileşimini ön planda tutmaktadır. Katılımcı ifadeleri incelendiğinde, işletmeler üretim süreçlerinde halen büyük oranda insan gücüne bağımlı olduğu ve bu bağımlılığın Endüstri 4.0 ile ne ölçüde azaltılabileceği konusunda farklı görüşlerin bulunduğu görülmektedir. Bazı işletmeler, üretim süreçlerinde makinelerin kullanıldığını ancak taşıma ve kalite kontrol gibi kritik aşamaların hâlâ insan gücüne dayalı olarak yürütüldüğünü ifade etmektedir. Bunun yanı sıra, iş gücüne dayalı üretim yapan işletmelerin insana olan bağımlılığını azaltmanın zor olduğunu düşündüğü ve Endüstri 4.0'ın bu alandaki etkisinin sınırlı olabileceğine yönelik endişeler taşıdığı görülmektedir. Öte yandan, bazı katılımcılar, Endüstri 4.0'ın başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için nitelikli iş gücünün yetiştirilmesi gerektiğini, aksi takdirde yüksek maliyetli sistemlerin etkin çalışamayacağını vurgulamaktadır. İnsan kaynağının planlanması ve teknolojiyle birlikte uyumlu şekilde konumlandırılması gerektiği görüşü ön plana çıkarken, sistemlerin verimli çalışabilmesi için eğitilmiş personelin kritik bir unsur olduğu da ifade edilmektedir.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"...sistemi kurmak, söylediğim gibi eğitimli ve nitelikli insan gücüne dayanmalıdır. Bu sağlanmadığı takdirde, yüksek maliyetli sistemler ağır aksak işler ve kötü sonuçlara yol açar."* ***(K1)***
> *"İş gücüne, yani emeğe dayalı çalışıyoruz. Bu nedenle işçi sayımız fazladır. İnsana olan bağımlılığı Endüstri 4.0'ın azaltabileceğinden emin değilim."* ***(K2)***
> *"Bu sistemlerin kullanımı, kişilerin bireysel ilgisiyle doğru orantılıdır. Çünkü işletmelerimiz kişilere bağımlı şekilde ilerlemektedir. Bu bağlamda çağın oldukça gerisindeyiz."* ***(K4)***
> *"Üretim sürecimiz makineler ve iş gücüne bağlı olarak yürütülmektedir. Taşıma ve kalite kontrol işlemleri ise tamamen insan gücüne dayalıdır. İşletmemizde insana olan bağımlılık oldukça yüksektir."* ***(K6)***
> *"Ürettiğimiz ürünlerin yapısından dolayı büyük ölçüde insan gücüne her zaman ihtiyaç duyacağız. Bu konuda insan emeğine zorunlu ihtiyaç duyduğumuzu düşünüyorum."* ***(K7)***
> *"İşletmelerin insana olan bağımlılığını azaltmazsanız, işler ağır aksak yürür. Bu bağımlılığı ortadan kaldırmak ise ancak teknoloji yatırımı ve insan kaynakları planlamasıyla mümkündür."* ***(K9)***

Endüstri 4.0, üretim süreçlerini otomatikleştirerek insan bağımlılığını azaltmayı amaçlasa da katılımcıların ifadelerinden yola çıkarak birçok işletmenin hâlâ iş gücüne dayalı üretim yaptığını ve makinelerin tüm süreçlerde insanın yerini almasının mümkün olmayacağını düşündükleri anlaşılmaktadır. Özellikle taşıma, kalite kontrol ve özel üretim gibi süreçlerde insan faktörünün kritik bir rol oynadığı ve tamamen makinelerle yürütülebilecek sistemlerin her sektöre uyarlanamayacağı ifade edilmektedir. Bununla birlikte, işletmelerin insana olan bağımlılığını azaltabilmek için teknoloji yatırımları yapması ve insan kaynaklarını planlı bir şekilde yönetmesi gerektiği belirtilmektedir. Yüksek maliyetli Endüstri 4.0 sistemlerinin başarılı bir şekilde çalışabilmesi için nitelikli iş gücünün eğitim açısından eksikliğinin olmasından dolayı dezavantaj oluşturduğu dile getirilmektedir. Sonuç olarak, işletmelerin teknolojiye yatırım yapması ve nitelikli insan kaynağı yetiştirme süreçlerine odaklanması gerekmektedir. Tam anlamıyla verimli bir Endüstri 4.0 dönüşümünün sağlanabilmesi için insan-makine işbirliğinin dengeli bir şekilde yürütülmesi ve işletmelerin bu süreci sürdürülebilir bir stratejiyle yönetmesi kritik bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır.

Stratejik Yönetim Kategorisi

Stratejik yönetim kategorisine ilişkin yapılan analiz sonucunda; "performans ölçümleme" ile "sürekli iyileştirme" kodları belirlenmiştir. Aşağıda, katılımcıların bu kodlara yönelik görüşleri detaylı olarak sunulmaktadır.

"Performans Ölçümleme" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Endüstri 4.0, üretim süreçlerinin dijitalleşmesi ve sistemlerinin iş gücüyle uyumlu biçimde yapılandırılması kadar, iş gücü ve verimlilik yönetiminin de veri odaklı hale getirilmesini sağlayan bir dönüşüm gerektirir. İşletmelerin üretim süreçlerinde maksimum verimliliği sağlayabilmesi ve operasyonel etkinliğini sürdürebilmesi için, çalışan performansının objektif verilere dayalı olarak ölçülmesi, değerlendirilmesi ve sürekli olarak iyileştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Günümüzde gelişmiş üretim sistemlerinde yapay zekâ destekli analizler, büyük veri kullanımı ve nesnelerin interneti ile iş gücünün verimliliğini ölçmek ve süreçleri optimize etmek mümkün hale gelmiştir. Ancak katılımcı ifadeleri incelendiğinde, işletmelerin performans ölçüm süreçlerinde halen geleneksel yöntemlere bağlı kaldıkları ve teknolojik sistemlerden yeterince faydalanmadıkları görülmektedir. Performans değerlendirmeleri daha çok satış ve üretim miktarına dayalı olarak yapılmakta, çalışanların üretim sürecine katkısını değerlendirecek veri analitiği sistemleri kullanılmamaktadır. İşletmelerde bu tür performans ölçüm sistemlerinin yaygın olmadığı ve bu alanda dijitalleşmeye yönelik bir girişimde bulunulmadığı yönünde genel bir algı olduğu gözlemlenmektedir.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"İşletmemizde, işçilik ve verimlilikle ilgili performans ölçümünde herhangi bir teknoloji kullanılmamaktadır. Ayrıca Türkiye genelinde de bu tür ölçümleri yapan sistemlerin mevcut olduğunu düşünmüyorum."* ***(K1)***
> *"Performans ölçümü genellikle satış ve üretim miktarına göre belirlenmektedir. Herhangi bir teknolojik unsur kullanılmaz. Daha çok belirlenen üretim miktarlarının gerçekleştirilmesi ya da hedeflenen satış tutarlarının aşılması durumunda ilgili departmanlara performanslarından ötürü ek ücretlendirme yapılmaktadır."* ***(K8)***

Endüstri 4.0, veriye dayalı karar alma mekanizmalarını geliştirerek işletmelerin performans ölçüm süreçlerini daha şeffaf ve etkili hale getirme potansiyeline sahiptir. Katılımcı ifadelerinden yola çıkarak, işletmelerin iş gücü ve verimlilik ölçümlerinde halen manuel ve geleneksel yöntemleri tercih ettiği, performans değerlendirmelerinin

üretim miktarı ve satış hedeflerine dayalı olarak belirlendiği görülmektedir. Teknoloji destekli performans ölçüm sistemlerinin kullanılmaması, iş gücü verimliliğini detaylı analiz etme ve üretim süreçlerini optimize etme konusunda işletmeleri önemli fırsatlardan mahrum bırakmaktadır. Endüstri 4.0'ın sunduğu yapay zekâ destekli analizler, sensör tabanlı takip sistemleri ve büyük veri uygulamaları ile çalışan performansı daha objektif bir şekilde değerlendirilebilir, üretim süreçlerinde hangi alanlarda verimlilik kaybı yaşandığı tespit edilebilir ve buna yönelik iyileştirme stratejileri geliştirilebilir. Sonuç olarak, Endüstri 4.0 sürecinde başarılı olabilmek için işletmelerin yalnızca üretim süreçlerini dijitalleştirmesi yeterli olmayıp, iş gücü yönetimini de veri temelli sistemlerle desteklemesi gerekmektedir. Teknoloji tabanlı performans ölçüm sistemlerinin benimsenmesi, işletmelerin verimliliklerini artırmalarına, maliyetleri optimize etmelerine büyük katkı sağlayacaktır.

"Sürekli İyileştirme" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Endüstri 4.0, işletmelerin sadece mevcut üretim kapasitelerini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda kaliteyi iyileştirmeye, maliyetleri düşürmeye ve sürdürülebilir üretim modelleri geliştirmeye odaklayan bir süreçtir. Günümüzde işletmeler, verimliliği artırmak adına makineleşme ve otomasyon yatırımlarına yönelirken, insan kaynaklı hataların en aza indirildiği sistemler geliştirmeye çalışmaktadır. Katılımcı ifadeleri incelendiğinde, işletmelerin sürekli iyileştirme ve gelişim konusunda güçlü bir eğilim gösterdiği, makinelerin daha fazla süreçlere uyumlu hale getirilerek üretimde kalite ve verimlilik hedeflerinin artırılmaya çalışıldığı görülmektedir. İşletmeler, AR-GE çalışmalarıyla üretim süreçlerini optimize ederken, geri dönüşüm sistemlerini teknolojik araçlarla destekleyerek sürdürülebilir üretim anlayışını benimsemektedir. Bunun yanı sıra, otomasyon ve otonom robotların kullanımına yönelik artan bir farkındalık olduğu ve gelecekte insan gücünün büyük ölçüde makinelerle destekleneceği öngörülmektedir. Bu durum, işletmelerin Endüstri 4.0'a geçiş sürecini hızlandıracağı düşünülmektedir.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"…Bu bağlamda işletmemizde iş gücünün üretimdeki payı yaklaşık %2 civarındadır. Geri kalan işlemler makinelerle yürütülmektedir. Bu makineler üzerinde sürekli iyileştirmeler yapılmaktadır."* ***(K1)***
> *"Maliyetler ve sektör dinamikleri açısından sürekli gelişim içerisindeyiz. Gelecekte insan gücünün makinelerle yer değiştireceğini öngörüyoruz. Kaliteyi*

ortaya koymanın artık otonomlaşmış robotlar aracılığıyla sağlanacağı bir noktaya doğru ilerliyoruz. Ne yazık ki insan kaynaklı işlemlerde kalite bozulmakta ve hatalar sıklıkla ortaya çıkmaktadır. Bundan dolayı da sürekli gelişmek kaçınılmazdır." ***(K2)***

"Sürekli kendini geliştiren bir işletmeyiz. Teknolojiyle ilgili yapılması gereken ne varsa yapıyoruz, yapacağız." ***(K3)***

"…Sürekli büyüyen ve gelişen bir işletmeyiz." ***(K5)***

"Ürettiğimiz ürünlerle ilgili herhangi bir sorunla karşılaştığımızda veya müşteri geri bildirimi aldığımızda, ürünleri geri dönüştürebiliyoruz. AR-GE çalışmalarımız sonucunda, geri dönüşüm sistemlerimiz teknolojiye uygun şekilde tasarlanmıştır. Piyasada bunu gerçekleştirebilen işletme sayısı oldukça azdır. Biz çeşitli teknolojik araçlarla bu ürünleri yeniden geri kazanabiliyoruz. Üretimden çıkan ürünlerde kalite süreçlerinde mümkün olduğunca teknoloji kullanılmaktadır. İnsan hatasından ya da gözden kaçabilecek durumları makinelerle önlemeye çalışıyoruz. Dolayısıyla, sürekli gelişim içinde olduğumuzu söyleyebilirim." ***(K8)***

Endüstri 4.0 dönüşümünün temel taşlarından biri, işletmelerin sürekli iyileştirme anlayışını benimseyerek üretim süreçlerinde dijitalleşmeye yönelmesidir. Katılımcı ifadelerinden yola çıkarak, işletmelerin üretim süreçlerinde makineleri daha etkin kullanarak insan kaynaklı hataları en aza indirme çabasında oldukları, AR-GE yatırımlarıyla geri dönüşüm sistemlerini geliştirdikleri ve teknoloji odaklı bir büyüme stratejisi izledikleri anlaşılmaktadır. Otomasyon sistemlerinin artan kullanımı, üretim süreçlerinin daha verimli ve hatasız bir şekilde ilerlemesini sağlarken, işletmelerin kaliteyi artırma hedeflerine ulaşmasına da katkıda bulunmaktadır. Bununla birlikte, sürekli büyüyen ve gelişen işletmelerin, Endüstri 4.0 bileşenlerini daha etkin bir şekilde kullanabilmesi için veri analitiği, yapay zekâ destekli kalite kontrol sistemleri ve akıllı üretim süreçlerine daha fazla yatırım yapmaları gerekmektedir. Sonuç olarak, Endüstri 4.0'ın sağladığı imkânları tam anlamıyla kullanabilen işletmeler, maliyet avantajı sağlayarak sürdürülebilir üretim modelleriyle küresel pazarda daha güçlü bir konuma ulaşabileceklerdir. Bu bağlamda, dijital dönüşüm sürecini benimseyen ve sürekli iyileştirme kültürünü sürdüren işletmelerin, Endüstri 4.0'ın gerekliliklerine hızlı bir şekilde uyum sağlayarak uzun vadede önemli avantajlar elde edeceği açıktır.

3.3.4. Dördüncü Alt Problem: İşletmelerin Mevcut Durumlarına Göre Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Avantaj ve Dezavantajlarına İlişkin Değerlendirmelerine Yönelik Bulgular

Endüstri 4.0 bileşenleri, maliyet ve yönetim muhasebesi uygulamalarına önemli katkılar sağlamakla birlikte, işletmelerin mevcut yapısına bağlı olarak çeşitli avantajlar ve

dezavantajlar barındırmaktadır. Yapay zekâ, nesnelerin interneti, büyük veri analitiği, siber-fiziksel sistemler ve otonom robotlar gibi bileşenler sayesinde bütçeleme, maliyet kontrolü, kârlılık analizleri gibi işlemler daha etkin bir biçimde yürütülebilmektedir. Bu sayede karar alma süreçleri hızlanmakta ve daha isabetli stratejik öngörüler geliştirilebilmektedir. Ancak öte yandan, bu teknolojilerin işletme süreçlerine uyarlanması yüksek yatırım ve bakım maliyetlerini beraberinde getirmekte; özellikle dijital altyapı eksikliği, nitelikli personel yetersizliği, yönetimsel direnç ve yasal mevzuatlara ilişkin belirsizlikler gibi faktörler süreci zorlaştırmaktadır.

Bu bağlamda, araştırmanın dördüncü alt problemi ***"İşletmeniz Açısından Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Avantajları ve Dezavantajları Hakkındaki Değerlendirmeleriniz Nelerdir?"*** sorusu çerçevesinde belirlenmiştir. Bu alt probleme ilişkin elde edilen bulgular ise Tablo 3.9'da sunulmuştur.

Tablo 3.9. *Katılımcı görüşleri: Mevcut duruma göre endüstri 4.0 bileşenlerinin avantaj ve dezavantajları*

TEMA	KATEGORİLER	KODLAR
AVANTAJ VE DEZAVANTAJLAR	DIŞ ETKENLER	*YASAL MEVZUAT VE DEVLET TEŞVİKLERİ* *RAKİPLER VE PAYDAŞLAR*
	İÇ ETKENLER	*ÜST YÖNETİM* *RAPORLAMA* *EĞİTİM* *NİTELİKLİ İNSAN*
	YAPISAL ETKENLER	*MALİYET* *ALT YAPI* *YATIRIM* *ZAMAN*

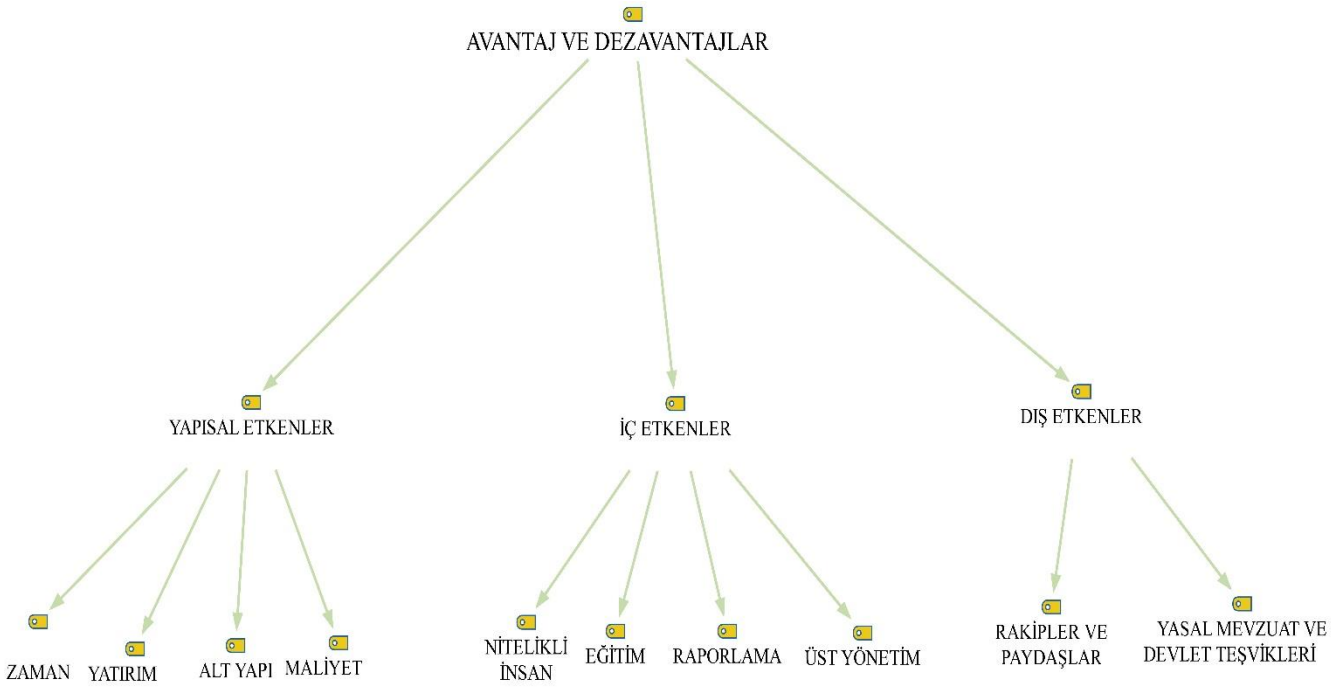
Tablo 3.9'da görüldüğü üzere *Avantaj ve Dezavantajlar* temasına ilişkin olarak; "dış etkenler","iç etkenler" ile "yapısal etkenler" kategorilerine ulaşılmıştır.

Dış etkenler kategorisine ilişkin yapılan analiz sonucunda; "yasal mevzuat ve devlet teşvikleri" ile "rakipler ve paydaşlar" kodları belirlenmiştir.

İç etkenler kategorisine ilişkin yapılan analiz sonucunda; "üst yönetim","raporlama","eğitim" ile "nitelikli insan" kodları belirlenmiştir.

Yapısal etkenler kategorisine ilişkin yapılan analiz sonucunda; "maliyet","alt yapı","yatırım" ile "zaman" kodları belirlenmiştir.

Şekil 3. 8. *Avantaj ve dezavantaj temasına ait kategori ve kodlamalar*



Dış Etkenler Kategorisi

Dış etkenler kategorisine ilişkin yapılan analiz sonucunda; "yasal mevzuat ve devlet teşvikleri" ile "rakipler ve paydaşlar" kodları belirlenmiştir. Aşağıda, katılımcıların bu koda yönelik görüşleri detaylı olarak sunulmaktadır.

