

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MÜHENDİSLİK VE TEKNOLOĞİ YÖNETİMİ TEZLİ YÜKSEK
LİSANS PROGRAMI**

**TÜRKİYE'DE ENDÜSTRİ 4.0: ORTA YÜKSEK VE YÜKSEK
TEKNOLOĞİ DÜZEYİNDE FAALİYET GÖSTEREN İMALATÇI
KOBİ'LER İÇİN BİR YOL HARİTASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN

KAMİL AKPINAR

ANKARA - 2020

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MÜHENDİSLİK VE TEKNOLOĞİ YÖNETİMİ TEZLİ YÜKSEK
LİSANS PROGRAMI**

**TÜRKİYE'DE ENDÜSTRİ 4.0: ORTA YÜKSEK VE YÜKSEK
TEKNOLOĞİ DÜZEYİNDE FAALİYET GÖSTEREN İMALATÇI
KOBİ'LER İÇİN BİR YOL HARİTASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN

KAMİL AKPINAR

TEZ DANIŞMANI

PROF. DR. BERNA DENGİZ

ANKARA - 2020

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Mühendislik ve Teknoloji Tezli Yüksek Lisans Programı çerçevesinde Kamil AKPINAR tarafından hazırlanan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 30/01/2020

Tez Adı: Türkiye'de Endüstri 4.0: Orta Yüksek Ve Yüksek Teknoloji Düzeyinde Faaliyet Gösteren İmalatçı KOBİ'ler İçin Bir Yol Haritası

Tez Jüri Üyeleri

İmza

Başkan, Prof. Dr. Mehmet KABAK, Gazi Üniversitesi



Üye (Danışman), Prof. Dr. Berna DENGİZ, Başkent Üniversitesi



Üye, Doç. Dr. Yusuf Tansel İÇ, Başkent Üniversitesi



ONAY

Prof. Dr. Ömer Faruk ELALDI
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Tarih: ... / ... /

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 10/02/2020

Öğrencinin Adı, Soyadı: Kamil AKPINAR

Öğrencinin Numarası: 21710333

Anabilim Dalı: Endüstri Mühendisliği

Programı: Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı: Prof. Dr. Berna DENGİZ

Tez Başlığı: Türkiye'de Endüstri 4.0: Orta Yüksek ve Yüksek Teknoloji Düzeyinde Faaliyet Gösteren İmalatçı KOBİ'ler İçin Bir Yol Haritası

Yukarıda başlığı belirtilen Yüksek Lisans tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam 159 sayfalık kısmına ilişkin, 10 / 02 / 2020 tarihinde şahsım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %5'tir.

Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

“Başkent Üniversitesi Enstitüleri Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Usul ve Esaslarını” inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.



Onay

10 / 02 / 2020

Prof. Dr. Berna DENGİZ



TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmamın gerçekleştirilmesinde destek ve katkılarıyla bana yol gösteren danışmanım Sayın Prof. Dr. Berna DENGİZ'e,

Verilerin toplanması ve çalışmama sağladığı görüş ve önerilerden dolayı Sayın Zeynep ÇOLAKOĞLU'na,

Çeşitli konularda bilgi ve tecrübesiyle çalışmama katkı sunan Sayın Ayşe BAYRAK'a,

Ankete vermiş oldukları katkılardan dolayı Sayın Hasan ÖLMEZ'e ve Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Dördüncü Sanayi Devrimi Dairesi Başkanlığı personeline,

Ankete katkı sağlayan tüm KOBİ'lere,

Sevgi ve saygı kelimelerini benimseyerek beni bu yaşa getiren değerli anne ve babama,

Her zaman olduğu gibi tez çalışmam süresince de yanımda olan ve beni destekleyerek yardımlarını eksik etmeyen çok değerli eşim Seda'ya sonsuz teőkükür ederim.

ÖZET

Kamil AKPINAR

TÜRKİYE'DE ENDÜSTRİ 4.0: ORTA YÜKSEK VE YÜKSEK TEKNOLOJİ DÜZEYİNDE FAALİYET GÖSTEREN İMALATÇI KOBİ'LER İÇİN BİR YOL HARİTASI

Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

2020

Günümüz dijital dönüşüm çağında teknolojik gelişmelerin sağlık, eğlence, tarım, eğitim gibi hayatın her alanında etkinliği artmakta ve yeni bir dönüşüm meydana gelmektedir. Son yıllarda Endüstri 4.0 adı ile anılan bu gelişmeler, işletmelere verimlilikten esnek üretime, maliyetlerin azaltılmasından kapasitenin artırılmasına kadar çeşitli alanlarda fayda sağlamaktadır.

Ülkemizdeki işletmelerin %99'unu oluşturan küçük ve orta büyüklükte işletme (KOBİ)'ler, gelecekte Endüstri 4.0'ın teknolojilerinden ve uygulamalarından en büyük faydalanıcı olmaya adaydır. Bu nedenle çalışma kapsamında ülkemizdeki orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyinde ve imalat sektöründe faaliyet gösteren KOBİ'lerin endüstri 4.0 farkındalık ve bilgi seviyesi araştırılmıştır.

Ayrıca; dördüncü sanayi devrimi kapsamında işletmelerin karşılaştığı zorluklar, endüstri 4.0 olgunluk seviyeleri, endüstri 4.0'a ait teknolojilerin ve uygulamaların kullanım düzeyleri, yeni sanayi devriminden beklentileri ve uygulama yapan KOBİ'lerin elde etmiş olduğu katkılar ortaya konmuştur. Buna ek olarak, ilişki analizleri ile araştırmanın amaçlarına etki eden hususlar istatistiki açıdan ele alınmış ve ortaya çıkan ilişkiler yorumlanmıştır.

Türkiye'yi kapsayan araştırma çerçevesinde anket yöntemiyle 391 işletmeye ulaşılmıştır. Sonuçlara göre, KOBİ'lerin endüstri 4.0 farkındalık ve bilgi seviyesinin orta veya zayıf derecede olduğu belirlenmiştir.

İşletmenin teknolojik alt yapısı ile çalışan bilgi ve yetenek eksikliği, yüksek uygulama maliyetleri ile ekonomik faydanın tam olarak net olmayışı ve çekinceler işletmelerin dördüncü sanayi devrimi konusunda karşılaştığı zorlukların başında gelmektedir. Ayrıca, ülkemizdeki söz konusu teknoloji düzeyindeki KOBİ'lerin endüstri 4.0 olgunluk seviyesi 5 üzerinden yaklaşık 2,5 olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada, araştırma kapsamında elde edilen sonuçlar ile kaynak taramasından elde edilen sonuçlar bir arada analiz edilerek politika yapıcılara, üniversitelere ve sanayi sektörüne öneriler sunulmuştur.

ANAHTAR KELİMELEER: Endüstri 4.0, KOBİ, İmalat Sanayi, Orta Yüksek ve Yüksek Teknoloji, Farkındalık Analizi, Dördüncü Sanayi Devrimi.

ABSTRACT

Kamil AKPINAR

**INDUSTRY 4.0 IN TURKEY: A ROADMAP FOR MANUFACTURER SMES
OPERATING AT THE MEDIUM HIGH AND HIGH TECHNOLOGY LEVEL**

Baskent University Institute of Science

Industrial Engineering Department

2020

In digital transformation era, the effectiveness of technological developments in every field of life such as health, agriculture and education is increasing and a new transformation is taking place. These developments, known as Industry 4.0, provide benefits to businesses in various fields from efficiency to flexible production, from reducing costs to increasing capacity.

SMEs are candidates to become the biggest beneficiaries of the technologies and applications of Industry 4.0 in the future. For this reason, the industry 4.0 awareness and knowledge level of SMEs operating in the medium-high and high technology level in the manufacturing sector in our country was investigated. Also; as part of the fourth industrial revolution, the challenges faced by enterprises, the levels of industry 4.0 maturity, the usage levels of technologies and applications of industry 4.0, the expectations from the new industrial revolution, and the contributions of SMEs that have applied.

Within the framework of research, it has reached 391 company using the survey method. Industry 4.0 awareness and knowledge level of SMEs is medium or low. The lack of knowledge and talent working with the technological infrastructure of the enterprise, high implementation costs, the uncertainty of economic benefits and reservations are the main challenges faced by the enterprises. In addition, it has been determined that the SMEs are approximately 2,5 out of industry 4.0 maturity level of 5. In this study, the results obtained from the research and the literature review were analyzed together and recommendations were made to policy makers, universities and industry sector.

KEYWORDS: Industry 4.0, SME, Manufacturing Industry, Medium High and High Technology, Awareness Analysis, Fourth Industrial Revolution.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KOBİ KAVRAMI VE ORTA-YÜKSEK VE YÜKSEK TEKNOLOJİ DÜZEYİNDE FAALİYET GÖSTEREN KOBİ'LER.....	4
2.1. KOBİ Tanımı	4
2.1.1. Türkiye'de KOBİ tanımı	4
2.1.2. AB'de ve çeşitli ülkelerde kullanılan KOBİ tanımı.....	5
2.2. KOBİ'lerin Önemi.....	6
2.3. Orta Yüksek ve Yüksek Teknoloji Düzeyinde Faaliyet Gösteren İmalatçı KOBİ'ler.....	8
3. ENDÜSTRİ DEVRİMLERİ VE 4.0 KAVRAMI	11
3.1. Endüstri 1.0	12
3.2. Endüstri 2.0	14
3.3. Endüstri 3.0	16
3.4. Endüstri 4.0	19
3.5. Endüstri 4.0 Teknolojileri.....	25
3.5.1. Arttırılmış ve sanal gerçeklik	25
3.5.2. Bulut bilişim.....	28
3.5.3. Büyük veri.....	31
3.5.4. Eklemeli imalat	35
3.5.5. Nesnelerin interneti	39
3.5.6. Otonom robotlar	42
3.5.7. Siber güvenlik	45
3.5.8. Yapay zeka	48
3.5.9. Yatay ve dikey entegrasyon	51
3.6. Dünyada Endüstri 4.0	53

3.7. Türkiye’de Endüstri 4.0	59
4. ORTA–YÜKSEK VE YÜKSEK TEKNOLOJİ DÜZEYİNDE FAALİYET GÖSTEREN KOBİ’LERE YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA.....	71
4.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi	71
4.2. Araştırma Kapsamı ve Sınırları.....	72
4.3. Araştırmanın Yöntemi	73
4.4. Anket Uygulaması	73
4.4.1. Anket probleminin tanımlanması	74
4.4.2. Ankete ait madde (soru) yazma	74
4.4.3. Uzman görüşü alma.....	76
4.4.4. Ön uygulama ve ankete son halinin verilmesi	78
4.5. Evren ve Örneklem Büyüklüğünün Belirlenmesi.....	80
4.6. Anket Sonuçlarının İncelenmesi	80
4.6.1. Ankete ait güvenilirlik analizi	81
4.6.2. Ankete ait betimleyici analizlerinin incelenmesi	81
4.6.3. Ankete ait ilişki analizlerinin incelenmesi.....	102
4.6.3.1. Endüstri 4.0 farkındalık ve bilgi düzeyine yönelik ilişki analizleri	103
4.6.3.2. Endüstri 4.0 kapsamında üniversiteyle birlikte çalışma yapılmasına yönelik ilişki analizleri.....	106
4.6.3.3. Desteklere ait bilgi ve farkındalık düzeyine yönelik ilişki analizleri	108
4.6.3.4. Üretimde çalışan ile makine arası bağlantı teknolojilerine yönelik ilişki analizleri	110
4.6.3.5. Verinin kullanım amacına yönelik ilişki analizleri.....	112
4.6.3.6. Gerçek zamanlı veri takibine yönelik ilişki analizleri.....	114
4.6.3.7. Veri güvenliğine yönelik ilişki analizleri	115
4.6.3.8. Endüstri 4.0 kapsamında stratejik plan veya yol haritasına yönelik ilişki analizleri	117
4.6.3.9. Çalışanların yeni teknolojilere bakış açılarına yönelik ilişki analizleri	118
4.6.4. Ankete ait olgunluk seviyesi analizlerinin incelenmesi	119
4.6.5. Ankete ilişkin bulgular ve tartışma	129
4.6.5.1. İşletme içerisindeki yatırım alanlarının karşılaştırılması.....	129

4.6.5.2. İşletme içerisindeki ERP, CRM ve MES gibi program kullanımlarının karşılaştırılması	131
4.6.5.3. İşletmelerin üniversitelerle iş birliği yapma durumlarının karşılaştırılması	131
4.6.5.4. İşletmelerin endüstri 4.0 bilgi ve farkındalık seviyelerinin karşılaştırılması	132
4.6.5.5. İşletmelerin endüstri 4.0 kapsamında yaşadığı zorlukların karşılaştırılması	133
4.6.5.6. Üretimde bilgi ve iletişim teknolojileri alt yapısı ile çalışan ve makine arasındaki bağlantı teknolojilerinin karşılaştırılması	137
4.6.5.7. İşletmelerdeki veri kullanımı, veri analizi ve gerçek zamanlı veri takibi seviyelerinin karşılaştırılması	138
4.6.5.8. İşletmelerdeki endüstri 4.0 stratejik plan ve yol haritası bulunma durumlarının karşılaştırılması.....	139
4.6.5.9. Üretim süreçlerinde kullanılan teknolojilerin karşılaştırılması	140
4.6.5.10. Endüstri 4.0'ın sağladığı veya sağlayacağı faydaların karşılaştırılması	142
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	145
KAYNAKLAR.....	160
EKLER	
EK 1: Anket Formu	

TABLULAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Ülkemizde KOBİ sınıflandırması.....	5
Tablo 2.2. AB'deki KOBİ sınıflandırması	5
Tablo 2.3. Almanya'daki KOBİ sınıflandırması	6
Tablo 2.4. Orta-yüksek ve yüksek teknoloji sınıflandırması.....	9
Tablo 2.5. İmalat sanayi üretiminde uluslararası karşılaştırma	10
Tablo 3.1. Ülkelerin sanayi üretimindeki payları	15
Tablo 3.2. Dijital Türkiye yol haritası bileşen ve eylemleri	63
Tablo 3.3. 2023 sanayi ve teknoloji stratejisi hedefleri.....	65
Tablo 3.4. Seçilmiş ülkelerdeki 2018 yılına ait patent sayıları	68
Tablo 3.5. Seçilmiş ülkelerin 2019 yılı küresel inovasyon endeks sıralamaları	69
Tablo 4.1. Endüstri 4.0 olgunluk boyutları ve ilgili sorular	76
Tablo 4.2. Soru 11 ve soru 17 arasındaki ilişki analizi sonuçları.....	103
Tablo 4.3. Soru 12 ve soru 17 arasındaki ilişki analizi sonuçları.....	104
Tablo 4.4. Soru 13 ve soru 17 arasındaki ilişki analizi sonuçları.....	105
Tablo 4.5. Soru 14.1 ve soru 17 arasındaki ilişki analizi sonuçları.....	105
Tablo 4.6. Soru 15 ve soru 17 arasındaki ilişki analizi sonuçları.....	106
Tablo 4.7. Soru 7 ve soru 19 arasındaki ilişki analizi sonuçları.....	106
Tablo 4.8. Soru 14.1 ve soru 19 arasındaki ilişki analizi sonuçları.....	107
Tablo 4.9. Soru 14.3 ve soru 19 arasındaki ilişki analizi sonuçları.....	108
Tablo 4.10. Soru 14.1 ve soru 20 arasındaki ilişki analizi sonuçları.....	108
Tablo 4.11. Soru 14.3 ve soru 20 arasındaki ilişki analizi sonuçları.....	109
Tablo 4.12. Soru 14.5 ve soru 20 arasındaki ilişki analizi sonuçları.....	110
Tablo 4.13. Soru 17 ve soru 20 arasındaki ilişki analizi sonuçları.....	110
Tablo 4.14. Soru 7 ve soru 25.1 arasındaki ilişki analizi sonuçları.....	111
Tablo 4.15. Soru 12 ve soru 25.1 arasındaki ilişki analizi sonuçları.....	111
Tablo 4.16. Soru 17 ve soru 25.4 arasındaki ilişki analizi sonuçları.....	112
Tablo 4.17. Soru 7 ve soru 26.1 arasındaki ilişki analizi sonuçları.....	112
Tablo 4.18. Soru 14.4 ve soru 26.1 arasındaki ilişki analizi sonuçları.....	113
Tablo 4.19. Soru 19 ve soru 26.1 arasındaki ilişki analizi sonuçları.....	113
Tablo 4.20. Soru 11 ve soru 27 arasındaki ilişki analizi sonuçları.....	114
Tablo 4.21. Soru 19 ve soru 27 arasındaki ilişki analizi sonuçları.....	115
Tablo 4.22. Soru 7 ve soru 28 arasındaki ilişki analizi sonuçları.....	115

Tablo 4.23. Soru 11 ve soru 28 arasındaki ilişki analizi sonuçları.....	116
Tablo 4.24. Soru 12 ve soru 28 arasındaki ilişki analizi sonuçları.....	116
Tablo 4.25. Soru 17 ve soru 28 arasındaki ilişki analizi sonuçları.....	117
Tablo 4.26. Soru 17 ve soru 29 arasındaki ilişki analizi sonuçları.....	118
Tablo 4.27. Soru 22 ve soru 37 arasındaki ilişki analizi sonuçları.....	118

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Orta-yüksek ve yüksek teknolojik ürün üretiminin toplam sanayi üretimine oranı	10
Şekil 3.1. Endüstri devrimleri.....	12
Şekil 3.2. İmalat sektörünün gelişimi	21
Şekil 3.3. Gerçeklik-sanallık sürekliliği	26
Şekil 3.4. Endüstri 4.0 kavramı google trend sonuçları.....	59
Şekil 3.5. Ülkelerin yıllık ar-ge harcamalarının GSYİH'a oranları	66
Şekil 3.6. Ülkelerin bin çalışan başına düşen araştırmacı sayısı	67
Şekil 3.7. Ülkelerin bin çalışan başına düşen ar-ge personeli sayısı	67
Şekil 4.1. Anket geliştirme süreci.....	74
Şekil 4.2. Soru 3 kapsamında ankete verilen cevaplar	82
Şekil 4.3. Soru 8 kapsamında ankete verilen cevaplar	83
Şekil 4.4. Soru 9 kapsamında ankete verilen cevaplar	84
Şekil 4.5. Soru 14 kapsamında ankete verilen cevaplar	86
Şekil 4.6. Soru 17 ve Soru 18 kapsamında ankete verilen cevaplar	87
Şekil 4.7. Soru 20 ve soru 21 kapsamında ankete verilen cevaplar.....	89
Şekil 4.8. Soru 23 kapsamında ankete verilen cevaplar	90
Şekil 4.9. Soru 26 kapsamında ankete verilen cevaplar	92
Şekil 4.10. Soru 29 kapsamında ankete verilen cevaplar	94
Şekil 4.11. Soru 38 kapsamında ankete verilen cevaplar	96
Şekil 4.12. Soru 41 kapsamında ankete verilen cevaplar	100
Şekil 4.13. Soru 42 kapsamında ankete verilen cevaplar	102
Şekil 4.14. Araştırmaya katılan tüm KOBİ'lerin endüstri 4.0 olgunluk seviyesi.....	120
Şekil 4.15. TGB'de faaliyet gösteren KOBİ'lerin endüstri 4.0 olgunluk seviyesi.....	121
Şekil 4.16. Bilgisayarların, elektronik ve optik ürünlerin imalatını gerçekleştiren KOBİ'lerin endüstri 4.0 olgunluk seviyesi	122
Şekil 4.17. ERP, CRM ve MES benzeri program ve yazılımlarının kullanımına yönelik endüstri 4.0 olgunluk seviyesi	123
Şekil 4.18. KOBİ'lerin girişimcilik ekosistemi ile etkileşimine yönelik endüstri 4.0 olgunluk seviyesi	124
Şekil 4.19. Üniversite ile iş birliği yapılma durumuna yönelik endüstri 4.0 olgunluk seviyesi	125
Şekil 4.20. Üniversite ile endüstri 4.0 kapsamında çalışma yapılma durumuna yönelik endüstri 4.0 olgunluk seviyesi	126

Şekil 4.21. Destekler hakkında bilgi ve farkındalık sahibi olma derecesine göre endüstri 4.0 olgunluk seviyesi	127
Şekil 4.22. İşletmelerdeki çalışan ile makine arasındaki bağlantı teknolojilerine yönelik endüstri 4.0 olgunluk seviyesi	128

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
Ar-Ge	Araştırma ve Geliştirme
BCG	Boston Consulting Group
BDC	Business Development Bank of Canada
BDO	Binder Dijker Otte
BTYK	Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu
CAD	Computer Aided Design
CNC	Computer Numerical Control
CRM	Customer Relationships Management
d	Olayın görülüş sıklığına göre kabul edilen örneklem hatası
ERP	Enterprise Resource Planning
EUROSTAT	European Statistical Office
GSYİH	Gayrisafi Yurt İçi Hasıla
KOBİ	Küçük ve Orta Büyüklükte İşletme
KOSGEB	Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı
MES	Manufacturing Execution Systems
n	Örneklem miktarını
N	Evren büyüklüğünü
NACE	National Association of Corrosion Engineers
NFC	Near Field Communication
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
p	Olayın gerçekleşme olasılığını
PwC	Pricewaterhouse Coopers
q	Olayın gerçekleşmeme olasılığını,
RFID	Radio Frequency Identification Devices
STK	Sivil Toplum Kuruluşu
t	Güven düzeyinin t tablosundaki karşılık gelen değeri
TGB	Teknoloji Geliştirme Bölgesi
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TÜSİAD	Türk Sanayicileri ve İş Adamları Derneği

1. GİRİŞ

Küresel ekonomik krizlerin sonralarında hizmet sektöründe yaşanan güvenin sarsılması ve ekonomik daralmayla birlikte işsizlik oranlarının hızla artması sanayi sektörünün önemini bir kez daha ortaya koymuştur. İmalat sanayinin ekonomik büyümeye katkı sağlayabilmesi için kendisini devamlı yenileyen ve katma değerini arttıran bir yapı içerisinde olması gerekmektedir.

Fortune 500 listesine göre 2005 yılından itibaren firmaların %50'sinden fazlasının faaliyette olmadığı görülmekte olup Goldman Sachs gibi dünya devi finansman kuruluşlarının kendilerini teknoloji geliştirme şirketi olarak tanımlamaya başlaması bu yenileme sürecinin bir sonucudur.

Sürecinin en iyi örneklerinden biri olan Almanya, imalat sektöründeki üretimi tamamıyla otonom bir hale getirerek, işgücünü olabildiğince üretim sürecinden çıkarmayı ve maliyet avantajını tekrardan kendi ülkesine kazandırmayı planlamaktadır. 2011 yılında Almanya'nın ortaya attığı endüstri 4.0 kavramı ile ilgili dönüşüm süreci resmîyet kazanmış ve tüm dünya, bu kavram özelinde kendi strateji ve politikalarını oluşturarak üretim süreçlerindeki rekabet avantajlarını korumaya veya geri kazanmaya yönelik adımlar atmaya başlamıştır.

Küresel boyutta meydana gelen bu değişim kapsamında ülkemizin de içerisinde yer aldığı gelişmekte olan ülkeler kendi alanlarında güçlü oldukları konularda sadece ucuz emek gücüne sahip ülkelerle değil aynı zamanda teknoloji odaklı üretim yapan gelişmiş ülkelerle de çetin bir mücadele içerisine girmiştir.

Bu mücadelenin ana aktörleri olan sanayi kuruluşları küreselleşmenin etkisiyle ticari faaliyetlerini sürdürebilmek için devamlı olarak üretimlerini daha hızlı, esnek ve verimli bir yapıya getirmek zorundadırlar. Ayrıca günümüzde şirketler, kişiselleştirilmiş artan talep, şeffaf iş süreçlerine yönelik istekler ve tam zamanında süreçlere uyumlu yüksek performanslı tedarik zincirleri gibi farklı zorluklarla da karşı karşıya kalmaktadırlar.

Bu zorlukları aşmak için işletmelerin süreçlerini dijital hale getirmesi, yakın zamanda bir şirketin zorunlu bir yeteneği haline gelecek; rekabetçi kalmak ve işletmeyi sürdürülebilir tutmak için pazarın hızında çalışması gerekecektir. Genellikle daha büyük bir değer zincirinin parçası olan küçük ve orta büyüklükte işletme (KOBİ)'ler için de bu konunun önemi gün geçtikçe artmaktadır.

Değişim kapsamında işletmelerin uluslararası arenadaki rekabet edilebilirliğini arttırması açısından maliyetler büyük önem taşımaktadır. Son birkaç yıllık seyirde ülkemizdeki üretim maliyetlerinin diğer ülkelerdeki maliyetler karşısında ciddi bir artış içerisinde olduğu görülmektedir. Bu minvalde ülkemizde faaliyet gösteren işletmeler rekabet ettikleri ülkelerdeki işletmelere nazaran daha hassas bir şekilde maliyetlerinde azalma yaratabilecek konularda çalışmalar yapmak durumundadırlar. Bunun için de verimlilik artışı sağlayacak her türlü husus göz önüne alınarak değerlendirilmelidir.

Üretimin ülke içine taşınması, firma verimliliğinin arttırılması ve müşterilerin taleplerini memnuniyet derecesi yüksek bir şekilde karşılanması endüstri 4.0 olarak adlandırılan nesnelere interneti, siber fiziksel sistemler veya bulut tabanlı üretim gibi yıkıcı teknolojilerin uygulanmasının sunduğu avantajlardan sadece birkaçıdır. Bu nedenle, Endüstri 4.0 hem büyük işletmeler ve hem de KOBİ'ler için bir fırsat ve meydan okumadır ve işletmelerin yönetsel yönünü değiştirmektedir.

Endüstri 4.0; internetin, destekleyici teknolojilerin (örn. Gömülü sistemler), nesnelere, insanın, akıllı makinelerin, üretim hatlarının ve süreçlerin yeni bir akıllı ağ ve çevik bir değer zincirine entegre edilmesi için bir omurga görevi gördüğü son teknolojik gelişmeleri ifade etmektedir.

Türkiye'nin küresel anlamda yaşanan teknolojik dönüşümü ıskalamaması için belirli spesifik alanlar tespit edilmeli ve bu alanlarda somut adımlar atılarak politikalar gerçekleştirilmelidir. Bunun için öncelikli olarak mevcut durum ortaya konmalı ve endüstri 4.0 çerçevesinde farkındalık ve bilgi seviyesi ölçülerek teknolojilerin ve uygulamaların kullanım seviyeleri analiz edilmelidir.

Bu amaçla gerçekleştirilen bu tez çalışması kapsamında ikinci bölümde; KOBİ kavramı, ülkemizdeki KOBİ sınıflandırması, Avrupa Birliği (AB) ve diğer ülkelerdeki KOBİ tanımlamalarındaki farklılıklar ile KOBİ'lerin ekonomik, sosyal ve toplumsal boyuttaki önemi, işletmelerin teknoloji düzeyine göre sınıflandırılması ve orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyinde faaliyet gösteren KOBİ'lerin önemi olarak ele alınmıştır.

Üçüncü bölümde, buhar gücü ve motor kullanımının ortaya çıktığı birinci endüstri devriminden başlanarak fiziksel mekanik sistemlerle elektronik dijital sistemleri bir araya getiren bir dönüşüm olarak karşımıza çıkan dördüncü sanayi devrimine kadar dünyada bugüne kadar yaşanan endüstri devrimlerinden bahsedilmiştir. Ayrıca bu bölüm içerisinde çeşitli ülkelerdeki endüstri 4.0 politika ve uygulamalarına örnekler verilmiş ve ülkemizde bugüne kadar yapılan çalışmalara değinilmiştir.