"Yasal Mevzuat ve Devlet Teşvikleri" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Endüstri 4.0 dönüşümünün başarılı bir şekilde gerçekleşebilmesi, yalnızca işletmelerin kendi iç dinamiklerine ve yatırım kararlarına bağlı değildir; aynı zamanda devlet politikaları, teşvik mekanizmaları ve yasal mevzuatın da bu süreci desteklemesi büyük önem taşımaktadır. Gelişmiş ülkelerde, sanayi politikaları kapsamlı bir şekilde planlanarak mevzuat bütünlüğü sağlanmakta, teşvikler uzun vadeli olacak şekilde belirlenmektedir. Ancak, katılımcı ifadeleri incelendiğinde, Türkiye'de Endüstri 4.0 ile ilgili yasal düzenlemelerin yetersiz olduğu ve teşviklerin hem sektörel farklılıklar gösterdiği hem de çoğu zaman gecikmeli olarak yürürlüğe girdiği yönünde ortak bir görüşün bulunduğu görülmektedir. İşletmelerin bir kısmı mevcut teşvikleri kullanmalarına rağmen, teşviklerin süreçleri hızlandırmada yeterli olmadığını ve karmaşık prosedürlerin bu desteklere erişimi zorlaştırdığını ifade etmektedir. Bazı katılımcılar ise devlet teşviklerinin hiç olmadığı veya sektörlerine özel teşviklerin yeterli

seviyede bulunmadığını dile getirmektedirler. Ayrıca mevzuatın genel çerçeveden ziyade özel durumlara göre düzenlenmesi, kontrol mekanizmalarının yetersiz olması ve devlet desteğinin uzun vadeli bir strateji çerçevesinde şekillenmemesi, işletmeler açısından önemli bir dezavantaj olarak görülmektedir.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"Ülkemizde bir yasal mevzuat çıktığında, önce tepkilere bakılarak hareket edilmektedir. Yasalar arasında bağlantı kurulamadığı için bütünlük de sağlanamamaktadır. Avrupa'nın bakış açısı ise tümden özele gitmektedir; genel bir bakışa ve bütünü görme yetisine sahiptir. Bizde ise bu durum tam tersidir. Kanunlar genel değil, duruma özel çıkarılmaktadır. Kontrol mekanizmaları yetersizdir. Devlet desteği ve teşvikler noktasında da yeterli bir yapı yoktur. Varsa da ben bilmiyorum."* ***(K1)***
> *"İşletmemiz açısından Endüstri 4.0 konusunda en büyük problemin, yasal mevzuattaki yetersizlikler olduğunu düşünüyorum. Devlet teşvikleri var ama yeterli değil. Prosedürler oldukça fazladır. Az da olsa bazı teşviklerden yararlanmaya çalışıyoruz."* ***(K2)***
> *"Yasal mevzuat ve devlet teşviklerinin yetersiz olduğunu düşünüyorum."* ***(K3)***
> *"Yasal mevzuatın istenilen düzeyde olmadığını düşünüyorum. Devlet teşvikleri mevcut ancak yeterli değildir."* ***(K4)***
> *"Endüstri 4.0 konusunda yasal mevzuat ve devlet teşviklerinin yeterli olduğunu düşünüyorum. Ülkenin ekonomik durumu da dikkate alındığında, her zaman çok fazla teşvik olması beklenmemelidir. Biz bu alanda bazı teşviklerden yararlanıyoruz. Faaliyet gösterdiğimiz sektörde devletin sunduğu yatırım ve diğer destekleri kullanmaktayız. Bazı sektörlerde teşviklerin daha düşük olmasının, sektörün katma değeriyle ilişkili olduğunu düşünüyorum."* ***(K5)***
> *"Teknopark ve üniversite desteklerinden faydalanıyoruz. Devlet teşviklerinden de yararlanmaktayız."* ***(K6)***
> *"Endüstri 4.0 bileşenlerinin uygulanmasında devlet teşviklerinin yok denecek kadar az olduğunu düşünüyorum. Özellikle bizim sektörümüz açısından devlet teşviki neredeyse hiç yoktur. Tamamen ithalata bağımlı bir yapımız bulunmaktadır. Bu nedenle devletin, üretim maliyetlerini oluşturan kalemler ve teknoloji yenileme alanında daha fazla teşvik sunması gerektiğini düşünüyorum. Mevcut teşvikler ve yasal mevzuat yetersizdir."* ***(K7)***
> *"Bizim yararlandığımız herhangi bir teşvik bulunmamaktadır. Devlet teşvikleri az da olsa vardır ancak genellikle geç kalındığını düşünüyorum. Örneğin, GES yatırımı yaparken herhangi bir teşvik yoktu. Fakat şu anda farklı teşvikler mevcut. Yatırım yaptığımız zaman geç kalınmamış olsaydı başka bileşenlere finans sağlama şansımız olurdu. Şirketimize teşvik kullanarak, bileşenler noktasında kaynak sağlamış olurduk. Bahsettiğim geç kalma durumu budur. Bu nedenle biz de ürün gamını geliştirmeye ağırlık veriyoruz, otomasyonu ise ikinci planda tutuyoruz. Sonuç olarak devlet teşviklerinin kesinlikle zamanında ve yeterli olmadığını düşünüyorum."* ***(K8)***

> *"Devlet teşvikleri ve yasal mevzuat açısından biz çeşitli desteklerden faydalanıyoruz. Örneğin fuar desteği, asgari ücret prim desteği ve teknoloji yatırımları kapsamında kullanılan teşvikli krediler mevcuttur."* ***(K9)***

Endüstri 4.0 dönüşümünün hızlandırılabilmesi için devlet politikalarının daha kapsamlı, bütüncül ve uzun vadeli bir yaklaşımla ele alınması gerekmektedir. Katılımcılar, mevcut yasal mevzuatın Endüstri 4.0 sürecini yeterince desteklemediğini, teşviklerin belirli sektörlerde daha fazla olmasına rağmen bazı sektörlerin neredeyse hiçbir teşvikten yararlanamadığını belirtmektedirler. Özellikle teşviklerin geç kalması, bürokratik süreçlerin karmaşıklığı ve mevzuatın bütünlük arz etmemesi, işletmelerin Endüstri 4.0 yatırımlarını planlamada belirsizlik yaşamasına neden olmaktadır. Öte yandan, bazı işletmeler mevcut teşviklerden yararlandıklarını ifade etmekte ve devlet desteklerinin sektörel bazda farklılık göstermesi gerektiğini savunmaktadırlar. Ancak, Endüstri 4.0 gibi kapsamlı bir dönüşüm sürecinin yalnızca belirli sektörlerle sınırlı kalmaması, tüm üretim ve sanayi ekosistemini kapsayacak şekilde teşvik edilmesi gerekmektedir. Devletin sanayi politikalarını belirlerken teknolojik dönüşümü merkeze alması, teşvikleri stratejik bir şekilde planlaması ve yasal mevzuatı daha net, öngörülebilir ve sürdürülebilir hale getirmesi, işletmelerin Endüstri 4.0'a geçiş sürecini hızlandıracaktır. Sonuç olarak, işletmelerin Endüstri 4.0 sürecine daha hızlı uyum sağlayabilmesi için, yasal düzenlemelerin daha kapsamlı biçimde ele alınması, teşvik mekanizmalarının etkinleştirilmesi ve uzun vadeli sanayi politikalarının oluşturulması önemli bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır.

"Rakipler ve Paydaşlar" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Endüstri 4.0, rekabetin her geçen gün daha da arttığı küresel pazarda işletmelerin sürdürülebilir büyüme ve gelişim sağlaması açısından büyük bir fırsat sunmaktadır. Teknolojinin hızla gelişmesiyle birlikte işletmeler sadece ürün kalitesi veya fiyatlandırma stratejileriyle sınırlı kalmayıp, üretim süreçlerinin dijitalleşmesi ve otomasyon seviyesinin artmasıyla daha karmaşık bir hâl almaktadır. Katılımcı ifadeleri incelendiğinde, rakip işletmelerin Endüstri 4.0 bileşenlerine yönelmesi, diğer işletmeler açısından hem bir teşvik unsuru hem de stratejik bir meydan okuma olarak değerlendirilmektedir. Rakiplerin teknolojik gelişmelere yatırım yapmasının işletmelere genellikle avantaj sağladığı düşünülmektedir. Bununla birlikte, bazı katılımcılar rakip işletmelerin Endüstri 4.0 yatırımlarının maliyet avantajı yaratarak kendilerini zor

durumda bırakabileceğini ve bu sürecin sektörlere göre farklı etkilere sahip olabileceğini dile getirmektedirler.

Katılımcı ifadelerine göre, paydaşlarlarının teknolojik dönüşüme adaptasyonunun zaman alması, kendi işletmelerininde dolaylı şekilde zaman kaybetmesine neden olduğu düşüncesi tespit edilmiştir. Bazı görüşler rakipleri kendi işletmelerinin gelişimi açısından kapitalist sistem içinde bir tehdit olarak değerlendirmekte ve rekabetin olmaması durumunda işletmelerinin piyasada daha avantajlı bir konuma sahip olacağını savunmaktadır. Genel olarak, rakip ve paydaşlar tarafından Endüstri 4.0 yatırımlarının yapılması, işletmeleri gelişime zorlayarak sektörleri daha verimli ve yenilikçi hâle getirdiği konusunda bir fikir birliği bulunmaktadır.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"Rakiplerin kullandığı teknoloji bizim açımızdan her zaman avantajdır. Bu durum bizi gelişmeye ve öğrenmeye teşvik eder."* ***(K1)***
> *"Rakipler bizim açımızdan hem avantaj hem de dezavantajdır. İşlerimizin mevcut durumu genellikle merdiven altı olarak nitelendirilebilecek bir yapıdadır. Rakiplerin gelişimi bizleri de gelişmeye zorlayacaktır. Bu durum ciddi bir maliyet gerektirse de bu maliyetlere katlanmanın bizi uzun vadede daha sürdürülebilir bir işletme haline getireceğini düşünüyorum."* ***(K2)***
> *"Çalışmakta olduğumuz işletmeler ve rakiplerimiz bize avantaj sağlamaktadır. Gelişmeleri takip ediyor ve bu doğrultuda yatırım yapmaya çalışıyoruz. Endüstri 4.0 uygulamalarını ne kadar hayata geçirsekte paydaşlarımız olan çiftçilerin yeni gelişmelere adaptasyonu zaman aldığından dolayı, bu durum bizim için bir dezavantaj oluşturmaktadır. Bu da yaptığımız yatırımların maliyetinin geri dönüş süresini uzatmaktadır."* ***(K3)***
> *"Rakiplerimiz ve paydaşlarımız bizim açımızdan avantaj teşkil etmektedir."* ***(K4)***
> *"Rakip işletmelerin teknolojik gelişmesini, bizim için hem avantaj hem de dezavantaj olarak görüyorum. Çünkü güçlü rakipler bizi de geliştirmeye zorlar. Teknoloji, üretim kalitesi ve üretim yöntemleri gibi birçok açıdan avantaj sağladığını düşünüyorum. Fakat rekabet edebilmek adına ciddi maliyetlere katlanmak zorunda olmak bizim için dezavantajdır."* ***(K5)***
> *"Rakip işletmeler hatta paydaşlarımız elbette bizim için avantajdır."* ***(K6)***
> *"Rakiplerimizin ya da çalışmakta olduğumuz işletmelerin bu tür yenilikleri uygulamaları hem teşvik hem de tehdit olarak algılanabilir. Ancak biz bunu tehdit olarak değil, iyileşme ve rekabetin getirdiği kalite anlayışı olarak değerlendiriyoruz. Endüstri 4.0 bileşenlerini uygularken, sektörümüz açısından rakip işletmelerin varlığı bizim için avantaj oluşturmaktadır. Ancak Endüstri 4.0 bileşenlerinin dünya genelinde yaygınlaşmış olması, her sektör için aynı düzeyde etki yaratmayabilir."* ***(K7)***
> *"Rakip işletmelerin Endüstri 4.0'a geçişi bizim için avantajdır. Ürettiğimiz ürünlerde kalite ve düşük maliyet en belirleyici faktörlerdir. Bu nedenle rakip*

işletmelerin bu alandaki çalışmaları, bizi de kısa sürede benzer uygulamalara yönelttiği için avantajlı bir durum olarak değerlendirilebilir." ***(K8)***
"Rakip işletmelerin gelişimi, kapitalist sistemde düşünüldüğünde aslında dezavantajdır. Rakiplerin gelişimi beni sürekli gelişmeye zorluyor. Eğer rakip olmasaydı, piyasa tamamen benim elimde olurdu ve önlem almaya gerek kalmazdı. 1960 model bir makine kullansam bile başka bir alternatif yoksa yine de değerli olurdum. Bir diğer husus da rakiplerimiz yeni teknolojilere geçiyor, kendilerini yeniliyor, maliyetlerini düşürüyor ve daha uygun fiyata ürün sunuyorlar. Bu durumda da piyasa payım azalıyor." ***(K9)***

Endüstri 4.0'ın işletmeler tarafından benimsenmesi, iş süreçlerini daha dinamik hâle getirmekte ve işletmeleri sürekli olarak gelişime ve yenilikçi çözümler üretmeye yönlendirmektedir. Katılımcıların görüşlerinden hareketle, rakip işletmelerin teknolojik dönüşüme yatırım yapmasının büyük ölçüde bir avantaj olarak değerlendirildiği ve bu durumun diğer işletmeleri de ilerlemeye teşvik ettiği görülmektedir. Teknolojinin gelişmesi, maliyetlerin düşürülmesi, üretim süreçlerinin iyileştirilmesi ve verimliliğin artırılması gibi konular önemli faktörler olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, bazı katılımcılar rakip işletmelerin Endüstri 4.0'a yatırım yapmasının kendi işletmeleri açısından rekabeti zorlaştırabileceğini, maliyet avantajı sağlayan işletmelerin pazar payını artırmasının kendileri için dezavantaj oluşturabileceğini dile getirmektedirler. Ayrıca sektörel farklılıklar da bu dönüşüm sürecinin etkilerini değiştirmekte, bazı sektörlerde paydaşların adaptasyon sürecinin yavaş olması nedeniyle teknolojik yatırımların beklenen geri dönüşü sağlamakta gecikebileceği ifade edilmektedir. Sonuç olarak, işletmelerin Endüstri 4.0'a yönelmesini teşvik eden önemli unsur rakipler ve paydaşlardır. Bu bağlamda, rakiplerin gelişimi bir tehdit olarak değil, sektörel ilerlemeyi destekleyen bir fırsat olarak değerlendirilmelidir.

İç Etkenler Kategorisi

İç etkenler kategorisine ilişkin yapılan analiz sonucunda; "üst yönetim","raporlama","eğitim" ile "nitelikli insan" kodları belirlenmiştir. Aşağıda, katılımcıların bu kodlara yönelik görüşleri detaylı olarak sunulmaktadır.

"Üst Yönetim" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Endüstri 4.0 dönüşümünün başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için yalnızca teknolojik altyapı ve sermaye yatırımları yeterli değildir; aynı zamanda yönetim kademesinin gelişimi destekleyen yaklaşıma sahip olması da büyük bir önem taşımaktadır. Dijital dönüşüm sürecinin etkin bir şekilde yürütülebilmesi, üst yönetimin bu değişimi benimsemesi, stratejik kararlar alarak organizasyon kültürünü dönüşüme uyumlu hale

getirmesi ile mümkün olmaktadır. Katılımcı ifadeleri incelendiğinde, Endüstri 4.0 sürecinin benimsenmesinde üst yönetimin rolünün büyük bir avantaj sağladığı ve bu konudaki ilgisinin dönüşüm sürecini hızlandırdığı görülmektedir. Özellikle profesyonel yöneticilerin bulunması, kurumsal altyapının güçlenmesini ve Endüstri 4.0 bileşenlerine yönelik yatırımların daha planlı ve sistematik bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, bazı işletmeler vizyoner yönetim anlayışının Endüstri 4.0'a geçişi kolaylaştırdığını ve ERP yazılımının dijital sistemlerin uygulanmasına olanak tanıdığını belirtmektedir. Yönetim kademesinin Endüstri 4.0'a karşı tutumu, dönüşüm sürecinin başarısını doğrudan etkileyen en önemli faktörlerden biri olup, bu süreci destekleyen yöneticilerin varlığı işletmelere önemli bir avantaj sağlamaktadır.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"Endüstri 4.0'ın uygulanmasında, işletmemizde profesyonel yöneticilerin bulunması sayesinde altyapı ve kurumsallaşma süreçleri hızlı bir şekilde ilerlemiştir. Bu ilerlemede üst yönetimin vizyoner bakış açısı en büyük avantaj olmuştur."* ***(K1)***
> *"Endüstri 4.0 konusunda vizyon oldukça önemlidir. Ülkemizdeki birçok işletme kültüründe kalite ve verimlilik gibi konuları gündeme getirmek oldukça zordur. Bu kültürde girişimci ile yönetici ayrımı yapılamamıştır. Girişimci kişi aynı zamanda işletmeyi de yönetebileceğini düşünmektedir. Ancak işletmemizde yeniliklerin uygulanması sürecinde girişimci ile yönetici ayrımı kısmen de olsa yapılabilmiştir."* ***(K4)***
> *"Üst yönetimimiz, Endüstri 4.0 bileşenlerinin uygulanması ve bu alanda yatırım yapılması konusunda işletmemiz için önemli bir avantajdır. Çünkü üst yönetim bu tür yeniliklere önem vermekte ve sürekli olarak iyileştirme çalışmaları yürütmektedir. ERP yazılımlarının kurulmuş olması bu duruma örnek olarak gösterilebilir."* ***(K5)***
> *"Üst yönetimin bu konulara olan ilgisi nedeniyle, Endüstri 4.0'a geçiş süreci açısından önemli bir avantajımız bulunmaktadır."* ***(K8)***
> *"Üst yönetim, Endüstri 4.0 alanındaki gelişmeleri sürekli olarak takip etmekte ve yatırım yapmaktadır. Bu durum işletmemiz açısından büyük bir avantaj teşkil etmektedir."* ***(K9)***

Endüstri 4.0 dönüşümünün başarılı bir şekilde gerçekleşebilmesi için üst yönetimin vizyonu, liderlik anlayışı ve teknolojiye bakış açısı kritik bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Katılımcılar, yönetim kadrosunun Endüstri 4.0'a verdiği önemin işletmeler için büyük bir avantaj sağladığını ifade etmekte ve bu sürecin etkin bir şekilde yürütülmesinde yöneticilerin stratejik kararlarının belirleyici olduğu belirtilmektedir. Özellikle girişimci ile yönetici ayrımının yapılmasının ve profesyonel yöneticilerin görev almasının, organizasyon içinde dijital dönüşüm sürecini hızlandırdığı ifade edilmektedir.

Öte yandan birçok işletmede kalite ve verimlilik gibi konuların henüz yeterince önceliklendirilemediği, girişimcilerin yönetim süreçlerinde de aktif rol alarak dönüşüm süreçlerini zorlaştırabildiği de ifade edilmektedir. Bununla birlikte, üst yönetimin Endüstri 4.0'a yönelik ilgisinin olması işletmelerin gelişimi açısından önemlidir. Öyleki dijitalleşme projelerinin de bu anlayış sayesinde hayata geçirilebildiği görülmektedir. Sonuç olarak, işletmelerin küresel pazarda güçlü bir konum elde edebilmesi için yönetim kadrosunun Endüstri 4.0 felsefesini benimsemesi, bu süreci desteklemesi ve organizasyon genelinde yenilikçi bir dönüşüm kültürü oluşturması kaçınılmaz bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır.

"Raporlama" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Büyük veri analitiği, yapay zekâ destekli karar mekanizmaları ve nesnelerin interneti gibi teknolojiler, işletmelerin raporlama süreçlerini daha hızlı, doğru ve etkili hale getirme potansiyeline sahiptir. Ancak katılımcı ifadeleri incelendiğinde, işletmelerin raporlama süreçlerinde Endüstri 4.0 bileşenlerini aktif olarak kullanmadıkları, manuel ve geleneksel yöntemlerin hâkim olduğu görülmektedir. İşletmeler genel olarak raporlama süreçlerini tecrübe, muhasebe birimleri ve bağımsız denetim kuruluşlarının değerlendirmeleri doğrultusunda yürütmekte, veri işleme süreçlerinde dijital dönüşümden yeterince faydalanmadığı görülmektedir. Raporlama sürecinde üretim verileri, maliyet artışları ve fire oranları gibi kritik unsurlar takip edilmekte ancak bu süreçler genellikle manuel olarak gerçekleştirildiği için zaman kayıpları ve olası insan hataları riski taşımaktadır. Şeffaflık ve yönetim muhasebesi açısından raporlamaya büyük önem verildiği belirtilse de teknolojinin bu alanda yeterince etkin kullanılmadığı anlaşılmaktadır. Endüstri 4.0'ın sunduğu veri analitiği ve otomatik raporlama sistemleri, işletmelerin karar alma süreçlerini hızlandırabilecek ve daha sağlıklı öngörüler sunabilecek kapasitede olmasına rağmen, işletmelerin henüz bu sistemleri benimseme konusunda temkinli yaklaştıkları görülmektedir.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"1980'lerden itibaren denetim uygulamalarının varlığı nedeniyle işletmemizde bir denetim kültürü oluşmuştur. Bu durum, raporlama süreçlerinde de yüksek bir düzeyin yakalanmasını sağlamıştır. Örneğin, haftalık olarak üretimde düşüş, maliyet artışı ya da firede artış gibi durumlar raporlanmakta ve bu raporlar*

doğrultusunda hızlıca çözüm üretilmektedir. Bu süreçte teknoloji kullanımının çok yoğun olduğunu söyleyemem." ***(K1)***
"İşletmede neredeyse tüm raporlamalar muhasebe birimi tarafından hazırlanmaktadır. Örneğin, belirlenen standart fire oranı artarsa, bu artışa ilişkin detaylı incelemeler yapılır ve üretim süreçlerinde iyileştirmeye gidilir. Bu süreçlerde Endüstri 4.0 bileşenleri yaygın olarak kullanılmamaktadır." ***(K2)***
"Raporlama konusunda birçok farklı rapor hazırlamaktayız; ancak bu bağlamda teknoloji kullanımının yoğun olduğunu söyleyemem." ***(K3)***
"Talebe bağlı olarak günlük, haftalık ve aylık raporlar hazırlanmaktadır. Bu raporlarda Endüstri 4.0 bileşenleri kullanılmamaktadır. Raporlar, ilgili departman yöneticilerinin tecrübe ve bilgi birikimlerine dayanarak oluşturulmaktadır." ***(K6)***
"İşletmemiz, şeffaflık ilkesi doğrultusunda raporlar hazırlamaktadır. Bu raporlar, bağımsız denetim kuruluşları tarafından da denetlenmekte ve halka arz edilmektedir. Ancak raporların hazırlanma süreci manuel olarak yürütülmektedir." ***(K7)***
"Burada en önemli unsur, yapılan işlemlerin sürekli ve düzenli biçimde raporlanabilir olmasıdır. Veri akışı genellikle ilgili birimlerin hazırladığı raporlar aracılığıyla sağlanmaktadır. Raporlama ve şeffaflık, işletmemiz açısından yönetim muhasebesi uygulamalarının vazgeçilmez unsurları arasında yer almaktadır. Bu süreçte teknoloji değil, emek yoğunluğu ön plandadır." ***(K9)***

Endüstri 4.0, raporlama süreçlerinde dijitalleşmeyi ve otomasyonu artırarak veri akışının daha güvenilir ve hızlı hale getirilmesini sağlayabilecek birçok imkân sunmaktadır. Ancak katılımcıların ifadelerinden yola çıkarak, işletmelerin genel olarak manuel ve emek yoğun raporlama yöntemlerini tercih ettikleri anlaşılmaktadır. İşletmeler, denetim ve şeffaflık süreçlerine büyük önem vermekte, üretim kayıpları, maliyet artışları ve fire oranlarını düzenli olarak raporlamaktadır. Ancak, bu süreçler ağırlıklı olarak muhasebe birimleri, yöneticilerin tecrübeleri ve manuel analizler ile yürütülmektedir. Endüstri 4.0 bileşenleriyle donatılmış veri analitiği sistemleri kullanılarak, bu süreçlerin otomatik hale getirilmesi, hata payının azaltılması ve işletmelere zaman kazandırılması mümkün olacaktır. Ayrıca büyük veri ve yapay zekâ destekli teknolojiler sayesinde, yalnızca geçmiş veriler değil, aynı zamanda geleceğe yönelik tahminlemeler de yapılabilir ve proaktif karar alma süreçleri geliştirilebilir. Sonuç olarak, işletmelerin süreçlerini daha verimli hale getirmesi için manuel raporlama yerine dijital raporlamaya odaklanmaları yarar sağlayacaktır. Endüstri 4.0'ın sunduğu analitik yeteneklerden faydalanarak daha veri odaklı yönetim stratejileri benimsemesi kurumsal yapısına katkı sunacaktır..

"Eğitim" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Dijitalleşmenin ve otomasyonun üretim süreçlerine dâhil edilmesi, çalışanların yeni teknolojilere adapte olmasını gerektirirken, bu adaptasyon sürecinde eğitim kritik bir

faktör haline gelmektedir. Katılımcı ifadeleri incelendiğinde, Endüstri 4.0'a yönelik eğitim eksikliğinin önemli bir sorun olarak görüldüğü, özellikle üniversitelerde yeterli eğitimin verilmemesinin işletmelerin nitelikli iş gücü bulma konusundaki sıkıntılarını artırdığı görülmektedir. Bazı işletmeler, bu eksikliği giderebilmek adına çalışanlarına yönelik çeşitli eğitimler düzenlediklerini ve makinelerini güncelleştirerek personellerini sürekli eğittiklerini ifade etmektedir. Bununla birlikte, bazı işletmeler Endüstri 4.0'a yönelik herhangi bir eğitim programı uygulamadıklarını belirtirken, üst yönetim seviyesinde bireysel çabalarla bu konuda bilgi edinilmeye çalışıldığı da görülmektedir. Öte yandan, insan kaynakları birimleri aracılığıyla eğitim süreçlerini yapılandıran ve çalışanlarına sürekli eğitim sağlayan işletmeler de bulunmaktadır. Ancak genel olarak, Endüstri 4.0 dönüşümünün eğitim boyutunun henüz yeterince gelişmiş olmadığı, mevcut eğitim sisteminin bu ihtiyaca cevap vermekte yetersiz kaldığı yönünde güçlü bir görüş hâkimdir.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"...Üniversitelerde bu alana ilişkin ciddi bir eğitim verilmediğini düşünüyorum. Bu nedenle nitelikli personel sıkıntısı tüm sektörlerde mevcuttur. Yeterli bilgi ve eğitim verilmediği için bu durum büyük bir dezavantaj oluşturmaktadır ve ilerleyen süreçte de oluşturmaya devam edecektir. Şirket olarak biz eğitime büyük önem veriyoruz. Makinelerimizi güncelliyoruz ve bu makineleri kullanacak personeli sürekli olarak eğitiyoruz. Çalışanlarımıza farklı konularda sürekli eğitimler sunmaya çalışıyoruz."* ***(K3)***
>
> *"Endüstri 4.0 konusunda şu an ERP yazılım kültürü oluşturmaya yönelik çalışmalar yapıyoruz. Bu doğrultuda çeşitli eğitim faaliyetleri planlıyoruz."* ***(K4)***
>
> *"...Eğer bu süreçte başarı elde etmek istiyorsak işe eğitim sistemiyle başlanmalıdır. Eğitim sisteminin yeniden yapılandırılması şarttır. Önce kalifiye insan yetiştirilecek, sonra makineler üretilecek ve bu sistemler kurulacaktır. Ekonomik maliyetler bu döngüde en son düşünülmesi gereken unsurlardır. Mevcut eğitim sistemiyle bu dönüşümün gerçekleşmesi 30 yılı bulabilir. Yani ciddi bir geç kalmışlık söz konusudur."* ***(K5)***
>
> *"İşletmemizde Endüstri 4.0'a yönelik herhangi bir eğitim verilmemektedir."* ***(K6)***
>
> *"İşletmemizde Endüstri 4.0'a ilişkin özel bir eğitim verilmemektedir. Ancak üst yönetim bu konuda kendini sürekli olarak geliştirmekte ve aldığı eğitimlerle edindiği bilgileri işletmeye adapte etmeye çalışmaktadır."* ***(K8)***
>
> *"İnsan kaynakları bünyesinde eğitim birimimiz bulunmaktadır. Bu birim; yetkinlik, verimlilik, üretim, psikolojik gelişim gibi konularda eğitimler düzenlemektedir. Örneğin 6 Sigma, yalın üretim, çalışan kadınlarımızın hamilelik sürecinde yaşayabilecekleri psikolojik sorunlarla başa çıkmaları gibi farklı temalarda eğitimler sunulmaktadır. Önceden sisteme yüklenmiş eğitim içerikleriyle sürekli bir eğitim sistemimiz vardır. Bir eğitime katılamayan çalışan, ilgili oturumu sonradan sistem üzerinden izleyebilmektedir."* ***(K9)***

Endüstri 4.0 dönüşümünün en kritik unsurlarından biri, yeni teknolojileri benimseyip uygulayabilecek nitelikli iş gücünün yetiştirilmesi ve mevcut çalışanların bu sürece adapte edilmesidir. Katılımcı ifadelerinden yola çıkarak, üniversitelerde verilen eğitimin yetersiz olduğu, dolayısıyla işletmelerin ihtiyaç duyduğu nitelikli personelin yetiştirilmesinde ciddi sıkıntılar yaşandığı anlaşılmaktadır. Bu durum, şirketleri kendi iç eğitim programlarını oluşturma yönünde adımlar atmaya teşvik etmekte, bazı işletmeler çalışanlarını sürekli eğiterek eksiklikleri gidermeye çalışmaktadır. Ancak, Endüstri 4.0'a yönelik eğitim faaliyetlerinin tüm işletmelerde sistematik bir şekilde yürütülmediği, bazı işletmelerde bu konuda henüz somut bir adım atılmadığı görülmektedir. Eğitim süreçlerinin yalnızca üst yönetim seviyesinde yürütülmesi ve işletmeye bu bilgiler doğrultusunda yön verilmesi, çalışanların doğrudan dönüşüm sürecine dâhil edilmesini zorlaştırmaktadır. Öte yandan, eğitim birimleri oluşturarak kapsamlı eğitim programları düzenleyen işletmeler, bu süreci daha sistematik hale getirmeye çalışmaktadır. Sonuç olarak, Endüstri 4.0'ın gerektirdiği iş gücünün yetiştirilmesi için eğitim sisteminin yeniden yapılandırılması ve işletmelerin eğitim süreçlerine daha fazla yatırım yapması kaçınılmaz bir gerekliliktir. Bu süreçte işletmelerin sadece kendi iç eğitim programları ile yetinmemesi, aynı zamanda üniversiteler, meslek okulları ve sanayi iş birlikleriyle daha kapsamlı eğitim modelleri geliştirmesi, dijital dönüşümün başarısı açısından büyük önem taşımaktadır.

"Nitelikli İnsan" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Endüstri 4.0, üretim süreçlerinde dijitalleşmeyi ve otomasyonu artırırken, insan kaynağının rolünü tamamen ortadan kaldırmak yerine, daha stratejik ve katma değer yaratan pozisyonlara evrilmesini sağlamaktadır. Bu dönüşüm sürecinin başarılı bir şekilde hayata geçirilebilmesi için nitelikli iş gücüne duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır. Yapay zekâ, nesnelerin interneti, büyük veri analitiği ve otonom sistemler gibi ileri teknolojilerin üretim süreçlerine dâhil edilmesi yalnızca teknik altyapının yeterliliğiyle değil, aynı zamanda bu teknolojileri yönetebilecek, analiz edebilecek ve süreçleri optimize edebilecek uzman insan kaynağının varlığıyla da mümkündür. Katılımcı ifadelerine bakıldığında, Endüstri 4.0 sürecinde insan kaynağının kritik bir faktör olduğu konusunda ortak bir görüş bulunduğu görülmektedir. Ancak, özellikle nitelikli personel bulma ve yetiştirme konusunda ciddi zorluklar yaşandığı dile getirilmektedir. Mevcut durumda bile nitelikli ya da niteliksiz iş gücü bulma konusunda sıkıntı yaşayan işletmeler, Endüstri 4.0

bileşenlerini uyguladıklarında bu ihtiyacın daha da artacağını ve bu sürecin kendileri için bir dezavantaj yaratabileceğini ifade etmektedirler. Bununla birlikte, bazı işletmeler marka bilinirliği sayesinde nitelikli iş gücü temini açısından avantajlı olduklarını ve yeni mezun, nitelikli eleman bulma konusunda daha iyi bir konumda olduklarını belirtmektedirler. Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde yaşanacak adaptasyonun, geçmiş teknolojik dönüşümlerde olduğu gibi aşılabileceğini savunan görüşler de mevcuttur.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"İnsan kaynağı en büyük sermayedir ve işletmeleri geleceğe taşıyan en temel unsurdur. Bu bağlamda bir maliyet söz konusu olsa da, insan kaynağı gelir getiren ve kâr sağlayan en önemli faktördür. Endüstri 4.0 sistemlerinin bir ayağı insan kaynağıdır. Ancak biz eğitimli insan bulmakta zorlanıyoruz."* ***(K1)***
> *"Mevcut durumda dahi kalifiye ya da kalifiye olmayan personel bulmakta zorluk yaşamaktayız. Endüstri 4.0 bileşenlerini uygulamaya başladığımızda, nitelikli personel bulmak bizim için daha da zorlaşacaktır. Bu sürecin nasıl yönetileceği konusunda endişelerim var."* ***(K2)***
> *"…İşgücü açısından her sektörde olduğu gibi bu sektörde de yeterli personel yetişmemektedir. Nitelikli personel konusunda dezavantajlı olduğumuzu düşünüyorum."* ***(K3)***
> *"Nitelikli insan kaynağı açısından dezavantajlı olduğumuzu düşünüyorum. İstenilen niteliklerde kalifiye eleman bulmak oldukça zordur."* ***(K4)***
> *"…Endüstri 4.0 sistemlerini kurmak ancak nitelikli personelle mümkündür. Konuştuğumuz şeylerin hayata geçebilmesi için beyin gücüne ihtiyaç vardır. Oysa biz şu an bile nitelikli ve niteliksiz personel eksikliği yaşamaktayız. Dolayısıyla bu süreç bizim için dezavantajdır."* ***(K5)***
> *"Her ne kadar iş gücüne olan bağımlılığın azalacağı düşünülse de bizim sektörümüz açısından Endüstri 4.0 sistemlerinin gelmesi hem nitelikli hem de niteliksiz iş gücü bağlamında dezavantaj oluşturacaktır."* ***(K6)***
> *"Nitelikli iş gücü açısından, Endüstri 4.0'a geçiş sürecinin bir adaptasyon sürecine ihtiyaç duyduğunu düşünüyorum. Nasıl ki geçmişteki teknolojilere adapte olabildiysek, bu yeni teknolojilere de zamanla adapte olabileceğimizi düşünüyorum."* ***(K8)***
> *"Nitelikli iş gücü açısından işletmemiz avantajlı konumdadır. Marka bilinirliğimiz yüksek olduğu için yeni mezun, kaliteli ve kalifiye elemanlar tarafından tercih edilen bir işletmeyiz. Bu nedenle nitelikli insan bulma konusunda avantajlı olduğumuzu düşünüyorum."* ***(K9)***

Endüstri 4.0'ın başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için yalnızca teknolojik altyapının oluşturulması yeterli olmayıp, aynı zamanda bu dönüşümü yönetecek nitelikli iş gücünün yetiştirilmesi ve istihdam edilmesi gerekmektedir. Katılımcıların ifadelerinden yola çıkarak, işletmelerin genel olarak nitelikli insan kaynağı konusunda dezavantajlı bir konumda olduklarını düşündükleri ve mevcut personel eksikliğinin Endüstri 4.0 sürecine

adaptasyonlarını zorlaştıracağı yönünde endişeler taşıdıkları görülmektedir. Özellikle teknik bilgi gerektiren alanlarda nitelikli eleman bulmanın zor olduğu belirtilirken, bu durumun sektörel çapta bir dönüşüm stratejisi gerektirdiği anlaşılmaktadır. Öte yandan, nitelikli iş gücü açısından avantajlı olduğunu belirten işletmeler, marka bilinirliği ve çalışan tercihleri sayesinde Endüstri 4.0'a daha hızlı uyum sağlayabileceklerini ifade etmektedirler. Bu noktada, işletmelerin teknolojiye yatırım yaparken aynı zamanda insan kaynağına da yatırım yapması gerektiği, yani Endüstri 4.0 dönüşümünün yalnızca makineleşme ve otomasyonla değil, bu süreci yönetecek uzmanların eğitimi ve geliştirilmesiyle desteklenmesi gerektiği açıktır. Sonuç olarak, işletmelerin Endüstri 4.0'a başarılı bir şekilde geçiş yapabilmesi için eğitim politikalarını geliştirmesi, nitelikli iş gücünü çekmek ve elde tutmak için stratejik insan kaynakları yönetimine önem vermesi büyük bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır.

Yapısal Etkenler Kategorisi

Yapısal etkenler kategorisine ilişkin yapılan analiz sonucunda; "maliyet","alt yapı","yatırım" ile "zaman" kodları belirlenmiştir. Aşağıda, katılımcıların bu kodlara yönelik görüşleri detaylı olarak sunulmaktadır.