Dördüncü bölümde ise araştırmanın yöntemi olarak seçilen ankete ilişkin kavramlar, araştırmanın evreni ve örnekleminin nasıl seçildiği, anket sorularının nasıl oluşturulduğu, hangi uzmanlardan görüş alındığı ve ön uygulamaya ilişkin bilgiler verilmiştir.

Dördüncü bölümde ayrıca, orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyinde faaliyet gösteren imalatçı KOBİ'lere yönelik uygulanan ankete ilişkin sonuçlar ele alınmıştır. Betimleyici analizlerin yanı sıra ilişki analizleriyle endüstri 4.0 kapsamındaki farkındalık ve bilgi seviyesinin yanı sıra teknolojik altyapı, üniversite ile sanayi iş birliği, destek ve teşvikler, verinin kullanımı ve analizi ve endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanılma durumlarına etki eden faktörler araştırılmıştır. Bunlara ek olarak aynı bölüm içerisinde işletmelerin endüstri 4.0 teknoloji olgunluk seviyeleri ortaya konmuş ve anket araştırması kapsamında elde edilen sonuçlar geçmiş çalışmalarla ve raporlarla kıyaslanarak karşılaştırılmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında ülkemizdeki orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyinde faaliyet gösteren KOBİ'ler üzerinde endüstri 4.0 farkındalık ve bilgi seviyeleri ölçülmüş ve ilgili işletme yöneticilerinin çoğunluğunun ortalama veya zayıf farkındalık veya bilgi seviyesine sahip oldukları belirlenmiştir. Buna ek olarak söz konusu KOBİ'lerin endüstri 4.0 teknolojilerini ve uygulamalarını kullanım seviyeleri de düşük çıkmıştır. Ayrıca endüstri 4.0 alanındaki olgunluk düzeyleri incelendiğinde ise işletmelerin ortalama değerler aldığı tespit edilmiştir.

Beşinci bölümde ise çalışmaya ait sonuçlar özet bir şekilde değerlendirilmiş olup gelecek çalışmalara ilişkin öneriler geliştirilmiştir.

2. KOBİ KAVRAMI VE ORTA-YÜKSEK VE YÜKSEK TEKNOLOJİ DÜZEYİNDE FAALİYET GÖSTEREN KOBİ'LER

Bu bölüm içerisinde KOBİ kavramı tanımlanarak, AB ve çeşitli ülkelerde yürürlükte olan KOBİ tanımlamaları incelenmiştir. Ayrıca KOBİ'lerin ekonomik ve sosyal olarak ne derece önemli oldukları ele alınarak orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyinde faaliyet gösteren imalatçı KOBİ'lere yönelik açıklamalarda bulunulmuştur.

2.1. KOBİ Tanımı

Ülkeler arasında KOBİ'lere yönelik tanımlamalar değişmekte olduğu gibi aynı ülke içerisinde farklı kurum/kuruluşların tanımlamaları bile değişkenlik gösterebilmektedir. Ekonomistler, istatistikçiler veya kanun yapıcılar farklı kriterlere göre farklı KOBİ sınıflandırması yapmaktadırlar. Bunlar içerisinde işletmenin çalışan sayısı, satışları, öz kaynak veya yatırım sermayesi gibi kriterler yer almaktadır. Hatta bu kriterlere ek olarak bazı gelişmiş ülkelerde enerji tüketimi bile bir büyüklük göstergesi olabilmektedir [1].

2.1.1. Türkiye'de KOBİ tanımı

Ülkemizdeki KOBİ'lerin tanımlanması ve sınıflandırılması için ilk olarak 19/10/2005 tarih ve 2005/9617 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile yürürlüğe konulan “Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmelerin Tanımı, Nitelikleri ve Sınıflandırılması Hakkında Yönetmelik” yürürlüğe alınmıştır. Ardından ilgili yönetmelik birden fazla kez değişikliğe uğramış ve 24/06/2019 tarih ve 2018/11828 karar ile Resmi Gazete yayınlanarak son halini almıştır.

İlgili yönetmeliği göre bir işletmenin KOBİ olarak sınıflandırılabilmesi için aşağıdaki kriterleri sağlaması gerekmektedir:

- i) İki yüz elli kişiden az yıllık çalışan istihdam etmek,
- ii) Yıllık net satış hasılatı veya mali bilanço toplam değerinin herhangi birisinin yüz yirmi beş milyon Türk Lira'sını aşmaması.

Yönetmelik kapsamında ayrıca KOBİ'ler; mikro işletme, küçük işletme ve orta büyüklükteki işletme olarak sınıflandırılan ekonomik birimleri veya girişimleri ifade etmektedir [2].

Tanımlamada belirtilen mikro işletme, küçük işletme ve orta büyüklükteki işletme sınıflandırmaları Tablo 2.1.'de yer almaktadır:

Tablo 2.1. Ülkemizde KOBİ sınıflandırması

İşletme Sınıfı	Yıllık İstihdam Edilen Çalışan Sayısı		Yıllık Net Satış Hasılatı		Yıllık Mali Bilanço Toplamı
Mikro İşletme	< 10	ve	≤ 3 Milyon TL	veya	≤ 3 Milyon TL
Küçük İşletme	< 50	ve	≤ 25 Milyon TL	veya	≤ 25 Milyon TL
Orta Büyüklükte İşletme	< 250	ve	≤ 125 Milyon TL	veya	≤ 125 Milyon TL

Mikro işletme: On kişiden az yıllık çalışan istihdam eden ve yıllık net satış hasılatı veya mali bilançosundan herhangi biri üç milyon Türk Lirasını aşmayan işletmeler,

Küçük işletme: Elli kişiden az yıllık çalışan istihdam eden ve yıllık net satış hasılatı veya mali bilançosundan herhangi biri yirmi beş milyon Türk Lirasını aşmayan işletmeler,

Orta büyüklükteki işletme: İki yüz elli kişiden az yıllık çalışan istihdam eden ve yıllık net satış hasılatı veya mali bilançosundan herhangi biri yüz yirmi beş milyon Türk Lirasını aşmayan işletmelerdir [2].

2.1.2. AB’de ve çeşitli ülkelerde kullanılan KOBİ tanımı

Avrupa Birliği’ndeki bir işletmenin KOBİ olarak tanımlanabilmesi için yıllık 43 Milyon Euro mali bilanço toplamını veya 50 Milyon Euro yıllık net satış hasılatını geçmemesi gerekiyor. Bunun yanı sıra Türkiye’deki sınıflandırma ile benzer şekilde 250 çalışan üst sınır AB yasal düzenlemelerinde de KOBİ olabilmenin bir şartıdır. AB’deki mikro işletme, küçük işletme ve orta büyüklükte işletme sınıflandırmaları Tablo 2.2.’de yer almaktadır.

Tablo 2.2. AB’deki KOBİ sınıflandırması [3]

İşletme Sınıfı	Yıllık İstihdam Edilen Çalışan Sayısı		Yıllık Net Satış Hasılatı		Yıllık Mali Bilanço Toplamı
Mikro İşletme	< 10	ve	≤ 2 Milyon Euro	veya	≤ 2 Milyon Euro
Küçük İşletme	< 50	ve	≤ 10 Milyon Euro	veya	≤ 10 Milyon Euro
Orta Büyüklükte İşletme	< 250	ve	≤ 50 Milyon Euro	veya	≤ 50 Milyon Euro

Tablo 2.2.’de özetlenen sınıflandırma Avrupa Birliği’ne üye ülkelerin kullanması için Avrupa Toplulukları Komisyonu tarafından tavsiye niteliğinde yapılmıştır. Örneğin İtalya, Fransa ve İspanya gibi çoğu AB üye ülkesi ilgili sınıflandırmayı kullanırken Almanya gibi bazı istisna ülkeler ise tanımlamadaki kriterlerde değişiklik yaparak kendilerine özel KOBİ

tanımlamaları gerçekleştirmişlerdir. Tablo 2.3.'de Almanya'da kullanılan KOBİ tanımlaması görülmektedir.

Tablo 2.3. Almanya'daki KOBİ sınıflandırması [4]

İşletme Sınıfı	Yıllık İstihdam Edilen Çalışan Sayısı		Yıllık Net Satış Hasılatı
Mikro İşletme	< 10	ve	≤ 2 Milyon Euro
Küçük İşletme	< 50	ve	≤ 10 Milyon Euro
Orta Büyüklükte İşletme	< 500	ve	≤ 50 Milyon Euro

Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ise KOBİ sınıflandırmasında sektörel farklılıkları gözeterek bir tanımlama yapmaktadır. Buna göre üç farklı kriter ele alınmaktadır: birincisi KOBİ'nin hangi sektörde yer aldığı, ikincisi KOBİ'nin yıllık çalışan sayısı ve üçüncüsü KOBİ'nin yıllık hasılat tutarıdır. Örneğin tarım sektöründe faaliyet gösteren bir işletme yıllık çalışana bakılmaksızın yıllık hasılat tutarı 750.000 ABD Dolarından düşük ise KOBİ olarak sınıflandırılmaktayken, elektronik bilgisayar üretimi sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin KOBİ olarak tanımlanması için yıllık hasılatına bakılmaksızın yıllık ortalama en fazla 1.250 çalışan istihdam etmesi beklenmektedir [5].

2.2. KOBİ'lerin Önemi

Genel anlamda dünyada üzerinde birlik sağlanmış bir KOBİ tanımı yapılamamış olsa da KOBİ'lerin esnek yapısal özellikleri ile ülke ekonomileri için çok değerli oldukları açıkça bilinmektedir. Sektörel bazda incelendiğinde yaklaşık olarak %10 ila %20'lik pazar paylarını geçmeyen bu işletmelerin yöneticileri genellikle sahipleri olmaktadır. Bu iki husus KOBİ'lerin en temel özellikleridir.

İşletme büyüklüğü arttıkça bürokratik işlemler ve yenilikçi (inovatif) yönetim anlayışı bir o kadar zorlaşmaktadır. Bu nedenle KOBİ'ler sade ve karmaşık süreçlerden uzak bir şekilde hızlı karar alma ve uygulama becerisine sahiplerdir. Büyük işletmelere göre ürün değişikliği, ürün çeşitlendirme, tedarikçisi oldukları firmalara ara mamul sunabilme gibi avantajları bulunmaktadır. Büyüme amacı olan KOBİ'ler için küçük kalmış ifadesi yerine ülke ekonomisi için kaldıraç görevi üstlenmiş ifadesi daha yerinde bir ifadedir.

Toplumsal olarak eşit kalkınma politikasında KOBİ'ler çok büyük rol oynamaktadır. Gelir eşitsizliğinin önlenmesi, büyük şehirlere doğru yaşanan göçlerin engellenmesi ve kalifiye personelin girişimci olarak iş dünyasına katılması konularında KOBİ'lerin etkisi büyüktür.

KOBİ'lerin önemi diye ilk düşünüldüğünde akla istihdam yaratma potansiyelleri gelmektedir. Dünya genelinde istatistiklere bakıldığında ekonomideki istihdamın en az %70'i KOBİ'ler tarafından sağlanmaktadır. Bu da her 10 çalışandan 7'sinin bir KOBİ çalışanı olduğu anlamına gelmektedir. KOBİ'ler büyük işletmelerdeki çalışan personele nazaran daha düşük niteliğe sahip ve daha az tecrübeli kişiler çalıştırmaktadır. Öte yandan karar verme mekanizmalarında az kişi olduğu için direk yönetime yakın bir şekilde karara etki edebilmektedirler. Bu da iş tatmini açısından olumlu bir husus olmaktadır.

Pazar koşullarında yaşanan değişimler sonucunda KOBİ'ler gerek üretim metotlarını değiştirebilmekte gerekse de ürün çeşitlerini arttırabilmektedir. Tüketici ile birebir temas içerisinde olan KOBİ'ler onların ihtiyaçlarını karşılayabilmek ve yeni ürün geliştirebilmek amacıyla teknolojik değişikliklere ve yeniliklere büyük işletmelere nazaran daha yatkınlardır. Bunun yanı sıra teknolojik olarak yapacakları yeni yatırımlarda ölçekleri küçük olduğu için sabit maliyeleri de düşük olmaktadır. Hedef kitleleriyle iletişim içerisinde kişisel özel ürünlerin ve projelerin yapılabilmesi de bir diğer avantajlarıdır.

KOBİ'lerin her biri kendi başına değerlendirildiğinde ekonomiye katkıları göz ardı edilebilir. Bir başka deyişle bir büyük işletmenin iflas etmesiyle KOBİ'nin iflas etmesi karşılaştırıldığında tabii ki büyük işletmenin durumu daha sarsıcı sonuçlar ortaya çıkaracaktır. Ancak birlikte ele alındıklarında KOBİ'lerin çok büyük ekonomik ve sosyal etkileri mevcuttur.

Ülkemiz özelinde incelendiğinde KOBİ'ler toplam işletme sayılarının %98'ini oluşturmaktadır. Diğer ülkelerde de buna benzer oranlar karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca istihdam olarak katkıları ele alındığında %75'inden fazlasını KOBİ'ler oluşturmaktadır. Buna ek olarak Türkiye'nin ihracatında KOBİ'lerin payı %56,2 gibi çok ciddi bir rakamdır. Diğer bir deyişle yurt dışına satılan her 2 üründen bir tanesi bu işletmeler tarafından üretilmektedir [6].

Bunlara ek olarak teknoloji girişimcileri olarak adlandırılan ve KOBİ sınıflandırması içerisinde yer alan teknoloji odaklı girişimcilerin, güncel tabiriyle start-up'ların, etkisi dünya çapında görülmektedir. Kısa süre içerisinde kendilerini çok ciddi anlamda büyütecek araştırma ve geliştirme (Ar-Ge), yenilik ve teknolojik fikir ve buluşlarına sahip bu işletmelere *whatsapp*, *tweeter*, *uber*, *airbnb* örnek olarak verilebilir. Bu tür işletmelerin bu derece büyümeleri ve arkalarından sürükledikleri işletmeler sayesinde KOBİ'lerin her daim kalacakları ve gerek ekonomik gerekse de sosyal manada çok büyük etkiler ortaya çıkaracakları ve önemlerini yitirmeyecekleri söylenebilmektedir. Ancak bu yargıdan büyük işletmelerin küçülmesi veya kapanması gerekliliği yönünde bir sonuç çıkarılmamalıdır.

Nitekim her KOBİ'nin amacı devamlı büyümek ve sektöründe öncü bir işletme haline gelebilmektir. Bu sayede sektörde büyük işletmelerin yer alması, devamlılıkları ve KOBİ'lerle birbirlerini tamamlayıcı şekilde iş yürütmeleri KOBİ'lerin de faydasına olacaktır.

2.3. Orta-Yüksek ve Yüksek Teknoloji Düzeyinde Faaliyet Gösteren İmalatçı KOBİ'ler

KOBİ'lerin büyüklük olarak sınıflandırılmasında yukarıda belirtilen kriterler kullanılırken hangi sektörde veya hangi faaliyet alanında çalıştıklarını gösterebilmek için de farklı bir sınıflandırma yapılmaktadır. Bu kapsamda, Avrupa Topluluğunda Ekonomik Faaliyetlerin İstatistik Sınıflaması (NACE-National Association of Corrosion Engineers) kapsamında işletmelerin faaliyet alanları belirlenmektedir.

Dünya genelinde özellikle Avrupa Birliğinde kullanılan bu sınıflandırma ile ülkeler arasındaki işletmelere yönelik bilgiler, veriler ve istatistikler uyum içerisinde yürütülebilmektedir. Ülkemizde Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği'nin yayınlamış olduğu rehber aracılığıyla yürütülen NACE kodu tasnif etme işlemleri sayesinde işletmelerin hangi sektörde faaliyet gösterdiği belirlenmektedir. Bu sınıflandırma kapsamında ana faaliyet konuları olarak imalat sanayi, eğitim, toptan ve perakende ticaret, sağlık işleri ve ulaştırma, depolama ve haberleşme gibi sınıflandırmalar yapılmaktadır.

İşletmelerin teknoloji düzeylerine göre faaliyet alanlarını belirlemek için ise Avrupa İstatistik Ofisi (EUROSTAT-European Statistical Office) tarafından yayınlanmış olan ve ülkemizde de kurum/kuruluşların baz aldığı imalat sektöründeki teknoloji sınıflandırması kullanılmaktadır. Bu sayede bir işletmenin teknoloji yoğunluğuna göre faaliyet alanı saptanabilmektedir.

Bu teknoloji sınıflandırmasına ait başlıklar ve NACE kodları Tablo 2.4.'de belirtilmiştir.

Tablo 2.4. Orta-yüksek ve yüksek teknoloji sınıflandırması [7]

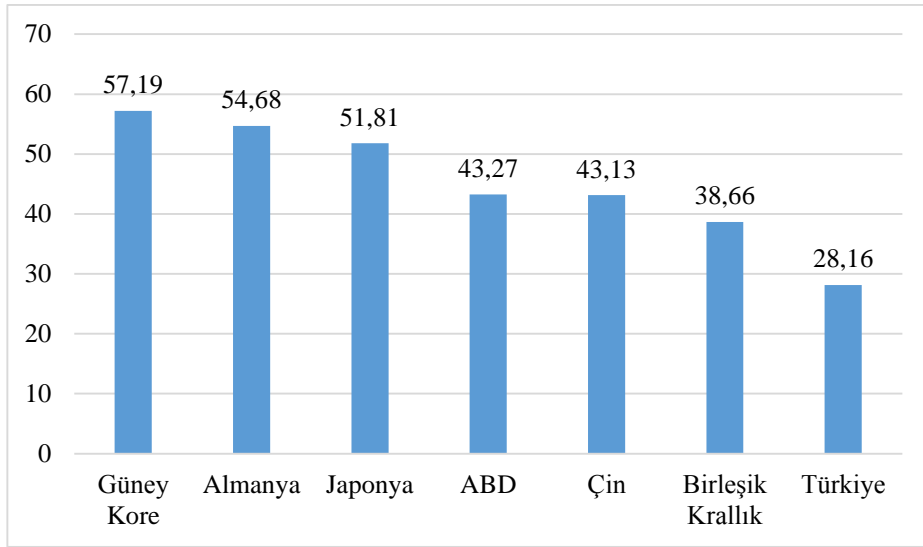
Teknoloji Sınıfı	NACE Kodu	Açıklaması
Yüksek Teknoloji	21	Temel eczacılık ürünlerinin ve eczacılığa ilişkin malzemelerin imalatı
	26	Bilgisayarların, elektronik ve optik ürünlerin imalatı
	30.30	Hava taşıtları ve uzay araçları ile bunlarla ilgili makinelerin imalatı
Orta Yüksek Teknoloji	20	Kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatı
	25.40	Silah ve mühimmat (cephane) imalatı
	27	Elektrikli teçhizat imalatı
	28	Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve ekipman imalatı
	29	Motorlu kara taşıtı, treyler (römork) ve yarı treyler (yarı römork) imalatı
	30.20	Demir yolu lokomotifleri ve vagonlarının imalatı
	30.40	Askeri savaş araçlarının imalatı
	30.91	Motosiklet imalatı
	30.92	Bisiklet ve engelli aracı imalatı
	30.99	Başka yerde sınıflandırılmamış diğer ulaşım ekipmanlarının imalatı
	32.50	Tıbbi ve dişçilik ile ilgili araç ve gereçlerin imalatı

2018 yılı dış ticaret verileri incelendiğinde ülkemiz toplamda yaklaşık 225 Milyar Dolar ithalat gerçekleştirmiştir. Bu rakamın %43,85'i yukarıda belirtilen sektörlerde yer alan ürün veya ürün gruplarında gerçekleştirilmiştir. Sadece bu veriyi yorumlayarak bile orta-yüksek ve yüksek teknolojide üretim yapmanın ne kadar önemli olduğunu ve bu sektörlerde faaliyet gösteren işletmelere yönelik politikalar geliştirilmesinin ne kadar elzem olduğu ortaya çıkmaktadır [8].

Tablo 2.5. ve Şekil 2.1.'de görüldüğü üzere imalat sanayiye önem vererek üst sıralarda yer alan ülkeler dünya ekonomisinde etkin ve söz sahibi ülkelerdir. Benzer ülkelerin üretimdeki dağılımları incelendiğinde orta-yüksek ve yüksek teknolojide üretim payları sanayi üretiminde yüksek olduğu görülmektedir. Bu kapsamda, orta-yüksek ve yüksek teknolojide üretim yapan ülkelerin ekonomilerinin daha güçlü ve kırılğan olmadığı sonucu çıkarılabilmektedir. Ülkemizin bu alanda yıllar içerisinde aşama kaydettiği ancak daha da ileriye gitmesi için adımlar atması gerektiği görülmektedir.

Tablo 2.5. İmalat sanayi üretiminde uluslararası karşılaştırma [9]

Ülkeler	1980	1990	2000	2014
Çin	-	-	-	1
ABD	1	1	1	2
Japonya	2	2	2	3
Almanya	3	3	3	4
Güney Kore	27	12	7	5
Birleşik Krallık	6	5	5	9
Rusya	-	-	13	14
Türkiye	28	19	18	16



Şekil 2.1. Orta-yüksek ve yüksek teknolojik ürün üretiminin toplam sanayi üretimine oranı [10]

3. ENDÜSTRİ DEVRİMLERİ VE 4.0 KAVRAMI

“Endüstri Devrimi” kavramı ilk kez Fransız ekonomist olan Auguste Blanqui tarafından 1837 yılında basit enstrümanlarla evlerde gerçekleşen endüstri dönüşümlerinden oluşan ekonomik ve sosyal değişiklikleri ortaya koymak için kullanılmıştır. Ancak bu kavram, 1882 yılında Britanya’daki fabrikalardaki makine gücünü vurgulayan ünlü tarihçi Arnold Toynbee tarafından yaygınlaştırılmıştır.

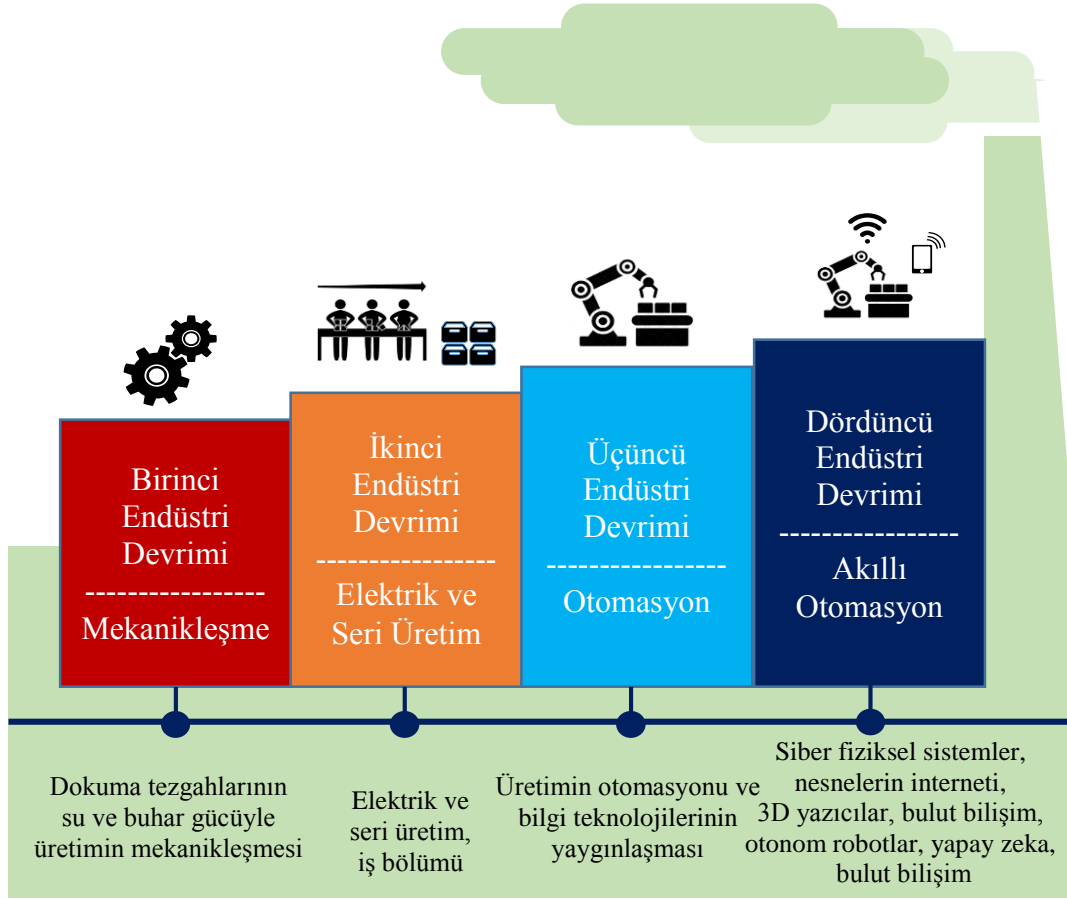
Tarihçiler endüstri devriminin basit bir terim olarak tanımlanamayacak kadar çok uzun bir süreci kapsadığı konusunda hemfikirlidir. Bunun en iyi örneği birinci sanayi devrimi olarak belirtilen dönemin Britanya için 1740’lardan 1850’lere kadar bir kısmı kapsarken Avrupa için 1814’ten 19. yüzyılın sonlarına kadar devam etmesidir.

Bir dizi gücün, keşfin ve sürecin oraya çıkardığı yeni ekonomik olguları tanımlarken “Devrim” ifadesi yetersiz kalabilmektedir. Bu sebeple bazı bilim insanları devrim yerine evrim ifadesini kullanmayı tercih etmektedirler. Endüstri devrimi yerine “Endüstri Devriminin Dönüşümü” adı da yaygın bir şekilde kabul görmektedir [11].

Tarihsel olarak sanayi devrimleri veya endüstri devrimlerinin gelişimi incelendiğinde farklı aşamalardan geçtikleri görülmektedir. Chris Freeman ve Luc Soette sanayinin beş dalgada geliştiğini vurgularken Jeremy Rifkin ve The Economist dergisi bu dalgaları 3 başlık altında sınıflandırmaktadır. 2011 yılında Almanya’da ortaya atılan “Endüstri 4.0” kavramı ve Dünya Ekonomik Forumunun bu konudaki destekleyici çalışmaları ile sanayi dönüşümünün 4 farklı dalgada ele alınması hususu yaygın bir şekilde kabul görmüştür [12]. İlgili dört dalga Şekil 3.1.’de özetlenmektedir.

Bu devrimler sayesinde tarım toplumu endüstri toplumuna dönüşmüştür. Dünyamızdaki devrimler normalde şiddet, aniden meydana gelme ve ölümcül olma özellikleriyle bilinmekteyken ilk devrim olan birinci sanayi devrimi tamamen bu özelliklerden bağımsız bir şekilde ortaya çıkmıştır.

Endüstri 4.0 kavramını anlamak ve gelişimini yorumlayabilmek için imalat sanayini etkileyen dört sanayi devrimini incelemek tarih boyunca adım adım ne tür değişiklikler meydana geldiği konusunda bizlere bilgi verecektir. Bu sebeple, bu bölümde endüstri 1.0’dan başlayarak endüstri 4.0’a kadar tarihsel olarak sanayi devrimleri ele alınmış olup endüstri 4.0, teknolojileri ve etkileriyle birlikte detaylı bir şekilde incelenmiştir.