"Maliyet" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Endüstri 4.0'ın işletmelere sağladığı en büyük avantajlardan biri, uzun vadeli sürdürülebilirlik ve verimlilik artışı sağlamasıdır. Ancak, bu dönüşüm süreci beraberinde yüksek başlangıç maliyetleri ve yatırım gereksinimlerini de getirmektedir. Yapay zekâ, otonom robotlar, büyük veri analitiği ve dijitalleşme gibi bileşenlerin dâhil edilmesi, üretim süreçlerini daha verimli ve esnek hale getirse de işletmelerin bu sistemlere yatırım yaparken maliyetleri dikkatle değerlendirmesi gerekmektedir. Katılımcı ifadeleri incelendiğinde, Endüstri 4.0 yatırımlarına yönelik farklı yaklaşımlar olduğu görülmektedir. Bazı işletmeler, bu teknolojilere yapılan yatırımları sadece bir gider kalemi olarak değil, uzun vadede kârlılığı artıracak stratejik hamleler olarak değerlendirmektedirler. Bu işletmeler, makinelerin modernizasyonu ve insan bağımlılığının azaltılmasıyla, iş gücü verimliliği ve zaman tasarrufu sağlayacaklarını ifade etmektedirler. Diğer yandan, bazı katılımcılar Endüstri 4.0 bileşenlerinin yüksek maliyetlerinden endişe duymakta ve özellikle otonom sistemler ile yapay zekâ yatırımlarının geri dönüş süresi konusunda çekinceler taşımaktadırlar. Bununla birlikte

genel olarak Endüstri 4.0 yatırımlarının kısa vadede maliyet yükü getirse de uzun vadede işletmelere avantaj sağlayacağı konusunda fikir birliği bulunmaktadır.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"Maliyet açısından Endüstri 4.0'ı uygulayacak iş gücüne yapılacak yatırımın avantajlı olduğunu düşünüyorum. Ancak otonom robotlar, yapay zekâ gibi teknolojik bileşenlere yapılacak yatırımların maliyetinin geri dönüşleri konusunda endişelerim var."* ***(K1)***
> *"Endüstri 4.0'a yönelik yatırımlarımız mevcuttur. Bu yatırımları yalnızca maliyet olarak değerlendirmiyorum. Açık olmak gerekirse, kısa vadede ciddi bir maliyete katlanıyoruz; ancak uzun vadede bu yatırımların işletmemize kâr sağlayacağını düşünüyorum. Özellikle makinelerin yenilenmesiyle başladığımız bu süreçte, insan faktörünü azaltmak ve zaman tasarrufu sağlamak temel amaçlarımız arasındadır."* ***(K2)***
> *"Biz, makine ve teknoloji yatırımlarını asla maliyet olarak görmüyoruz. Hatta bu yatırımların kısa vadede enerji ve işçilik açısından bize önemli ölçüde tasarruf ve kâr sağlayacağını öngörüyoruz."* ***(K3)***
> *"Endüstri 4.0 bileşenlerinin uygulanması, maliyet açısından değerlendirildiğinde işletmemiz için avantajlıdır. Kısa vadede maliyet bir dezavantaj gibi görünse de uzun vadeli düşünebilen bir işletme için bu durum önemli avantajlar doğuracaktır."* ***(K4)***
> *"Eğer bu dönüşüm sürecini başarıyla gerçekleştirmek istiyorsak, öncelikle kalifiye insan kaynağı yetiştirilmeli, ardından bu makineler üretilmeli ve nihayetinde bu sistemler kurulmalıdır. Bu süreçte maliyet, en son düşünülmesi gereken unsurdur. Eğer bu anlayışla maliyete katlanırsak, bu durum bir dezavantaj değil, tam tersine bir avantaj haline gelecektir."* ***(K5)***
> *"Endüstri 4.0 bileşenlerinin işletmemizde uygulanması, kısa vadede yüksek maliyet oluştursa da uzun vadede sürdürülebilirlik açısından önemli bir avantaj sağlayacaktır. Bu dönüşüm süreci, artık dünyanın bir gerçeğidir. Ne kadar erken harekete geçilirse, o kadar fazla maliyet avantajı elde edilecektir."* ***(K8)***

Endüstri 4.0 bileşenlerine yönelik yapılan maliyet değerlendirmeleri, işletmelerin stratejik planlama süreçlerinde kritik bir rol oynamaktadır. Katılımcılar, bu sistemlerin uygulanmasının başlangıç aşamasında yüksek maliyetler doğurduğunu kabul etmekle birlikte, uzun vadede işletmelere ciddi avantajlar sağlayacağını belirtmektedirler. İşletmelerin nitelikli iş gücü yetiştirme, makine yenileme ve üretim süreçlerini modernize etme gibi aşamaları tamamlaması gerektiği vurgulanırken, bazı katılımcılar için bu yatırımlar kaçınılmaz bir gereklilik olarak değerlendirilmektedir. Öte yandan, yapay zekâ ve otonom robotlar gibi gelişmiş Endüstri 4.0 bileşenlerine yapılan yatırımların maliyetleri konusunda bazı endişeler bulunmakta ancak bu sistemlerin doğru şekilde uygulanması halinde işçilik maliyetlerini azaltarak enerji verimliliği ve zaman tasarrufu sağlayacağı düşünülmektedir. Sonuç olarak, Endüstri 4.0'a yapılacak yatırımların, kısa

vadede finansal yük oluşturabileceği ancak uzun vadede avantaj sağlayarak işletmeleri küresel pazarda daha güçlü bir konuma getireceği tahmin edilmektedir. Bu süreçte işletmelerin maliyetleri bir engel olarak görmek yerine, teknolojiye yapılan yatırımları geleceğe yönelik fırsat olarak değerlendirmesi farkındalığın olduğunu da ayrıca göstermektedir.

"Alt Yapı" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Endüstri 4.0'ın başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için teknolojik yatırımlar kadar, bu yatırımları destekleyen güçlü bir altyapının varlığı da kritik bir öneme sahiptir. Endüstri 4.0'ın temel bileşenleri olan nesnelerin interneti, yapay zekâ, otonom sistemler ve büyük veri analitiği gibi unsurların üretim süreçlerine dâhil edilebilmesi, mevcut altyapının yeterliliğine doğrudan bağlıdır. Katılımcı ifadelerine bakıldığında, işletmelerin Endüstri 4.0'a yönelik altyapı olanakları konusunda farklı görüşlere sahip olduğu görülmektedir. Bazı işletmeler, mevcut altyapılarının bu dönüşüm için yeterli olduğunu ve hatta kendi enerjisini üretebilen sistemlere sahip olmalarının kendilerine avantaj sağladığını ifade etmektedirler. Yeni tesis yatırımları yapan işletmeler, bu tesislerde modern altyapılar oluşturduklarını ve Endüstri 4.0'a uygun bileşenleri dâhil edebileceklerini belirtirken, bazı katılımcılar ise mevcut altyapının yetersiz olduğunu ve bu dönüşümün önemli dezavantajlar yaratabileceğini savunmaktadırlar. Geleneksel altyapıların modernizasyon sürecini zorlaştırdığı, yeni sistemlerin eski yapılar üzerine inşa edilmesinin teknik ve maliyet açısından güçlük yaratabileceği vurgulanmaktadır. Bunun yanı sıra, Endüstri 4.0 için gerekli olan yazılım ve teknik destek sistemlerinin işletmelerde yeterince gelişmemiş olması, dönüşüm sürecinin önündeki önemli engellerden biri olarak değerlendirilmektedir.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"Endüstri 4.0 bileşenlerini uygulamak istersek mevcut altyapımızın buna uygun olduğunu düşünüyorum. Özellikle kendi enerjimizi kendimizin üretiyor olması bu konuda işletmemize avantaj sağlamaktadır."* ***(K1)***
> *"Yeni yatırımlar gerçekleştirdiğimiz tesislerimiz bulunmaktadır. Bu tesislerde Endüstri 4.0 bileşenlerini uygulamak için gereken altyapımızın yeterli olduğunu düşünüyorum."* ***(K2)***
> *"…Ülke olarak geniş arazilere sahibiz. Bu nedenle Endüstri 4.0 sistemlerinin kurulabilmesi için uygun bölgelerde yeni altyapılar oluşturulabilir. Ancak mevcut geleneksel altyapılar üzerine bu sistemleri inşa etmenin zorlayıcı olacağını ve bir*

dezavantaj yaratabileceğini düşünüyorum. Mevcut yapıların modernizasyonu oldukça güç olabilir." ***(K4)***
"Mevcut altyapımızın Endüstri 4.0 sistemlerini kurmak için yeterli olmadığını düşünüyorum. Şu an bu bileşenleri adapte etmek işletmemiz için bir dezavantaj oluşturacaktır." ***(K5)***
"Altyapımızın iyi olduğunu söyleyebilirim. Bu sistemleri kurarken nasıl bir altyapının gerektiğini tam olarak bilmesem de işletme olarak altyapıyı iyileştirerek bu çalışmaları gerçekleştirebilecek güce sahip olduğumuzu düşünüyorum." ***(K6)***
"Endüstri 4.0 bileşenlerini uygulama açısından altyapımızın avantajlı olduğunu düşünüyorum. Özellikle şu an %100 kapasiteyle çalışmıyor oluşumuz, düşük kapasite nedeniyle kullanılmayan zaman ve kaynakların, altyapı yenilikleri için bize fırsat sağlayabileceğini göstermektedir." ***(K7)***
"İşletmemizin her türlü makine, ekipman ve otomasyonu kurarak Endüstri 4.0'a uygun bir üretim süreci oluşturacak altyapıya sahip olduğunu düşünmüyorum. Sadece bizim işletmemiz özelinde değil genel olarak bu süreci destekleyecek yazılım ve kurulum altyapısının Türkiye genelinde de yeterince mevcut olmadığını düşünüyorum." ***(K8)***
"Endüstri 4.0 bileşenlerini mevcut işletmemize uyguladığımızda, altyapı açısından bir avantaja sahip olduğumuzu düşünüyorum." ***(K9)***

Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde altyapı unsurlarının belirleyici bir faktör olduğu, katılımcıların ifadelerinden açıkça anlaşılmaktadır. Bazı işletmeler altyapılarının yeterli olduğunu ve Endüstri 4.0 bileşenlerini uygulamak için avantajlı bir konumda bulunduklarını ifade ederken, diğerleri ise mevcut altyapının yetersiz olduğunu ve bu dönüşümün planlı bir şekilde ilerlemesi gerektiğini savunmaktadırlar. Özellikle yeni tesis yatırımları yapan işletmelerin, bu tesisleri modern teknolojilere uygun şekilde tasarlayarak gelecekte Endüstri 4.0 bileşenlerini uyumlaştırma konusunda avantaj sağladıkları görülmektedir. Öte yandan, mevcut altyapıların modernizasyon sürecinin zorlukları ve eski sistemler üzerine yeni teknolojilerin eklenmesinin maliyetli olması, dönüşüm sürecinin önündeki önemli engellerden biri olarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak Endüstri 4.0'ın başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için yalnızca bireysel işletmelerin altyapılarını güçlendirmesi değil, aynı zamanda sektörel ve ulusal düzeyde de dijital dönüşümün desteklenmesi gerekmektedir. İşletmelerin uzun vadede avantaj elde edebilmesi için altyapılarını geliştirerek Endüstri 4.0 bileşenlerine stratejik ve planlı bir şekilde yatırım yapması kaçınılmaz bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır.

"Yatırım" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Katılımcı ifadelerine bakıldığında, Endüstri 4.0 yatırımlarına yönelik yaklaşımların farklılık gösterdiği ancak genel olarak bu dönüşümün gerekliliğinin kabul edildiği görülmektedir. Bazı işletmeler, teknolojik yatırımların yalnızca doğru altyapıyla anlamlı olabileceğini ve plansız yatırımların istenilen verimi sağlamayacağını vurgularken, bazı işletmeler ise rekabet gücünü artırmak adına Endüstri 4.0 bileşenlerine hızla yatırım yapmanın önemine dikkat çekmektedirler. Avrupa'daki işletmelerin öncelikle bileşenleri değerlendirip sonra eyleme geçtikleri belirtilirken, Türkiye'de ise genellikle yatırımların önce yapıldığı ve ardından bileşenlerin bu yatırımlara uygun hale getirilmeye çalışıldığı ifade edilmektedir. Ayrıca ekonomik dalgalanmalara rağmen yatırımların kesintisiz devam etmesi gerektiğini savunan görüşler, işletmelerin uzun vadeli büyüme stratejilerinde teknolojik dönüşüme verdikleri önemi gözler önüne sermektedir. Bununla birlikte, bazı sektörlerde Endüstri 4.0 yatırımlarının gerekliliğinin sorgulandığı ve bu dönüşümün yalnızca belirli süreçler için faydalı olabileceğinin düşünüldüğü de dile getirilmektedir.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

> *"Son teknolojiyi işletmemize getirebilirim fakat bu tek başına yeterli değildir. Diğer tüm değişkenlerin ve bileşenlerin de bu teknolojilere uygun olması gerekir. Avrupa'da önce bileşenler değerlendirilir, ardından eyleme geçilir. Ancak bizde genellikle önce yatırım yapılır, sonra bileşenlerin uyumlandırılmasına çalışılır. Bu yaklaşım yanlıştır. Örneğin, robot alıp kapasiteyi artırmak kulağa hoş gelebilir ancak sistemin bütün bileşenleri hazır değilse bu yatırım işlevsiz kalacaktır."* ***(K1)***
> *"Endüstri 4.0 bileşenlerine yapılan yatırımlar, işletmemiz açısından mutlaka avantaj sağlayacaktır."* ***(K2)***
> *"Makineleşme ve teknoloji yatırımları konusunda sektördeki öncü işletmelerden biriyiz. Bu alandaki yatırımlardan kaçınmayan ve sürekli kendini modernize eden bir yapıya sahibiz."* ***(K3)***
> *"…Son beş yıl içerisinde özellikle boyahane bölümüne yönelik ciddi düzeyde inovatif yatırımlar gerçekleştirdik. Bu yatırımların bir kısmı, Endüstri 4.0 uyumlu teknolojileri de kapsamaktadır."* ***(K4)***
> *"Yatırımlarımızı sağlam ve stratejik adımlarla gerçekleştirmekteyiz. Rakiplere karşı finansal ve teknolojik anlamda güçlü olmak, işletmenin rekabet avantajını artırmaktadır. Biz de bu gücü korumak için sürekli olarak yatırımlarımıza devam ediyoruz."* ***(K6)***
> *"Gerekli altyapıyı tamamen oluşturduğumuzda bile sektörümüz açısından bazı teknolojik yatırımların gereksiz olduğunu düşünüyorum. Hammadde dökümünden levha üretimine ve taşımasına kadar olan süreçlerde makineleşmeye ve insan*

bağımlılığının azaltılmasına katılıyorum. Ancak bunun ötesinde bazı teknolojik yatırımlar bana göre işlevsizdir." ***(K7)***
"Bir şirket, kendini nerede görmek istiyorsa oraya yatırım yapmalıdır. Ekonomik koşullar ne olursa olsun hedeflerden sapılmamalıdır. Biz işletme olarak, ekonomik durağanlık veya kriz dönemlerinde dahi yatırımlarımıza devam ediyoruz. Üretimde azalma yaşansa da bu gibi durumları yatırıma dönüştürerek avantaja çevirmek mümkündür." ***(K9)***

Endüstri 4.0 yatırımları, yalnızca teknolojik ekipmanların satın alınmasıyla değil, aynı zamanda bu yatırımları destekleyecek altyapı ve stratejik planlamalarla başarılı bir şekilde uygulanabilir. Katılımcıların ifadelerinden yola çıkarak, bazı işletmelerin dijitalleşme sürecinde öncü olduğu ve sürekli modernizasyon yatırımları yaptığı, bazı işletmelerin ise dönüşüm sürecinin plansız ilerlemesi nedeniyle verim kaybı yaşama riskine dikkat çektiği görülmektedir. Ayrıca ekonomik koşulların zorlu olmasına rağmen teknolojik yatırımlara devam edilmesi gerektiğini savunan işletmeler, Endüstri 4.0'ın rekabet avantajı sağlayan kritik bir unsur olduğunu vurgulamaktadırlar. Ancak, dönüşümün gereksiz olduğu yönünde görüş bildiren katılımcılar da bulunmaktadır. Bu da her işletmenin kendi ihtiyaçlarına uygun bir strateji belirlemesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, Endüstri 4.0'a yönelik yatırımların başarılı olabilmesi için yalnızca makineleşme ve otomasyon değil, aynı zamanda veri yönetimi, insan kaynağı adaptasyonu ve düzenleyici çerçevenin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. İşletmelerin bu bağlamda avantajı elde edebilmesi için yalnızca teknolojik araçlara değil, bunları destekleyen sistemlere ve stratejik planlamaya da yatırım yapması kritik bir zorunluluk olarak öne çıkmaktadır.

"Zaman" Koduna İlişkin Katılımcı Görüşleri

Katılımcı ifadeleri incelendiğinde, Endüstri 4.0'a geçişin zamanlaması konusunda işletmeler arasında farklı görüşlerin olduğu görülmektedir. Bazı işletmeler dijital dönüşüm sürecini erken aşamada benimseyerek avantaj sağladığını düşünürken, bazıları ise sürecin bireylere bağımlı olarak ilerlediğini ve teknolojik gelişmelerin gerisinde kalındığını ifade etmektedirler. Dünya ölçeğinde bakıldığında, özellikle Avrupa'daki işletmelerin daha hızlı ve kolay bir şekilde Endüstri 4.0 bileşenlerine adapte olduğu belirtilirken işletmeler arasında bu adaptasyonun hızının değişkenlik gösterdiği gözlemlenmektedir.

Katılımcılar, ilgili konuya yönelik görüş ve değerlendirmelerini aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir:

"Bu sistemlerin kullanım süreci, işletmelerde büyük ölçüde kişiye bağımlı olarak ilerlemektedir. Dolayısıyla sistemlerin benimsenmesi ve uygulanması, kişilerin bu alanlara duyduğu ilgiyle doğru orantılıdır. Bu açıdan değerlendirildiğinde, bana göre ülke olarak Endüstri 4.0 çağının oldukça gerisindeyiz." ***(K4)***

"İşletmemiz, bu sistemleri takip etme konusunda zamanlama açısından sektördeki birçok firmaya göre hızlı hareket etmektedir. Dünya genelinde ne durumda olduğumuzu net bilmiyorum ancak ülkemizde faaliyet gösteren diğer firmalarla kıyaslandığında Endüstri 4.0 açısından geride olduğumuzu düşünmüyorum." ***(K5)***

"Zamanlama açısından Endüstri 4.0 bileşenlerini uygulamaya gerek olmadığını söylemek, işletmelerin geleceği açısından büyük bir hata olur. İşletmemiz için tam da bu dönüşüme geçiş zamanı olduğunu düşünüyorum. Bu doğrultuda işletmemizin araştırma sürecine geçtiğini de belirtmeliyim. Özellikle Avrupa ülkeleri bu alanda bizden çok daha öndeler. Bu bağlamda hem teknolojiye hem de bilgiye daha hızlı ve kolay erişebilmektedirler." ***(K8)***

"İşletmemizin Endüstri 4.0 sürecini zamanında yakaladığını düşünüyorum. Hatta bu sistemlere yaklaşık 20 yıl önce adaptasyon sağlamış bir yapıya sahibiz." ***(K9)***

Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde işletmelerin dönüşüme verdikleri önem ve uygulama zamanlaması, gelişim süreçleri üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Katılımcıların ifadelerinden yola çıkarak, bazı işletmelerin bu dönüşümü erken bir aşamada benimseyerek sektörde avantaj sağladığı, bazı işletmelerin ise bu sürecin henüz araştırma aşamasında olduğu ve geçiş sürecinin tam zamanı olduğunu düşündüğü görülmektedir. Öte yandan, dönüşüm sürecinin bireylerin ilgisine bağlı olarak ilerlediği yönündeki görüşler, işletmelerde kurumsal bir dijital dönüşüm stratejisinin gerekliliğine işaret etmektedir. Bu bağlamda, Endüstri 4.0'ın gerekliliğini göz ardı etmek, işletmelerin orta ve uzun vadede gelişim ve dönüşüm süreçlerinde geride kalmalarına neden olabilecektir. Gecikmeden hayata geçirilecek Endüstri 4.0 bileşenleri, yalnızca üretim süreçlerinde değil, aynı zamanda maliyet hesaplamaları ve yönetim karar mekanizmalarında da belirleyici bir rol üstlenecektir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasının amacı, Kayseri ilinde faaliyet gösteren ve *BIST*'te işlem gören imalat sektörü işletmelerinin Endüstri 4.0 kavram ve bileşenlerine yönelik değerlendirmelerine ilişkin farkındalık düzeylerini belirlemek ve bu farkındalığın maliyet ve yönetim muhasebesi uygulamaları üzerindeki etkilerini incelemektir. Çalışmada nitel araştırma yöntemi benimsenmiş; yarı yapılandırılmış görüşmeler aracılığıyla elde edilen veriler interaktif analiz modeli ve kuramsal tematik analiz teknikleriyle değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, Endüstri 4.0 bileşenlerinin muhasebe uygulamalarına yansımaları çok boyutlu bir bakış açısıyla sunulmuştur.

Bu kapsamda çalışma, aşağıdaki alt problemler çerçevesinde yapılandırılmıştır:

- Birinci alt problem kapsamında, işletmelerin Endüstri 4.0 kavramı ve bileşenlerine ilişkin farkındalık düzeylerine yönelik değerlendirmelerine ilişkin bulgulara yer verilmiştir.
- İkinci alt problem, işletmelerin Endüstri 4.0 bileşenlerinin maliyet muhasebesi uygulamalarına etkisine yönelik görüşlerini içeren bulgulara yer verilmiştir.
- Üçüncü alt problemde, söz konusu bileşenlerin yönetim muhasebesi uygulamalarıyla ilişkisine yönelik bulgular değerlendirilmiştir.
- Son olarak, dördüncü alt problem kapsamında, işletmelerin mevcut durumları doğrultusunda Endüstri 4.0 bileşenlerinin avantajları ve dezavantajlarına yönelik algı ve değerlendirmelerine ilişkin bulgular ortaya konulmuştur.

Birinci alt problem kapsamında, katılımcıların Endüstri 4.0 kavramı ve bileşenlerine ilişkin farkındalık düzeylerine yönelik değerlendirmeleri incelenmiştir. Bu kapsamda, elde edilen veriler "Bileşenler","Bilgi Teknolojileri ve Bilişim" ile "Endüstrileşme ve Araştırma" olmak üzere üç ana kategori altında sınıflandırılmıştır.

Bileşenler kategorisinde, katılımcıların bazıları yapay zekâ, büyük veri, bulut teknolojileri ve otonom robotlar gibi bileşenlere dair kapsamlı bilgiye sahip olduklarını

ifade etmiş ve bu teknolojileri üretim süreçlerine dâhil etmeye yönelik çabaları olduğunu belirtmişlerdir. Diğer yandan, bu teknolojilere ilişkin bilgisi sınırlı olan katılımcılar da Endüstri 4.0'ın işletmeler açısından gerekliliğini kabul etmekle birlikte, sektörel uygunluk ve altyapı eksiklikleri nedeniyle bu dönüşümün henüz tam anlamıyla uygulanabilir olmadığı görüşünü taşımaktadırlar. Özellikle otonom robotlar ve yapay zekâ, bazı katılımcılar tarafından verimlilik artışı ve insan gücünü azaltma potansiyeliyle değerlendirilmiş; ancak aynı zamanda belirsizlik ve teknik yeterlilik eksikliği gibi çekinceler de dile getirilmiştir. Bu durum, teknolojik farkındalığın sadece bilgiye sahip olmakla sınırlı olmadığını, aynı zamanda sektörel bağlamda uygulanabilirliği sorgulayan bir bilinç düzeyini içerdiğini göstermektedir.

Bilgi Teknolojileri ve Bilişim kategorisinde, katılımcılar dijitalleşmeyi işletmeler açısından kaçınılmaz bir dönüşüm süreci olarak değerlendirmektedirler. Teknoloji kullanımının sadece operasyonel değil, stratejik ve yönetsel süreçler açısından da vazgeçilmez hale geldiği; bu dönüşümün başarılı olabilmesi için insan kaynağından kurumsal yapıya kadar tüm sistemlerin uyum içinde çalışması gerektiği vurgulanmaktadır. Sistem kurulumlarının yeterli olmadığı, karar destek sistemlerinin işlerliği, veri saklama ve erişim süreçlerinin sürdürülebilirliği gibi unsurlarla, Endüstri 4.0 farkındalığının yönetim muhasebesi uygulamalarıyla yakından ilişkilendirildiği tespit edilmiştir. Sunucu tabanlı veri depolama uygulamalarının aktif olarak kullanıldığı ifade edilmiş; ancak ileri veri analitiği gibi üst düzey uygulamalarda geliştirilmesi gereken alanların bulunduğu belirtilmiştir.

Endüstrileşme ve Araştırma kategorisinde elde edilen bulgular, üretim teknolojilerinde makineleşme sürecinin kademeli biçimde sürdüğünü, barkod sistemleri gibi dijital uygulamaların yaygınlaştığını ve AR-GE birimlerinin bu dönüşüm sürecine yön vermeye çalıştığını göstermektedir. Bu alanlardaki farkındalık, özellikle maliyet kontrolü, üretim verimliliği ve kaynak kullanımı açısından önem taşımakta; maliyet muhasebesi uygulamalarıyla doğrudan bağlantılı bir zemin oluşturmaktadır. Katılımcıların büyük kısmı, AR-GE faaliyetlerini üretim sürecinin verimliliğini artırma ve maliyetleri azaltma amacıyla değerlendirmekte; bu durum, farkındalığın sadece teknolojik değil, finansal ve yönetsel düzeyde de oluştuğunu göstermektedir.

Musarat vd. (2024), Özbey (2024), Kasnak & Özkara (2022), Yiğitol vd. (2020), Kamber & Bolatan (2019) ile Sommer (2015) tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda,

işletmelerin Endüstri 4.0 bileşenlerine yönelik farkındalık düzeylerinin genellikle düşük ya da orta seviyede olduğu tespit edilmiştir. Bu doğrultuda, yürütülen araştırmamızda elde edilen bulgular da literatürdeki çalışmalarla paralellik göstermekte ve işletmelerin Endüstri 4.0 farkındalığının yeterli düzeyde oluşmadığını ortaya koymaktadır.

İkinci alt problem kapsamında, Endüstri 4.0 bileşenlerinin maliyet muhasebesi uygulamaları üzerindeki etkilerine yönelik katılımcı görüşleri analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular; "Maliyet Muhasebesinin Amaçları","Üretim Maliyetleri","Giderlerin Ürünlere Yüklenmesi","Maliyet-Hacim-Kâr" ve "Veri Kaydı ve İzleme" kategorileri altında sınıflandırılmıştır.

Maliyet Muhasebesinin Amaçları kategorisinde, katılımcılar maliyet hesaplama süreçlerinin büyük ölçüde manuel olarak yürütüldüğünü ve kararların geçmiş dönem verileriyle yöneticilerin tecrübesine dayalı biçimde alındığını ifade etmiştir. Bu süreçlerde yapay zekâ, nesnelerin interneti veya otonom araçların kullanılmadığı; buna karşın mevcut sistemlerin hâlâ işlevsel olduğu düşüncesinin yaygın olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, geleneksel yöntemlerin stratejik esneklik sağlamada sınırlı kaldığı, Endüstri 4.0 teknolojilerinin bu alanlara entegre edilmesiyle daha hızlı, hassas ve veri temelli maliyet kararlarının alınabileceği vurgulanmaktadır. Stok yönetimi açısından ise, çoğu işletme temel düzeyde dijital sistemler kullanmakta olup; yüksek maliyetli hammadde kullanan işletmelerde stok yönetiminin daha temkinli yürütüldüğü ve ileri düzey sistemlere duyulan ihtiyaç algısının düşük olduğu ifade edilmiştir.

Üretim Maliyetleri kategorisinde, maliyetlerin büyük ölçüde hammaddeye dayalı olduğu ve üretim süreçlerinin manuel veri toplama ve hesaplama yöntemleriyle yönetildiği anlaşılmaktadır. Katılımcılar, işçilik ve enerji gibi unsurları da üretim maliyetlerine dâhil etmekte; ancak bu değişkenlerin hesaplanmasında da çoğunlukla manuel yöntemlere başvurduklarını belirtmiştir. Bazı işletmelerde üretim süreçlerinin tamamen otomasyona dayalı olduğu, bazı işletmelerde ise emek yoğun yapının devam ettiği görülmektedir. Bu farklılık, Endüstri 4.0 teknolojilerinin maliyet muhasebesiyle ilişkili üretim verilerinin toplanması, izlenmesi ve analiz edilmesinde eşgüdümlü bir biçimde kullanılmadığını ortaya koymaktadır. Oysa veri odaklı otomasyon sistemleriyle desteklenen bir maliyet analiz süreci, işletmelerin maliyetleri daha gerçekçi biçimde öngörmelerine ve kaynak kullanımını optimize etmelerine katkı sağlayacaktır.

Giderlerin Ürünlere Yüklenmesi kategorisinde, siparişe dayalı üretim modeli öne çıkmakta; ancak süreçlerin çoğunlukla manuel yürütüldüğü, üretim planlaması, stok kontrolü ve termin takibi gibi aşamaların bireyler üzerinden yönetildiği görülmektedir. Bu durum, hata riskini artırmakta ve maliyetlerin ürün bazında doğru biçimde hesaplanmasını zorlaştırmaktadır. Endüstri 4.0'ın sunduğu akıllı üretim sistemlerinin bu süreçlere entegre edilmesi, hata payını azaltarak maliyetlerin ürün bazında daha sağlıklı belirlenmesini mümkün kılacaktır.

Maliyet-Hacim-Kâr kategorisinde, işletmelerin temel stratejisinin maliyetleri düşürmeye odaklandığı; gelir ve kâr analizlerinin çoğunlukla manuel ve tecrübeye dayalı biçimde yürütüldüğü tespit edilmiştir. Katılımcılar, kârlılığı artırmanın temel yolunun maliyetleri azaltmaktan geçtiğini ifade etmiş, bu sürecin büyük veri analitiği ve otomatik maliyet simülasyonlarıyla desteklenmediğini vurgulamıştır. Oysa Endüstri 4.0 kapsamında geliştirilen analitik araçlarla, kâr zarar senaryoları daha hızlı ve veriye dayalı biçimde değerlendirilebilir; bu da karar alma süreçlerini stratejik düzeyde güçlendirebilir.

Veri Kaydı ve İzleme kategorisinde, katılımcılar muhasebe süreçlerinde çeşitli yazılım ve programlar *(ERP Yazılımı, LOGO, ZİRVE gibi.)* kullandıklarını; ancak bu sistemlerin Endüstri 4.0 standartlarına tam olarak uymadığı da belirtilmiştir. Muhasebe verilerinin sisteme manuel olarak girildiği, üretimle muhasebe arasındaki bağlantının sınırlı olduğu ve veri analizlerinin çoğunlukla kişisel bilgi ve deneyimlere dayandığı ifade edilmiştir. Bunun yanında bazı işletmelerde muhasebe sistemine verilerin otomatik aktarıldığı ancak bu uygulamanın bütüncül bir dijital muhasebe sistemine dönüşmediği görülmektedir. Katılımcılar, yazılımların Endüstri 4.0 ile daha uyumlu hale getirilmesi gerektiğini; bu sayede veri analizlerinin daha şeffaf, hızlı ve güncel biçimde yapılabileceğini ifade etmiştir.

Wagire & Kulkarni (2025), Belbağ vd. (2020), Grencikova vd. (2020), Barutcu (2019) ile Malik & Bilberg (2019) tarafından yürütülen çalışmalarda, Endüstri 4.0 uygulamalarının üretim süreçlerinde kalite artışı, stok yönetiminde maliyet azalışı, iş gücü verimliliğinde artış ve insan-makine iş birliği sayesinde süreç güvenliğinde gelişmeler sağladığı ortaya konulmuştur. Bu doğrultuda, araştırmamızda da işletmelerin hâlen manuel sistemlere ve geleneksel yöntemlere dayalı süreçler yürüttüğü; otomasyon, yapay zekâ ve nesnelerin interneti gibi teknolojilerin yaygın olarak kullanılmadığı tespit edilmiştir. Üretim ve muhasebe süreçleri arasındaki entegrasyonun zayıf olduğu, muhasebe verilerinin manuel

olarak işlendiği ve karar alma süreçlerinin çoğunlukla kişisel deneyimlere dayandığı görülmüştür. Dolayısıyla, araştırma bulgularımız, ilgili literatürde vurgulanan teknolojik eksiklikler ve dijital dönüşüm ihtiyacı ile örtüşmektedir.

Üçüncü alt problem kapsamında, Endüstri 4.0'ın sunduğu dijital olanakların yönetim muhasebesi uygulamaları üzerindeki etkilerine yönelik katılımcı görüşleri analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular; "Planlama ve Kontrol","Standart Maliyetler","Yönetim Kararları" ve "Stratejik Yönetim" kategorileri altında sınıflandırılmıştır.

Planlama ve kontrol kategorisinde, işletmelerin hâlâ insan tecrübesine dayalı karar mekanizmalarını sürdürdükleri, anlık karar alma süreçlerinde Endüstri 4.0 bileşenleri kullanımının sınırlı düzeyde devrede olduğu üretim planlamasında ise yapay zekâ destekli otomatik sistemlere geçişin kısmen başladığı ancak manuel süreçlerin ağırlığını koruduğu belirlenmiştir. Kapasite ve verimlilik alanlarında bileşenlerin katkısına olan inanç yüksek olsa da bu dönüşümün yüksek yatırım maliyetleri nedeniyle sınırlı kaldığı, yatırım kararlarının ise genellikle uzun vadeli finansal planlara bağlı olduğu ve ekonomik dalgalanmalardan doğrudan etkilendiği görülmüştür.

Standart maliyetler kategorisinde, bütçe hazırlama, başa baş analizleri ve maliyet sapmalarının büyük ölçüde geçmiş veriler ve manuel yöntemlere dayalı olarak gerçekleştirildiği; veri analitiği, ve yapay zekâ gibi Endüstri 4.0 bileşenlerinin bu süreçlere henüz entegre edilmediği tespit edilmiştir. Dışardan sağlanan yazılım ve sistemlerle bu süreçler desteklenmeye çalışılsa da sistematik ve bütüncül bir dijital dönüşümün henüz tamamlanmadığı anlaşılmaktadır.

Yönetim kararları kategorisinde, özellikle karar alma süreçlerinin üst yönetim merkezli olduğu, teknolojiye duyulan güvenin sınırlı olduğu ve kararların çoğunlukla insan tecrübesine dayandığı ortaya çıkmıştır. Hata olasılıklarının azaltılması ve insana bağımlılığın düşürülmesi yönündeki çabalar bulunsa da, otomasyon sistemlerine geçişin yavaş ve aşamalı olduğu; teknolojik altyapı yatırımlarının eksikliği ve nitelikli iş gücü yetersizliğinin bu süreci zorlaştırdığı vurgulanmıştır.

Stratejik yönetim kategorisinde, işletmelerin performans ölçümünde hâlâ geleneksel yöntemleri tercih ettiği, teknolojik performans takip sistemlerinin yaygın olmadığı ve dijitalleşmenin iş gücü verimliliği üzerindeki etkisinin sınırlı kaldığı saptanmıştır. Ancak, sürekli iyileştirme kültürünün işletmelerde yaygın olduğu, özellikle AR-GE yatırımları ve geri dönüşüm süreçlerinde Endüstri 4.0 bileşenlerinin potansiyelinin farkında

olunduğu ve bu doğrultuda dönüşüme yönelik stratejik adımlar atılmaya başlandığı görülmektedir.

Alakaş vd. (2025), Mühürdaroğlu & Akbaba (2024), Binici & Can (2023), Karapolatgil & Şener (2023), Karanfiloğlu (2023), Ayboğa & Görmüş (2022), Stawiarska vd. (2021), Ulusoy (2019) ve Moeuf vd. (2018) tarafından yapılan çalışmalarda, dijital dönüşüm sürecinde stratejik vizyon eksikliği, teknolojik yatırım isteksizliği, insan kaynağı yetersizliği ve iletişim zayıflığı gibi faktörlerin işletmelerin dönüşümünü engellediği vurgulanmaktadır. Bu bağlamda, araştırmamızda elde edilen bulgular da benzer bir tablo ortaya koymakta; işletmelerin hâlâ insan tecrübesine dayalı karar alma süreçlerini sürdürdüğü, veri analitiği ve yapay zekâ entegrasyonunun sınırlı olduğu, dijital dönüşümün bütüncül biçimde gerçekleştirilmediği ve teknolojik altyapı yatırımlarının yetersiz kaldığı görülmüştür. Performans ölçümünde geleneksel yöntemlerin tercih edildiği, buna karşın sürekli iyileştirme kültürünün yaygın olduğu ve bazı alanlarda (örneğin AR-GE) stratejik dönüşüm çabalarının başladığı tespit edilmiştir. Bu yönüyle, araştırma bulgularımız literatürdeki mevcut değerlendirmelerle büyük ölçüde örtüşmektedir.

Dördüncü alt problemi kapsamında, katılımcılar Endüstri 4.0 bileşenlerinin maliyet ve yönetim muhasebesi uygulamalarına önemli avantajlar sunduğunu belirtmiş; ancak bu teknolojilerin, işletmelerin mevcut yapısal ve örgütsel özelliklerine bağlı olarak çeşitli dezavantajlar da barındırdığını ifade etmiştir. Bu kapsamda, elde edilen veriler "Dış Etkenler","İç Etkenler" ile "Yapısal Etkenler" olmak üzere üç ana kategori altında toplanmıştır.

Dış Etkenler kategorisinde, "Yasal Mevzuat ve Devlet Teşvikleri" ile "Rakipler ve Paydaşlar" ön plana çıkan temalar olmuştur. Katılımcıların büyük çoğunluğu, mevcut yasal düzenlemelerin Endüstri 4.0 dönüşümünü desteklemede yetersiz kaldığını, teşvik sistemlerinin ise hem erişilebilirlik hem de zamanlama açısından işletmelerin beklentilerini karşılamadığını vurgulamıştır. Bu durum, kamu politikalarının teknolojik dönüşüm sürecinde belirleyici ve yönlendirici rolünü güçlendirme ihtiyacını gündeme getirmektedir. Öte yandan, rakip ve paydaşlara yönelik değerlendirmelerde, sektörel rekabetin teknolojik dönüşümü teşvik ettiği; rakip işletmelerin Endüstri 4.0 bileşenlerine yatırım yapmasının, diğer işletmeler açısından hem gelişimi zorunlu kıldığı hem de bir öğrenme aracı olarak avantaj sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

İç Etkenler kategorisinde, "Üst Yönetim","Raporlama","Eğitim" ve "Nitelikli İnsan Kaynağı" başlıca belirleyici temalar olarak öne çıkmaktadır. Üst yönetimin dönüşüm sürecine yönelik vizyoner yaklaşımı, stratejik karar alma süreçlerini desteklemekte ve organizasyonel adaptasyon kabiliyetini artırmaktadır. Ancak raporlama süreçlerinde Endüstri 4.0 teknolojilerinin yeterince etkin kullanılmadığı ve geleneksel yöntemlerin hâkim olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum, karar destek sistemlerinin dijitalleşmesi adına önemli bir eksikliktir. Ayrıca eğitim süreçlerinin yetersizliği ve nitelikli insan kaynağına erişim zorluğu, işletmelerin dönüşüm sürecindeki kırılgan noktalarını temsil etmektedir. Üniversite ve sanayi iş birlikleri eksikliğiyle birlikte mevcut eğitim sisteminin dijital dönüşüme yeterli katkıyı sunamaması, sistemik bir sorunun varlığını ortaya koymaktadır.

Yapısal Etkenler kategorisinde, "Maliyet","Altyapı","Yatırım" ve "Zamanlama" temaları ön plana çıkmıştır. Katılımcılar, Endüstri 4.0 yatırımlarının başlangıçta yüksek maliyet barındırmasına karşın, uzun vadede operasyonel verimlilik, üretim esnekliği ve stratejik öngörü kabiliyeti gibi alanlarda önemli avantajlar sağlayacağı görüşündedir. Bununla birlikte mevcut altyapı yetersizlikleri, eski sistemlerin modernizasyonundaki zorluklar ve yazılım destek hizmetlerindeki eksiklikler, dönüşümün önündeki temel engeller olarak tespit edilmiştir. Yatırım stratejilerinde plansızlık ve kısa vadeli yaklaşımlar dikkat çekmekte olup, bazı işletmelerin teknolojiye yatırım yaparken altyapı ve insan faktörünü göz ardı ettiği görülmektedir. Zamanlama açısından ise işletmeler arasında farklılaşan algılar mevcuttur; bazı işletmeler dönüşümde erken davranmanın sektör açısından avantaj sağladığını belirtirken, diğerleri süreçlerin kişisel çabalara bağlı olarak ilerlemesinden dolayı sistematik bir dönüşüm stratejisinin eksikliğine dikkat çekmiştir.