Şekil 3.1. Endüstri devrimleri [10]

3.1. Endüstri 1.0

1760'larda başlayan ve 1830'larda son bulan birinci endüstri devriminde insanoğlu buhar gücü ve motoru kullanan makinenin icadıyla üretim tipi kas gücünden makine gücüne evrilerek ilk endüstri devrimi ile tanışmıştır. Başka bir ifadeyle daha önceden ahşap kullanılan endüstride kömür yakılarak buhar elde edilmiş ve buhar gücüyle de çeşitli mekanik kuvvetler ortaya çıkarılmıştır. Bu sayede mekanizasyon ilk endüstri devriminin çekirdeğini oluşturmuş ve ilk uygulamaları dokuma tezgâhlarında görülmeye başlanmıştır. Yeni makinelerin keşfedilmesi ile üretim daha hızlı, ucuz ve kolay yapılır hale gelmiştir. Bu da verimlilikte patlama yaşanmasına dolaylı yoldan da toplam refahın artmasına neden olmuştur.

Verimlilikteki bu artışın bir kısmı makinelerin sayısının artmasından kaynaklansa da diğer bir kısmı çalışma saatlerinin uzamasından kaynaklanmıştır. Küçük dükkanlar yerine büyük fabrikalara dönüşen üretim alanlarında çalışan işçiler 16 saati bulan çalışma saatleriyle karşı karşıya kalmışlardır. Özellikle Sheffield ve Manchester gibi sanayi şehirlerinde bu durum kayıtlara geçmiştir [13].

Bu tür bir çalışma hayatına ayak uydurabilmek için yaşam alanları da büyük dönüşüme uğramış, insanlar fabrikalarda iş bulabilmek için kırsal alandan kentsel alana göç etmiş, popülasyon artmış ve insanların yaşam standartları gelişmiştir. Bu sebeple kentsel alanda yaşayanlardan oluşan ve işçi sınıfı adı verilen yeni bir çalışan sınıf ortaya çıkmış, bu sınıf sosyal ve ekonomik yapıyı ciddi anlamda etkilemiştir.

Tarım sektöründe de değişiklikler meydana gelmiştir. İnsanlar makine kullanımı ve aşılama gibi tekniklerin bulunması sayesinde büyük ölçekte arazilerde daha etkili ve verimli bir şekilde üretim yapmışlardır. Birinci sanayi devrimi içinde ayrıca ölçüm teknikleri belirlenmiş, inşaat biliminin gelişmesiyle inşaat mühendisliği kavramı ortaya çıkmıştır.

Birleşik Krallık endüstri devrimine ev sahipliği yapan ilk ülke olmuştur. Yüksek ücret oranı ve ucuz enerji gibi bazı etkenler Birleşik Krallığı bu devrim için uygun hale getirmiştir. Üretimden daha fazla fayda sağlamak için çalışanların sayıları azaltılmış ve enerji insanların yerine kullanılmıştır. Robet Allen'a göre birinci sanayi devriminin burada çıkmasının en önemli nedenleri, ücretlerin çok yüksek olması, sermaye ve enerji maliyetlerinin ise görece ucuz olmasıdır [14]. İngiliz işletmeler ve üreticiler bu avantajları kullanarak emek yoğun üretim stratejisinden sermaye yoğun üretim metodolojisine geçiş yapmışlardır.

Birleşik Krallığın sanayi devrimi için uygun olmasının başka bir nedeni sahip olduğu pazar koşulları tarafından açıklanabilir çünkü icatlardan ve maliyetlerden kar elde etmek pazara bağlıdır. Bunun en güzel örneği Büyük Britanya'nın o dönemde çok büyük bir maden endüstri piyasasına sahip olması ve bu alanda buluşlar yapılması sonucunda çok büyük karlar elde edilmesidir. Bir diğer nedeni ise buluş sahiplerinin yasal hakları ile ilgilidir. Büyük Britanya o dönemde mucitlerin kendi buluşlarından fayda sağlayabilecekleri patent yasasına sahipti. Bu sebeple ilgili yasa da bu ülkedeki buluşların hızını tetiklemiş ve Britanya ekonomisi tarih boyunca görülmemiş bir büyüme hızına kavuşmuştur.

Bu devrimle birlikte buhar gücü tekstil, ulaşım ve iletişim sektörlerini de etkilemiş, üretim kapasitesi ve hızında çok ciddi bir artış meydana gelmiştir. Örneğin, tekstil sektöründe yeni teknolojiler kullanan bir çalışanın üretim kapasitesi yaklaşık 40 kat artmıştır [15].

Ulaşım sistemlerinde ise buhar gücü; gemilerde ve tren yollarında kullanılarak önemli değişikliklere neden olmuştur. Fabrikalarda üretilen ürünler gemiler sayesinde bir yerden diğer yere taşınabilmiş ve bu sayede maliyetler azaltılarak Birleşik Krallıkta başlayan Endüstri Devrimi kısa bir süre içerisinde tüm Avrupa'ya ve Amerika'ya yayılmıştır. Avrupa ülkeleri büyük ölçekte üretim yapabilmek için hammadde arayışına girmiş ve gözlerini yeni hammadde kaynağı tedarik edebilecekleri ve onların ürünleri için Pazar oluşturabilecek

yakın, orta ve uzak ülkelere dikmişlerdir. Başka bir deyişle bu devrimde yeni pazarlar gelişmeye başlamış, devamlı geri beslemeyle mal talep edilmesi üretimin arttırılmasını gerektirmiş ve daha fazla üretebilmeye yönelik sermaye bulabilmek için sömürgecilik faaliyetleri başlamıştır. Endüstri ilk aşamasını tamamlarken aynı zamanda uluslararası ilişkileri etkileyen ülke sınırları yeniden düzenlemiştir.

3.2. Endüstri 2.0

20. yüzyılda enerji kaynağının değişimiyle elektrik kullanılmaya başlanmış, teknoloji devrimi olarak da adlandırılan ikinci sanayi devriminin kapıları aralanmıştır. Birinci sanayi devrimiyle birlikte gelişmeye başlamış olan ulaşımda bu dönemde çığır açıcı gelişmeler yaşamıştır. Bunun nedeni çelik üretim maliyetlerinin azalmış olması ve böylece çelik üretiminin ve kalitesinin artarak demir yollarının, binaların ve gemilerin gelişmesine pozitif etki etmesidir. Daha büyük, hızlı ve güçlü gemilerin inşası mümkün hale gelmiş, uzun mesafelerde demir yollarının, gemilerin ve botların kullanılmasıyla ulaşım insanlar için daha ucuz ve kolay olmuştur. Bu sebeple farklı coğrafyalarda yaşayan insanlar arasında daha kolay ve daha hızlı etkileşim olmuştur. Aynı zamanda daha fazla demir yolu zaman ve maliyetleri azaltarak malların uzun mesafelere daha kolay taşınmasını sağlamıştır.

Ulaşımın kolaylaştırılması hammaddenin daha hızlı tedarik edilmesini ve ürünlerin yeni ve bir o kadar uzak pazarlara dağıtılmasına olanak sağlamıştır. Ticari mallar Atlantik'ten Amerika'ya direk olarak ilk defa transfer edilebilmiştir. Malların bu şekilde transfer edilmesi çiftçiler, fabrika sahipleri ve ülkeler için çok büyük bir anlam ifade etmiştir çünkü o tarihte ürünlerin direk olarak bu şekilde transfer edilmesiyle ülkelere ve şirketlere yeni pazarların kapısı açılmış ve global ekonomi kavramı ortaya çıkmıştır.

İkinci sanayi devrimiyle birlikte hammadde çeşitleri de değişmeye başlamıştır. Örneğin çelik ve demir her yerde erişilebilir olmuş ve ağır sanayi endüstrinin gelişmesine olanak sağlamıştır. Bu farkındalığın sonucu olarak Almanya, İngiltere, Amerika ve Japonya ağır sanayi endüstrisinin öncü ülkeleri haline gelmişler, makine ve silah gibi mallarını daha kaliteli ve ucuz üretebilmişlerdir.

Diğer bir gelişen alan ise kimya sektörüdür. William Perkin ilk sentetik boyayı bulmuş ve sentetik boya, üretilen doğal boyaların yerini almaya başlamıştır [16]. Diğer taraftan potasyum gibi bazı kimyasalların ve gübrelerin kullanımı ile tarımda verimlilik önemli ölçüde gelişmiştir. Traktörün tarımda kullanılmaya başlamasıyla çiftçiler daha hızlı bir şekilde ve daha az insan gücüyle hasat edebilir hale gelmişlerdir. Ayrıca diğer bir kaşif John

Wesley Hyatt ise plastiği keşfetmiştir. Bu keşif de üretim materyal maliyetlerinin azalmasını sağlamıştır. Ayrıca petrol ve patlayıcı malzemelerde bu devirde keşfedilmeye başlamıştır [10].

Üretim ölçeği ikinci sanayi devrimi içerisinde ciddi anlamda büyümüş ve şirket birleşmeleri, karteller ve tröstler ortaya çıkmıştır. Birinci Dünya Savaşının öncesinde 1880 yılında ABD sanayisi seri üretimin de artması ile çok ciddi anlamda gelişme göstermiş ve önceki devrimin lideri olan Britanya'dan bayrağı devralmıştır.

Tablo 3.1.'de görüldüğü gibi küresel ekonomi dikkate alındığında Britanya'nın üretimdeki payı %19,9'dan %13,6'a düşerken ABD'nin payı %7,2'den %32'ye yükselmiştir.

Tablo 3.1. Ülkelerin sanayi üretimindeki payları [17]

Yıl	ABD	Britanya	Almanya	Fransa	Rusya	Diğerleri
1860	7,2	19,9	4,9	7,9	7,8	52,3
1913	32	13,6	14,8	6,1	8,2	25,3

Seri üretimi etkin bir şekilde kullanan ABD'nin başarısının arkasında mühendis Federick Winslow Taylor tarafından ortaya atılan yönetim sistemi yer almaktadır. "Taylorizm", ki bu işletmelere çok büyük etki yapmıştır, olarak bilinen bu sistem çalışanlardan maksimum fayda elde edilebilecek bilimsel bir yönetim anlayışını ortaya koymuştur. Bu metodolojinin ana amacı çalışanların bir nevi makineleştirilerek karar verme yetisinden yoksun bir şekilde iş ve işlemleri yürütmeleridir. Bu sayede çalışanın dolaylı olarak da işletmenin maksimum verime ulaşılacağı düşünülmektedir. Bu metodolojide, üretimin kapsamlı bir analizi yapıldıktan sonra çalışanların yapacakları işler küçük parçalara bölünmekte, ilgili işlerin nasıl ve ne kadar sürede yapılacağına dair standartlar belirlenmekte ve parça başına yapılan üretim miktarının artırılmasına yönelik bir ücret politikası ile maksimum fayda elde edilmeye çalışılmaktadır.

ABD'nin lider ülke konumunda devam etmesini sağlayan bir diğer üretim sistemi ise Henry Ford tarafından ortaya atılmıştır. "Fordizm" olarak adlandırılan bu sistem Taylorizm ile benzerlik göstermekte olup sistemde, seri hareketler ve süreklilik baz alınarak kayıpların en aza indirgenmesi ve üretim hacminin maksimum seviyelere çıkması amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda işçiler bir hat üzerinde sıralanarak gelen ürün üzerinde kendilerine verilmiş standart görevleri alet ve donanımlarla minimum sürede tamamlamaya çalışmaktadırlar.

Otomotiv sektöründe uygulanmaya başlayan montaj hatları veya diğer adıyla üretim bantları sistemi diğer sektörlerde de hızla adapte edilmeye başlanmıştır. Hem Taylorizm hem

de Fordizm sayesinde seri üretim yaklaşımı daha da gelişmiş ve bu sayede üretim maliyetlerinde ciddi tasarruf sağlanırken fabrikaların üretim kapasitelerinde ise büyük artışlar meydana gelmiştir. Bundan dolayı yeni teknoloji makineleri çok daha fazla üretken ve üretimi çok büyük miktarlarda arttırdığı için buhar gücünden daha üstün olduğunu kanıtlamıştır. Bu yolla tüm dünya seri üretim fikrinin farkına varmıştır. Seri üretim ve montaj hattı uygulamaları ikinci sanayi devriminin konusu olmasına karşın günümüzde ülkemizde dahil olmak üzere hem gelişmekte olan hem de gelişmiş ülkelerde kullanılmaya devam edilen bir üretim modelidir.

Verimlilik artışı sayesinde daha az çalışan ile daha fazla ürün üretimi sağlanmış ve müşteri tercihlerinin değişimi tarafından tetiklenen gelir seviyesi artmıştır. Gelirlerin artması sosyal refah ve yaşam standartlarının artmasını bu da orta sınıf diye adlandırılan yapının ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Bu çağda insanların kırsal alan yerine kentsel alanda yaşamaya başlamasından dolayı göç oranları artmıştır. Aynı zamanda insanlar deniz aşırı taşınmalar gerçekleştirmiş ve bu bölgelere yerleşmişlerdir. Elektriğin keşfi, makinelerin iletişimi ve bazı teknoloji ve ekipmanların gelişmesi sayesinde insanların yaşam standardı artmıştır. Örneğin telgraf, daktilo, radyo, telefon ve ucuz gazete kağıdı gibi alanlarda keşifler yaşanmış böylece haberleşme ve iletişim dünyası yeniden şekillenmeye başlamıştır [18].

İkinci sanayi devriminin çok fazla güzel sonuçlarına rağmen insanlar, sabit olmayan ekonomik koşullar altında yaşamaya alışmak zorunda kalmışlardır. 1929'daki büyük buhran ABD'de başlamasına karşın tüm dünyayı sarsmıştır. Bu zamandan sonra insanlar ekonomilerin ve ülkelerin birbirleri ile bağlantılı olduğunu anlamışlardır. ABD hükümeti tarafından finans piyasasını kontrol etmek ve düzenlemek için ve yeni krizlerden olabildiğince korunmak için Federal Rezerv Sistemi kurulmuştur.

3.3. Endüstri 3.0

20. yüzyılın son çeyreğinde bilgisayarların sayesinde üretimde yazılımların kullanılmaya başlanmasıyla otomasyon kavramı ortaya çıktığı için bu devrim, üretimde otomasyonun kullanılmaya başlaması olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle üçüncü sanayi devriminin çekirdek yapısını bilgisayarlar ve bilgisayarların hemen hemen tüm sektörlerde kullanılmaya başlaması oluşturmaktadır. 1947 yılında ilk transistör keşfedilmiş ve bundan sonra yarı iletken malzemeler gelişerek bugün silikon vadisine adını veren silisyum

bulunmuştur. Bu gelişmeler bir araya geldiğinde küçük ve az enerji harcayan bir formatta bilgisayar üretilmesini sağlayan mikroişlemciler ve mikroçipler geliştirilmiştir.

Teknik becerisi olmayan insanların da yazılımlar aracılığıyla bilgisayarları kullanmaya başlaması hem yazılım sektörünün gelişmesine hem de bilgisayarların çok yönlü ihtiyaçları karşılamaya başlamasına neden olmuştur. Bu nedenle üçüncü sanayi devrimini “Bilgisayar Çağı” olarak da anılmaktadır. Bu çağda, üretimde daha esnek ve verimli sistemler geliştirilmiş, üretim sistemlerinde otomasyon kullanılmaya başlanmış, robotlar ve otomasyon sistemleri insan tarafından kontrol edilebilir hale gelmiştir.

Bilgisayarlar 1950 ile 1970’li yıllar arasında ABD ordusu içerisinde ARPANET olarak adlandırılan bir proje ile birbirlerine bağlanmaya başlamıştır. Bu proje daha sonra hayatımızda çok önemli yeri olan internet adı ile tüm dünyadaki bilgisayarları birbirine bağlayan bir ağ olarak gelişmiştir.

Bu ağlar sayesinde dünyanın farklı bölgelerinde gerçekleştirilen faaliyetlerin koordine edilmesi inanılmaz biçimde kolaylaşmış ve bu da uluslararası şirketlerin yükselişini tetiklemiştir. Küresel (global) alanda örgütlenmek isteyen şirketler giderek artmış, iletişimin hızlı ve kayıpsız gerçekleşmesi yönünde yatırımlar ve alt yapı çalışmaları başlamıştır. Özellikle bu dönemde süper iletkenlerin keşfi ile bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişmesi sağlanmıştır.

Intel şirketinin kurucusu Gordon Moore (1965) bir çalışmasında yaklaşık iki yılda bir bilişim kapasitesinin hem hız hem de transistör sayısı olarak ikiye katlanacağını ve fiyatların da önemli ölçüde düşeceğini belirtmiştir. Bu tarihten sonra bu ifade Moore yasası olarak kabul edilmiş ve bu devrime iz bırakan bir yol gösterici kuram olarak anılmıştır [19].

Biyoteknoloji, genetik bilimi ve biyokimya gibi farklı bilim alanları ortaya çıkmış aynı zamanda tarım sektöründe hormonlar, hibrid tohumlar ve genetiği değişmiş organizmalar sayesinde görülmemiş bir verimlilik artışı meydana gelmiştir.

Bu devrimle birlikte petrol rezervlerinin azalması ve çevreye vermiş olduğu zararlar, fosil yakıtlara alternatif enerji kaynakları arayışını başlatmıştır. Bu da yenilenebilir enerji kavramını gündeme getirmiştir. Bu yeni ve çevreci kavram sayesinde insanların gereksinimi olan enerjiyi kendilerinin üretmesi, enerji üretiminden arta kalanının satılabilir olması veya depolanabilir olması gibi kavramlar konuşulmaya başlanmıştır.

İkinci sanayi devriminin başyapıtlarından biri olan seri üretim sistemi ile tek tip ürünler pazara sunulmaktayken 1960’lardan itibaren müşteri istek ve talepleri değişime uğramaya başlayarak bu sistemin değişmesi gerekliliğini gündeme getirmiştir. Seri üretim yerine kişiselleştirilmiş ürünler çıkarabilmek amacıyla yeni üretim ve yönetim sistemleri

geliştirilmesi gerekmiştir. Bu sebeple yönetim ve organizasyon süreçleri ciddi anlamda değişikliğe uğramıştır. Katılım, yönetişim, yatay örgütlenme ile içsel, yerel ve küresel networkler sayesinde ortaya çıkan kültürün örgüt içerisinde yenilik ve zenginliğe dönüştürülmesi sağlanmıştır [20].

Özellikle Japonya’da bu devirde öne çıkan ve başarısında rol oynayan bazı yaklaşımlar ortaya çıkmıştır. Toplam kalite yönetimi ile tam zamanında üretim sistemleri bu konuda örnek olarak gösterilebilir. Bu yönetim sistemleri sayesinde beşeri sermaye ön planda yer almakta olup çalışanlar esnek bir şekilde üretimin değişik aşamalarında görev alabilmektedirler. Ayrıca bu sistemlerin diğer bir özelliği ise müşteri memnuniyetini amaçlayan bir yapı benimsemiş olmasıdır. Japonya’nın öncülük ettiği bu yönetim sistemi ile standardizasyon yerini esnekliğe, dikey organizasyon yerini yatay organizasyona ve kas gücü yerini beyin gücüne bırakmış oldu.

Sovyetler Birliği ve Doğu Bloğunun çöküşüyle ekonomik küreselleşme süreci hız kazanmıştır. Aynı zamanda üretim, emeğin ucuz ve vergi oranlarının düşük olması nedeniyle gelişmiş ülkelerden gelişmekte olan ülkelere kaymıştır. Araştırma ve geliştirme, tasarım, ürün geliştirme gibi nitelikli ve katma değeri yüksek faaliyetlerini kendi ülkelerinde yapan gelişmiş ülkeler standartlaşmış üretim süreçlerini ise gelişmekte olan veya az gelişmiş ülkelerde gerçekleştirmeye başlamışlardır.

Diğer endüstri devrimlerinde olduğu gibi bu dönemde de ülkeler arasında iktisadi olarak güç değişimleri söz konusu olmuştur. Japonya özellikle 1950-1973 yılları arasında ciddi bir atılım yaparak küresel hasıla içindeki payını %3,02 seviyesinden %7,76’ya hatta 1990’da ise %8,55’e çıkarmayı başarmıştır [21]. Bu başarının arkasında ise Japonya’nın otomotiv sektöründeki önemli girişimleri ve bu sektörü besleyen elektronik sektöründeki yarı iletken üretici firma yetkinliği yer almaktadır.

Bilgisayarlarda ve makinelerde programlama dili kullanılmasıyla, kurumsal kaynak planlaması (Enterprise Resource Planning- ERP) sistemleri ve bilgisayarlı sayısal denetim (Computer Numerical Control – CNC) makineleri ilk defa üretilmiş oldu. Ayrıca yine bu dönemde tüm çeşitli veriler kâğıt ortamından ziyade bilgisayar ortamında depolanmaya başladı ve böylece endüstri daha önce hiç ulaşamadığı ölçüde üretim hızı ve kapasitesine sahip oldu. Bunun yanı sıra yönetim maliyetleri ve zorlukları ortadan kalktı ve bu dönemde otomasyon ihtiyaçları ortaya çıktı. Bu endüstri devri döneminde gelişen teknolojiler şirket stratejilerinde baş rolde yer aldı.

Radyo frekansı tanımlama teknolojisi (Radio Frequency Identification Devices – RFID) ürünlerin tedarik zinciri içerisinde takip edilmesine imkan vermiştir. Ayrıca

bilgisayarların akıllı hale gelmesiyle büyük bir dönüm noktası yaşanmıştır. İnsanlar bunları küçük bilgisayarlar olarak kullanmaya başlamış ve çevrimiçi olarak birçok iş ve işlem gerçekleştirmeye başlamışlardır. Örneğin bankacılık sektöründe insanlar bazı spesifik uygulamalar kullanarak bankaya gitmeden birbirlerine para göndermekte ve almaktadırlar. Akıllı cihazlar için daha fazla bilgi teknolojileri ve bunları kullanan hizmetler geliştirilmiştir.

İlk iki sanayi devrimi sonucunda dünyanın sahip olduğu kıt kaynaklar azalmış, çevreye geriye dönüşü olmayacak şekilde zarar verilmeye başlanmış ve sürdürülebilir yaşam felsefesine ulaşmak git gide zorlaşmıştır. Bu tetikleyici unsurlar nedeniyle yenilenebilir enerji kavramı ortaya çıkmış ve temiz üretim anlayışı benimsenerek enerji tüketim teknolojilerinin gelişmesi için üçüncü sanayi devrimi kavramı ortaya atılmıştır. Güneş, rüzgar, hidroelektrik, jeotermal gibi yenilenebilir enerji kavramları, emisyon içermeyen ulaşım, üretimde sıfır artık çalışmaları, sanayi ve ticaretin internet sayesinde küreselleşmesi bu dönemin önemli konularındadır.

Yüksek hızlı tren sistemleri, uydular ve cep telefonları üçüncü sanayi devrimini şekillendiren diğer ana teknolojilerdir. Atlı arabalar ile başlayan insanoğlunun ulaşım serüveni yerini 1830'da demiryollarına, demiryolları da yerini 1958'de ses hızına yakın hareket eden Boeing 707'ye bırakmıştır [22]. Bilgisayar, bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanılmasıyla başlayan bu dönem içerisinde uyduların ve kablosuz teknolojilerin kullanılması da bir sonraki devrimlere temel oluşturmuştur.

Her bir devrim teknolojik gelişmeler sayesinde bir sonraki devrime zemin hazırlayarak görevini tamamlamaktadır. Üçüncü sanayi devrimi de geçmişteki iki sanayi devriminden gelen gelişmelerle birlikte internet ve bilgi teknolojilerinin birbirine entegre edilmiş hali olan siber fiziksel sistemlerin ve yüksek seviyede teknoloji kullanımının ortaya çıktığı dördüncü endüstri devriminin zeminini hazırlamıştır.

3.4. Endüstri 4.0

Avrupa ülkeleri başta olmak üzere gelişmiş batılı ülkeler, ikinci ve üçüncü sanayi devriminin etkileriyle birlikte üretim ekonomisinde ciddi anlamda kayıplar yaşayarak üretim tesislerini geliştirmekte olan ülkelere kaptırmışlardır. Bunun en büyük nedenlerinden birisi geliştirmekte olan ülkelere ucuz iş gücü ve hammaddeye kolay erişim sayesinde maliyetlerin daha düşük olmasıdır.

Bu trendi kırmak için sanayide otomasyonu üçüncü endüstri devrimi ile ortaya çıkaran gelişmiş ülkeler imalat sanayinde yeni teknolojik gelişmeler ve buluşlar yaparak tekrardan

üretim ekonomilerini kendi ülkelerine döndürmek için adımlar atmaktadırlar. Bunun sonucunda ekonomik büyümelerini sürdürmeyi ve rekabet edilebilirliklerini sağlamayı amaçlamaktadırlar. Bu sebeple 2011 yılında Almanya’da düzenlenen Hannover Fuarında ilk defa dile getirilen ve resmi olarak ilk defa Kagermann’ın 2011 yılında yayınladığı çalışmada kullanılan Endüstri 4.0 kavramı, diğer bir adıyla Dördüncü Sanayi Devrimi ortaya çıkmıştır [23].

Endüstri 4.0 haricinde değişik tanımlamalar da yapılmaktadır. Örnek verilmesi gerekirse, “Sanayi 4.0”, “Yeni Sanayi Devrimi”, “İkinci Makine Çağı”, “Akıllı Fabrika-Akıllı Üretim”, “Dijital Sanayi Çağı” bunlardan bazılarıdır. Bu çalışma kapsamında dünyada en fazla tercih edilen Endüstri 4.0 tanımı kullanılmıştır.

Bu devrim içerisinde bilgisayar teknolojileri ve otomasyon teknolojilerinin bütünleşmiş şekilde bir araya gelmesi planlanmaktadır. Bir başka deyişle, veriden öğrenen üretim sistemlerinin hızlı, verimli ve özerk çalışma düzeninin artırılması sağlanarak makine öğrenmesi algoritmaları ile entegre edilmiş, bilgisayar sistemleri ile bağlantılı robotlar birlikte çalışabilecekleridir. Bu tür yapıların kurulması ile sistemler daha fazla özerkleştirilebilir yapılar haline gelecektir.

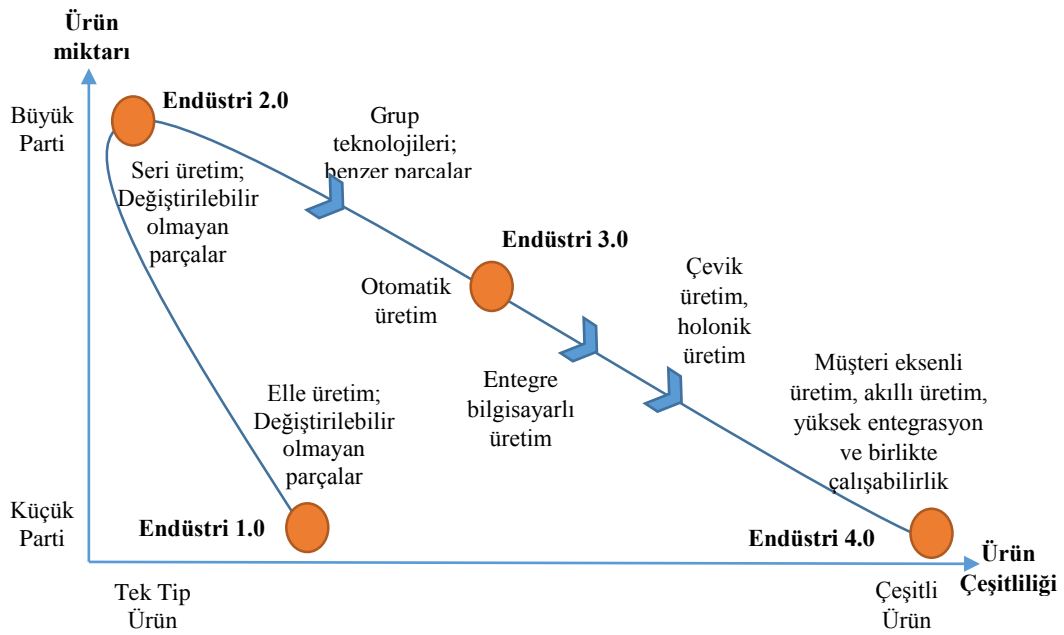
Endüstri 4.0’ın gelişmesi ve yayılmasıyla gelecek yıllar için akıllı üretim sistemlerinin evrilmesine kılavuzluk edecek altı prensip tanımlanmıştır:

1. *Birlikte çalışabilirlik*: Sistemler ile insanlar ve bilgi akışı, siber-fiziksel sistemler (fiziksel ve sanal dünyanın birleşimi) içerisinde şeffaf bir şekilde birbiriyle haberleşebilmektedir. Bu durum makineler ve süreçler ile ara yüzler ve insanların arasında bilgi değişimine izin vermektedir.
2. *Gerçek zamanlı operasyon yeteneği*: Anlık veri elde etme ve bu verileri işleme tabi tutarak, gerçek zamanlı karar alma kabiliyetidir.
3. *Sanallaştırma*: Akıllı fabrikalar yaratarak çalışanlar arasında yayılan ve tüm süreçleri kapsayan birçok sensör aracılığıyla uzaktan izlenebilirliğe ve denetime izin vermektir.
4. *Yönetimin dağıtılması*: Siber-fiziksel sistemler gerçek zamanlı karar verme kapasiteleri olan üretimin ihtiyaçlarına göre uyumlu bir şekilde yayılmaktadır. Ek olarak, makineler sadece komutlar almayacak aynı zamanda çalışma süreleri ve bu süre içerisinde yaptıkları işler hakkında bilgi sağlayabileceklerdir. Böylece akıllı üretim modülleri dağıtılmış yönetimler şeklinde üretim süreçlerinin gelişmesi için çalışabilecektir.

5. *Hizmet odaklılık*: Nesnelerin interneti kavramı ile eşleştirilen yazılım mimarilerinin hizmet odaklı kullanımınıdır.
6. *Modülerlik*: Üretim esnasında eşleşen veya eşleşmeyen modülleri belirleyerek müşteri taleplerine göre üretim süreçlerini dönüştürmeyi ve makine görevlerini kolayca değiştirme konusunda esneklik kazandıran üretim sistemidir.

Yukarıda bahsedilen temel prensiplere dayanılarak Endüstri 4.0, bilgi ve mühendislik alanlarında son on yılda meydana gelen teknolojik ilerlemeler sayesinde uygulamaya girmiştir [24].

Endüstri 4.0 kavramının ve teknolojilerinin gelişmesinde diğer devrimlerin gelişmesinin temelinde yatan aynı olgu bulunmaktadır. Bu olgu, insanların gereksinimlerinin daha düşük maliyet ve daha yüksek verimlilik yüzdesiyle karşılanmasıdır. Bu sebeple Yin, Stecke and Li, Şekil 3.2.'de görüldüğü gibi imalat sektörünün gelişimini ürün çeşidi ve ürün miktarı olarak 2 ana boyutta betimlemektedir [25].



Şekil 3.2. İmalat sektörünün gelişimi [25]

Üretim paradigması kapsamında, küçük miktarlar içerisinde tek tip ürün ile başlamış 20. yy. başlarında büyük miktarlarda üretime geçiş yapılmıştır. Üçüncü sanayi devrimiyle birlikte üretim miktarları ve ürün çeşitliliğinde belirgin farklılıklar görünmemesine rağmen günümüze gelindiğinde çok fazla çeşitli ve küçük gruplarda üretim tercih edilmektedir. Bunun en temel sebebi kişiselleştirilmiş ürün taleplerinin fazlalığıdır. Tam da bu noktada endüstri 4.0 teknolojileriyle bu ihtiyaçlara cevap verilmeye çalışılmaktadır. Aslında siparişe göre üretimin gerçekleşmesi Endüstri 4.0'ın ana amacı olarak belirlenmektedir.

Endüstriyel dijitalleşmenin hızlanması sayesinde değişen müşteri ihtiyaçlarına cevap vermeye çalışılmaktadır. Müşterilerden gelen yeni ürün çeşitleri nedeniyle, ürün yaşam döngüleri önemli ölçüde kısaltılmakta bu sebeple sürekli olarak inovasyon ve teknoloji geliştirme çalışmaları yapılmaktadır. Bu sanayi devrimi içinde ürünün sadece belirli periyotlarla yenilenmesi değil aynı zamanda sürekli değişen müşteri istekleriyle esnek bir şekilde değiştirilebilecek bir üretim teknolojisi yaratılması istenmektedir.

Ucuz iş gücünün en büyük kaynağı ülkede yaşayan genç nüfus veya nüfusun çalışma potansiyelidir. Bu durumda gelişmiş ülkelerdeki yaşlanan nüfus Çin ve Hindistan gibi ülkelerle baş etmekte zorluk yaşamaktadır. Bu sebeple üretimde çalışan personel için maliyetler artmakta ve üretim süreçleri için gelişmekte olan ülkelerle rekabet etmek zorlaşmaktadır. Bu nedenle insan faktörü ortadan kaldırılarak daha çok teknolojiye dayanan sistemlerin yürürlüğe girmesi gerekmektedir.

Yazıcı ve Düzkayanın çalışmasına göre 1991 ile 2011 yılı kıyaslandığında gelişmiş ülkelerin imalat sanayindeki payı %77'den %58'e düşerken, özellikle Çin'in de etkisiyle gelişmekte olan ülkelerin payı aynı oranda artış göstermiştir. Bu durum gelişmiş ülkeleri rahatsız etmeye başlamış ve yeni arayışlar içerisine girmişlerdir [26].

Endüstri 4.0, geleneksel endüstrilerde bağlantılı olma ve bilgisayarlı otomasyona imkan tanımaktadır. Bu yeni devrimin amacı, bilgi teknolojilerine imkan tanıyan sipariş dayalı imalat ürünlerini sağlamak, üretim döngüsünü otomatik ve esnek hale getirmek, parçaları ve ürünleri izlemek, makineler, ürünler ve parçalar arasında iletişime olanak vermek, insan-makine etkileşimi olgusunu uygulamak, akıllı fabrikalar içerisinde nesnelere interneti sayesinde üretim optimizasyonunu başarmak, yeni tipte hizmetler ve değer zinciri içerisinde iş modellerinin etkileşimini sağlamaktır. Endüstri 4.0; tedarik zincirinde, iş modellerinde ve iş süreçlerinde yıkıcı değişiklikler getirmektedir. Özellikleri açısından Endüstri 4.0 daha fazla esneklik sağlayabilmekte, teslim sürelerini azaltabilmekte, küçük parti tipi ürünlerin daha fazla kişiselleştirilmesini sağlayabilmekte ve maliyetleri azaltabilmektedir.

Avrupa ülkelerinde toplumun yaşlanmasının tehlikesi bilinmektedir bu nedenle, iş gücünde azalma ile karşı karşıya kalmaktadırlar. Robotlaşma ve otomasyon gibi üretim sistemleri teknolojileri uzun süredir hayatımızda kullanılmaktadır. Ancak internete bağlı robotlar ve otonom araçlar ile iş organizasyonlarında devrim yapılmaktadır. İnternet ve teknolojinin gelişimi insanların, makinelerin ve şirketlerin devamlı bir ağ içerisinde olmasını sağlamış ve değer yaratım süreçlerinin devamlı paylaşımı sayesinde alıcılar için tamamen kişiselleştirilmiş ve rekabetçi ürünlerin üretilmesini mümkün hale getirmiştir.

Endüstriyel dijitalleşme sayesinde imalat sektöründe stok, lojistik ve malzeme taşıma maliyetlerinde önemli düşüşler, daha kısa teslimat süreleri ve sevkiyat sırasında daha az hatalar ortaya çıkmaktadır. Endüstri 4.0'ın şirket düzeyindeki teknoloji kullanıcılarının kapasite kullanımlarını artırması ve değişen ihtiyaçlar doğrultusunda yeni ürünlerini daha hızlı pazarlaması beklenmektedir.

Genel olarak bu kavram, hammadde alımından başlayarak, ürünleri üretmek, tüketiciye ulaştırmak ve geri dönüşüm süreçleri gibi bütün tedarik zincirinin her aşamasında ortaya çıkan teknolojilerden yararlanılarak geliştirilmektedir.

Endüstri 4.0, büyük veri, sensörler, nesnelerin interneti, bulut bilişim, robot teknolojileri, yapay zeka ve bu sayılan teknolojilerin üretim için uygulanması ile fiziksel ürünlerin dağıtımını ve kullanımını birleştiren bir terimdir. Ayrıca, insan müdahalesi olmadan bir ürünün internet üzerinden tamamen otomatik olarak üretilme, teslim edilme, kullanılma, tamir edilme ve geri dönüşümünü ifade etmektedir.

Almanya'daki Federal Eğitim ve Araştırma Bakanlığı bu konsepti desteklemekte olup Endüstri 4.0 ile ekipman ve makinelerin sürekli bilgi alışverişinde bulunacağını ve gelecekte birçok sürecin gerçek zamanlı olarak uzak mesafelerde kontrol edilip koordine edilebileceğini savunmaktadır. Bu sayede günümüzde de örneklerini gördüğümüz akıllı ürünler ve fabrikaların yayılması planlanmaktadır [27].

Dördüncü sanayi devriminin birçok avantajı bulunmaktadır. Örneğin, bu devrim diğer endüstri devrimlerinin de ortak sonuçlarından olan global gelir seviyesini yükseltebilir ve tüm dünyadaki insanların yaşam kalitesini arttırabilir. Örneğin, yeni Endüstri 4.0 teknolojileri sayesinde tüketiciler dijital dünyaya kolayca ulaşabilecek ve daha yüksek ekonomik verime sahip ürünler ve hizmetlerden faydalanabileceklerdir.

Diğer taraftan, tedarikçinin perspektifinden bakıldığında, üretkenlik ve verimlilik uzun vadede artacak ve ulaşım, iletişim vb. gibi ticari faaliyetlerin maliyeti düşecek ve dünya pazarlarına kolayca erişilmesi nedeniyle küresel tedarik zincirleri daha etkili olacaktır.

Ayrıca, Türk Sanayicileri ve İş Adamları Derneği (TÜSİAD) 2016 raporuna göre Endüstri 4.0, katma değeri yüksek bir yatırım döngüsü başlatmak için harika bir fırsat sunmaktadır. Artan küresel rekabet gücü, daha yüksek maliyet verimliliği, daha fazla üretim hızı ve esneklik, daha yüksek kalite ve daha düşük atık oranı, yüksek katma değerli ürünlerin artan payı, ortaya çıkan verimlilik ve rekabetçilik ile şirketlerin küresel rekabet pozisyonunu korumak ve güçlendirmek, çalışanların ergonomik ve iş gücü profilini geliştirerek çalışma koşullarını iyileştirmek dördüncü sanayi devrimi sayesinde sağlanabilecektir [28].

Sonuç olarak, Endüstri 4.0'ın başlangıç noktası rekabet avantajı kazandırmak, işgücüne bağımlılığı azaltmak, ürünlerin hızlı ve hatasız hareket etmesini, esnekliğin artırılmasını ve maliyetlerin düşürülmesini sağlamaktır. Ayrıca, kaynakların tükenmesi, dünyanın azalan yaşam beklentisi ve bu durumla ilgili artan endişe, Endüstri 4.0'ın gelişmesi için itici bir güç oluşturmuştur. Dördüncü sanayi devriminin getireceği teknoloji ve yenilikler sayesinde sürdürülebilirliğe büyük katkı sağlaması beklenmektedir.

Küreselleşme, insanoğlunun sosyal, çevresel ve ekonomik boyutlarında sürdürülebilir gelişimini sağlamaktadır. Öte yandan, küreselleşme, dünya genelinde giderek artan sermaye ve tüketim mallarına olan talebin karşılanması zorluğuyla karşı karşıya kalmaktadır. Bu zorluğun üstesinden gelebilmek için, endüstriyel değer yaratma süreçleri sürdürülebilir olmalıdır. Sanayileşme aşamalarını tamamlamış ülkelerin değer yaratması Endüstri 4.0 tarafından şekillendirilmektedir. Bu gelişme sürdürülebilir üretim için muazzam fırsatlar sunmaktadır.

Schwab'a göre endüstri 4.0'ı üçüncü sanayi devriminden ayıran temelde 3 kilit nokta bulunmaktadır. Hız, genişlik ile derinlik ve sistem etkisi. Günümüzde yaşanan teknolojik gelişmeler nedeniyle diğer devrimlerden ziyade bu devrim üstel bir hızla gelişmektedir. Önceki devrim olan dijital devrimin üzerinde yükselmesi, bir başka deyişle ilgili çalışmaları kullanması, çok çeşitli değişimleri bir araya getirerek genişliği ifade etmektedir. Son olarak bu devrim, sadece sanayi sektöründe değil hayatımızın her alanında örneğin ülkeleri, işletmeleri, insanları veya aklımıza gelen her şeyi bir bütün halinde dönüşüme zorlamaktadır [29].

Endüstri 4.0'ın yukarıda bahsedilen faydalarına ulaşmak için bazı zorluklarla mücadele edilmesi gerekmektedir. Bunlar arasında sıralanabilecek ilk husus genişleyen ve büyüyen ekonomilerdeki gelir dağılımının eşit bir şekilde dağıtılmasını sağlamaktır. Bundan önceki devrimlerde maalesef bu durum mümkün olamamıştır. Ancak bu yeni sanayi devrimi ile ülkeler arasındaki eşitsizliğin azaltılması gerekmektedir. İkinci husus geri dönüşü olmayan ve maliyetlerine katlanması mümkün olmayan dışsal etkilerdir. Bunların içerisinde çevreye verilen zararların yanı sıra gözle görülmeyen ancak ileride gelecek nesillere miras bırakacağımız hususlar da girmektedir. Bununla ilgili mutlaka adımlar atılmalı ve planlamalar yapılmalıdır. Üçüncü zorlu görev ise yeni sanayi devrimi içerisindeki teknolojileri insan odaklı bir hale getirmektir. Sadece finansman veya istihdam oranlarının azaltılması açısından değil aynı zamanda insanları sınırlayan sistemlerden kaçınarak değer katan ve varlıkları güçlendiren bir yapı inşa etmek gerekmektedir [30].

3.5. Endüstri 4.0 Teknolojileri

Endüstri 4.0, yüksek oranda gelişmiş otomasyon ve dijital süreç, elektronik ve bilgi teknolojileri tarafından imalat ve hizmetler için karakterize edilmektedir. Üretim ve hizmet yönetimi açısından bakıldığında Endüstri 4.0, makine-makine ve insan-makine etkileşimi gibi akıllı ve dağıtık sistem etkileşimlerinden gelen veri akışı ile ilgilenecek akıllı ve iletişimsel sistemler kurmaya odaklanır. Endüstri 4.0 uygulanması farklı kilit alanlar arasında yakın bir ilişki sağlanarak disiplinler arasında olmalıdır.

Üretim sektöründe endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanılmaya başlamasıyla gerçek ve siber dünya bir araya gelmekte ve veriler, çizimler veya bilgisayar ortamındaki herhangi bir tür formattan gerçek dünyaya uyarlanmış bilgiler iç içe geçmektedir. Bu kavram üretimde siber fiziksel sistemler olarak belirtilmektedir. Bu kavram ayrıca makineler, cihazlar, aygıtlar gibi sensör veya mikroçip içeren nesnelere gömülü sistemler arasında bir bağlantı olarak tanımlanmaktadır. Başka bir deyişle, siber fiziksel üretim sistemleri bir ağ üzerinde iletişim kurabilen ekipmanlar olup IT teknolojisi ile elektronik veya mekanik öğeler arasında bir bağlantı oluşturmaktadır.

Endüstri 4.0 kapsamında adı anılan ve bağlantılı olduğu düşünülen teknolojiler ve uygulamalar her bir çalışma kapsamında farklılık gösterebilmektedir. Bu çalışma kapsamında endüstri 4.0 teknolojileri olarak ele alınanlar aşağıda belirtilmektedir:

- Arttırılmış veya Sanal Gerçeklik
- Bulut Bilişim Teknolojileri
- Büyük Veri
- Eklemeli İmalat (3B Yazıcılar)
- Nesnelerin İnterneti - Yenilikçi Sensörler
- Otonom Robotlar
- Siber Güvenlik
- Yapay Zeka
- Yatay ve Dikey Entegrasyon

3.5.1. Arttırılmış ve sanal gerçeklik

Gerçeklik bir olgu iken teknolojinin gelişmesiyle birlikte bu olgu şekil değiştirmeye ve farklı boyutlarda karşımıza çıkmaya başlamıştır. Bunlardan en bilinen ikisi ise arttırılmış ve sanal gerçeklik kavramlarıdır.

Bilgisayarlar, yazılımlar ve bazı teknolojik araçlar ile gerçek dünyanın benzerinin ortaya konmasına sanal gerçeklik denilmektedir. Sanal gerçeklik, kendi adını taşıyan gözlükler kullanılarak daha önceden kodlaması yapılmış bir yazılım sayesinde ve hazırlanmış bir dünya benzeri ortamda birden fazla duyuya hitap eden bir deneyimdir. Bu hazırlanmış ortam tamamen yazılımı yapan kişinin belirlemiş olduğu hayali bir dünyadır.

Arttırılmış gerçeklik ise sanal gerçekliğin tam tersi olarak tanımlanmaktadır. Bir başka deyişle gerçek dünya içerisinde görülen, dokunulan veya duyulan şeylere gerçek olmayan yani sanal içeriklerin eklenmesidir. Bu içerikler ses, görüntü ve grafik gibi veriler olabilmektedir. Sanal gerçeklik uygulamalarında insan tamamen hayali ve gerçek olmayan bir dünya içerisinde yer alırken arttırılmış gerçeklik uygulamalarında gerçek dünyanın üzerine sanal eklemeler ile gerçek ve sanal dünya bir araya gelmektedir.



Şekil 3.3. Gerçeklik-sanallık sürekliliği [31]

Milgram ve Kishino'nun Şekil 3.2.'de yer alan çalışmasında görüldüğü gibi arttırılmış gerçeklik gerçek ortam ile sanal ortamın arasında kalmaktadır. Sağdan sola doğru gidildikçe sanallık artmakta ve gerçeklik azalmaktadır.

Sanal gerçeklik ile arttırılmış gerçekliğin oldukça geniş kullanım alanları olmasına rağmen sanal gerçekliğin bir aparat (gözlük vb.) gerektirmesi ve bazı durumlarda kullanıcıda yarattığı mide bulantısı etkisi kullanımında zorluklara neden olabilmektedir. Bunun yanı sıra her ikisi de günümüzde eğitiminden eğlence/oyun sektörüne, savunma sanayiinden lojistik sektörüne kadar çok çeşitli alanlarda kullanılmaya başlanmıştır.

Dünyaca ünlü uçak üreticisi Boeing firmasında çalışan teknik ekip arttırılmış gerçeklik uygulamaları ile yanlarında taşımış oldukları kitapçık sayesinde bakım ve onarım işlerini kolayca yapabilmektedirler. Bu sayede hem zamandan tasarruf eden firma hem de hatasız bir şekilde işlemlerin devam ettirilmesini sağlamaktadır. Ceplerindeki kitapçıktan seçmiş oldukları bölüm ve takmış oldukları bir gözlük sayesinde hangi donanımın nasıl çıkarılacağı, hangi sigortanın nasıl açılması gerektiği gibi konularda yönlendirici bilgiye sahip olabilmektedirler. Bu sayede sık sık duraklayıp kullanım kılavuzunu kontrol ederek veya uzmanlara danışarak donanımların doğru bir şekilde konumlandırıldığından emin olmaları

gerekmemektedir [32]. Buna benzer bir sistem montaj süreçlerinde de kullanılmış ve Boeing mühendislerinin kablo bağlantısı üretim süresi %25 kısalmıştır [33].

DHL kargo firmasında ise personel kendisine tanımlı kart ile kullanmış olduğu gözlük sayesinde yükleme ve sevk bilgilerine erişerek deponun hangi alanındaki kargoları alması gerektiği ve bu kargoları taşıma aracındaki hangi bölüme yerleştirmesi gerektiği gibi bilgileri ürünün üzerindeki barkod üzerinden elde ederek görebilmekte bu sayede iş ve işlemlerini daha hızlı yapabilmektedir [34].

Savunma sanayiinde sanal gerçeklik uygulamalarıyla simülasyonlar geliştirilmekte ve bu simülasyon uygulamaları sayesinde çok büyük bütçeli gerçek saha eğitimlerinin ve tatbikatların önüne geçilebilmektedir.

Diğer taraftan ABD menşeli bir firma olan FARO denetim ve tasarım süreçleri için yeni bir platform geliştirmiştir. Bu geliştirilen program, büyük çapta ve karmaşık 3 boyutlu bilgisayar destekli tasarım (CAD- Computer Aided Design) verilerinin personelin kullandığı bir tablete aktarılmasına ve bu çizim ve görseller ile gerçek dünyadaki uygulamaların karşılaştırılmasına imkan tanımaktadır. Bu sayede sorunlar ve hatalar, metin ve görüntülerle belgelenebilmekte daha sonra her ikisi de bir doküman üzerinde görülebilmektedir. Bu program, her türlü sektörde hataların daha erken tespit edilmesi ile görsel kalite denetiminin sağlanması ve gerçek zamanlı bir üretim gerçekleştirilmesi için kullanılabilir [35].

Yeni arttırılmış gerçeklik uygulamaları güvenlik sektöründe de karşımıza çıkmaktadır. Bu kapsamda personeller kapalı yapıların içerisini görebilmekte ve fiziksel olarak açılmadan müdahale edebilme yetisine sahip olabilmektedirler. Ayrıca yine bu kapsamda, üretim tesislerinde ortaya çıkabilecek kimyasalların yayılımı, tehlikeli makinelerin beklenmeyen tepkileri veya çok şiddetli gürültü gibi risk derecesi yüksek olaylarda operatörleri tehlikeye atmadan ne tür aksiyonlar alınması gerektiğini onlara gösterecek platformlar oluşturulabilmektedir. Bu sayede çalışanlar bu tür ciddi bir durumla karşılaştıkları zaman nasıl davranılması gerektiğini önceden deneyimlemiş olmaktadır.

ABD otomotiv devi Ford Motor Company'nin sanal gerçeklik ve arttırılmış gerçeklik uygulamalarında işçi güvenliği ve verimlilik artışı sağlanmıştır. Firmanın raporlarına göre (<https://financesonline.com/virtual-reality-statistics>) sanal gerçeklik kullanımı, ergonomi konularında %90 avantaj sağlarken işçi yaralanmalarında ise %70 oranında azalmaya sebep olmaktadır [36].

Fransa merkezli bir danışmanlık firması olan Capgemini tarafından gerçekleştirilen ve sekiz ülkedeki 709 işletmeyi içeren araştırma kapsamında (<https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2018/09/AR-VR-in-Operations1.pdf>), işletmelerin %40'ı aktif bir şekilde

sanal ve arttırılmış gerçeklik uygulamalarını kullandığını belirtmişlerdir. Bu işletmelerin %73'ünü KOBİ'ler oluşturmakta ve %65 imalat sektöründe faaliyet göstermektedir [35].

Dünyada 2018 yılında 171 milyon sanal gerçeklik kullanıcısı bulunmakta ve sadece ABD'de sanal ve arttırılmış gerçekliğe harcanan para 6,4 Milyar Doları geçmektedir [36]. Toplam küresel sanal ve arttırılmış gerçeklik piyasasının büyüklüğünün ise 2019 yılında 16.8 Milyar Dolar olması beklenmektedir [37].

Buna ek olarak endüstriyel sanal ve arttırılmış gerçeklik pazarının yıllık bileşik büyüme hızı 2018 ve 2025 arasında yaklaşık %74 olacağı tahmin edilmektedir. Toplanmış arttırılmış gerçeklik pazarının ise 2025 yılına gelindiğinde 76 Milyar Dolara ulaşacağı belirtilmektedir [38].

3.5.2. Bulut bilişim

Bulut bilişim sayesinde iş ve işlemlerin büyük kapasiteli sunucu bilgisayarlar ile bu bilgisayarlarda bulunan program ve yazılımlar aracılığıyla bir ağ üzerinden paylaşımlı bir şekilde yapılması sağlanır. Şahsi bilgisayarlardan yapılan işlemler kısıtlı ve ilgili bilgisayarın kapasitesine bağlı olmaktadır ancak bulut bilişim teknolojisi ile dünyanın herhangi bir yerindeki bilgisayar veya sunucunun kapasitesi kullanılarak daha büyük ve karmaşık işlemler yapılabilmekte çok daha büyük veriler saklanabilmektedir. İlgili işlemler ve veriler arkasında çalışan bilgisayarlar ve donanımlar bütününden istenildiği zaman kullanıcının bilgisayarına istenilen bilgi çekilebilmekte veya iletilebilmektedir.

Bulut bilişim teknolojileri sadece iş ve işlemler için değil aynı zamanda depolama işlemi için de kullanılmaktadır. Bu sayede şahsi bilgisayarlarda verileri depolamaya çalışmak yerine internet ortamında veriler saklanabilmektedir. Bulut bilişim teknolojilerinin en bilinen tedarikçi örnekleri arasında Google drive, dropbox, apple icloud, one drive veya amazon drive gelmektedir. Yerli firmalarda ise Turkcell, Türk Telekom ve Koç Sistemin tedarikçi olarak hizmet vermektedir.

Bu uygulamalar sayesinde mobil cihazlar, bilgisayarlar veya tabletler gibi teknolojik araçlarda verilerin saklanması veya depolanmasına gerek olmamaktadır. Bu tür uygulamalara yüklenen veriler internet erişim olan her noktadan erişilebilmekte, değiştirilebilmekte ve tekrar ilgili yere kaydedilmektedir. Aynı zamanda sabit disklerin bozulması gibi durumlarda tek bir yerde olmayan verilerin kurtarılması da söz konusu olmaktadır.

Bu avantajlara ek olarak bulut bilişim teknolojileri sayesinde gerek günlük gerekse de sanayi sektöründe kullanılan yazılımlar için teknolojik cihazlara yüklü olma durumu ortadan kalkmaktadır. Bu sayede büyük bütçeler ödenerek alınan yazılımlar veya veri tabanı programları yerine kullanılacak modül ve süre seçilerek daha az maliyetler ile ilgili yazılımları kullanabilmek mümkün olmaktadır.