Bulgulara göre, dördüncü alt problem kapsamında elde edilen bulgular, Endüstri 4.0 bileşenlerinin işletmeler açısından hem stratejik fırsatlar hem de yapısal zorluklar barındırdığını ortaya koymaktadır. Teknolojik dönüşüm süreci yalnızca teknik donanım yatırımlarını değil, aynı zamanda mevzuat desteği, yönetim vizyonu, nitelikli iş gücü, altyapı yeterliliği ve zamanlama stratejilerini bütüncül biçimde ele alan bir yaklaşım gerektirmektedir. Özellikle dışsal faktörlerdeki yasal ve teşvik temelli belirsizlikler ile içsel faktörlerdeki eğitim ve raporlama eksiklikleri, dönüşüm sürecinin kurumsal sürdürülebilirliğe uyumunda kritik engeller olarak öne çıkmaktadır.

Collins vd. (2025), Ata (2024), Zheng vd. (2021), Göv & Erdoğan (2020) ile Gabaçlı & Uzunöz (2017) tarafından yapılan çalışmalarda; Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde

KOBİ'lerin teknik kapasite, dijital altyapı, nitelikli iş gücü ve finansman yetersizlikleri gibi çok boyutlu sorunlarla karşılaştığı, ayrıca stratejik planlama eksiklikleri, standartlaşma problemleri ve veri güvenliği risklerinin bu dönüşümü zorlaştırdığı vurgulanmıştır. Bu doğrultuda, araştırmamızda da dış etkenler kapsamında yasal düzenlemelerin ve teşvik mekanizmalarının dönüşüm sürecine yeterli destek sunmadığı; rakiplerin teknolojik yatırımlarının ise sektörel gelişim açısından hem baskı hem de öğrenme fırsatı oluşturduğu tespit edilmiştir. İç etkenler bakımından ise, üst yönetimin vizyoner yaklaşımı dönüşümü desteklese de raporlama, eğitim ve insan kaynağı gibi alanlardaki eksikliklerin dönüşüm kapasitesini sınırladığı; yapısal etkenler düzeyinde ise maliyet, altyapı ve yatırım planlaması gibi konuların sistematik ve uzun vadeli bir stratejiyle ele alınmadığı anlaşılmıştır. Bu bağlamda, araştırma bulgularımız literatürde ifade edilen dijitalleşme sürecine ilişkin çok boyutlu zorluklar ve ihtiyaçlarla büyük ölçüde örtüşmektedir.

Çalışma, Kayseri'de faaliyet gösteren imalat işletmelerinin Endüstri 4.0 farkındalığı ile maliyet ve yönetim muhasebesi uygulamaları arasındaki ilişkiyi nitel yöntemle ele alan özgün çalışmalardan biri olma niteliği taşımaktadır. Bu bağlamda, akademik literatüre hem konu hem de yöntem açısından katkı sunması hedeflenmektedir. Bu çalışmada, teorik çerçevede ele alınan Endüstri 4.0, maliyet muhasebesi ve yönetim muhasebesi kavramları, nitel veri analizi sonuçlarıyla tutarlı bir biçimde ampirik düzeyde incelenmiştir. Kavramsal düzeyde Endüstri 4.0'ın; yapay zekâ, büyük veri, bulut bilişim, nesnelerin interneti gibi bileşenleriyle tanımlandığı, ampirik düzeyde ise katılımcı görüşlerinin bu bileşenlere yönelik farkındalıkları çerçevesinde sınıflandırıldığı görülmektedir. Aynı şekilde, muhasebe fonksiyonlarının geleneksel yapıdan Endüstri 4.0 uyumlu bir yapıya dönüşüm potansiyeli literatürde sıklıkla vurgulanırken, çalışmada söz konusu dönüşümün henüz sınırlı düzeyde kaldığı bulgusuna ulaşılmıştır. Bu durum, kuramsal beklentilerle pratik uygulamalar arasındaki uyumsuzluğu ortaya koymakta ve ampirik analizlerin teorik çerçeveyle yeterli ölçüde eşleştiğini göstermektedir.

Çalışmada, yalnızca betimsel verilerin sunulmasıyla yetinilmemiş; aynı zamanda katılımcı ifadeleri aracılığıyla kuramsal yargılara ulaşılmaya çalışılmıştır. İşletmelerin kurumsal ve sektörel özellikleri nedeniyle, mevcut teorik modellerin uygulamada kısmen işlevsiz kaldığı eleştirel bir perspektifle ortaya konulmuştur. Bu yönüyle çalışma,

literatürdeki mevcut araştırmalarla uyumlu sonuçlar üretmekle birlikte, teorik düzeyde de derinlikli bir sorgulama içermesi bakımından özgün bir katkı sunmaktadır.

Elde edilen bulguların hem işletme düzeyinde yönetsel iyileştirmelere hem de makro ölçekte politika tasarımlarına katkı sağlayabileceği öngörülmektedir. Özellikle Endüstri 4.0 bileşenlerinin muhasebe sistemlerine dâhil edilmesindeki zorluklar (altyapı eksikliği, personel yetersizliği, yüksek yatırım maliyetleri vb.), ilgili kişi ya da kurumlar için yol gösterici bir çerçeve sunmaktadır. Bu zorlukların aşılabilmesi için üniversite-sanayi iş birliklerinin artırılması, devlet desteklerinin Endüstri 4.0 odaklı biçimde yeniden yapılandırılması ve küçük işletmelere teknik destek sağlanması önerilmektedir.

İşletmelerde yalnızca üretim departmanına değil, muhasebe ve finans birimlerine yönelik de "Endüstri 4.0 farkındalık eğitimleri" düzenlenmeli; üst yönetim, bu süreci kurumsal bir dönüşüm vizyonuyla sahiplenmelidir. ERP yazılımı, yapay zekâ destekli maliyet analiz araçları ve otomatik veri toplama yazılımları muhasebe uygulamalarına dâhil edilmelidir. Bu süreç, uzman danışmanlar rehberliğinde yürütülmeli; muhasebe birimlerinin rolü, klasik veri kayıtçılığından stratejik analiz üreticiliğine evrilmelidir.

Devlet destekli sektörel dönüşüm fonları oluşturulmalı, KOBİ'ler için Endüstri 4.0'a uyum sürecini kolaylaştıracak rehber dokümanlar hazırlanmalıdır. Ayrıca kamu-özel sektör iş birlikleri artırılmalı, sektörel teşvikler rasyonel ve erişilebilir hâle getirilmeli, üniversite-sanayi işbirlikleri güçlendirilmelidir.

Büyük veri yönetimi ve siber güvenlik, yalnızca bilgi işlem birimlerinin değil, aynı zamanda muhasebe ve üst yönetim birimlerinin de gündeminde yer almalı; veri odaklı karar alma kültürü kurum genelinde yaygınlaştırılmalıdır. Bu doğrultuda, işletmelerde veriye dayalı yönetim anlayışı sistematik biçimde güçlendirilmelidir.

İşletmeler, süreç inovasyonu alanında AR-GE faaliyetlerine öncelik vermeli; özellikle muhasebe dijitalleşmesine yönelik yazılım geliştirme, sensör destekli veri akışı ve anlık maliyet izleme sistemleri gibi başlıklarda üniversitelerle iş birliklerine ağırlık vermelidir. Bu çalışma, Kayseri ilinde faaliyet gösteren, *BIST*'te işlem gören imalat işletmeleriyle sınırlı olması ve yalnızca nitel verilere dayanması bakımından bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Bu sınırlılıklar, gelecekteki araştırmalarda farklı bölgelerle karşılaştırmalı analizler yapılması, sektör dışı uygulamaların incelenmesi veya karma yöntemlerin kullanılması yoluyla giderilebilir ya da araştırma kapsamı genişletilebilir.

KAYNAKÇA

Abdullah, A. A. H. & Almaqtari, F. A. (2024). The impact of artificial intelligence and Industry 4.0 on transforming accounting and auditing practices. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, *10*(1), 1-20. https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2024.100218

ACATECH. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0 *Final Report of the Industry 4.0 Working Group*. https://www.acatech.de/wp content/uploads/2018/03/Final_report__Industrie_4.0_accessible.pdf

Agrawal, A., Gans, J. & Goldfarb, A. (2018). Prediction, judgment, and complexity: A theory of decision-making and artificial intelligence. *In The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda* (ss. 89-110). University of Chicago Press.

Agrawal, A., Goldfarb, A. & Teodoridis, F. (2016). Understanding the changing structure of scientific inquiry. *American Economic Journal: Applied Economics*, *8*(1), 100-128. https://doi.org/10.1257/app.20140135

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

Akdoğan, N. A., Gündüz, E. & Sevim, A. (2013). *Maliyet muhasebesi* (2. Baskı). Gazi Kitapevi. Ankara.

Akıllı Fabrikalar (2020). 25 Ocak 2025 tarihinde https://akillifabrikalar.com.tr/karanlik-fabrikalar/ adresinden erişildi.

Akpınar, K., Dengiz, O. & Dengiz, B. (2024). KOBİ'ler ölçeğinde endüstri 4.0 farkındalık ve olgunluk düzeyinin belirlenmesi. *Journal of Turkish Operations Management*, *8*(2), 459-473.

Aksoy, S. (2017). Değişen teknolojiler ve Endüstri 4.0: Endüstri 4.0'ı anlamaya dair bir giriş. *Sav Katkı*, *4*, 34-44.

Aksoylu, S. & Dursun, Y. (2001). Pazarda rekabetçi üstünlük aracı olarak hedef maliyetleme. *Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, *1*(11), 357-371.

Aksoylu, S. & Özkan, A. (2002). Kaizen ve faaliyete dayalı maliyetlemenin birlikte uygulanabilirliği. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi, 4*(3), 49-63.

Aksu, M. V. & Taslak, S. (2022). Dördüncü sanayi devrimi ve KOBİ'lerin dijital dönüşümü.*Yeni Fikir Dergisi*, *14*(29), 11-23. https://doi.org/10.57205/yenifikirjournal.1211439

Aktaş, F., Çeken, C. & Erdemli, Y. E. (2016). Nesnelerin interneti teknolojisinin biyomedikal alanındaki uygulamaları. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4*(1), 37-54.

Alakaş, E. Ö., Candan, S. K., Bölük, A. A. & Topal, B. G. (2025). The mediating role of organizational culture in the effect of businesses: Industry 4.0 awareness on innovation. *An Application on Ostim Oız Clusters Strategic Change.* https://doi.org/10.1002/jsc.2667

Alkan, G. İ. (2007). *Maliyet muhasebesi, teori-işlemler ve uygulamalar.* Lisans Yayıncılık.

Alkan, G., Demir, A. & Yüksel, H. (2007). *Maliyet yönetimi ve uygulamaları*. Nobel Yayıncılık. Ankara.

Altuğ, O. (2015). *Maliyet muhasebesi.(*16. Baskı). Türkmen Kitapevi.

ARCELIK (2025). 20 Mart 2025 tarihinde www.arcelik3dprint.com adresinden erişildi.

Arçelik (2025). 24 Aralık 2024 tarihinde https://www.arcelikglobal.com/tr/surdurulebilirlik/intouch/areas/dijital-donusum-ve-endustri-4-0/ adresinden erişildi.

Arkan, Ö. (2018). *Endüstri 4.0 kavramı ve endüstri 4.0 dönüşümünün üretim maliyetlerine etkisi üzerine bir vaka çalışması: Bebek bezi üretimi* (Tez no: 508993). (Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü). Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.

Arslan, G. T. (2018). Çalışmanın evrimi: Sanayi toplumundan sanayi ötesi topluma geçiş. *Fırat University International Journal of Economics and Administrative Sciences, 2*(1), 145-162.

Ashton, K. (2009). That internet of things thing. *RFID Journal, 22*(7), 97-114.

Ata, N. S. (2024). Türkiye'nin endüstri 4.0'a geçiş sürecinin değerlendirilmesi. *Yönetim Bilimleri Dergisi, 22*(51), 119-141. https://doi.org/10.35408/comuybd.1344608

Atmaca, M. & Terzi, S. (2007). Stratejik maliyet yönetimi açısından tam zamanında üretim felsefesi ile kısıtlar teorisinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 22*(1), 293-309.

Atzori, L., Iera, A. & Morabito, G. (2010). The internet of things: A survey. *Computer networks, 54(*15), 2787-2805.

Avder, E. (2012). *Maliyet muhasebesi*. Murathan Yayınevi.

Ayboğa, H. & Görmüş, L. (2022). Endüstri 4.0 Türkiye'nin durumu ve yapılması gerekenler. *Marmara Sosyal Araştırmalar Dergisi, 17,* 82-98.

Aydin, S. Z. (2005). *Tedarik zinciri yönetiminde stratejik ittifak olarak üçüncü parti lojistik.* (Tez No.151482). [Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

Aylak, B. L. & Oral, O. (2021). Yapay zekâ ve makine öğrenmesi tekniklerinin lojistik sektöründekullanımı.*El-Cezeri,8*(1),74-93. https://doi.org/10.31202/ecjse.776314

Bağcı, E. (2018). Endüstri 4.0: Yeni üretim tarzını anlamak. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, *9*(24), 122-146.

Banger, G. (2017). *Endüstri 4.0 extra.* Dorlion Yayınları.

Banger, G. (2018). *Endüstri 4.0 ve akıllı işletme* (2. Baskı). Dorlion Yayınları.

Bányai, T., Tamás, P., Illés, B., Stankevičiūtė, Ž. & Bányai, Á. (2019). Optimization of municipal waste collection routing: Impact of industry 4.0 technologies on environmental awareness and sustainability. *International journal of environmental research and public health*, *16*(4), 1-26 https://doi.org/10.3390/ijerph16040634

Bartje. J. (2016). *The top 10 IoT application areas – based on real IoT projects.* Iot Analytics. 10 Şubat 2025 tarihinde https://iot-analytics. com/top-10-iot-project-application-areas-q3-2016/ adresinden erişildi.

Barutcu, H. C. (2019). *Endüstri 4.0 uygulamalarının üretim süreçlerine etkisi: Bosch San. ve Tic. A. Ş örneği* (Tez No.544932). [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Gelişim Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

Bekçioğlu, S. & Köroğlu, Ç. (2013). 20. Yüzyılın sonunda maliyet muhasebesinin yerine geçen yeni bir yaklaşım: Stratejik maliyet yöntemi. *Muhasebe ve Finans Tarihi Araştırmaları Dergisi*, 4, 50-72.

Belbağ, S. , Çimen, M. & Soysal, M. (2020). Üretim sistemlerinde endüstri 4.0'in envanter maliyetlerine etkisi üzerine bir senaryo incelemesi. *Verimlilik Dergisi*, 2, 125-143.

Bezanson, A. (1922). The early use of the term industrial revolution. *The Quarterly Journal of Economics*, *36*(2), 343-349. https://doi.org/10.2307/1883486

Binici, C. M. & Can, E. (2023). Türk KOBİ'lerinin endüstri 4.0'a verdiği tepkinin literatürde iş modelindeki yenilikler perspektifinden incelenmesi. *Yıldız Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, *7*(1), 11-24.

Bishop, S. R., Lau, M., Shapiro, S. , Carlson, L., Anderson, N. D., Carmody, J. & Devins, G. (2004). Mindfulness: A proposed operational definition: Clinical psychology. *Science and Practice, 11*(3), 230-241.

Blanchet, M., Rinn, T., von Thaden, G. & Thieulloy, G. (2014). Industry 4.0: The new industrial revolution. How Europe will succeed. *Roland Berger Strategy Consultants Gmbh.*

Brown, I. (Ed.). (2013). *Research handbook on governance of the Internet*. Edward Elgar Publishing.

Broy, M., Cengarle, M. V. & Geisberger, E. (2012). *Cyber-physical systems: imminent challenges. In Monterey workshop* (1-28). Springer Berlin Heidelberg.

Büyükmirza, H. K. (2014). *Maliyet ve yönetim muhasebesi: Tekdüzene uygun bir sistem yaklaşımı*. Gazi Kitapevi.

Can, A. V. (2007). Luca Pacioli muhasebenin babası mıdır?. *Akademik Bakış,* 12, 1-15.

Chua, C. K. & Leong, K. F. (2014). *3D Printing and additive manufacturing: Principles and applications (with companion media pack)- Fourth edition of rapid prototyping*. World Scientific Publishing. https://doi.org/10.1142/9008

Civelek, M. & Özkan, E. (2019). *Maliyet ve yönetim muhasebesi* (9.Baskı). Detay Yayıncılık.

Cohen, E.E. (2018, April). *Iot for auditors and accountants: auditing the iot* [Konferans Sunumu]. UN/CEFACT Conference on Internet of Things (IoT). Geneva, Switzerland.https://unece.org/fileadmin/DAM/cefact/cf_forums/2018_Geneva/PPTs/IoT_PPTs/12_-_Eric_Cohen_-_IoT_CEFACT.pdf

Coleman, D. C. (1956). Industrial growth and industrial revolutions. *Economica*, *23*(89), 1–22. https://doi.org/10.2307/2551266

Collins, A., Ahsun, A. & Okunola, A. (2025). *Assessing the readiness of small and medium-sized enterprises (smes) for ındustry 4.0 adoption in manufacturing.* Innovation: Technology, Market, and Complexity, 10(1), Article 100218.

Conti, J. P. (2006). The internet of things. *Communications Engineer*, *4*(6), 20-25. https://doi.org/10.1049/ce:20060603

Coşkun, E. A. & Coşkun, Y. (2020). Karanlık fabrikalar geleceği aydınlatacak mı? 58. *Bilim ve Teknik Dergisi,* 57-63.

Cox, M. & Ellsworth, D. (1997). Application controlled demand paging for out of core visualization. *In Proceedings (97CB36155,* 235-244).

Creswell, J. W. (2013). *Qualitative ınquiry and research design: choosing among five approaches.* Sage publications.

Çabuk, Y. (2003). Geleneksel maliyet sistemlerine alternatif bir yaklaşım: Faaliyet Tabanlı maliyetleme. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, *5*(5) 102-108.

Çalışkan, T. (2025). *Dijital dönüşüm sürecinde siber güvenlik farkındalığı: Konya'da bilişim sektöründe faaliyet gösteren KOBİ'ler üzerine bir araştırma* (Tez No.922364) [Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

Çark, Ö., Yıldız, İ. & Karadeniz, A. T. (2019). Sanayi 4.0 kapsamında işletmeler açısından büyük veri. *IJMSIT, 3*(2), 114–120.

Çat, M. & Güngör A., (2024). Dijital dönüşümün üretim yönetimi üzerindeki etkileri. *Platanus,* 897-923.

Çelik, D. & Çetinkaya, K. (2016). Üç boyutlu yazıcı tasarımları, prototipleri ve ürün yazdırma karşılaştırmaları. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, *5*(2).

Çelik, R. Z. (2021). *The Economic History Review Dergisinde Sanayi Devrimi Tartışmaları* (Tez No.298144). [Master's thesis, Marmara University]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

Çelik, S. B. (2021). *Endüstri 4.0 ile dijital değişimin bankacılık sektörüne etkileri, zorlukları ve sonuçları: Konya örneği.* (Tez No.671119). [Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

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.

Çetin, M.A. (2021), *İktisadi boyutlarıyla endüstri 4.0: Farklı perspektiflerden endüstri 4.0 yazıları II (*1. Baskı). Gazi Kitapevi.

Çevrim İçi Ansiklopedi (Britannica): Yapay Zekâ 11 Şubat 2025 tarihinde https://cbddo.gov.tr/sss/yapay-zeka/ adresinden erişildi.

Dashkevich, N., Counsell, S. & Destefanis, G. (2024). Blockchain financial statements: Innovating financial reporting, accounting, and liquidity management. *Future Internet*, *16*(7), 1-36. https://doi.org/10.3390/fi16070244

Davutoğlu, N. A. (2020). Üçüncü ve dördüncü sanayi devrimleri arasındaki temel ve sistematik farklılıkların determinist bir yaklaşımla analizi. *Management and Political Sciences Review, 2*(1), 176-194.