Zoho, Open Cirrus Cloud ve BlueSky bulut bilişim uygulamalarına diğer örneklerdir. Bunların en bilinenlerinden Zoho finans, insan kaynakları ve bilgi işlem gibi işletme birimlerinin kullanabileceği yazılımlar, mail araçları ve depolama alanları gibi konularda firmalara yardımcı olarak çevrimiçi çözümler sunmaktadır. Diğer taraftan Open Cirrus Cloud ise işletmelere kalite kontrol ve yönetim gibi fonksiyonları da kapsayan paketler önerebilmektedir.

Sanayi sektörü, bulut çözümlerinin kullanımında büyük bir değişiklik geçirmekte olup bu değişim, büyümeye devam edecek ve diğer veri depolama araçlarına büyük zorluklar getirecektir. Bulut teknolojisi kurulum gerektirmemesi ve web tabanlı uygulamalar sayesinde her yerden ulaşım sağlanması açısından operasyonel kolaylık sağlayarak depolama yapılabilmesini sağlamaktadır. Diğer bir deyişle bulut bilişim tüm uygulamaları, programları ve verileri sanal bir sunucuda saklama sistemidir [39].

Üretimde kullanılan makineler, teçhizatlar veya alet edevatlar ile çalışanlar internete bağlı bir şekilde iş ve işlemleri sürdürebilmektedir. Bu sayılan faktörlerin kaydetmiş olduğu veriler sadece kendi bünyelerinde kalmamakta aynı zamanda bulut sistemlerine yüklenebilmektedir. Bu yüklenen veriler veya bilgiler bulut sistemi üzerinden işletmenin diğer birimlerine açılabilmekte ve istenilen her kişinin ulaşabilmesi sağlanabilmektedir. Bu sayede güncel bilgilere erişim sağlayan tüm karar vericiler üretim sürecini komple ele almak ve daha sağlıklı ve etkin kararlar verebilmektedir.

Modern bir işletmenin operasyonu, büyük miktarda bilgi ve yoğun hesaplama gerektiren sayısız karar verme faaliyetini içermektedir. Bir noktada, üretim işletmeleri, veri tabanları için sunucular ve karar alma birimleri gibi birden fazla bilgi işlem kaynağına ihtiyaç duymaktadır. Bulut teknolojileri bu esnada, işletme çalışanlarının ve müşteriler ile tedarikçilerin aynı anda aynı verilere ulaşmasını sağlayarak işletimi kolaylaştırmaktadır [21].

Bunlara ek olarak bulut bağlantılı robotların gerçek hayata ve ilgili etkenlere entegrasyonu oldukça yaygın bir hal almaktadır. Örneğin, küçük işletmelerde yüksek verimlilik için üretim tesislerinde bulut bağlantılı robotlar kullanacaktır. Üretim hızı ve

kalitesi, dördüncü sanayi devrimine geçişten yararlanılarak sadece büyük şirketler için değil, aynı zaman da küçük şirketler içinde artacaktır [39].

Bulut sistemleri maliyetleri düşürmekte, altyapı ve sistem karmaşıklığını ortadan kaldırmakta, çalışma mekanlarını genişletmekte, verileri korumakta ve bu verilere her an erişilmesini sağlamaktadır. Başlıca genel bulut, özel bulut, hibrit bulut (genel ve özel bulutun birleşimi) ve topluluk bulutu (birden çok kuruluş tarafından paylaşılır ve belirli bir alandaki topluluğun paylaşımıyla desteklenir) olmak üzere dört tür sistemi vardır [40].

Bulut bilişim teknolojisi kapsamında çeşitli türden hizmetler işlem görebilmektedir. Bu hizmetler bulut bilişim için yapılandırılmış bir katmanlı sistem veya hizmet modellerinin çeşitleri olarak tanımlanmaktadır.

1. *Hizmet olarak Altyapı (IaaS)*: Bulut servis sağlayıcılarının, sanal altyapılar aracılığıyla kullanıcılara temel bilgisayar kaynakları sağladığı platformlardır. İlgili sanal altyapılara örnek olarak, sanal sunucular, ağlar veya depolama alanları gösterilebilir. Ayrıca bu servisler ile kullanıcılar bulut teknolojisi üzerinden işletim sistemi uygulamaları gibi yapıları içerebilen yazılımları açabilmekte ve kullanabilmektedir.
2. *Hizmet olarak Platform (PaaS)*: Uygulama geliştiricileri olarak adlandırılan kullanıcıların bulut bilişim teknolojilerinin altyapılarında programlama dillerini kullanarak uygulamalar geliştirip çalıştırdığı yerlerdir. Bu nedenle bu platformlarda ölçeklenebilirlik, yüksek hızlı sunucu hizmetleri ve depolama kapasiteleri önem kazanmaktadır. Kullanıcılar, uzaktan bilgi teknolojileri platformlarını kullanarak kendi uygulamalarını oluşturmakta, çalışabilir hale getirmekte ve dağıtımını yapabilmektedir.
3. *Hizmet olarak Yazılım (SaaS)*: Uygulamaların bulunduğu ve bir bulut altyapısında çalıştığı yerlerdir. Web tarayıcısı ve programlar gibi bir ara yüz aracılığıyla çeşitli istemci aygıtlar tarafından erişilebilmektedir. Odak noktası, bireysel kullanıcıların yerel cihazlarındaki servis uygulamalarını ortadan kaldırmak, ki bu kullanıcılara yüksek verimlilik ve performans sağlamaktadır. Bu katman, daha düşük toplam sahip olma maliyetiyle, CAD ve ERP gibi yazılım uygulamalarını sağlamaktadır.

Bulut bilişim teknolojileri açısından çeşitli hizmetler yukarıda bahsedilmiştir. Bu hizmetler örneklerinden bulut tasarımı, herhangi birinin tasarımları başkaları için yüklemesine ve paylaşmasına izin vermektedir. Amerikan motorlu taşıt imalat şirketi Local Motors birçok küçük fabrikayı kullanarak düşük hacimli ve açık kaynaklı motorlu araç tasarımı yapılmasını sağlamaktadır. İlgili firmanın motorlu taşıt tasarımları, sanal bir ortam

ve topluluk içerisinde tasarımcılar, mühendisler, imalatçılar ve meraklılar tarafından ortaklaşa bir şekilde meydana gelmektedir. Bu bir bulut tabanlı tasarım örneğidir. Bulut tasarımı ve üretiminin imalatta bir sonraki paradigma olduğu düşünülmekte ve Endüstri 4.0 içerisindeki önemi konusunda kapsamlı araştırmalar yapılmaktadır.

Ülkemizin de içerisinde bulunduğu çoğu gelişmekte olan veya gelişmiş ülkeler yerli bulut bilişim politikaları benimseyerek kendi sunucularını ülkeleri içerisinde bulundurmak amacıyla alt yapı yatırımları yapmaktadırlar.

Bulut bilişimin olumsuz sayılabilecek veya tehlikeli olarak sınıflandırılabilir bazı özellikleri de bulunmaktadır. Bunların en başında güvenlik zafiyeti gelmektedir. Tamamen kişiden veya firmadan bağımsız olarak depolanan bu verilerin nerede, nasıl ve hangi güvenlik seviyesi ile saklandığı bilinmemektedir. Verilerin saklandığı merkeze yapılacak bir saldırı veya güvenlik açığı sizinle beraber milyonlarca kişi veya firmanın bilgilerinin açığa çıkması veya çalınması tehlikesini beraberinde getirmektedir.

İkinci olarak ise internet bağlantısı gerekliliği gündeme gelmektedir. İlgili verilere, bilgilere, dokümanlara, fotoğraflara veya sunumlara erişim sağlanması için sürekli olarak internete bağlı kalınması ve veri akışını koparmamak gerekmektedir. Oysa iş yerinde veya ev ortamında bulundurulacak hard disk veya sunucu ile internete bağlantılı olma zorunluluğu ortadan kalmaktadır. Ancak bu tür bir durumda da hem veri depolama hem de işletim sistemi kapasitesi düşük olabilmektedir. Ayrıca tek bir yerde depolanan verilerin başına gelebilecek herhangi bir olumsuz durum tüm bilgiler geri dönüşü olmayan bir şekilde kaybolmasına neden olabilmektedir.

Bunların yanı sıra hizmetlerde şeffaflık kriterleri diğer tartışmalı husustur. Bu ve benzeri alanlarda bulut bilişim teknoloji tedarikçileriyle yapılan sözleşmeler ve hizmet alım içeriği önem kazanmaktadır. Uzmanlar tarafından bu tür hususlara dikkat edilerek işletmelerin her türlü şartı araştırarak ilgili teknolojilerden yararlanması tavsiye edilmektedir.

3.5.3. Büyük veri

Büyük veri en genel anlamıyla, toplumsal medya paylaşımları, ağ günlükleri, bloglar, fotoğraf, video, log dosyaları vb. gibi değişik kaynaklardan toparlanan yapısal olan veya olmayan tüm verilerin anlamlı ve işlenebilir hale dönüştürülmesi olarak tanımlanmaktadır [41].

1998 yılında Google firmasının kurulması, 2000 yılında Google Arama motoru sayfasının, 2004 yılında Google Map Reduce ve arından 2005 yılında Apache Hadoop uygulamalarının kullanılmaya başlaması büyük veri kavramının gelişmesinde önemli adımları oluşturmuştur. Bu gelişmelere ek olarak 2004 yılında kurulan Google Gmail ile 2005 yılında açılan Youtube, 2006 yılında kurulan iki sosyal medya devi Facebook ve Twitter ile 2007 yılında ortaya çıkmış olan Iphone ve Android işletim sistemleri birbiri ardına gelerek dünyadaki veri miktarının giderek artmasına neden olmuşlardır. Bu sayede veri kavramı günden güne artan ve büyüyen bir olgu olarak gelişmiştir.

Veri kavramının büyük veri olarak anılabilmesi için 5 adet bileşene sahip olması gerekmektedir. Bunlar: *büyüklik*, *hız*, *çeşitlilik*, *doğrulama* ve *değerdir*. Bu bileşenler aşağıda detaylı bir şekilde ele alınmaktadır.

Büyüklik: Veri büyüklüklerinin ölçülmesi işlemi amacıyla kullanılan bileşendir. Kullanılması planlanan veya depolanan verinin büyüklüğünü tanımlamak için kullanılmaktadır. Verileri ölçmek ve boyutlarını sınıflandırmak için en küçük veri büyüklük birimi olan “byte” kavramı kullanılmaktadır. Byte kavramını, kilobyte, megabyte, gigabyte, terabyte, petabyte, exabyte, zettabyte, yottabyte ve brontobyte takip etmektedir. 1024 byte 1 kilobyte’a eşit olmakla beraber 1024 kilobyte’da 1 megabyte’a eşittir ve diğer eşitlikler oransal olarak hesaplanarak devam etmektedir.

Mevcutta karşı karşıya olduğumuz veri miktarı her geçen gün artmakta ve bu artış akıl almaz bir hızda yaşanmaktadır. Bu nedenle eskiden kullanılan veri büyüklüğü sınıflandırmaları yetersiz kalabilmektedir. IDC’nin araştırmasına göre (IDC, 10.01.2020) dünyada 2018 yılında 33 zettabyte’lık veri üretilmiştir. Bu rakam yaklaşık olarak 130 milyar adet 256 GB’lık Ipad Air’in sahip olduğu bir veri büyüklüğü anlamına gelmektedir. Daha anlaşılır ve çarpıcı olması bakımından aynı zamanda yaklaşık 45 adet futbol sahası büyüklüğündeki bir alanı kaplayacak Ipad sayısına eşit olduğu söylenebilir [42]. Google büyük veri ile başa çıkabilmek için 3 milyondan fazla sunucusuyla günlük 8 milyar sayfa gösterimi sağlayabilmektedir.

Hız: Hayatın içerisinde veya her an yüzlerce veri veya bilgi ile karşılaşmaktadır. Günümüz dünyasında canlı ve cansız her türlü varlık tarafından kullanılan telefon, bilgisayar, e-posta, makine, teçhizat, televizyon, sensor vb. gibi çeşitli kaynaklardan elde edilen veriler günden güne artış göstermekte ve kullanılmaya devam edilen her türlü nesne ile veri üretimine inanılmaz bir derecede katkı sağlanmaktadır. Örneğin, 2018 yılında her bir dakika içerisinde dünyada 3,7 milyon Google araması meydana gelmiş, 18 milyon kısa

mesaj 38 milyon whatsapp mesajı atılmış, 862 Bin Dolarlık internet alışverişi onaylanmış ve 187 milyon e-posta gönderilmiştir [43].

Bu ve benzeri verilerin öngörülemez bir hızla artması büyük verinin hız bileşenini ifade etmektedir. Diğer taraftan dünyada sadece insanoğlu aracılığıyla değil aynı zamanda gerçekleştirilen herhangi bir faaliyet nedeniyle veri üretimi devam etmektedir. Örneğin, bir Boeing 737 motoru uçuş esnasında her 30 dakikada bir toplam 10 terabayt veri üretmektedir. Başka bir deyişle İstanbul'dan New York'a gerçekleştirilen bir uçuş esnasında sadece uçak motoru 220 terabaytlik veri ortaya çıkarmaktadır.

Çeşitlilik: Veri diye bilinen kavram aslında çok çeşitli kaynak türlerinden toplanmaktadır. Şirketlerin kullanmış olduğu müşteri ilişkileri yönetimi (CRM-Customer Relationships Management) ve ERP gibi yazılımların ürettiği verilerin yanı sıra, internetten elde edilen veriler, e-postalar, sosyal medya hesaplarının ürettiği veriler, ses dosyaları, sensörlerin ürettiği veriler, SMS veya MMS'ler gibi birçok kaynak bunlara örnek olarak gösterilebilmektedir. Bu durum karşımıza büyük verinin çeşitlilik bileşenini çıkarmaktadır.

Veri çeşitliliğinde 3 tip veri bulunmaktadır. Bunlar yapısal, yarı yapısal ve yapısal olmayan verilerdir. Yapısal veriler, üzerinde terim olarak işlem yapmaya olanak sağlayan veriler olarak belirlenmektedir. Yapısal verilerde satır-sütun bazlı bir düzen bulunmaktadır. Örneğin bir tabloda yer alan; isim, soyisim, adres ve telefon bilgileri her kolonun ilgili kişiye ait bilgiler kısmında yer almaktadır.

Yapısal olmayan veriler ise her türlü düzen ve yapı içinde bulunan verilerdir. İnternet üzerinden farklı haber kaynaklarından elde ettiğimiz veriler veya sosyal medya vb. gibi mecralardan toplanan veriler bu tip verilere örnek olarak gösterilebilir. Yarı yapısal veriler ise kendine has düzen ve yapı içerisinde bulunan verilerdir. Örneğin, XML dosyaları, RSS verileri, işlem tabloları vb.

Doğrulama: Veriler veya bilgiler ile iş ve işlemler tesis edebilmek için yukarıda bahsedildiği gibi devamlı bir şekilde cereyan eden veri akış trafiği içerisinde verilerin güvenilir olması gerekmektedir. Bu kapsamda doğrulama bileşeni ile karşılaşmaktadır. Aynı zamanda veri akışının doğru bir katman içerisinde yüksek bir güvenlik seviyesinde izlenmesi, doğru kişiler tarafından görünebilir olması ve gerektiğinde gizli kalması gerekebilmektedir.

Değer: Büyük verinin en önemli özelliği değer yaratmasıdır çünkü büyük veriyi anlamlandıran bileşen değer bileşenidir. Bir diğer deyişle ne kadar çeşitli, büyük, güvenilir ve hızlı akan bir veriye sahip olunursa olunsun onu değerlendirip ve yorumlayarak ondan anlam çıkarılamıyorsa aslında o veri hiçbir anlam ifade etmemektedir. Büyük verinin veri

üretim ve işleme katmanlarından sonra işletme ve/veya kuruluş için bir artı değer yaratıyor olması, karar verme süreçlerine anlık olarak etki etmesi ve doğru kararı verme esnasında ulaşılabilir olması gerekmektedir.

İşletmelerin kar amacı gütmek olan tek amacını gerçekleştirebilmek için ilk önce gelir elde etmeyi daha sonrada karlılıklarını arttırmayı hedeflemeleri gerekmektedir. Bu hedef doğrultusunda istenilen süreçleri gerçekleştirebilmesi ve bunları sürekli hale getirebilmesi için büyük verinin işlenmesi, anlamlandırılması ve doğru kullanılabilmesi son derece önemlidir. Örneğin dakikada 480.000 tweet atıldığı göz önüne alındığında bir işletmenin bu tweetlerden kendi talep ettiği veriyi başlıklarıyla sınıflandırarak verileri ayırması ve ayrılan veriden kendi işine yarayabilecek verileri süzerek analizler yapabilmesi çok zahmetli ve uzun sürecektir. İşte tam da bu noktada veri keşif ve uygulama araçları devreye girmektedir.

Büyük veri uygulamalarıyla veriler üretilebilir, başka bir platforma aktarılabilir, depolanabilir veya saklanabilir ve sorgulama yapılarak raporlanabilmektedir. Bu tür iş ve işlemleri yapılmasındaki asıl amaç ise veriden fayda sağlamak ve veriyi kullanarak katma değer üretmektir. Bu tür çalışmaların bütününe ise veri madenciliği adı verilmektedir. Büyük veri ve veri madenciliği konularında çalışma yapılmasına yönelik geliştirilmiş programlara örnek olarak Python, Scala, R Programing, Julia, Amazon Redshift, Google Big Query ve IBM BlueMix gösterilebilir. Bir araştırmaya göre (Cognizant, 05.01.2020), faaliyet gösterdiği sektörde rakiplerinden daha iyi bir şekilde gerçek zamanlı bir şekilde veriyi yöneterek değere çevirebilen bir işletmenin yaklaşık olarak %8 maliyetlerinin düşmüş olduğu ve yüzde 8’de cirosunun artmış olduğu görülmektedir [44].

Büyük Veri, geniş anlamda düşünüldüğünde endüstri 4.0 içerisindeki teknolojilerin tümüyle bağlantılı olan bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Örneğin nesnelerin internetini ele alındığında internete bağlanabilen her türlü cihaz birbiriyle etkileşime geçerek birbirine göndermiş olduğu komutlar aracılığıyla bazı faaliyetleri gerçekleştirmektedir. Etkileşime geçilmesi ve internet üzerinden veya sensörler aracılığıyla birbirlerine göndermiş oldukları komutların veri niteliği taşıdığı görülmektedir. Diğer taraftan geleneksel bilgisayarlar büyük veriyi kullanamayabileceğinden, ilgili analizleri bulut sistemiyle yapmak çok daha kolay ve daha verimli olacaktır. Dolayısıyla veri analizi ve bulut sistemi, endüstri 4.0 içerisinde kaçınılmaz bir bileşen olmaktadır.

Ne kadar çok teknoloji kullanılırsa o kadar çok veri üretilmektedir. Bunun sonucunda ise işletmelerin veya veriden fayda sağlayacak yararlanıcıların verileri analiz etme ihtiyacı ortaya çıkacak ve analiz edebilmek için de büyük veri ve analitik uygulamalarını kullanmaları gerekecektir. Büyük verinin ve bu veriden elde edilen kazanımların değerli

olduğu anlaşıldıkça veri uzmanı, veri mimarı, veri analisti, veri görselleştirme uzmanı, araştırma uzmanı ve iş analisti gibi yeni meslekler ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple büyük verinin geleceği şekillendireceğini söylemek yanlış olmayacaktır.

3.5.4. Eklemeli imalat

Dünyada ürünler günümüze kadar eksiltmeli veya çıkartmalı olarak adlandırılan üretim metotları ile üretilmekteydi ancak endüstri 4.0 yaklaşımlarından olan eklemeli imalat teknolojisinin baş gösterdiği 1980'lerin sonundan itibaren bu husus değişime uğramıştır. 3 boyutlu baskı yöntemleri olarak da bilinen eklemeli imalat teknolojisinde geleneksel yöntemlere nazaran mevcut bulunan hammaddeden frezeleme veya kesme gibi eksiltme işlemi yapılmamakta ilgili hammadde kullanılarak ekleme işlemi ile ürün ortaya çıkarılmaktadır. Bu üretim teknolojisinde, üretilmesi planlanan ürün daha önceden tasarımı yapılarak 3 boyutlu bir dosya formatı şeklinde bilgisayara veya ilgili eklemeli imalat makinesine yüklenmektedir. Genellikle 3 boyutlu yazıcı olarak da bilinen bu makine ilgili dosyada yer alan çizimlere göre ürünün tabanından başlayarak katmanlı bir şekilde ürünü üreterek hazır hale getirmektedir.

Bu üretim teknolojisi sayesinde tasarımı çok zor olan malzemeler veya ürünler esnek ve kolay bir şekilde üretilebilmektedir. Bunun yanı sıra eklemeli imalat sayesinde talep edilen ürünler istenilen sürelerde üretilebilmekte ve geleneksel yöntemlere göre daha kısa sürelerde belirlenen özelliklerdeki ürünler elde edilebilmektedir. Üretimde meydana gelebilecek tasarım değişikliği esnasında ise geleneksel üretimlerdeki kalıp maliyetleri veya uzun süren kalıp çalışmaları yerine sadece 3 boyutlu çizim dosyasında değişiklik yapılması yeterli olabilmektedir. Aynı zamanda geleneksel yöntemlere göre daha az malzeme girdisi kullanılarak malzeme kayıpları da daha az meydana gelmektedir. Talebe göre yapılacak üretim tipi sayesinde ise stok maliyetleri önemli ölçüde azalmaktadır.

Yukarıda bahsedilen avantajlarına ek olarak tasarım ve imalatın birbirine entegre olmuş bir şekilde çalışmasına zemin hazırlamaktadır. Bu sayede tasarım birimi ile üretim birimi birbirinden ayrı ve kopuk yapılar olarak karşımıza çıkmamaktadır. Diğer taraftan üretim sektöründe kullanılan makinelerin ve bu makine gibi üretim elemanlarına yapılan yatırımların azalması sağlanabilmektedir.

Günümüz eklemeli imalat teknolojileri her ne kadar malzeme maliyetleri, hızı ve süreç kontrolü açısından prototip üretmek için uygun olsa da henüz seri üretim modelini kaldıracabilecek yeterlilikte değillerdir. Buna rağmen çok yakın bir gelecekte teknolojinin de

gelişmesiyle standart kalitede, uygun maliyetlerde ve büyük miktarlarda üretim yapabilecek 3 boyutlu yazıcıların imalat endüstrisinde yer alacağı tahmin edilmektedir. 3 boyutlu çizimi hazır olan bir ürünün dünyanın herhangi bir yerindeki bir mekan içerisinde uzaktan erişim sağlanarak üretiminin yapılabilir olması eklemeli imalat teknolojisinin ne kadar hızlı gelişebileceği ve geleneksel yöntemlerin yerini aynı hızda alabileceği konusunda kanıtlayıcı niteliktedir.

Eklemeli imalat yöntemleri tabakaları işleme yöntemleri veya kullanılan hammadde malzemeleri açısından çeşitlik arz etmektedir. Literatürde en fazla ele alınan eklemeli imalat teknoloji çeşitleri aşağıda açıklanmaktadır.

Ergitilmiş katman modelleme, filament adı verilen plastik polimerden oluşan hammaddenin ekstrüzyon kafası aracılığıyla ısıtılması ve eriyik hale gelmesi sağlanmaktadır. Ekstrüzyon kafası sayesinde boş bir tabakaya ilgili hammadde püskürtülerek oluşturulacak ürünün her bir katmanı meydana getirilmektedir. Her bir katmanın oluşumu tamamlandığında bitmemiş olan ürünün altında bulunan tabaka bir kademe aşağı inerek ürüne ait yeni katmanın oluşturulmasına zemin hazırlamaktadır. İlgili malzeme püskürtüldükten hemen sonra katılaşmakta ve bu aşama ürün oluşana kadar tekrarlanmaktadır. Katman birikimli modelleme olarak da bilinen bu yöntemde hammadde olarak ABS, polikarbonat, naylon ve PETG gibi filamentler de kullanılmaktadır [45].

Lazer ile sinterleme modelinde, tabakalar üzerinde hazır bulunan toz malzemelerine lazer işlemi uygulanarak katı bir forma bürünmeleri sağlanmaktadır. Ürünü oluşturan her bir tabak için tekrar toz serilmekte ve lazer işlemi uygulanmaya devam etmektedir. Ürünün sabit bir şekilde kaymadan oluşabilmesi için işlenmemiş granül malzeme kullanılmakta olduğundan bu model ayrıca granül malzemeyi birleştirme olarak da adlandırılmaktadır. Seçmeli lazer ergitme yönteminde ise lazer ile sinterleme modelinde olduğu gibi granüller sinterlenerek erilmek yerine granüller yüksek miktarda enerji ile eritilerek tabakalar halinde üst üste eklenmekte ve bu şekilde ürün elde edilmektedir. Plastik malzemenin yanı sıra seramik, cam, alüminyum, çelik, titanyum, nikel alaşım, kobalt krom gibi çeşitli metal malzemelerde bu yöntem kullanılabilir [46].

Elektron ışınli ergitme modeli ise toz halindeki metal malzemeleri yüksek ısı enerjisine maruz bırakarak ergitme ve birleştirme metodolojisine dayanmaktadır. Bu yanıla aslında lazer sinterleme modeli ile benzerlik göstermesine rağmen gözeneksiz ve yoğun parçaların üretilmesi için bu yöntem daha fazla tercih edilmektedir. Yöntem hassasiyeti yüksek kompleks metal ürünlerin üretimine imkan vermektedir. Bu nedenle sağlık ve havacılık sektörün kullanım alanları içerisinde yer almaktadır.

Lazer metal biriktirme modelinde ise toz halde bulunan ham madde niteliği taşıyan metal malzeme istenilen noktaya lazer veya elektron ışınla ısıtılarak ve eritilerek püskürtülmektedir. Bu yöntemde ince yapılar tercih edilerek hassas üretim yapılması amaçlanmaktadır. Granül malzemeyi biriktirme yönetimine nazaran bu yöntemde metal biriktirilen tabaka çok fazla ısıya maruz bırakılmamaktadır. Bir başka deyişle mevcuttaki bir yüzeye zarar verilmeden kaplama işlemi yapılmasına izin vermektedir.

3B baskı süreçleri 1995'lerde kullanılmaya başlanmış olsa da son yıllarda daha kullanışlı, daha az maliyetli ve daha çok seçenekli hale gelmiş olduklarından dolayı popülerlikleri artmıştır. Bant genişliği arttıkça, veriler yapılandırılıp bunlara ilişkin düzenlemeler çağa ayak uydurdukça ve çok büyük boyutta dosyaların transfer edilmesi kolaylaştıkça 3 boyutlu yazıcılar modadan tıp alanına kadar çeşitli ürünlerin kişiye özel tasarlanması açısından daha önce hiç karşılaşılmayan fırsatlar sunmaktadır.

Genellikle 3 boyutlu baskı halen küçük plastik parçalarla ilişkilendirilmesine rağmen günümüzde metal, seramik, beton, grafen, sement karbür, ekolojik, biyolojik malzemeler eklemeli imalat süreçlerinde kullanılabilmektedir.

Eklemeli imalat teknolojileri düşük hacimlerde maliyeti azaltan üretim teknikleri, teslimat sürelerinde kısalma ve nakliye giderlerinde düşüş sağladığı için teslimat maliyetlerini düşürmesine neden olan ve buhar gücüyle başlayan endüstri devrimleri arasında üretim ile tüketimin birbirinden ayrılma trendini bozmaktadır. Endüstri devrimleri sonucunda konteynir taşımacılığı ve teknolojik koordinasyon sayesinde gelişmekte olan ülkelere kayan imalat sektörlerinin kabuk değiştirmesine neden olabilecektir.

Nüfusun yaşlanması ve teknolojinin gelişmesiyle paralel olarak eklemeli imalat teknolojilerinin sağlık sektöründe kullanılan kişiselleştirilmiş tıbbi ürünlerin üretilmesinde ciddi değişikliklere yol açacağı düşünülmektedir. 3 boyutlu baskı sayesinde diş hekimliği uygulamaları, işitme cihazları, yapay organlar, yapay insan dokuları ve ortopedik implantlar gibi örnekler verilebilmektedir. Sektörel ve malzeme olarak daha da ileriye götürülecek olursa ilaç sektöründe hapların basılması konusunda bile çalışmalar başlatılmış durumdadır.

Eklemeli imalat teknolojisi de diğer endüstri 4.0 teknolojilerinde olduğu gibi uyumlu bir şekilde gelişmekte ve ilerlemektedir. Büyük veri kavramıyla birlikte üretimde kullanılan her araç, gereç ve makineden veri çekilebilmesi, ilgili üretim bileşenlerine veri gönderilmesi ve kendi kendine karar veren yapılar haline gelmeleri sayesinde bu teknolojiler siber fiziksel sistemler için akıllı parçalar üretebilecektir.

Günümüzde ABD'de üretilen tüm ürünlerin %1'inden azı bu teknoloji sayesinde üretilmekte olup bu rakam küresel tüketimin yalnızca %0,04'üne karşılık gelmektedir

[29]. Wohlers'e göre (https://repository.lboro.ac.uk/articles/Executive_summary_of_the_Wohlers_Report_2016/9353654) eklemeli imalat teknolojisinin büyüme oranı yıllık %25'in üzerinde gerçekleşecektir ki nitekim bazı araştırmalarda bunu kanıtlar niteliktedir [47]. Örneğin, eklemeli imalat teknolojisinde yaşanan gelişmeler ve sektörün büyümesi sayesinde 3 boyutlu baskı teknolojisi piyasasında 2017 yılında 6 Milyar Dolarlık satış meydana gelmiş olup toplam pazar büyüklüğünün ise %30'luk bir büyüme ile 2022 yılında 22 Milyar Dolara ulaşması tahmin edilmektedir [48]. Metal, seramik vb. malzemeleri kullanan 3 boyutlu yazıcıların ülkemizdeki toplam pazar büyüklüğü ise yaklaşık 22,5 Milyon Dolar'dır [47].

Pricewater house Coopers şirketinin yapmış olduğu bir araştırmaya göre ise ABD'deki imalat firmalarının yarısından fazlası eklemeli imalat teknolojisini önümüzdeki 3 ila 5 yıl arasında yüksek miktarda üretim için kullanılacağını belirtmişlerdir. Gartner'ın yapmış olduğu bir çalışmaya göre ise işletmeler; %24,5 prototip geliştirilmesi, %16,1 yeni ürün geliştirilmesi, %11,1 geleneksel üretim yöntemleriyle mümkün olmayan ürünlerin üretilmesi, %9,6 verimliliğin artırılması ve %9,4 maliyetlerin düşürülmesi amacıyla eklemeli imalat teknolojilerini kullanmaktadırlar [30].

Dünya ekonomik forumunun yapmış olduğu bir araştırmaya göre 2025 yılına kadar eklemeli imalat teknolojileri sayesinde ilk otomobilin üretileceği tahmin edilmektedir. General Electric firmasının, üretmekte olduğu jet motorlarına ait bazı modellerini eklemeli imalat teknolojisinde metal alaşımları kullanarak geliştireceğini ve ilk prototip çalışmalarında test aşamasına geldiğini belirtmesi ise bu öngörüğü destekleyici niteliktedir. Bir diğer taraftan NASA uzay istasyonlarına 3 boyutlu yazıcılar koyarak acil durumlarda ihtiyaç duyulabilecek parça veya malzemeleri üretmeyi planlamaktadır [49].

2014 yılında Pekin Üniversitesinde ilk kez kanserli bir hastanın omurgasından esinlenilerek ortaya çıkarılan model sayesinde 3 boyutlu yazıcı ile yeni bir omur parçası üretilmiştir. Ardından tıbbi operasyon ile kötü hücreleri barındıran omur çıkarılarak yeni üretilen omur parçası yerleştirilmiştir (implante edilmiştir) [29].

Eklemeli imalat teknolojisinin gelişmesi sonucunda düşük nitelik isteyen ve emek yoğun işlerin önemi azalacaktır. Bunun sonucunda endüstri devrimlerinin ilk üçünü kapsayan ve gelişmekte olan ülkelere kayan imalat sektörünün seyri değişecek ve büyük miktarlarda gelişmiş ülkelerde üretim yapılabilecektir. Bu seyir değişikliği nedeniyle gelişmekte olan ülkelerdeki sanayileşme ve işgücü stratejileri sektöre uğrayabilecek ve düşük maliyetli işgücünün yerini alan bu teknolojiler sebebiyle bu ülkeler, işsizlik oranlarında çok ciddi artışlarla karşı karşıya kalabileceklerdir.

Eklemeli imalatın muhtemel başka bir olumsuz yönü de güvenlik veya savunma sanayi konusundadır. Silahların 3 boyutlu baskı yöntemleriyle üretilmesi durumunda kontrollü bir imalattan çıkılarak çok büyük bir hızla yayılım göstermesi tetiklenebilecektir. Bunun gerekçesi olarak ise sadece gerçek kişiler değil aynı zamanda yasal olmayan aktörler silahların dağıtımını yerine silah basımı için gerekli 3 boyutlu çizim dosyalarının dağıtımını yaparak çok kolay bir şekilde silahların artmasını sağlayabilecektir.

3.5.5. Nesnelerin interneti

Endüstrinin dijitalleşmesinin başlangıcındaki temel olgu cihazların birbiri arasında iletişime geçmesidir. Bu durum yaygın bir şekilde nesnelerin interneti olarak bilinmektedir. Nesnelerin interneti, fiziksel olarak var olan objelerin veya eşyaların kendi aralarında veya diğer sistemlerle ortak amaçlar doğrultusunda bağlantılı oldukları bir enformasyon ağıdır. Aslında bu teknolojinin özünde eşyaların veya nesnelerin internete bağlanması yatmaktadır. Nesneyi oluşturan tanımlamalar ve internete bağlanma amaçları ise değişkenlik gösterebilir. Örneğin eşyalar canlı olabileceği gibi cansız da olabilir veya hareket halinde olabileceği gibi hareketsiz nesnelere de internete bağlanabilir.

Nesnelerin interneti kavramı aslında günümüz dünyasında teknolojilerinden biri olarak anılan endüstri 4.0 kavramından daha eski ortaya çıkmıştır. İlk olarak, General Elektrik şirketi tarafından “Endüstriyel İnternet” olarak adlandırılmıştır [50]. Endüstriyel internet kavramı sadece üretimde kullanılan bir olgu iken nesnelerin interneti tüketim alanında internete bağlı tüm objeler için kullanılmaktadır. Bir başka deyişle nesnelerin interneti kavramı endüstriyel internet kavramından türetilmiştir.

Nesnelerin interneti kavramının arkasındaki ana fikir, son on yıldır bilgi teknolojileri ve telekomünikasyonun evrim geçirmesidir. Amaç önceki uygulamalara göre daha iyi planlama, operasyon, optimizasyon ve bakım çözümleri yaratmak için ileri düzey analitik metotlar kullanarak uzun dönemli ve kesin tahminler belirleyebilmektir.

Nesnelerin interneti kavramı, ilk ortaya çıktığında, RFID teknolojisi kullanılarak objelerin birbirlerine uyumlu bir şekilde bağlı olduklarını ve benzersiz bir şekilde teşhis edilebilir olduklarını tanımlamak için kullanılmıştır. Bir başka deyişle, RFID teknolojisi telsiz iletişimi aracılığıyla kimlik saptama bilgilerini okuyuculara iletmek için mikroçiplere izin vermektedir. RFID okuyucularının internete bağlanmasından sonra okuyucular, objelere eklenen bir etiket aracılığıyla onları gerçek zamanlı olarak otomatik bir şekilde tespit edebilmekte, denetleyebilmekte ve izleyebilmektedir. RFID ulaşım, paket teslimi, sağlık,

malzeme yönetimi, savunma sanayi, mağazacılık gibi çok farklı sektörlerde kullanılmaktadır.

RFID teknolojisinin ardından on yıllarca yaşanan teknolojik gelişmeler sayesinde wi-fi, bluetooth, hücresel ağlar, küresel konum belirleme sistemi (GPS-Global Positioning System) yada yakın alan iletişimi (NFC-Near Field Communication) aracılığıyla da herhangi bir makine veya nesne internete bağlayabilmekte ve nesnelere birbirinden veri çekebilmektedir. Bu ve benzeri araçlar sayesinde günlük iş veya özel hayatımız içerisinde her an veri toplanabilmektedir. Ağ üzerinde yer alan her bir fiziksel birim kendisine entegre edilmiş bir veya birden fazla sensör üzerinden ortamdan veri toplayabilmekte, internet sayesinde başka fiziksel birimlerle paylaşabilmekte veya verileri sınıflandırarak talep edilen komutlara göre başka alıcılara yönlendirme yapılabilmektedir. Sensörler; sıcaklık, basınç, nem, konum, titreşim, hız, miktar, kuvvet gibi çok çeşitli verileri toplayabilmektedir. Bu nedenle akıllı sensörler olarak da adlandırılmaktadır. Günlük yaşantımızda devamlı kullandığımız cep telefonu, tablet, bilgisayar, akıllı saat gibi teknolojik aygıtlar aracılığıyla insanlar nesnelere interneti ağının bir parçası olmaktadır.

Nesnelere internetini 4 farklı bileşen tarafından oluşturulmaktadır. Birincisi eylemleri algılayan, ileten ve bir eylem yapan araçlardır. Örneğin, bir nesneyi hareket ettiren yada bir parçayı başka bir yere taşıyan araçlar bu bileşen içerisinde sayılmaktadır. İkincisi, bu araçları birbirine bağlayan iletişim altyapısıdır. Üçüncüsü bu araçlar arasında üretilen verileri depolayan ve transfer edilmesini sağlayan güvenilir bir veri yönetimi sistemidir. Sonuncusu ise bu sistem içerisindeki depolanan tüm verileri işleyerek kişilerin veya işletmelerin ihtiyaçlarını karşılamak için hizmetler sunan uygulamalardır.

Nesnelere interneti o kadar hızlı bir şekilde yayılmaktadır ki günlük yaşantımızı bile düşündüğümüzde akıllı saatler, bileklikler, cep telefonları, wi-fi bağlantıları, NFC, bluetooth gibi teknolojiler buna çok büyük katkı sağlamaktadır. Diğer taraftan ilgili teknolojinin bileşenlerinden olan mikroçiplerin kalitelerinin ve fonksiyonlarının artarak ucuzlaması ve küçülmesi de teknolojinin hızlı gelişimine sebep olmaktadır.

Günümüzde dünyada yaşayan insanların %57'sinin internete erişim imkanı bulunmaktadır [51]. Dünya Ekonomik Forumunun yaklaşık 800 üst düzey yöneticinin katılımıyla gerçekleştirdiği araştırma kapsamında 2025 yılına gelindiğinde internete erişim imkanına sahip insan sayısının %90'a ulaşması tahmin edilmektedir. Diğer taraftan aynı araştırmada, 2025 yılına kadar 1 trilyon sensörün internete bağlanması beklenmektedir. Bu tahminin temelinde ise dünyada yaşayan insanların %10'unun internete bağlanan giysiler kullanılacağı gibi araştırmalar yatmaktadır [29].

Bilindiği üzere otomobillerin, uçakların veya diğer ulaşım araçlarının internete bağlı olma özellikleri günden güne gelişmektedir. Hatta elektrikli araç piyasasını domine eden Tesla gibi şirketler internete bağlı araçlar ve otonom sürüş seçenekleriyle seri üretime geçmiş bir şekilde son tüketiciye ulaşım sağlayabilmektedirler. Bu gelişmeler ışığında Alman dünya otomotiv devi BMW (<https://www.politico.eu/article/google-vs-german-car-engineer-industry-american-competition>) 2020 yılının sonunda yaklaşık 300 milyon adet otomobilin, ki bu da dünyadaki otomobillerin %20'sini oluşturmaktadır, internete bağlı olacağını tahmin etmektedir [52]. Buna bağlı olarak belirtilen başka bir istatistikte ise (McKinsey and Company, 13.01.2020) 2020 yılının sonunda internete bağlı nesne sayısının 50 ila 75 milyar aralığında olacağı belirtilmektedir [53].

Yine otomobil sektöründeki Ford Motor Company firmasının CEO'su Mark Fields vermiş olduğu bir röportajda şu ifadeleri kullanmıştır: “eskiden imalat şirketiydik ancak bundan sonra imalatçı, teknoloji ve enformasyon şirketi olarak anılmak istiyoruz. Çünkü araçlarımız nesnelere internetin bir parçası oldukça ve müşterilerimiz verilerini bizimle paylaşmayı seçtikçe biz bu veriyi onların hayatlarını daha konforlu hale getirmek için kullanabilmek istiyoruz. Ve bu sayede bize geri dönüş kazandıracak iş modelleri yaratmayı arzuluyoruz” [54].

Bunların yanı sıra Eaton Corporation şirketi yeni geliştirmiş olduğu bir sensör sayesinde yüksek basınca dayalı hortumlarının ne zaman aşınabileceğini tahmin edebilmektedir [55]. Nesnelere etiketlenerek internet alt yapısını kullanmaları ve birlikte oluşturdukları ağ sayesinde büyük değerler üretmeleri planlanmaktadır. 2017 yılında gerçekleştirilen Capgemini'nin “Akıllı fabrikalarda dijital endüstriyel devrim” başlıklı araştırmasına göre (Capgemini, 10.01.2020) önümüzdeki 5 yıl içerisinde 1990-2017 yıllarına nazaran, zamanında teslimat süresinde 13 kat, kalite ve hurdada 12 kat, demirbaş ve envantere 12 kat, malzeme, lojistik ve nakliyede 11 kat, personel maliyetlerinde 9, son olarak toplam üretkenlikte ise 7 kat fayda artışı beklenmektedir [56].

Bu tür faydanın sağlanabilmesi için PTC firması ise 5 aşama belirlemiştir. Bu aşamalar; uzaktan kontrol, uzaktan sorun gidermek, ürün arıza süresini düşürmek, uzaktan arıza tespit yöntemleriyle yerinde çözüm süresini düşürmek ve problemin kök sorun tespiti yapılarak ilk seferde çözüm olasılığını arttırmaktır [19]. Ayrıca imalat sektöründe yer alan firmaların bu yöntem ve aşamaları kullanarak gelirlerinin %30'unu servis, bakım ve onarım süreçlerinden kazanabileceği belirtilmektedir [57].

Endüstriyel internet kavramının çıkmış olduğu General Elektrik firması şu an 225 Milyar Dolarlık pazar payının peşini bırakmamak için kendisini bir start-up gibi gördüğünü

açıklamaktadır. Bunun bir sonucu olarak geliştirmiş olduğu tren motorlarına 200'den fazla sensör ekleyerek bu motorları birer hareketli veri merkezi haline getirmektedir. Bu sayede ilerde çok büyük sorunlara yol açacak küçük problemlerin dahi veri merkezine ve tren yolu şirketine iletilmesi sağlanmaktadır. Ayrıca daha önce deneyimlenmiş rotalar sayesinde bir dağın tepesine çıkmak için yakıt verimliliğinin nasıl optimize edileceği veya aşağı inerken frenlerin en iyi nasıl kullanılacağı önerilebilmektedir. Sonuç olarak %3 ila %17 arasında yakıt tasarrufu sağlanmaktadır [58].

Nesnelerin interneti, ağ altyapısının varlığı boyunca araçların veya ürünlerin uzaktan kontrol edilmesine ve hissedilmesine imkan vermektedir. Bir üretim sistemi ele alındığında; makineleri, robotları, çalışanları ve diğer bileşenleri birbirine bağlayan bir ağ görevi görerek tek başına sadece sistemin omurgasını oluşturabilmekte sisteme ait diğer bileşenler olmadan tek başına bir anlam ifade etmemektedir. Bu nedenle Endüstri 4.0 kavramını algılayabilmek için diğer teknolojileri de detaylı bir şekilde incelemek ve bir bütün olarak analiz etmek gerekmektedir.

3.5.6. Otonom robotlar

Bir programlama dili kullanılarak içerisinde bulunan gömülü bilişim ve iletişim donanımı ve yazılım altyapısı sayesinde dış dünya ile iletişim halinde kalarak çeşitli eylemleri otomatik olarak yerine getirme yeteneğine sahip makinelere robot adı verilmektedir. Robotlar kullanıldıkları alan ve gerçekleştirdikleri eylemlere göre çeşitli şekillerde sınıflandırılmaktadırlar. Örneğin sanayide kullanılanlar endüstriyel robotlar olarak adlandırılırken tıp alanında ameliyatlarda kullanılanlar tıbbi operasyon robotları olarak betimlenmektedir.

İnsanlar tarafından gerçekleştirilen üretim süreçlerini onlara nazaran daha hızlı, daha az hatalı ve maliyetli bir şekilde robotlar yerine getirebilmektedir. Bunun yanı sıra insanların çalışmak istemediği sağlıksız, tehlikeli, tekrarlı ve çok zor koşullarda robotlar rahatlıkla kullanılabilirler.

Günümüzde robotlar çok çeşitli sektörlerde ve amaçlarda kullanılabilirler. Örneğin, üretim süreçlerinin içerisindeki paketleme ve ambalajlama işlemlerinden, ürün test ve kalite kontrol işlemlerine, Ar-Ge çalışmalarından montaj işlemlerine kadar değişiklik gösterebilmektedir.

Bir robotun iş ve işlemleri yerine getirebilmesi için 3 seviyeyi tamamlaması gerekmektedir. Bunlar algılama, işleme ve harekete geçmedir. Algılama fonksiyonu için

sensörler kullanılmaktadır. Bu fonksiyon kapsamında robotlar dışsal ve içsel olmak üzere gelen komutlar marifetiyle yönlendirilebilirler. İçsel algılama özellikleri robotun kendi içerisindeki algoritmanın çalışmasıyla rutin iş ve işlemlerde meydana gelebilecek durumların tespit edilmesidir. Robot bu duruma karşı işlem geliştirerek tepki vermektedir. Şarjı bitmek üzere olan bir robotun şarj istasyonuna otomatik olarak kendi başına gitmesi veya yangın durumunda kendisini kapatması buna örnek olarak verilebilir. Bu sayede kendi kendine önleyici bakım konusunda işletmenin ihtiyacı olan bilgileri ilgili alıcılara paylaşabilmekte ve işletmenin makine durma süresi en aza indirgenmiş ve üretimin sekteye uğramasından dolayı karşılaşılabileceği sıkıntılar elimine edilmiş olmaktadır. İçsel algılama yönteminde robotun içerisinde yer alan ısı, optik, dokunsal veya elektriksel sensörler devreye girmektedir. Dışsal algılama özellikleri ise robotun dış çevresiyle ilgili yapmış olduğu tespitlerdir. Bunlara ses, koku, sıcaklık, mesafe ölçer ve yükseklikölçer sensörleri örnek olarak gösterilebilir.

Geleneksel kullanılmakta olan endüstriyel robotlar, genellikle hareketsiz ve sağlam bir yüzeye monte edilmiş ve eklemli veya sabit bir tutucu vasıtasıyla üretim sürecinde yer alan robotlardır. Otonom robottan farklı olarak kendisine tanımlanan ve daha önceden programlanan faaliyetleri sürekli bir şekilde yapmaktadır. 2 veya daha fazla ekseninde hareket edebilen bu robotlar, genellikle yer değiştirme, ambalajlama, etiketleme, paketleme, test işlemleri gibi süreçlerde kullanılmaktadırlar.

Otonom robotlar ise talep edilen eylemleri yüksek derecede sahip olduğu otonomi becerisiyle gerçekleştiren robotlardır. Bir başka deyişle, dışarıdan kendisine iletilen bir komut olmadan kendi başına karar vererek eylemlerde bulunabilmektedirler. Bu yönüyle geleneksel robotlardan ayrılarak üretim süreçlerinde otonomizasyon sağlamaktadırlar.

Bu robotlar etrafındaki koşullara ayak uydurmak ve programlanan eylemleri yeni yöntemlerle gerçekleştirmek için öğrenen bir yapıya sahiplerdir. Buna ek olarak, kendisiyle ilgili verilerin yanı sıra çevresinden veri toplayarak bu verileri işleyebilmekte, verilere bağlı olarak karar seçeneklerini belirleyebilmekte ve verileri kullanarak çalışan müdahalesi olmadan bağımsız bir şekilde süreçlerdeki iş ve işlemleri gerçekleştirebilmektedirler.

Ayrıca bulut tabanlı üretim mekanizmalarının desteği ile internete bağlanarak ağ üzerinden istenilen alıcıya bu verileri iletebilmekte, diğer makineler, çalışanlar, üretim hatları, ürünler gibi üretim sürecindeki bileşenlerle iletişim kurabilmektedirler. Robotların sahip olduğu bu ağ üzerinden devamlı paylaşılan bilgilere göre yapılan karar verme ve işleme geçme yeteneği de önceki devrimlerden bu aşamada ayrılmaktadır. Bu robotların kendi bakım, onarımını yapması ve modüler üretim sistemi içerisinde değişkenlik göstererek

kendi konfigürasyonlarını değiştirmesi ileride karşılaşılabilecek otonom robot özellikleri olarak belirtilmektedir.

Otonom robot teknolojileri geliştikçe ve müşterilerin kişiselleştirilmiş ürün beklentisi arttıkça robotların da esnek bir üretim sürecine uygun olması beklenmektedir. Buna göre; çok küçük bazen tek parça üretim miktarlarından çok büyük üretim miktarlarına kadar çıkan parti büyüklüğünün gerçekleştirilmesinin yanı sıra aynı ürün üzerindeki değişiklikler için kısa sürede kendini adapte ederek buna uygun üretim yapılmasını sağlayabilmesi de esneklik kavramının konusu olabilmektedir.

Uluslararası Robotik Federasyonun verilerine göre (International Federation of Robotics, 15.01.2020), dünyada 2008 yılında yaklaşık 1 Milyon endüstriyel robot bulunurken 2018 yılında yaklaşık 2,5 Milyon adet robot fabrikalarda kullanılmaktadır. 2022 yılına kadar fabrikalarda 4 Milyon endüstriyel robotun kurulmuş olacağı tahmin edilmektedir. 2013 yılında 178.000 adet robot üretilmişken 2016 yılında 304.000 adet ve 2018 yılında ise sanayide kullanılabilir yıllık robot üretim miktarı bir önceki yıla göre %6 artarak 422.271 adet olmuştur. İlgili robotların piyasa değeri 16,5 Milyar Dolar olarak belirtilmiştir. Ayrıca 2018 yılında üretilen robotların 283.000 adeti Asya'da ve Avustralya'da üretilmiş olup Çin 154.000 adet ile listenin başında yer almaktadır [59].

Sanayide kullanılan robotların talep edildiği ülkelere bakıldığında endüstri 4.0 devriminin mantığının altında yatmakta olan üretimin doğudan batıya kayma sürecinin aksine Asya ülkelerindeki şirketlerin daha fazla yatırım yaparak robot sayısının ciddi anlamda fazla olduğu görülmektedir. En fazla robot pazarına sahip ülke olan Çin'in yıllardır devam eden büyüme hızı ise dikkat çekicidir.

Bu verilere ek olarak robotların hangi sektörlerde faaliyet gösterdiklerine bakıldığında ilk sırada otomotiv sektörü yer almaktadır. Yiyecek-ıçecek sektöründeki robot kullanımı ise 2018 yılında %32 artmıştır. 2019 yılı itibarıyla robotların piyasa değerinin 135 Milyar Doları geçmesi beklenirken 2015 yılında bu rakamın neredeyse yarısı olarak gerçekleşmiştir [60].

Robotların bu derece fazla miktarda artmaları maliyetleri azaltmak amacıyla istihdamda ciddi anlamda azalmalara sebep olabilmektedir. Robot bilimindeki harcamalar her geçen gün artmaktadır.

Bu kapsamda, Çin Foxconn firması son iki yıl içerisinde fabrikalarındaki 60.000 işçiyi işten çıkararak yerine robotları koymuştur [61]. Ayrıca ABD'de yapılan bir araştırmada (McKinsey and Company, 04.01.2020), otonom sistemlerin etkin olacağı işletme sayısının toplam işletmelere oranının en iyi ihtimalle %10, en kötü senaryo ile %50'lere çıkması beklenmektedir [62].

3.5.7. Siber güvenlik

Her yıl gittikçe artan bir miktarda cihaz, küresel ağa bir başka değişle internete bağlanmaktadır. Bu nedenle nesnelerin interneti, sanal ortamlar, uzaktan erişim, bulut sistemlerinde depolanan veriler vb. durumlar için birçok güvenlik açığı ortaya çıkmaktadır. İnsanlar ve şirketler için kendi verileri çok kıymetli olduğundan dolayı gizliliği ihlal edilmiş bilgiler çok büyük önem arz etmektedir. Bu noktada siber güvenlik kavramı ortaya çıkmaktadır. Siber güvenlik, bilgisayar ve internet alt yapısı kapsamında bulunan bir ağ içerisindeki saldırılara karşı verileri koruma, tespit etme ve müdahale etmeye dayanan bir teknolojidir.

Endüstri 4.0 teknolojilerinin bu kadar yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmadığı dönemlerde iş ve işlemler çok daha güvenli ve kolay bir şekilde gerçekleştirilmekteydi. Şöyle ki 10 ila 15 yıl önce kurum/kuruluş ve firmalar kendilerine ait sunucular satın almakta ve kendi verilerini bu sunucularda depolayarak güvenlik duvarı yazılımlarıyla korumaktaydılar. Ancak kullanıcı sayılarının, internete bağlı cihazların ve veri miktarının ciddi anlamda artması sonucunda bu durum söz konusu olamamaktadır.

İşletme sınırlarının ortadan kalkması ve belirsizleşmesiyle birlikte siber dünyada risk senaryoları gerçeğe dönüşmeye başlamıştır. Sistemler, cihazlar, makineler ve fabrikalar bulut bilişim teknolojilerini kullanarak birbirine bağlanmakta ve iletişim kurmaktadır. Ancak bu açık ağ sistemleri siber güvenlik tehditleriyle daha sık karşılaşabilmektedir [63]. Böylece, güvenliğin sağlanması çok daha önemli bir konu haline gelmektedir.

Yakın bir gelecekte kişilerden ziyade temel veri kaynağı cansız nesnelere olacaktır [64]. Bu nedenle nesnelerin interneti üretim sürecinin her bir aşamasında güvenli bir iletişime dayanılarak yapılmalıdır. Aynı zamanda birlikte çalışabilirlik için de tedarik zinciri sürecinde yer alan temel unsurların tesisler arasında iletişiminin güvenliğine önem verilmeli ve bu çerçevede siber fiziksel sistemlerin tümü için güvenli bir ortam oluşturulması sağlanmalıdır.