Deane, P. (1988). *İlk sanayi inkılabı*. (Çev: Güran, T.). Türk Tarih Kurumu Basımevi, s. 328 (Orijinal çalışma 1979'da yayımlandı).

Demir, S. , Sarıışık, G. & Öğütlü, A. S. (2022). KOBİ'lerin endüstri 4.0 farkındalık ve olgunluk seviyesinin belirlenmesi: Şanlıurfa ili örneği. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, *14*(4), 2938-2955. https://doi.org/10.20491/isarder.2022.1543

Denzin, N. K. & Lincoln, Y. S. (2008). *Introduction: The discipline and practice of qualitative research.* Sage Publications 3, 1–43.

Deran, A. (2008). Stratejik bir karar verme aracı olarak yaşam seyri maliyet analizlerinin tedarik sürecindeki yeri ve önemi. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, *17*(2), 465-484.

DHL (2021). Trend Radar Raporu. Emerging logistics technologies and their ımplications.*DHLSupplyChain.*https://www.dhl.com/content/dam/dhl/global/csi/documents/pdf/glo-csi-logistics-trend-radar-7-0.pdf

Doğan, S. & Çakıcı, C. (2016). Faaliyet tabanlı maliyet yöntemi ve bir uygulama. *Global Journal of Economics and Business Studies*, *5*(10), 38-51.

Duman, M. Ç. (2020). *Endüstri 4.0 teknoloji bileşenlerinin örgütsel performansa etkilerini belirlemeye yönelik bir araştırma* (Tez No.608026). [Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

Duman, M. Ç. & Akdemir, B. (2021). İşletmelerin endüstri 4.0 teknolojileri kullanım düzeyinin belirlenmesine yönelik bir ölçek geliştirme çalışması. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, *12*(3), 923-940.

EBSO, (2015). Ege Bölgesi Sanayi Odası, *Sanayi 4.0*, *Araştırma Müdürlüğü*. 7 Nisan 2025 tarihinden https://static.ebso.org.tr/documents/yayinlar/sanayi-v4/sanayi-40_26908939.pdf adresinden erişildi.

Eğilmez, M. (2017). *Endüstri 4.0. kendime yazılar*. 11 Şubat 2025 tarihinde https://www.mahfiegilmez.com/2017/05/endustri-40.html adresinden erişildi.

Elitaş, C. & Özdemir, S. (2014). Bulut bilişim ve muhasebede kullanımı. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi MÖDAV,* 16(2), 93-108.

Erasmus, W. & Marnewick, C. (2021). An IT governance framework for IS portfolio management. *International Journal of Managing Projects in Business*, *14*(3), 721-742.

Erdağ, E. (2015). *Maliyet muhasebesi ve dokuma sektöründe bir uygulama* (Tez No.417673). [Yüksek Lisans Tezi, Okan Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

Erdoğan, N. & Banar, K. (1991). Yeni üretim ortamlarında maliyet muhasebesi süreci. *Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, *9*(1), 177-189.

Erdoğan, N. & Saban, M. (2014). *Maliyet ve yönetim muhasebesi*. Beta Yayınları.

Erkuş, Ş. (2016). *Yönetim muhasebesi açısından muhasebe paket programlarının karşılaştırılmaları üzerine bir çalışma* (Tez No.253250). [Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

Ernur, O. & Yüksel, H. (2022). Assessing industry 4.0 transformation of smes: A swot analysis. *İzmir Yönetim Dergisi*, *3*(1), 23-35. https://doi.org/10.56203/iyd.1113835

Ford (2025). 25 Ocak 2025 tarihinde https://edm-accessories. ford.com/3DPrinting/ adresinden erişildi.

Ford Motor Company (2013). *Game changer: 100th anniversary of the moving assembly line*. 10 Ocak 2025 tarihinde https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/us/en/features/game-changer--100th-anniversary-of-the-moving-assembly-line.html adresinden erişildi.

Freeman, C. & Louca, F. (2013). *Zaman akıp giderken sanayi devriminden bilgi devrimine*. (Çev. Binatlı, O. S.). İthaki Yayınları. (Orijinal çalışma 2002'de yayımlandı).

Freeman, C. & Soete, L. (2004). *Yenilik iktisadı* (4. Baskı). (Çev. Türkcan, E.). TÜBİTAK Yayınları. (Orijinal çalışma 1997'de yayımlandı).

Gabaçlı, N. & Uzunöz, M. (2017, 09-11 November). IV. sanayi devrimi: Endüstri 4.0 ve otomotiv sektörü. *3nd International Congress on Political, Economic and Social Studies (ICPESS).*

Gedik, G. (2018). The new tax issue: Taxing robots. *Law ve Justice Review*, *9*(16), 81-96.

GETVU (2016). 20 Mart 2025 tarihinde www.Getvuar.com adresinden erişildi.

Ghobakhloo, M. (2018). The future of manufacturing industry: a strategic roadmap toward Industry 4.0. *Journal of manufacturing technology management*, *29*(6), 910-936.

Gordon, R. (2017). *The rise and fall of American growth: The US standard of living since the civil war*. Princeton University Press.

Gordon, R. J. (2000). Does the new economy measure up to the great inventions of the past? *Journal of Economic Perspectives*, *14*(4), 49-74.

Gökrem, L. & Bozuklu, M. (2016). Nesnelerin interneti: Yapılan çalışmalar ve ülkemizdeki mevcut durum. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, 13*, 47-68.

Görçün, Ö. F. (2020). *Dördüncü endüstri devrimi endüstri 4.0* (Tıpkı 3. Baskı). Beta Yayıncılık.

Göv, S. A. & Erdoğan, D. (2020). Dördüncü endüstri devriminin (endüstri 4.0) neresindeyiz? *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, *7*(2), 299-318. https://doi.org/10.17336/igusbd.661236

Greengard, S. (2017). *Nesnelerin interneti* (Çev. *Çavdar, M.).* Türkiye: Optimist Kitap. İstanbul. (Orijinal çalışma 2015'te yayımlandı).

Grencikova, A., Kordos, M. & Berkovic, V. (2020). Impact of Industry 4.0 on labor productivity in the Slovak Republic. *Problems and Perspectives in Management*, *18*(2), 396-408. http://dx.doi.org/10.21511/ppm.18(2).2020.32

Groover M. P., Weıss, M., Roger, N. N. & Nıcholas, G. O. (2008). *Industrial Robotics: Technology, Programmıng and Applications.* Tata McGraw-Hill Edition. https://www.rvstcc.ac.in/assets/img/pdf/ROBOTICS%20%20TEXT%20BOOK%20BY%20GROOVER.pdf

Groover, M. P. (2016). *Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing*. Forth Edition. Pearson education.

Gsl (2025). 25 Ocak 2025 tarihinde gsl.com.tr adresinden erişildi.

Güler, O. & Yücedağ, İ. (2018). Artırılmış gerçeklik: Montaj ve bakım uygulamalarında el tanıma teknolojisi ile etkileşim çalışmaları. *20. Akademik Bilişim Konferansı*.

Güleryüz, Ö. (2021). *Endüstri 4.0 ve değişen yönetici rolleri* (Tez No.699829). [Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversites]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

Gür, Y. E. & Gündüz, K. (2023). Üretim endüstrisini dönüştüren teknoloji trendlerine genel bir bakış. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, *33*(3), 1339-1354. https://doi.org/10.18069/firatsbed.1297867

Güvemli, O. (2000). *Türk devletleri muhasebe tarihi- tanzimat'tan cumhuriyet'e* (3.Cilt). İstanbul Yeminli Mali Müşavirler Odası Yayını, Süryay.

Haftacı, V. (2007). *Maliyet muhasebesi* (6. Baskı). Avcı Ofset.

Harari, Y. N. (2019). *Hayvanlardan tanrılara sapiens.* (Çev. Genç, E.) Kolektif Kitap. (Orijinal çalışma 2012'de yayımlanmıştır).

Hermann, M., Pentek, T. & Otto, B. (2016). Design principles for industrie 4.0 scenarios. In *2016 49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS)*, 3928-3937.

Hiçyorulmaz, E. & Akdoğan, H. (2019). *Kaynak tüketim muhasebesi ve endüstri 4.0'ın üretim işletmeleri üzerindeki etkisi* (Tez No.552453). [Doktora Tezi, Hitit Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinilmiştir.

Hobsbawm, E. J. (2005). *Sanayi ve imparatorluk* (çev: Ersoy, A.). Dost Kitabevi. (Orijinal eser 1999'da yayımlanmıştır).

IBM (2023). 20 Mart 2025 tarihinden www.ibm.com adresinden erişildi.

ICAEW. (2019). The internet of things and accounting: lessons from china. *ICAEW Thought Leadershıp Busıness and Management Faculty.* 20 Kasım 2024 tarihinde https://www.icaew.com/technical/technology/data/internet-of-things-and-accounting adresinden erişildi.

Insights, F. (2017). *The Internet of things: From theory to reality-How companies are leveraging the IoT to move their businesses forward*. Jersey City.

Justenhoven, P., Loitz, R. & Sechser, J. (2018). Digitalization in finance and accounting and what it means for financial statement audits.*PricewaterhouseCoopers*

GmbHWirtschaftsprüfungsgesellschaft.https://www.pwc.de/de/im-fokus/digitale-abschlusspruefung/pwc-digitalisation-in-finance-2018.pdf

Kabaklarlı, E. (2016). *Endüstri 4.0 ve paylaşım ekonomisi: Dünya ve Türkiye ekonomisi için fırsatlar, etkiler ve tehditler* (1.Baskı). Nobel Akademik Yayıncılık.

Kagermann, H., Wahlster, W. & Helbig, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0 Final report of the Industrie 4.0 Working Group, Ed:Ariane Hellinger ve Veronika Stumpf, acatech-National Academy of Science and Engineering, 13-78. https://www.din.de/resource/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf.

Kamber, E. & Bolatan, G. İ. S. (2019). Endüstri 4.0 Türkiye farkındalığı. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, *11*(30), 836-847. https://doi.org/10.20875/makusobed.630453

Kanaparthi, V. (2024). *Exploring the impact of blockchain, AI, and ML on financial accounting efficiency and transformation.* In International Conference on Multi-Strategy Learning Environment. Springer Nature. Singapore. 353-370.

Kapás, J. (2008). Industrial revolutions and the evolution of the firm's organization: An historical perspective. *Journal of Innovation Economics ve Management*, *2*(2), 15-33.

Karahan, M. (2018). Hedef maliyetleme: Halı işletmesinde bir uygulama. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, *17*(65), 366-382. https://doi.org/10.17755/esosder.357155

Karakaya, M. (2011). *Maliyet muhasebesi* (4.Baskı). Gazi Kitapevi.

Karanfiloğlu, M. (2023). *Kurumsal iletişim bakışıyla KOBİ ölçekli aile işletmelerinde endüstri 4.0*. Akademisyen Kitabevi.

Karapolatgil, A. A. & Şener, İ. (2023). KOBİ'lerin endüstri 4.0 hazırlık durumu: Devrimin aktif katılımcıları mı yoksa sessiz izleyicileri mi?*Sosyoekonomi*, *31*(56), 279-298. https://doi.org/10.17233/sosyoekonomi.2023.02.13

Kartal, A., Gündüz, H.E & Sevim, A. (2011). *Maliyet muhasebesi.* Açıköğretim Fakültesi Yayınları.

Kasnak, E. & Özkara, B. (2022). Türkiye'deki imalat şirketlerinin endüstri 4.0 olgunluk düzeyinin belirlenmesi. *Verimlilik Dergisi, 3,* 365-380. https://doi.org/10.51551/verimlilik.1069471

Kaya, G. A. (2010). Hedef maliyetleme. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, *20*(1), 313-352.

Ke, M. & Shi, Y. (2014). Big data, big change: In the financial management. *Open Journal of Accounting*, *3*(4), 77-82. https://doi.org/10.4236/ojacct.2014.34009

Kılıç, R. (2023). Sanayi devrimlerinin serüveni: Endüstri 1.0'dan endüstri 5.0'a. *Takvim-I Vakayı, 11*(2), 276-291.

Kızıl, C. & Aslan, T. (2019). Üretim maliyetlerinin denetimine genel bir bakış. *İktisadi Yenilik Dergisi*, *6*(1), 1-12.

Koca, D. (2020). Sanayi devrimlerinin tarihsel arka planı ve işgücü becerileri üzerindeki yansımaları. *OPUS International Journal of Society Researches*, *16*(31), 4531-4558.

Kowalewski, M. (2016). Kaizen and Kaizen costing in management of an enterpise. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego Finanse Rynki Finansowe Ubezpieczenia*, *2*, 277-284.

Köse, T. (2002), Ürün Maliyetlerine göre karar alma araçları, ürün yaşam seyri maliyetlemesi, hedef maliyetleme ve Kaizen maliyetleme. *Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 3*(2), 78-104.

Köylü, M. K. & Köylü, T. Ç. (2024). Blok zinciri teknolojisinin finansal piyasalarda uygulama potansiyeli. *The Journal of Academic Social Science Studies*, *10*(63), 359-372. https://doi.org/10.9761/JASSS7446

Krizanova, A., Lăzăroiu, G., Gajanova, L., Kliestikova, J., Nadanyiova, M. & Moravcikova, D. (2019). The effectiveness of marketing communication and importance of its evaluation in an online environment. *Sustainability*, *11*(24), 7016. 1-19. https://doi.org/10.3390/su11247016

Kurbonov, K., Makhmudov, S. , Mamadiyorov, Z., Khamdamov, S. J., Karlibaeva, R., Samadov, A. & Djalilov, F. (2023). The impact of digital technologies on economic growth in the example of Central Asian and European countries.

In *Proceedings of the 7th International Conference on Future Networks and Distributed Systems*, 403-409. https://doi.org/10.1145/3644713.3644770

Laney, D. (2001). 3D data management: Controlling data volume, velocity and variety. *Meta Group Research Note, 6*(70), 1.

Lee, I. & Lee, K. (2015). The Internet of things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. *Business horizons, 58*(4), 431-440. https://doi.org/10.1016/j.bushor.2015.03.008

Lee, J., Bagheri, B. & Kao, H. A. (2015). A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing letters*, *3*, 18-23. https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001

Lee, J., Kao, H. A. & Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment. *Procedia cirp*, *16*, 3-8. https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.02.001

Lightfoot, H., Baines, T. & Smart, P. (2013). The servitization of manufacturing: A systematic literature review of interdependent trends. *International Journal of Operations ve Production Management*, *33*(12), 1408-1434.

Lipsey, R. G. & Bekar, C. (2000). Science, institutions, and the Industrial Revolution. *The Journal of European economic history, 33*(3), 709-753.

Lueth, K. L. (2015). *The 10 most popular Internet of things applications right now.* IoT Analytics.

Mahmud, B. (2017). Internet of things (IoT) for manufacturing logistics on SAP ERP applications. *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering (JTEC)*, *9*(2-6), 43-47.

Malik, A. A. & Bilberg, A. (2019). Human centered lean automation in assembly. *ProcediaCIRP*, *81*, 659-664. https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.172

Marshall, C. & Rossman, G. B. (2014). *Designing qualitative research*. Sage publications.

McLaney, E. & Atrill, P. (2020). *Accounting and finance: An introduction*. Pearson.

Miles, M. B. & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. Sage.

Modarress, B., Ansari, A. & Lockwood, L. (2007), Kaizen Costing For Lean Manufacturing: A case study, *International Journal of Production Research, 43(9)*, 1751-1760.

Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S. , Tamayo-Giraldo, S. & Barbaray, R. (2018). The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. *International journal of production research*, *56*(3), 1118-1136. https://doi.org/10.1080/00207540500034174

Mokyr, J. & Strotz, R. H. (1998). The second industrial revolution 1870-1914. *Storia dell economia Mondiale*, *21945*(1), 219-245.

Monostori, L., Kádár, B., Bauernhansl, T., Kondoh, S. , Kumara, S. , Reinhart, G. & Ueda, K. (2016). Cyber physical systems in manufacturing. *Cirp Annals*, *65*(2), 621-641. https://doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.005

Motyl, B., Baronio, G., Uberti, S. , Speranza, D. & Filippi, S. (2017). How will change the future engineers skills in the Industry 4.0 framework? A questionnaire survey. *Procedia manufacturing*, *11*, 1501-1509. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.282

Mulyani, M. A., Yusuf, S. , Siregar, P., Nurihsan, J., Razzaq, A. & Anshari, M. (2021). Fourth industrial revolution and educational challenges. *In 2021 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech)*, 1, 245-249.

Murauer, C. S. (2019). *Full shift usage of smart glasses in order picking processes considering a methodical approach of continuous user involvement*. [Doctoral Dissertation, Technische Universität Berlin].

Musarat, M. A., Alaloul, W. S. , Zainuddin, S. M. B., Qureshi, A. H. & Maqsoom, A. (2024). Digitalization in Malaysian construction industry: Awareness, challenges and opportunities. *Results in Engineering*, 102013. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102013

Mutlu, M. (2019). *Endüstri 4.0 uygulamalarına ilişkin algılar: otomotiv ve tekstil sektörü üzerinde bir araştırma* (Tez No.586345). [Doktora Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinildi.

Mühürdaroğlu, A. & Akbaba, A. İ. (2024). Endüstri 4.0 bağlamında işletmelerde dijital olgunluk: Erzurum ili örneği. *ETÜ Sentez İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 14, 1-24. https://orcid.org/0000-0002-6355-0216

Nabiyev, V. V. (2012). *Yapay zekâ: insan-bilgisayar etkileşimi*. Seçkin Yayıncılık.

Okutmuş, E. (2024). Endüstri 4.0 alt bileşenleri kapsamında maliyet muhasebesinin geleceği üzerine kavramsal bir inceleme. *Journal of History School*, (XLIII), 1696-1717. http://dx.doi.org/10.29228/joh.39417

Okutmuş, E. & Ergül, A. (2015). Konaklama işletmelerinde hedef maliyetleme, değer analizi ve kaizen maliyetleme yöntemlerinin birlikte uygulanabilirliğine ilişkin bir araştırma. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 65, 97-116. https://doi.org/10.25095/mufad.396519

Okwu, M. O., Tartibu, L. & Machesa, M. (2020). Fourth industrial revolution and sustainable impact in autonomous fleets for effective supply chain network in manufacturing systems. *In Proceedings of the 31th Annual Conference of Southern African Institute for Industrial Engineering,* 5-7.

O'Leary, D. E. (2013). Big data the internet of things and the internet of signs. *Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management*, *20*(1), 53-65. https://doi.org/10.1002/isaf.1336

Ong, S. K., Yuan, M. L. & Nee, A. Y. (2008). Augmented reality applications in manufacturing: A survey. *International Journal of Production Research*, *46*(10), 2707-2742. https://doi.org/10.1080/00207540601064773

Ongun, M. T. (1991). *Sanayileşme ve uluslararası ekonomik ilişkiler*. Gazi Üniversitesi.

Öksüz, M. K., Öner, M. & Öner, S. C. (2017 Eylül). Yalın üretim tekniklerinin endüstri 4.0 perspektifinden değerlendirilmesi. *Uluslararası Bölgesel Kalkınma Konferansı.*

Özbey, Ö. (2024). *Endüstri 4.0 ve Malatya organize sanayi bölgesi uygulanabilirlik araştırması* (Tez No.874781). [Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinildi.

Özçelik, M., Dikmen, B. B. & Deran, A. (2022). Nesnelerin interneti teknolojisinin muhasebe ve denetim sürecine etkisi ve muhtemel riskler. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, *14*(2), 1544-1563.

Özgülbaş, N. & Tarcan, M. (2013). *Sağlık kurumlarında maliyet yönetimi.* Eskişehir: T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını. 2865.