Benias ve Markopoulos [65], endüstriyel cihazların neden saldırıya uğradığını ve ana sebeplerini ele alan bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Onlara göre:

- Cihazlar güvenlik veya virüsten koruma araçlarını güncellemeden çok uzun süre (haftalar veya aylar) çalışmaktadırlar,
- Siber güvenlik riski olmadığı zamanlarda tasarlanan, endüstriyel kontrol sistem ağlarında kullanılmaya devam eden çok fazla sayıda eski kontrol cihazları bulunmaktadır,

- Diğer ağlar arasında fiziksel ya da sanal olarak ayrıştırılmamış düz bir ağ olarak kullanılmaya devam eden birkaç endüstriyel kontrol sistem ağı nedeniyle kötü amaçlı yazılımlar hızla yayılabilmektedir.

Devamlı iletişim halinde olan siber fiziksel sistemler sayesinde endüstri 4.0, korunması gereken çok değerli bilgileri ortaya çıkarmaktadır. Bilgi ve veri güvenliği sanayi sektörünün başarısı için kritik öneme sahip olup verilerin sadece kendilerine yetki tanınmış kişiler tarafından kullanılabilir olması gerekmektedir. Endüstri 4.0 kapsamında akıllı üretim sistemlerinin güvence altına alınması amacıyla siber güvenlik konusunda sistemler kurulurken güvenlik duvarlarının ve gerekli savunma mekanizmalarının saldırılar, tehditler ve kötü amaçlı yazılımları otomatik olarak algılayabilecek şekilde tasarlanması gerekmektedir.

Üretim süreçlerine karşı gerçekleşebilecek bir siber saldırı sonucunda üretim tamamen durdurulabilmektedir. Bu nedenle şirketler büyük miktarlarda para kayıpları yaşayabilmekte bunun yanı sıra fidye saldırıları ile sistemin tekrardan devriye alınması için saldırı gerçekleştiren kişiler tarafından büyük miktarlarda para talep edilebilmektedir. Bunun yanı sıra güvenli bir şekilde süreç yönetilmesine karşı yapılan ve operatörlerin güvenliği için ciddi bir risk teşkil eden sistemleri hedef alan siber saldırılar da bulunmaktadır. Bu saldırılar içerisinde operatörlerin ve çalışanların hayati tehlikesi gündeme gelebilmekte veya onlara zarar verebilecek sistem tehditleriyle mücadele edilebilmektedir.

Üretim ortamlarında ürün tasarımlarını değiştirmek (CAD dosyaları vb.), üretim süreçlerini değiştirmek (bilgisayar destekli üretim dosyaları, makine parametreleri, kullanılan araçlar), süreç ve ürün verilerini manipüle etmek (denetim sonuçları, makine bakım göstergeleri) gibi bazı potansiyel saldırılar da meydana gelebilmektedir. Saldırıları bir ürünün lansmanını geciktirebileceği gibi değiştirilmiş ürünlerin üretimine neden olabilmekte ve bunun sonucu olarak müşteri güvenini ciddi manada zedeleyerek garanti maliyetlerini arttırabilmektedir.

Siber saldırıların sınıflandırılması kapsamında iç veya dış kaynaklı saldırılar olabilmektedir. Örneğin, işletmenin sahip olduğu veri portuna fiziksel olarak erişen bir operatörden gelen iç kaynak saldırısı olabileceği gibi kablosuz iletişim aracılığıyla harici bir kaynaktan işletmeye ulaşım sağlayan dış kaynak saldırısı da olabilir.

Siber saldırılardan korunmak için fabrikaların içindeki materyaller güvenlik ve güvenilirlik sağlamak için güncellenmeli ve güçlendirilmelidir. Ayrıca tüm sistemler hem içerisinden hem de dışarıdan gelebilecek zararlı saldırılara karşı korunmalıdır.

Araştırmalara göre birbirine bu kadar bağılı ortamlarda içsel kaynaklı saldırılar dışsal kaynaklı saldırılardan daha yüksek oranda gerçekleşmektedir [66].

Makinelerin artan bağlantısı ile saldırıların kökeni yıldan yıla değişime uğramaktadır ve dış kaynaklı saldırılar eskisine nazaran firma ve ağ sistemine daha fazla tehdit oluşturur hale gelmiştir. Akıllı fabrikalar tarafından kullanılan çeşitli akıllı ağ sistemleri korsan saldırılarına karşı korunmalıdır. Gelişmiş bir ortamda bütün bir sistemin güvenliğini sağlamak her zaman mümkün olmamakta, daha güvenli bir ortam yaratmak için çeşitli güvenlik gereksinimleri ve bilgi teknolojileri güvenliği stratejileri geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, kullanılmayan eylemleri gerçek zamanlı olarak tespit etmek, sorunlara doğru tepkiler vermek, dijital know-how bilgilerini ve akıllı cihazlar, sistemler ve fabrika verilerini bilgisayar korsanlarından korumak için güvenlik mimarileri kullanılmalıdır [66].

Dijital dünyada meydana gelebilecek riskler her geçen gün artmaktadır çünkü birbiriyle entegre üç konu sanal dünyanın kapsamını genişletmektedir. Bunlardan ilki internetin çok fazla kişi tarafından kullanılmasıdır. Sadece insanların internet kullanımı 2000 yılından günümüze kadar yaklaşık %1000 artmış olmakla birlikte 2018 ile 2020 yılları arasında bu sayıya 300 milyon kişinin daha eklenmesi tahmin edilmektedir [30]. İkinci konu ise kişilerden ziyade cansız nesnelerin internete bağlanma durumudur. 2017’de istatistiklere göre 20 milyardan fazla telefon, tablet, bilgisayar, sensör gibi cihazlar küresel ağlara bağlı iken 2020’ye kadar 10 milyar cihazın daha bu ağa katılacağını öngörülmektedir. Son konu ise hem canlı hem de cansız olarak bir ağ içerisinde olan kitlenin ürettiği verinin; depolanması, işlenmesi ve aktarılması sonucunda katlanarak artış göstermesidir. IDC’nin verilerine göre 2017 ile 2025 yılları arasında tüm dünyada hazır bulunan veri 10 katlık bir artış sergileyecek ve yıllık olarak yüzde 30’luk bir oranda artacaktır [42].

2019 yılında dünyada meydana gelen siber suçlarla ilgili gerçek kişilerin, işletmelerin ve kurum/kuruluşların karşılaştığı zararın 2 Trilyon Doları aştığı belirtilmektedir [67]. IBM’in bir araştırmasına göre ise bazı öne çıkan sektörler sahip oldukları bilgi ve veri niteliği açısından diğer sektörlerle nazaran çok daha fazla sıklıkta siber saldırılara maruz kalmaktadırlar. Bu sektörler sırasıyla finans, bilgi ve iletişim, üretim sanayi, ticaret ve sağlıktır [68].

2016 yılında yapılan bir çalışma kapsamında üretim sektöründe kullanılan endüstriyel kontrol sistemlerinde meydana gelen siber saldırılar 2015 yılına göre iki kat artmış ve saldırıların %71’i veri tabanı yazılımlarındaki açıklık nedeniyle ortaya çıkmıştır. Bu derece

önemli oranda ortaya çıkan sistem açıklarının nedenleri ise kullanılan teknolojilerin eski, standartlara uygun olmayan ve zayıf sistemlerden oluşmasıdır [65].

Global siber güvenlik piyasasının değeri 2017 yılında 120 Milyar Dolar olarak belirlenmiş olup 2024 yılına kadar bu rakamın 300 Milyar Dolara çıkması beklenmektedir. Bu piyasa bilgisi bile aslında dünyanın siber güvenlik konusunda vermiş olduğu değeri göstermek için yeterlidir [69].

Siber güvenliğe yatırım yapmak beraberinde birçok avantaj getirmektedir. Örneğin sistemler ile makineler arasındaki bağlantının güvenliği sağlandığında, insanlar verilere daha fazla güvenmekte ve karar verirken bunları daha rahat bir şekilde kullanabilmektedirler [66]. Ayrıca bu sayede fabrika içi malzemeler ve tüm sistemler zararlı saldırılara karşı korunabilmektedir.

Firma veri güvenliğini garanti ettiğinde, müşteriler ve tüm tedarikçiler kullanılan verilere daha fazla itibar edecek olup iş ve işlemler hız kazanacaktır. Ayrıca firma bu yeteneği rekabet avantajı olarak kullanabilecektir. Bunun sonucu olarak da şirketin itibarı, imajı ve yetenekleri olumlu yönde etkilenecektir [69]. Ek olarak ürünlerle ilgili önemli veriler, tedarik zinciri üyeleri tarafından korunabilecektir [66]. Aksi durumda siber güvenlik önlemleri olmadan veri paylaşımı yapmak tedarik zinciri üyeleri için çok riskli olmakla beraber belki de mümkün olmayacaktır [66].

3.5.8. Yapay zeka

Yapay zeka, insan zekasına özgü olan; algılama, düşünme, fikir geliştirme, öngörülerde bulunma, öğrenme, problemleri analiz ederek çözüm geliştirme, iletişime geçme ve karar verme gibi özellikleri ile otonom davranışları ortaya koyabilen yapay bir işletim sistemine verilen addır. İnsana ait davranışlar başta olmak üzere tüm canlılara benzer davranan sistemlerin modellenmesi olarak da adlandırılmaktadır. Arka plandaki yapay zeka yazılımları olmadan bilgisayarlar ve robotlar tek başına bir şey ifade etmemektedir.

Yapay zeka uygulamaları günümüzde otomotiv sektöründe çok fazla karşımıza çıkmaktadır. Örneğin, yolda giderken uyuya kalan şoförü fark eden aracın kendi kendine dikkat ve uyanıklık izleme sistemleri sayesinde arabayı durdurması.

Yapay zekanın veri odaklı öğrenen yapısı sayesinde objektif bir şekilde kararlar alınabilmekte, herhangi bir dış etkiye maruz kalınmadan gerçek objektif bilgiler elde edilebilmektedir.

Örneğin, Nielsen adlı firma insanların bir ürün veya reklam hakkında ne düşündüğünü tespit etmeye başlamıştır. Bunun için geliştirmiş olduğu yapay zeka ile insanların beyin dalgalarını anlayarak yorumlayabilmektedir [29].

Yapay zeka teknolojilerine dünyada çok büyük önem verilmekte ve ciddi anlamda kaynak aktarılmaktadır. Beyin faaliyetlerinin incelenmesi ve nasıl değişime uğradığını inceleyen nöroteknoloji ve biyoteknoloji ile yapay zeka bire bir ilintilidir. Bu kapsamda dünyada en fazla fon almış araştırmaların başında gelen ve Avrupa Komisyonu tarafından 1 milyar avro fon aktarılan “İnsan Beyni Projesi” bu hususu kanıtlar niteliktedir. Diğer taraftan dünyanın en büyük teknoloji firmalarının başında gelen IBM’in Watson süper bilgisayarı gelişmiş algoritmalar sayesinde hastalığa ait tarihsel açıdan çok derin bir tarama yaparak ve genetik verileri en gelişmiş tıbbi kaynaklar ile karşılaştırarak kişiye özel tedavi yöntemleri önerebilmektedir [10].

Gelecekte yapay zeka uygulamalarının bugün insanoğlunun yapacağı çoğu iş ve işlemleri gerçekleştirebileceği öngörülmektedir. Örneğin, Hong Kong’da yer alan Deep Knowledge Ventures adlı risk sermayesi yatırımı firması dünyada bir ilk gerçekleştirerek VİTAL adlı bir yapay zeka yazılımını yönetim kurulu üyesi olarak atamıştır [29].

Yapay zekanın günümüzdeki amacı otonom robotların veya makinelerin insanlarla karşılıklı iletişim halinde talep edilen işlemleri gerçekleştirmesidir. Ancak gelecekte çok daha makro boyutta problemleri ele alarak çözüm önerileri getirebilecek olması öngörülmektedir. Örneğin, karbondioksit salınımı, küresel ısınma, çevre kirliliği veya trafik yoğunluğu problemleri gibi. Mevcut durumda ise, insanlar tarafından analiz edilemeyecek kadar büyük veri grupları kullanılarak ve bilgiler çıkarılarak iklim modellemesi yapılmakta veya daha karmaşık problemler çözümlenmeye çalışılmaktadır. Bunlar için devasa büyüklükteki sensör grupları hatta ağlar yönetilmektedir [30].

Yapay zeka teknolojileri ele alınırken birbirleriyle ilişkili, literatürde de birlikte anılan ve uygulamalarda da karşımıza bir arada çıkan iki kavramdan daha bahsetmek gerekmektedir. Bunlardan ilki makine öğrenmesidir. Geliştirilen yapay zeka algoritması için veriler sunulan ve bu verilerden kendisi için çıkarımlar yaparak öğrenme sağlayan uygulama tipidir. İkincisi ise derin öğrenme kavramıdır. Burada amaç insanoğlunun beyin fonksiyonları taklit edilerek yapay sinir ağları modellerinin daha karmaşık ve gelişmiş özellikler göstermesini sağlayan yapay zeka algoritmalarının ortaya çıkarılmasıdır. Literatürde makine öğrenmesinin bir alt dalı olduğunu belirten çalışmalar bulunmaktadır.

Yapay zeka teknolojileri e-ticaretten, sağlık alanına imalat sektöründen tarıma kadar çok çeşitli alanlarda kullanılmakta olup her geçen gün giderek uygulama sayıları

artmaktadır. Bunlara ek olarak yapay zeka uygulamaları, görüntü işlemeden, chatbot'a, doğal dil işlemeden ses tanıyaya, otonom araçlardan öngörü uygulamalarına kadar çeşitli konularda karşımıza çıkabilmektedir.

Perakende sektöründe mevcut durumda yapay zeka algoritmalarının gelişmesiyle fiyatlandırma, promosyon çalışmaları, ürünlerin çeşitlendirilmesi, kampanyalar ve daha pek çok alanda kolaylaştırılmış çözümler kullanılmaktadır. Bu algoritmalar bölümün başında da ifade edildiği gibi çok büyük bir veri çeşitliliği ile çalışarak karar vericilerin gerçek zamanlı veriler ile tahmin etme yöntemlerini geliştirmelerine hatta otomatikleştirmelerini sağlamaktadır. Bu sektör özelinde bakıldığında, geçmiş hava durumu verilerinden tutun da satış, sosyal medya, web siteleri, mevsimlik veya reklam verileri bu modellemenin konusu olabilmektedir. Bunların yanı sıra tedarik zincirindeki lojistik, depolama, tüketim trendleri gibi tahminler de daha kesin bir şekilde yapılmaya çalışılmaktadır.

Yüz tanıma yazılımları ile potansiyel suçluların takip edilmesi ve müdahale edilmesi, doğal dil işleme yöntemleri ile müşteri analizleri yapılması, yapay zeka ile desteklenmiş robotların boşalan rafları fark etmesi, hastanın sağlık durumunu tahmin eden ve ilgililere bildiren akıllı bileklik veya saat uygulamaları, sensörler ve makine öğrenmesi yöntemleriyle enerji üretim verimliliğinin üst düzeye çıkarma çalışmaları diğer sektörlerdeki uygulamalara örnek olarak verilebilir.

İmalat sanayinde ise üretim süreçlerinde yer alan her bir bileşeni içeren yapay zeka algoritmaları kullanılabilir. Bu sayede makine, insan ve robot karışımından optimal üretim çıktısı amaçlanmaktadır. Bu modelleme sayesinde muhtemel karar opsiyonları yöneticilerin önüne sunulabilmekte hatta bazen yöneticilerin yetki vermesi durumunda lokal olarak otomatikleştirilmiş bir şekilde yapay zeka uygulamaları üretimi yönetebilmektedir.

Yapay zeka uygulamalarıyla birlikte ortaya çıkan robotlar veya yazılımlar günlük hayattan tutun da çalışma hayatına kadar bir çok alanda insanlar için kolaylık ve rahatlık getirmektedir. Diğer taraftan her türlü bilginin paylaşılması ve bu yazılımlara açılmasıyla birlikte kişisel güvenlik ve askeri alanda yapay zeka teknolojisi muhtemel bir tehdit olarak karşımıza çıkabilmektedir.

Türkiye yapay zeka inisiyatifi kapsamında 2018 Nisan ayında gerçekleştirilen ve çok farklı disiplinlerden gelen iş insanlarının katıldığı sektörel etki analizi çalıştayına göre (Türkiye Yapay Zeka İnisiyatifi, 04.01.2020); 2 ila 4 yıl arasında telekom ve bankacılık alanında yapay zeka uygulamalarının çok ciddi etkili olması beklenirken 6 ila 8 yıl arasında üretimde ve enerjide çok büyük etkisinin olması beklenmektedir. Aynı raporda 4 ila 6 yıl içerisinde savunma sanayi sektöründe 6 ila 8 yıl arasında ise sağlık sektöründe bu

gelişmelerin artması beklendiği ifade edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada Türkiye’de yapay zeka alanında çalışan 45 girişim adlarıyla ve çalışma alanlarıyla birlikte ortaya konmuştur [70].

3.5.9. Yatay ve dikey entegrasyon

Teknolojik gelişmeler ve sensör fiyatlarındaki düşüşle sensörlere ulaşmak ve büyük miktarlarda kullanmak daha mümkün hale gelmektedir. Bundan dolayı, büyük miktarda veri toplanabilmektedir. Bu kapsamda birçok ürün, sistem, makine birbirine bağlanmakta ve birbirleriyle veri paylaşmaktadır. Bu veriler, sistemleri koordine ederek ne tür bir ürün üretileceğine ne kadar miktar üretileceğine ve tedarikçilerin planlama yapmasına karar vermek amacıyla gerçek zamanlı bilgileri kullanmaktadırlar.

Kişileştirilmiş ürünler standardizasyonu azaltarak gelecekte çok daha fazla üretilenlerdir. Böylece firmanın hiyerarşi yapısı gelişmek zorunda kalacak ve firmalar tarafından ademi merkezîyetçi bir şekilde kontrol mekanizması, hızlı tepki vermek ve ürüne özel bilgileri kullanmak için daha sık kullanılacaktır [71].

Tüm bu planlama, koordinasyon, kontrol, tahmin geliştirme ve ağ ortamı düşünüldüğünde tüm sistemlerin, network yapısının ve ürünün kendi içerisinde bir düzen içerecek şekilde koordine edilmesi gerektiği açıktır. Her an doğru iş ve işlemleri belirlemekten sorumlu olan bir koordinatör olduğu varsayımıyla tüm bu bileşenlere liderlik eden sanki bir orkestra şefi gibi ortak bir odaklanma oluşturulmalıdır [72]. Bu nedenle, tüm makinalar, sistemler, ağlar aynı anda görünmeyen bir yönetici varmış gibi yönetilmelidir, çünkü işbirlikçi işletme süreçleri ve iş ağları birbiriyle entegre bir şekilde çalışmak zorundadır. Bu çalışma kültürü ve entegrasyon da yatay ve dikey entegrasyon olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Yatay entegrasyon, firmanın planlama ve hammadde temini, tasarımı, üretimi, pazarlaması, lojistiği, müşterilerinden oluşan üretim fonksiyonunun birbirine bağlanmasıdır. Ayrıca, bu entegrasyon sadece tek bir firma ile sınırlı kalmamakta, aynı zamanda firma diğer işletmelerin üretim ve planlama bilgileriyle bir ağ oluşturmaktadır.

Yatay entegrasyon ayrıca, aynı pazara hitap eden işletmelerin kendi aralarında gerçekleştirmiş oldukları iş birlikleri, birleşme, satın alma işlemleri ve ortak değer yaratma süreçlerini ifade etmektedir. Yatay entegrasyonda işletmeler ar-ge faaliyetleri gibi yüksek maliyetli işlemlerde bulunmak, piyasada var olan belirsizliklerden korunmak ve modası çabuk geçebilecek ürün gruplarının rekabet ortamını yumuşatmak gibi amaçlarını

gütmektedirler. Bu yöntem ile işletmeler, uluslararası arenada küresel şirket haline gelebilmektedirler.

Yatay entegrasyondaki işletmeler arası birleşme veya ortak olarak bir proje veya iş sürecine başlamanın arkasındaki neden genellikle girişim yapılacak işin niteliğinin riskli olmasıdır. Bu aşamada firmalar olası risklerden kaçınmak için birlikte üretim, pazarlama ve satış politikalarıyla maliyetleri azaltmayı amaçlamaktadırlar. Bu sayede piyasada tutunabilme ve yeni girişimin hayatta kalabilmesini sağlamaktadırlar.

Yatay entegrasyon iş birliği oluşturmak için farklı şirketler arasında bir bağ oluşturarak kaynaklar ile bilgi ağı arasında bir bağlantı sağlamaktadır. Böylece, gerçek zamanlı ürün ve hizmet bilgilerinden tutun da finansman kaynakları ve malzemeler bu şirketler arasında çok daha kolay bir şekilde değiştirilebilmekte hatta fabrika içinde çok daha verimli bir şekilde kullanılabilir. Şirketler arasındaki bu entegrasyon, değer ağlarının ve yenilikçi iş modellerinin geliştirilmesine yol açmaktadır.

Dikey entegrasyon ise uçtan uca bir çözüm sunmak için çeşitli bilgi teknolojileri sistemlerinin farklı hiyerarşik seviyelerde entegrasyonu olarak tanımlanmaktadır. Dikey entegrasyon sayesinde şirketin çeşitli fiziksel ve bilgi alt sistemleri ve üretim sistemleri birbirine bağlanmaktadır [73]. Ayrıca, ürün, ekipman, pazarlama, satış, planlama ve insan ile üretim sistemleri ve değer yaratma aşamaları birbirine bağlanabilecektir [74].

Dikey entegrasyon ayrıca aynı sektör içerisinde fakat farklı faaliyet alanları içerisindeki işletmelerin kendi aralarında gerçekleştirmiş oldukları iş birlikleri, birleşme, satın alma işlemleri ve ortak değer yaratma süreçlerini ifade etmektedir. Dikey entegrasyonda geriye doğru dikey entegrasyon, ileriye doğru dikey entegrasyon ve dengeli dikey entegrasyon olmak üzere üç çeşit yer almaktadır. Bir otomobil üreticisinin satış sonrası hizmet sağlaması ileriye doğru dikey entegrasyona örnek iken lastik veya parça fabrikası edinmesi geriye doğru dikey entegrasyona örnek olarak gösterilebilmektedir. Dengeli entegrasyon ise ileriye ve geriye doğru dikey entegrasyon stratejilerinin dengeli bir şekilde gerçekleştirilmesine verilen addır.

Ayrıca, dikey entegrasyon ile akıllı cihazlar kendileri tarafından organize edilebilmekte, sensörler ve aktüatörler kullanarak ağ üzerinden çalışan sistemler aracılığıyla veri toplayabilmekte, gönderebilmekte ve alabilmektedir. Bunun yanı sıra farklı ve kişiselleştirilmiş ürün üretimi sağlayan üretim sistemlerini acil bir şekilde yeniden şekillendirebilmektedir. Bunlara ek olarak, dikey entegrasyon süreçlerinde kullanılan teknolojiler arasında kesintisiz iletişim ve akış sağlamaktadır.

3.6. Dünyada Endüstri 4.0

İmalat sektörü yukarıda bileşenleriyle birlikte ortaya koyulan endüstri 4.0 teknolojilerindeki günden güne yaşanan gelişmeler ışığında deri değiştirmektedir. Bu gelişmeleri takip edebilmek ve rekabetçilik özelliklerini koruyarak üzerine eklemeler yapmak için ülkeler sıkı bir yarış içerisinde girmişlerdir. Almanya’da adı konulan ancak çoğu ülkenin ilgili teknolojilerde çalışmaları daha önceden itibaren başlayan endüstri 4.0 kavramı için hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler üretim süreçlerine ilgili bileşenleri entegre edebilmek amacıyla makro politika çalışmalarını yapmaktadırlar.

Ülkelerin endüstri 4.0 konusunda gerçekleştirdiği faaliyetleri genelleyecek olursak eğitim altyapısının geliştirilmesi, ilgili teknolojileri kullanacak olan hedef kitlenin desteklenmesi, teknoloji üreticilerinin desteklenmesi ve veri iletişim altyapısının kuvvetlendirilmesi olarak dört ana başlıkta sıralanabilmektedir.

Ülkeler endüstri 4.0 teknolojilerini geliştirmek veya bu teknolojilere ayak uydurmak için yapmış oldukları yatırımlar kapsamında temel ar-ge çalışmalarının yanı sıra uygulamalı ar-ge çalışmalarına da yer vermektedirler. Uygulamalı ar-ge çalışmalarının ilk yatırım miktarlarının yüksek olmasından dolayı devlet destekleri büyük önem arz etmektedir. Örneğin İngiltere’de teknoloji üreticilerinin finansman konularında kamu tarafından ciddi destekler verilmektedir. Bunun yanı sıra Almanya, ABD, Çin gibi diğer ülkelerde de özel kredi programları ile teknoloji girişimleri teşvik edilmektedir [75].

Ekonominin mihenk taşı olarak belirtilen KOBİ’lerin dijital dönüşüm ve endüstri 4.0 teknolojilerini kullanmaları veya tedarikçileri konumuna gelmeleri için çeşitli destekler ve teşvikler söz konusu olabilmektedir. Avrupa Komisyonu da bu konuya önem vermekte olup “Dijitalleşen Avrupa Sanayisi” projesi ile 500 milyon avroluk bir fon ayırmıştır [76]. Diğer taraftan Avrupa Birliği’nin Ufuk 2020 projesi kapsamında KOBİ’lerin teknolojilerini yoğun bir şekilde kullanmalarını sağlamak için 1,5 milyar avroluk “Geleceğin fabrikaları” adlı bir girişim oluşturulmuştur.

Ülkeler endüstri 4.0 ile ilgili olarak makro politika dokümanları oluşturmanın yanı sıra teknolojiler veya bileşenlere ait spesifik strateji belgeleri de ortaya koymaktadırlar. Bu sayede ilgili bileşen daha detaylı bir şekilde ele alınarak hangi teknolojiye daha çok önem verdiklerini belirtebilmektedir. Bu kapsamda örneğin ABD Ulusal Bilim ve Teknoloji Konseyi (https://www.nitrd.gov/pubs/national_ai_rd_strategic_plan.pdf, 06.01.2020), 2016 yılında ileri üretim açısından öncelikli alanlarını belirlemiş ve yapay zeka alanında hedefleri belirleyen ayrı bir doküman yayınlamıştır [77]. İngiltere de aynı kapsamda yapay zeka alanında bir strateji ortaya koymuştur.

Geçtiğimiz on yılda Çin, en önemli imalat mucizelerinden biri olarak ortaya çıkmıştır. 2012 yılı sonunda Çin, üretim sektöründe dünya lideri konumuna gelmiş ve dünyadaki en büyük ikinci ekonomik güç olmuştur. Çin imalatta kendi yerini korumak ve yeni zirvelere çıkmak için 2015 yılında “Madein-China 2025” adlı 10 yıllık bir ulusal plan hazırlamıştır. Bu politika dokümanı ile endüstri 4.0 teknolojilerine ait bileşenleri ve süreçleri üretim sektörüne entegre ederek rekabet yeteneğini kaybetmemeyi hedeflemektedir.