Özkan, M., Al, A. & 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). https://doi.org/10.14782/ipsus. 460135

Özpeynirci, R. & Şirin, H. (2018). Endüstriyel makine imalatı yapan işletmelerde maliyet sisteminin oluşturulması ve bir uygulama. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 20*(35), 59-71.

Philbeck, T. & Davis, N. (2018). The fourth industrial revolution. *Journal of International Affairs*, *72*(1), 17-22.

Prates, G. A. (2014). Métodos de custeıo-alvo (target costıng) e kaızen (kaızen costıng) apoıado por qfd (qualıty functıon deployment) como ferramentas para redução de custos no desenvolvımento de produtos e na produção. *Nucleus (16786602)*, *11*(1), 7-20. https://doi.org/10.3738/1982.2278.982

PwC. (2018). Blockchain in business: A survey of German companies. *PwC Global Reports.*

Qin, J., Liu, Y. & Grosvenor, R. (2016). A categorical framework of manufacturing for industry 4.0 and beyond. *Procedia cirp*, *52*, 173-178. https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.08.005

Qiu, F. (2016). Overall framework design of an ıntelligent dynamic accounting ınformation platform based on the ınternet of things. *International Journal of Online Engineering*, *12*(5), 14-16. https://doi.org/10.3991/ijoe.v12i05.5728

Ramlukan, R. (2015). How big data and analytıcs are transformıng the audıt. *Financial Executive*. 9, 9-12.

Rho, S. , Vasilakos, A. V. & Chen, W. (2016). Cyber physical systems technologies and applications. *Future Generation Computer Systems*, *56*, 436-437. https://doi.org/10.1016/j.future.2015.10.019

Rifkin, J. (2011). *The third industrial revolution: how lateral power is transforming energy the economy, and the world*. Macmillan Publishers.

Roblek, V., Meško, M. & Krapež, A. (2016). A complex view of industry 4.0. *Sage Open, 6*(2), 1-11. https://doi.org/10.1177/2158244016653987

Rosen, W. (2012). *The most powerful idea in the world: A story of steam, industry and invention*. University of Chicago Press.

Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P. & Harnisch, M. (2015, April). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. *Boston consulting group*, *9*(1), 54-89.

Sakarya, E. & Aral, Y. (2008). Hayvancılık işletmelerinde maliyeti oluşturan masraf unsurları ve et sanayi işletmelerinde safha maliyet sistemi. *Verimlilik Dergisi*, 3, 115-134.

Schwab, K. (2018). *Dördüncü sanayi devrimi* (çev: Dicleli, Z.). Optimist. İstanbul. (Orijinal çalışma 2017'de yayımlanmıştır).

Sciencesouerce (2025). 25 Şubat 2025 tarihinde https://www.sciencesource.com/ adresinden erişildi.

Selimoğlu, S. K. Aslan, Ü. & Güvemli, B. (2009). 12. dünya muhasebe tarihi kongresinde sunulan Türk akademisyenler ve uygulamacıların bildirileri: bir literatür incelemesi. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 42, 217-228.

Serinikli, N. (2018). Endüstri 4.0'ın özel, kamu ve kooperatif sektörlerine etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. (Endüstri 4.0 ve Örgütsel Değişim Özel Sayısı),* 3, 1607-1621.

Sharma, A. & Singh, B. J. (2020). Evolution of industrial revolutions: A review. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, *9*(11), 66-73.

Sharma, P. (2025). The transformative role of blockchain technology in management accounting and auditing: A strategic and empirical analysis. *Journal of Information Systems Engineering and Management*, *10*, 197-210.

SIEMENS. (2015). *Endüstri 4.0 yolunda.* 21 Şubat 2025 tarihinde https://www.slideshare.net/slideshow/endustri-40-siemens/71519380 adresinden erişildi.

Silverman, D. (2016). Introducing qualitative research. *Qualitative research*, *3*(3), 14-25.

SİSKON (2016). 18 Nisan 2025 tarihinde https://www.siskon.com.tr/haberler/endustri-4.0ileilgilikavramlarveaciklamalari/#:~:text=Ulusal%20Bilim%20Kurumu%20(The%20National,karma%20teknoloji%20taraf%C4%B1ndan%20y%C3%B6neti ldi%C4%9Fi%20sistemlerdir adresinden erişildi.

Ślusarczyk, B. (2018). Industry 4.0: Are we ready?. *Polish Journal of Management Studies*, *17*(1), 232-248. https://doi.org/10.17512/pjms. 2018.17.1.19

Smith, B. L. (2001). The third industrial revolution: Policymaking for the Internet. *Science and Technology Law Review, 3*, 1.

Sommer, L. (2015). Industrial revolution industry 4.0: Are german manufacturing SMEs the first victims of this revolution? *Journal of Industrial Engineering and Management*, *8*(5), 1512-1532. https://doi.org/10.3926/jiem.1470

Somyürek, S. (2014). Öğretim sürecinde z kuşağının dikkatini çekme: Artırılmış gerçeklik. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, *4*(1), 63-80. https://doi.org/10.17943/etku.88319

Sözlük (2025). 20 Aralık 2024 tarihinde https://www.fransizcasozluk.net/ adresinden erişildi.

Stawiarska, E., Szwajca, D., Matusek, M. & Wolniak, R. (2021). Diagnosis of the maturity level of implementing Industry 4.0 solutions in selected functional areas of management of automotive companies in Poland. *Sustainability*, *13*(9), 4867. https://doi.org/10.3390/su13094867

Strandhagen, J. O., Vallandingham, L. R., Fragapane, G., Strandhagen, J. W., Stangeland, A. B. H. & Sharma, N. (2017). Logistics 4.0 and emerging sustainable business models. *Advances in Manufacturing*, *5*, 359-369.

Şahin, K. & Turan, B. O. (2018). Üç boyutlu yazıcı teknolojilerinin karşılaştırmalı analizi. *Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, *2*(2), 97-116.

Şakrak, M. (1997). *Maliyet yönetimi: Maliyet ve yönetim muhasebesinde yeni yaklaşımlar.* Yasa Yayınları.

Şekkeli, Z. H. & Bakan, İ. (2018). Endüstri 4.0'ın etkisiyle lojistik 4.0. *Journal of Life Economics, 5*(2), 17-36.

Taş, H. Y. (2018), Dördüncü sanayi devriminin (endüstri 4.0) çalışma hayatına ve istihdama muhtemel etkileri, *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi, 9*(16), 1819-1836. https://doi.org/10.26466/opus. 479123

TDK (2025). 14 Ocak 2025 tarihinde https://sozluk.gov.tr/ adresinden erişildi.

TECHINSIDE (2024). 25 Şubat 2025 tarihinde https://www.techinside.com/tofas-ve-vodafone-endustri-4-0-icin-birlesti-dijital-donusum/ adresinden erişildi.

Thehenryford (2025). 25 Şubat 2025 tarihinde https://www.thehenryford.org/collections-and-research/digital-collections/sets/7145 adresinden erişildi.

Tekbaş, İ. (2019). *Muhasebenin dijital dönüşümü ve mali mühendislik*. Ceres Yayınları.

Tekin, H. H. & Tekin, H. (2006). Nitel araştırma yönteminin bir veri toplama tekniği olarak derinlemesine görüşme. *İstanbul University Journal of Sociology*, *3*(13), 101-116.

Terzi, A. (2021). Endüstri 4.0 sürecinde üretim maliyetlerinde meydana gelmesi beklenen etkileri üzerine bir inceleme. *Journal of Accounting and Taxation Studies*, *14*(2), 837-872. https://doi.org/10.29067/muvu.852880

Tiftik, C. & Bumin Doyduk, H. B. (2017). Nesnelerin interneti: Kapsamı, gelecek yönelimi ve iş fırsatları. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi, 52*(3),127-147

Tinmaz, H. (2020). *History of industrial revolutions: From homo sapiens hunters to bitcoin hunters. In Blockchain Technology for Industry 4.0: Secure, Decentralized, Distributed and Trusted Industry Environment.* Springer Singapore. 1-26.

TOBB (2016). *Akıllı fabrikalar geliyor.* https://haber.tobb.org.tr/ekonomikforum/2016/259/016_027.pdf

Tonga, M. Y. & Tonga, M. (2022). Endüstri 4.0'a genel bir bakış: Sanayinin geleceği. *İslahiye İİBF Uluslararası E-Dergi*, *6*(6), 40-60.

TOYOTA (2025). 01 Şubat 2025 tarihinde https://www.toyota-europe.com/about-us/toyota-vision-and-philosophy/toyota-production-system adresinden erişildi.

Turkchem (2025). 7 Mart 2025 tarihinde https://turkchem.net/mercedesbenz-arge.html adresinden erişildi.

TÜSİAD & BCG (2016). *Türkiye'nin küresel rekabetçiliği için bir gereklilik olarak sanayi 4.0: Gelişmekte olan ekonomi perspektifi.* TÜSİAD. İstanbul. http://www.tusiad.org/indir/2016/sanayi-40.pdf

Ulusoy, E. (2019). *Türkiye'de endüstri 4.0'ın otomotiv sektörüne yansımaları üzerine bir araştırma* (Tez No.551027). [Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden edinildi.

Ulusoy, G. (2018). İmalat sektöründe endüstri 4.0 dönüşümü çabaları: Bazı gözlemler. *İktisat ve Toplum*, *8*(92), 121-123.

Uragun, M. (1993). *Maliyet muhasebesi ve mali tablolar*. Yetkin Basımevi.

Uygunoğlu, T., Özgüven, S. & Topçu, İ. B. (2019). 3D teknolojisi ile yapı malzemesi üretimindeki gelişmeler. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, *3*(3), 279-288.

Valentinetti, D. & Muñoz, F. F. (2021). Internet of things: Emerging impacts on digital reporting. *Journal of Business Research*, *131*, 549-562. https://doi.org/10.1016/j.jbusres. 2021.01.056

Villa, A. & Taurino, T. (2013). From JIT to seru, for a production as lean as possible. *Procedia Engineering*, *63*, 956-965. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.08.172

Vogel-Heuser, B. & Hess, D. (2016). Guest editorial Industry 4.0 prerequisites and visions. *IEEE Transactions on automation Science and Engineering*, *13*(2), 411-413. https://doi.org/10.1109/TASE.2016.2523639

Von Tunzelmann, N. (2003). Historical coevolution of governance and technology in the industrial revolutions. *Structural Change and Economic Dynamics*, *14*(4), 365-384. https://doi.org/10.1016/S0954-349X(03)00029-8

Wagire, A. A. & Kulkarni, R. (2025). Examining the impact of industry 4.0 technologies on industrial performance of manufacturing organisations in India: An empirical

study. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, *38*(3), 289-308. https://doi.org/10.1080/0951192X.2024.2333026

Ward, J. T. (1970). *The Factory System: Volume I- Birth and Growth*. David & Charles.

WEF (2025). 01 Şubat 2025 tarihinde https://www.weforum.org/stories/2015/08/how-will-augmented-reality-change-work/ adresinden erişildi.

Wikipedi (2025). 10 Mart 2025 tarihinde https://tr.wikipedia.org/wiki/Karel_%C4%8Capek adresinden erişildi.

Wikipedi (2025). 10 Mart 2025 tarihinde https://en.wikipedia.org/wiki/Watt_steam_engine adresinden erişildi.

Wu, D., Choi, Y. & Li, J. (2020). Application of stochastic linear programming in managerial accounting: Scenario analysis approach. *International Journal of Accounting ve Information Management*, *28*(1), 184-204.

Yazıcı, A. (2016). Endüstri 4.0 ve otonom robotlar. *Elektrik Mühendisleri Odası Dergisi,* 4, 38-39. https://www.emo.org.tr/ekler/91f2bb2a057879e_ek.pdf

Yıldırım Söylemez, E. (2020). *Farklı perspektiflerden endüstri 4.0 yazıları I* (1. Baskı). Gazi Kitapevi.

Yıldız, A. (2018). Endüstri 4.0 ve akıllı fabrikalar. *Sakarya University Journal of Science*, *22*(2), 546-556. https://doi.org/10.16984/saufenbilder.321957

Yıldız, M. S. , Yıldırım, Y. & Kesici, B. (2021). Düzce bölgesindeki firmaların endüstri 4.0 yaklaşımı. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 20*(80), 1773-1797.

Yılmaz, H. & Öncel, A. (2023). Endüstri 4.0 kapsamında akıllı fabrikalar ve çalışma ilişkileri üzerindeki etkileri. *Sakarya İktisat Dergisi*, *12*(3), 398-422. https://doi.org/10.17755/esosder.900853

Yılmaz, N. K. & Hazar, H. B. (2019). The rise of internet of things (IoT) and its applications in finance and accounting. *PressAcademia Procedia*, *10*(1), 32-35.

Yılmaz, Ü. & Duman, B. (2019). Lojistik 4.0 kavramına genel bir bakış: Geçmişten bugüne gelişim ve değişimi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, *4*(1), 186-200. https://doi.org/10.33905/bseusbed.465962

Yiğitol, B., Güleş, H. K. & Sarı, T. (2020). Endüstri 4.0 dönüşüm sürecinde, KOBİ'lerin teknoloji seviyelerinin belirlenmesi: Konya imalat sanayi örneği. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, *32*(3), 320-332. https://doi.org/10.7240/jeps. 665375

Yin, Y., Stecke, K. E. & Li, D. (2018). The evolution of production systems from industry 2.0 through industry 4.0. *International Journal of Production Research*, *56*(1-2), 848-861. https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1403664

Yükçü, S. (2015). *Maliyet muhasebesi* (8. Baskı). Altın Nokta Yayınları.

Yükçü, S. (2015). *UFRS Örnekli, ERP Açıklamalı Yönetim Açısından Maliyet Muhasebesi* (8. Baskı). Altın Nokta Yayınları.

Yükçü, S. & Atağan, G. (2012). 20. Yüzyılın ilk yarısında maliyet muhasebesinin gelişimi. *Muhasebe ve Finans Tarihi Araştırmaları Dergisi*, 2, 39-67.

Yüksel, B. & Ebru, A. (2017). Robot hukuku. *Türkiye Adalet Akademisi Dergisi*, 29, 85-112.

Zhang, D., Lee, E. K., Mak, E. C., Ho, C. Y. & Wong, S. Y. (2021). Mindfulness-based interventions: An overall review. *British medical bulletin, 138*(1), 41-57. https://doi.org/10.1093/bmb/ldab005

Zheng, T., Ardolino, M., Bacchetti, A. & Perona, M. (2021). The applications of Industry 4.0 technologies in manufacturing context: A systematic literature review. *International journal of production research*, *59*(6), 1922-1954. https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1824085

TEZ İNTİHAL RAPORU

Maliyet ve Yönetim Muhasebesi Bağlamında Endüstri 4.0 Farkındalığı: Borsa İstanbul'da İşlem Gören İmalat Sektöründeki İşletmeler Üzerine Bir Araştırma

by Ümit Nusret Salman

Submission date: 04-Jul-2025 11:17AM (UTC+0300)
Submission ID: 2691244703
File name: M_T_NUSRET_SALMAN_-_DOKTORA_TEZ.docx (3.22M)
Word count: 41898
Character count: 314373

99	www.trakyaflashaber.com Internet Source	<1 %
100	Çevik, Damla. "Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisinin Seri ve Kesikli Üretim Sistemleri Üzerine Etkisi", Sakarya Universitesi (Turkey), 2022 Publication	<1 %
101	Ünsal, Nazlı. "Bir Üretim Işletmesinde Dijital Dönüşüm Uygulaması", Balikesir University (Turkey), 2024 Publication	<1 %
102	Balcı, Tarık. "Akran Öğretim Modelinin Öğretim Stilleri Bilgi Düzeyi, Pedagojik Inanç ve Mikro Öğretim Uygulamalarına Etkisi: Beden Eğitimi Öğretmen Adaylarına Yönelik Çalışma", Balikesir University (Turkey), 2024 Publication	<1 %
103	Seyhan, Cagla. "Lojistik 4.0: Endustri 4.0'in Lojistik sektorune uyarlanmasi uzerine Bir arastirma", Marmara Universitesi (Turkey), 2020 Publication	<1 %

Exclude quotes	Off	Exclude matches	< 7 words
Exclude bibliography	Off		

Maliyet ve Yönetim Muhasebesi Bağlamında Endüstri 4.0 Farkındalığı: Borsa İstanbul'da İşlem Gören İmalat Sektöründeki İşletmeler Üzerine Bir Araştırma

ORIGINALITY REPORT

5%	4%	3%	1%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	acikbilim.yok.gov.tr Internet Source	<1%
2	dergipark.org.tr Internet Source	<1%
3	hdl.handle.net Internet Source	<1%
4	Özbey, Özge. "Endüstri 4.0 ve Malatya Organize Sanayi Bölgesi Uygulanabilirlik Arastirmasi.", Balikesir University (Turkey), 2024 Publication	<1%
5	www.researchgate.net Internet Source	<1%
6	www.egitimyayinevi.com Internet Source	<1%
7	t24.com.tr Internet Source	<1%
8	www.gecekitapligi.com Internet Source	<1%
9	otomasyondergisi.com.tr Internet Source	<1%
10	Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Student Paper	<1%

ETİK KURUL ONAYI

Bu çalışma için Etik Kurul onayı Kayseri Üniversitesi Etik Kurulu'nun 21.11.2024 tarihli ve 160/2024 numaralı kararı ile alınmıştır.

Evrak Tarih ve Sayısı: 28.11.2024-E.118937

T.C.
KAYSERİ ÜNİVERSİTESİ
ETİK KURULU
PROJE ONAY FORMU

Form No : 118937

Form Tarihi : 21.11.2024

Etik Kurul Form No:	160/2024
Projenin Adı	MALİYET VE YÖNETİM MUHASEBESİ BAĞLAMINDA ENDÜSTRİ 4.0 FARKINDALIĞI: BORSA İSTANBUL'DA İŞLEM GÖREN İMALAT SEKTÖRÜNDEKİ İŞLETMELER ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA
Projenin Niteliği	Yüksek Lisans/Uzmanlık/Doktora Tezi
Proje Araştırmacıları	Ümit Nusret SELMAN
Sorumlu Araştırmacının Haberleşme Bilgileri	

KARAR:

Etik Kurulumuza başvuran Ümit Nusret SELMAN 'ın **"**MALİYET VE YÖNETİM MUHASEBESİ BAĞLAMINDA ENDÜSTRİ 4.0 FARKINDALIĞI: BORSA İSTANBUL'DA İŞLEM GÖREN İMALAT SEKTÖRÜNDEKİ İŞLETMELER ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**"** adlı Çalışması değerlendirilerek aşağıdaki sonuca ulaşılmıştır.

- **Proje etik açıdan uygun bulunmuştur.**

GÖREVİ	AD SOYAD / İMZA
Etik Kurul Başkanı	Doç.Dr. Seçkin ARSLAN Komisyon Başkanı V.e-imzalıdır
Üye	Doç.Dr. Rıdvan KARABULUT Öğretim Üyesi e-imzalıdır
Üye	Doç.Dr. Seçkin ARSLAN Öğretim Üyesi e-imzalıdır
Üye	Doç.Dr. Yılmaz DELİCE Öğretim Üyesi e-imzalıdır
Üye	Doç.Dr. Recep Sinan ARSLAN Öğretim Üyesi e-imzalıdır
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Nihat YILMAZ Öğretim Üyesi e-imzalıdır
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Banu ULU Öğretim Üyesi e-imzalıdır

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**Ümit Nusret SALMAN**

EĞİTİM BİLGİLERİ

Derece	**Kurum**	**Mezuniyet Yılı**
Lisans	Erciyes Üniversitesi, İİBF, İşletme	2016
Yüksek Lisans	Kayseri Üniversitesi, Muhasebe ve Finans Yönetimi	2019



Uygulama ve Proje Odaklı, İş Dünyası ile Bütünleşen Üniversite