Bu stratejik plan, Çin'in değer zincirini yukarı çekip kendisini dünya imalat sanayi atölyesinden dünya standartlarında bir sanayileşmiş güce yeniden keşfetme isteğini ifade etmektedir. Çin ilgili politika dokümanı ile maliyeti düşük ve katma değeri yüksek üretime devam etmeyi amaçlamaktadır. Bu strateji dokümanı ile; dışa bağlı olan endüstrilerde dışa bağıllık oranının azaltılarak yerli üretimin artırılması, akıllı ve otonom sistemler kurularak hata oranlarının azaltılması, yerli üretim avantajı olan ürünlerin kalitelerinin artırılması, yeni teknolojiler özelinde çalışacak araştırma merkezlerinin artırılması hedeflenmektedir. Bu doküman ile robot teknolojileri, enerji tasarrufu araçları, tarımsal makineler ve demiryolu araçları gibi 10 temel sektör öncelikli hale getirilmiştir [78].

Çin dijital dönüşüm yolunda yayınlamış olduğu bu belge ile 2015 yılında %50 olan geniş bant kullanım oranını 2025'te %82'ye çıkarmayı planlamaktadır. Ayrıca 2015'te %58 olan dijital teknoloji kullanım oranını 2025'te %84'e yükseltmeyi amaçlamaktadır. Bu belgede çok çarpıcı hedefler de yer almaktadır. Buna göre imalat içerisinde yerli girdi oranının 2020'de %40, 2025'te ise %70'e artırılması hedeflenmektedir [79].

Çin hükümeti bu hedefleri uygulamaya alabilmek için çeşitli fonlar oluşturmuş olup bu fonlara yıllık yaklaşık olarak 200 Milyar Dolar aktarmayı planlamaktadır [80]. Bu fonlar aracılığıyla hem işletmeler finanse edilebilecek hem de ülkenin bilim, teknoloji, ar-ge ve inovasyon alt yapısı geliştirilecektir.

Japonya 2017 yılında düzenlenen CeBIT fuarında endüstri 4.0 ile ilgili olarak farklı bir yaklaşım getirerek bir ileri adımı olarak nitelendirdiği ve insan ile otonom robotların bir uyum içerisinde çalışabilirliğini araştırdığını belirttiği “Toplum 5.0” kavramını ortaya atmıştır. Çevre ve insan temalı olan bu yaklaşım teknolojik gelişmeleri hem ekonomik hem de sosyal açıdan değerlendirerek buna uygun politikalar belirlemektedir. Bu kapsamda; yaşlanan nüfusa yönelik politikalar belirlemek, sanal ve gerçek dünyayı bir araya getirmek, nesnelerin interneti kavramının toplumsal düzeyde faydalarını araştırmak, çevreci çözümler üretmek gibi hedefleri bulunmaktadır. Bu vizyon içerisinde sektör gözetmeksizin teknolojilerin bütün alanlarda kullanılması amacıyla 5 öncelikli alan belirlenmiştir. Bunlar

koruyucu sağlık hizmetleri, mobilite, tedarik zinciri, akıllı şehirler ve finans teknolojileridir [81].

Japonya’da sürdürülebilir büyümenin çevreci bir üretim sayesinde olacağına ve toplumsal sorunları ele alan konularla uyum sağlanarak üretim metodolojilerinin geliştirilmesi gerektiğine inanılmaktadır [82]. Enerji tasarrufu sağlayan, tabii kaynakları kullanan, geri dönüşümü kolay olan, daha az atık çıkarabilen, karbondioksit salınımı az olan üretim süreçleri geliştirilmesi planlanmaktadır. Japonya tarafından “Monozukuri” olarak adlandırılan bu yaklaşımda akıllı üretim teknolojilerine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Ayrıca nadir bulunan metallere dayanan sektörlerde yeni malzemelerin ortaya çıkarılması amacıyla araştırma ve geliştirme çalışmaları konusunda projeler yürütülmektedir. Bunlara örnek olarak, yeni uçak ve roket tasarımlarında, toplumsal açıdan yaşanacak değişim sonucuna uygun robot tasarımları ve üretimlerinde, nanoteknoloji, yeni enerji yakıt ve depolama teknolojileri, tıp teknolojileri, biyoteknoloji ve bütünleştirici sistemler üzerinde çalışılmaktadır [83].

Avrupa’daki işletmeler bu yeni dönüşüm kapsamında işletmelerinde yatırım yapmaya başlamışlardır. Batı Avrupa’daki işletmelerin %77’si fabrikalarında endüstri 4.0 teknolojileri için yeni yatırım kararları almışlardır. Bunların %87’si küçük işletme iken %61’i büyük işletme statüsündedir [84].

Almanya endüstri 4.0 kavramının çıktığı ve bu alanda ilklerin gerçekleştiği bir ülke olarak tüm dünyada bilinmektedir. Bu nedenle ilgili alanda attığı her adım öncü nitelik taşımaktadır. Bu kapsamda 2025 Dijital Stratejisi adı verilen politika dokümanında 10 maddeden oluşan bir eylem planı tasarlanmıştır. Bu kapsamda ilgili eylem maddelerinin içerikleri aşağıda belirtilmektedir [85]:

- Gigabit fiber ağının 2025 yılına kadar oluşturulması,
- Start-up’ların bürokratik engellerden arındırılması ve onlara finansman kaynağı sağlanması,
- Veri ekonomisi alanında yatırım ve yenilik için yeni düzenlemelerin yapılması,
- Kamu, sağlık, eğitim ve enerji gibi alanlarda akıllı ağ yapılarının oluşturulmasının sağlanması,
- Veri güvenliğinin geliştirilmesi,
- KOBİ’lerin yeni iş modeli geliştirmesi ve desteklenmesi,
- Endüstri 4.0 kapsamında yeni ürün ve hizmetlerin geliştirilmesi,
- Dijital teknolojilerde Ar-Ge ve yenilik projelerinin arttırılması,
- Gelecek trendlere uygun olarak işgücünün eğitilmesi,

- Dijital teknolojilerde yer alan yeniliklerden sorumlu bir ajans kurulması.

Boston Consulting Group (BCG) şirketinin yapmış olduğu bir araştırmaya göre Almanya'nın sanayide dönüşüm uygulamalarıyla üretimde çok ciddi verimlilik artışı sağlanmıştır. Örneğin, toplam üretim maliyetlerinde %5 ila %8 arasında düşüş tespit edilmiştir. Ayrıca aynı çalışmada önümüzdeki 10 yıl boyunca 90 ila 150 milyar avro maliyet avantajı yakalanacağı belirtilmektedir. Alman üreticiler üretim yöntemleri ve süreçlerinde teknoloji dönüşümü yaparak endüstri 4.0'a uyum sağlayabilmek ve avantajlardan yararlanmak için 10 yıllık süreçte yaklaşık 250 milyar avroluk yatırım planlamaktadırlar. Bunların ilk ve büyük çaplı örnekleri Bosch, BMW ve Siemens gibi kendi sektöründe öncü firmalarda görülmektedir [10].

Almanya 2020 yılının sonuna kadar dördüncü sanayi devriminin gerektirdiği alt yapı çalışmalarında kullanılmak üzere her yıl 20 milyar avro ayırdığını belirtmektedir [86]. Endüstri 4.0 kavramının isim babası olan Almanya gelecekteki üretim trendlerini ve kapsamalarını düzenlemeyi amaçlamaktadır. Bu çerçevede büyük resme odaklanmak isteyen Almanya siber fiziksel sistemler ile verimlilik, etkinlik ve üretkenliği arttırarak ekonomik büyümeye liderlik etmek istemektedir. Mevcut durumdaki lider konumu sayesinde tüm paydaş ülkeler arasında üretimin nasıl dijital bir hale gelebileceği konusunda etkin ülke pozisyonunda yer almayı amaçlamaktadır.

ABD, 1900'lü yılların sonundan itibaren imalat sanayindeki üretim gelirleri payının milli gelire oranının git gide azalması sonucunda bir proje başlatılmıştır. Strateji dokümanı niteliğinde olan bu proje ile ABD'nin üretim sektöründe güçlü ülkeler ile gelecek yıllarda rekabet edebilmesi için adımlar atması hedeflenmiştir. "İleri İmalat Ortaklığı" adı verilen bu girişim ardından "Industrial Internet Consortium", "Smart Manufacturing Leadership Coalition" ve "National Network for Manufacturing Innovation" inisiyatiflerinin oluşmasını sağlamıştır. Bu girişimler sayesinde birkaç başlıkta çalışmalar yapılmaktadır.

Birincisi inovasyon projelerini etkinleştirmek için yüksek teknoloji üretimlerin geleceğini tahmin ederek buna uygun stratejiler belirlenmekte, kamu-özel ortaklıklarını arttırmak amacıyla danışmanlık kurulları oluşturulmakta ve ar-ge harcamaları teşvik edilmektedir. İkincisi, iş gücünü sağlamlaştırmak için yüksek teknoloji alanında çalışabilecek nitelikli işgücü eğitilmekte, çevrimiçi eğitimler sağlanmakta ve imalat sanayisine işgücü çekebilmek için vatandaşların bilinç seviyelerinin arttırılması için kampanyalar yapılmaktadır. Son olarak iş ortamının iyileştirilmesi için ise KOBİ'lere çeşitli finansman kaynakları sağlanmaktadır [87].

ABD’de standardizasyon çalışmaları kapsamında Endüstriyel İnternet Konsorsiyumu inisiyatifi özel sektörün öncülüğünde kurulmuştur. Bu konsorsiyum ortak standart ve referansların belirlenerek akıllı cihazlar ve sistemlerin yaygın bir hale gelmesi için çalışmaktadır. Ortak bir mimari yapı altında verilerin paylaşılması ve nesnelerin interneti uygulamalarıyla çok büyük fayda sağlanması beklenmektedir. Buna ek olarak ABD “Ulusal Yapay Zeka Ar-Ge Startejik Planı”nı 2016 yılında yürürlüğe almıştır.

İngiltere’de özellikle yapay zeka ve veri teknolojileri başta olmak üzere endüstri 4.0 teknolojileri alanındaki fikirler için sanayi stratejisi fonu adı verilen ulusal bir fon kapsamında 725 milyon sterlin ayrılmıştır. Fikir aşamasından ticarileşme aşamasına geçmiş ancak banka kredileri gibi geleneksel finansman kaynaklarına ulaşamayan girişimler için ise kamu eliyle destekler sunulmaktadır. İnsan faktörü alanında İngiltere, dijital yeteneklerin geliştirilmesi için çalışmalar yürütmektedir. Bu amaç doğrultusunda çeşitli teknolojilerdeki becerilerin arttırılması ve nitelikli çalışan geliştirilmesi amacıyla 500 milyon sterlinlik bir bütçe ayırmıştır [75].

Teşvik ve insan gücünün geliştirilmesinin yanı sıra İngiltere’de altyapı çalışmalarına da hız verilmiştir. Bilgi ve iletişim, internet, ulaşım, enerji gibi altyapı çalışmaları için 2023 yılına kadar 1 milyar sterlin para harcanması beklenmektedir. İş ortamının iyileştirilmesi için sektörler arasında anlaşmalarla iş birliğı içerisinde endüstri 4.0 alanındaki yatırımların ve verimliliğın arttırılması amaçlanmaktadır. İngiltere ayrıca politikalarını bölgelere bölmüş ve kümelenme yaklaşımıyla dijital teknolojilerin geliştirilmesini sağlamak istemektedir. Akıllı şehir uygulamaları da bir diğerk öncelik verilen konu başlığı olarak karşımıza çıkmaktadır [88]. Bunun yanı sıra endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanımıyla enerji tüketim miktarının artacağı belirlenmiş olup bu ihtiyacın yenilenebilir enerji kaynaklarıyla giderilmesi için çalışmalar başlatılmıştır.

Dünyanın en büyük dokuzuncu ekonomisi olan ve birinci endüstri devriminin çıktığı ülke olarak İngiltere endüstri 4.0 dönüşümü yolunda çok büyük potansiyele sahip olmakla birlikte önünde aşması gereken zorluklar bulunmaktadır.

İngiltere’nin başarısında üretim sektörü ön planda yer almaktadır ki ihracatının neredeyse yarısını 2 milyondan fazla kişiyi istihdam ettirdiğı imalat sektöründen gerçekleştirmektedir. Bunun sonucunda da ciddi bir vergi geliri elde edilmektedir. Bu gelirler de daha sonra imalat sektöründeki yeni araştırma ve geliştirme çalışmaları için kullanılmaktadır. Sonuç olarak devamlı bir döngüsel inovasyon süreci sağlanmış olmaktadır.

İngiltere işletmelerinin endüstri 4.0 konusunda öngörükleri ve ilgili teknolojilerin gelecek yıllarda katlanarak artış göstereceğıne dair beklentileri bulunmaktadır. Yapılan bir

araştırmada yeni üretim teknoloji konusunda şletmelerin %62'sinin 5 yıl içerisinde internet ve ağ altyapısına yatırım yapacağını belirtmesi bunu kanıtlar niteliktedir [11].

Fransa sanayide dijital donüşüm kapsamında “Geleceğin Endüstrileri Programı” adlı bir strateji programı hazırlamıştır. Bunun içerisinde büyük veri, bulut bilişim ve robot teknolojileri ele alınarak elektrikli uçaklar ve enerji verimliliği sağlayan araçlar gibi öncelikli ürünler listelenmiştir. Belirtilen alanlarda ciddi çalışmaları olan Fransa'nın 730 milyon avroluk bir bütçe ile nesnelerin interneti, arttırılmış gerçeklik ve eklemeli imalat konularında üretici firmaları ortaya çıkarmaya çalışmaktadır. Bunun yanı sıra enerji verimliliği, robot teknolojileri ve dijitalleşme konularında çalışmalar yapan girişimlere 1 milyar avroluk bir fon sunmaktadır [89].

Fransa 2013 yılında daha sonra bakanlık görevini üstlenecek olan Arnaud Montebourg tarafından yürürlüğe alınan program için medyanın desteğiyle endüstri 4.0 farkındalık ve reklam çalışmaları yapmıştır. Bu çalışmanın arından Montebourg direkt sanayi süreçlerini hedef alan 34 endüstri projesini hayata geçirmiştir. 2014 yılı Nisan ayında ekonomi bakanı Emmanuel Macron programın ikinci aşamasının başlamasını sağlayarak endüstride inovasyon projelerine odaklanılmasını sağlamıştır. Macron'a göre 9 pazar önem kazanmaktadır: yeni kaynaklar, sürdürülebilir şehirler, çevresel değişkenlik, ulaşımın geleceği, sağlığın geleceği, dijital ekonomi, akıllı robotlar, siber güvenlik ve akıllı gıda.

Bunların yanı sıra yenilenebilir enerji, yüksek yük taşıyabilen dronelar ve eğitim ve öğrenimin her aşamasında online öğretim olmak üzere 3 sektör daha eklenmiştir. Programdaki her bir sektöre özel proje için 2 adet üst düzey proje yöneticisi ve çok iyi bilinen ve tanınan bazı sponsorlar atanmıştır. Örneğin, Renault ve Dassault Systems şletmelerinin genel müdürleri seçilerek proje atamaları gerçekleştirilmiştir. İlgili projelere yaklaşık 3,7 Milyar Dolar bütçe aktarılmış olup bunun 1,5 Milyar Doları Fransa hükümeti tarafından fonlanmıştır [11].

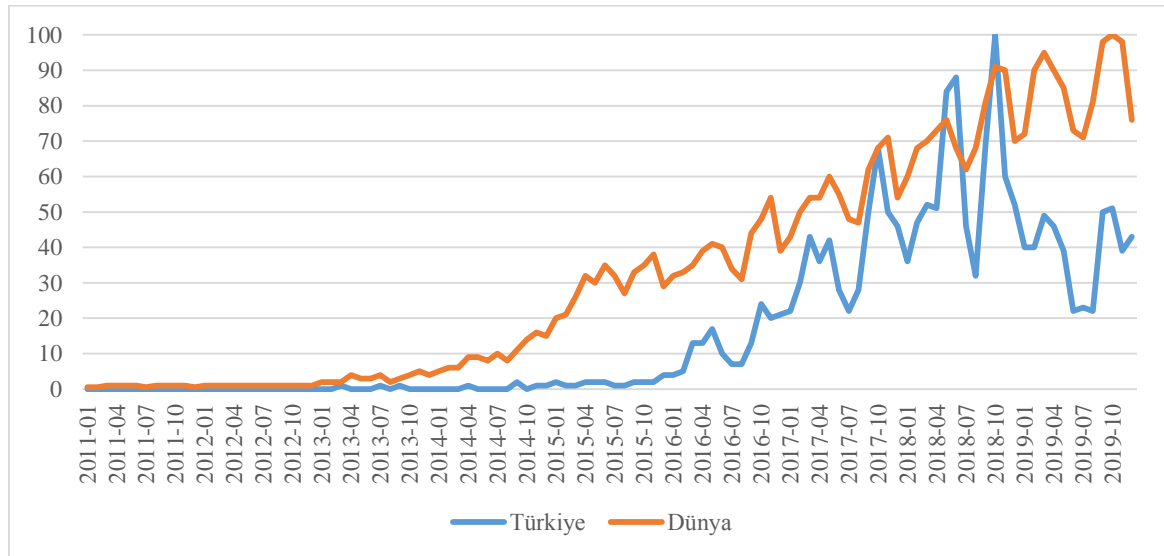
Fransa ile ilgili olarak diğer bir husus, ülkenin bağlantılı cihazlar konusunda çok büyük hacimlerde üretim yapan şletmelerinin bulunmasıdır. Bu kapsamda 2017 Ocak ayında Las Vegas'taki teknoloji fuarına 200'den fazla Fransız firma katılım sağlayarak üçüncü en fazla şletmesi bulunan ülke olarak fuarda yerini almıştır. Asıl ilginç olan husus ise bu firmaların üçte ikisinin start-up statüsünde akıllı ev ürünleri ve araçları alanında faaliyet gösteren şletmelerden meydana gelmesidir. Ayrıca Fransa akıllı şehirler ile ilgili olarak projeler yürütmektedir. Fransa'nın en çok bilinen spor yarışmalarından biri olan Fransa bisiklet turunda IBM ile iş birliği yapılarak her bir bisiklet özelinde nesnelerin interneti

teknolojisiyle veriler toplanmış ve bisiklet severlerle istedikleri verileri görmeleri, analiz etmeleri ve tartışmaları için gerçek zamanlı veriler paylaşılmıştır.

Endüstriyel üretimin ve ileri teknolojilerin geliştirildiği önemli ülkelerden birisi olan Finlandiya da endüstri devriminin ülkeye kazandıracaklarının farkında olan bir diğer ülke olarak karşımıza çıkmaktadır. Son dönemlerde endüstriyel gelişimi yavaşlamış olan ülkede eğer hiçbir şey yapılmazsa bu yavaşlamanın devam edeceği ve önümüzdeki 4 senelik dönemde 16 bin işin kaybedileceği öngörülmektedir. Ancak yeni gelişmelerin takip edilmesi ve uygulanmasıyla yatırımlarda 4 Milyar Euroluk bir artış ve 16 bin yeni iş imkanı oluşacağı belirtilmektedir. Hatta endüstriyel internet konusunda öncü davranılması durumunda bu rakamların 12 Milyar Euro ve 48 bin yeni iş imkanına kadar çıkabileceği düşünülmektedir.

3.7. Türkiye’de Endüstri 4.0

Endüstri 4.0 kavramının Dünyada ve Türkiye’de bilinirliği ve farkındalığı açısından Google Trend verileri incelendiğinde (Google Trend, 28.12.2019) Şekil 3.4.’deki grafik ortaya çıkmaktadır. Mayıs 2013’ten itibaren arama sayılarının ciddi anlamda artmış olduğu görülmektedir. En fazla arama yapılan ülke sıralamalarında Tayvan ilk sırada yer almaktayken Almanya ikinci sırada Endonezya ise üçüncü sırada karşımıza çıkmaktadır [90]. Türkiye ise bu listede 22. sırada yer almaktadır. Türkiye özelinde endüstri 4.0 kavramı konu bazında Google arama verileri incelendiğinde Ekim 2015’ten itibaren artan bir grafik izlediği tespit edilmiştir.



Şekil 3.4. Endüstri 4.0 kavramı google trend sonuçları [90]

Türkiye’deki endüstri 4.0 kapsamında ilk adım Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu (BTYK) tarafından atılmıştır. Buna göre bilim ve teknoloji konusunda ülkemizdeki en üst

düzy karar merci olan BTYK, 2016 yılında gerçekleştirmiş olduğu 29. toplantısı kapsamında “Akıllı Üretim Sistemlerine Yönelik alışmaların Yapılması” yönünde bir karar almıştır. Bu karar doğrultusunda:

- Ülke dinamiklerine uygun yürütme, uygulama ve izleme modelinin geliştirilmesi,
- Endüstri 4.0 teknolojileri kapsamında yetkinlik kazanılması sağlanacak hedef odaklı Ar-Ge çalışmalarının arttırılması,
- Endüstri 4.0 teknolojileri kapsamında yerli firmaların üretim altyapıları ve pilot üretime yönelik teşvik ve destek mekanizmalarının geliştirilmesi

amaçlanmıştır.

Bu karar ile Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından çalışmalar başlatılmış ve 2016 yılı içerisinde bir dizi faaliyet yerine getirilmiştir. Kısaca bu faaliyetler; akıllı üretim sistemlerine dair hem yurt içi hem yurt dışı araştırmalar, raporlar, akademik yayınların incelenmesi, ar-ge desteği alan yaklaşık 1000 firmaya anket çalışması yapılarak saha araştırmasının yanı sıra paydaşlarla toplantılar, çalıştaylar ve odak grup çalışmalarıdır.

Mevcut durumu ortaya koymak için sanayi sektöründe gerçekleştirilen saha araştırması kapsamında:

- Ülkemizdeki işletmelerin dijital olgunluk seviyesi açısından endüstri 2 ila 3 arasında olduğu,
- İşletmelerin %22’sinin detaylı bir şekilde ilgili konularda bilgi sahibi olduğu,
- İşletmelerin yarısının 2019 ila 2022 arasında ilgili teknolojileri kendi sistemlerine entegre etmeyi planladıkları,
- Otomasyon ve kontrol sistemleri, ileri robotik sistemler ve eklemeli imalat teknolojilerinin en çok katma değer sağlayacağı,
- En yüksek olgunluk seviyesinin malzeme (kauçuk ve plastik), beyaz eşya ve yan sanayii ve otomotiv ve yan sanayii sektörlerinde olduğu

sonuçlarına ulaşılmıştır.

Bu alışmalar sonucunda TÜBİTAK tarafından “Yeni Sanayi Devrimi: Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası” adlı bir doküman yayınlanmıştır. Bu doküman ile (TÜBİTAK, 13.01.2020) teknoloji yol haritası ortaya konarak kritik teknolojiler, hedefler ve kritik ürünler belirlenmiştir. Bu kapsamda 10 teknolojik hedef saptanarak ülkemizin yetkinliği ortaya konmuş ve bu teknolojik hedeflerin etki potansiyeli analiz edilmiştir. Sektörel uygulamalarıyla birlikte teknik özellikler ve metrikler detaylı bir şekilde çalışılmış

ve ar-ge konuları belirlenerek projeler tanımlanmıştır. TÜBİTAK belirlenen bu projeler çerçevesinde faaliyetlerini yürütmeye ve işletmelere destek sunmaya başlamıştır [91].

2016 yılı aralık ayında o zamanki adı ile Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığının koordinasyonunda BTYK kararının vermiş olduğu görev ve sorumluluk bilinciyle Sanayide Dijital Dönüşüm Platformu kurulmuştur. Bu platform üretim sektöründe endüstri 4.0 teknolojileri kapsamında sanayideki dijital dönüşüm için kapasitenin nasıl güçlendirilebileceği ve bu amaç doğrultusunda dijital yetkinliklerin ortaya konması hakkında çalışmıştır. Platform içerisinde TOBB, TİM, TÜSİAD, MÜSİAD, YASED, TTGV gibi birçok kurum/kuruluş ve özel sektör bir arada çalışmıştır. Diğer taraftan bakanlık uhdesinde Dördüncü Sanayi Devrimi Daire Başkanlığı oluşturularak imalat sektöründeki bu dönüşüm daha verimli bir şekilde gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca platformun daha etkin ve güçlü bir şekilde çalışabilmesi için ilgili daire başkanlığı koordinasyon görevini üstlenmiştir. Platform kapsamında ülkemizdeki mevcut durum, diğer ülke örnekleri ile karşılaştırmalar, politika önerileri, hedefler ve bu hedeflerin gerçekleştirilmesi için eylem önerilerini içeren raporlar hazırlanarak makamlara sunulmuştur [75].

Ülkemizde sanayi sektörü başta olmak üzere tüm sektörlerin endüstri 4.0 kapsamında ihtiyacı olan farkındalık, bilgilendirme, ihtiyaç analizleri, firmalarına katma değer sağlama potansiyelinin belirlenmesi, birlikte hareket edebilme gibi aşamaların uygulanması için çeşitli dernekler kurulmuştur. Bunlardan biri Dijitalleşme ve Endüstri 4.0 Derneği'dir. Dernek, işletmelerin uluslararası alanda rekabet avantajlarını korumak amacıyla hem üretim hem de hizmet sektörlerinin dijital dönüşümünü ve endüstri 4.0 çerçevesindeki faaliyetlerin etkinleştirilmesi ve geliştirilmesini sağlamayı hedeflemektedir. Bu hedef doğrultusunda kişilere ve kurumlara destek verilmesi dernek amaçları arasında yer almaktadır.

Bir diğer dernek ise Endüstri 4.0 Dijital Dönüşüm Derneği'dir. Bu dernek, 2016 yılı haziran ayında kurulmuştur. Genel anlamda derneğin amacı, endüstri 4.0 kapsamında ülkedeki farkındalığın artırılması, ekosistem paydaşlarının bir araya getirilmesi, bu konuda problemlerin ve çözümlerin ortaya konması ve bu çözümlere yönelik hizmetlerin oluşturularak faaliyete geçilmesi olarak belirtilmiştir. Diğer taraftan dernek tarafından konuyla ilgili standartların belirlenmesi ve ülkemizde yaygınlaştırılması konularında da çalışmalar yapıldığı ifade edilmiştir.

Kamu sektöründe politika yapıcılar bu tür çalışmalar yürütürken özel sektör ve sivil toplum kuruluşları (STK'lar) ise faal bir şekilde arama toplantıları gerçekleştirmiş ve raporlar yayınlamıştır. Bu raporlardan ilki Mart 2016'da yayınlanan ve TÜSİAD'ın The Boston Consulting Group adlı danışmanlık firması ile birlikte hazırlanmış olduğu

“Türkiye’nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gereklilik Olarak Sanayi 4.0: Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi” çalışmasıdır. Bu rapor içerisinde endüstri 4.0 konusunda ülkemizin uygulayıcı konumda olmasının rekabet gücü yüksek ülkeler arasında yer alması açısından önemli olduğu vurgulanmıştır. Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanımının artması ile ülkemizin rekabet üstünlüğü sağladığı düşük işgücü ve lojistik avantajının baskı altında olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle ilgili rapor kapsamında endüstri 4.0 bir kavram olmaktan çıkarılmış ve ekonomik olarak etkileri ortaya konmuştur. Buna göre endüstri 4.0’ın ülke ekonomisine katkıları aşağıda sıralanmıştır [28]:

- İmalat sanayinde bu teknolojilerin başarılı bir şekilde kullanılması durumunda verimlilikte yıllık olarak %4 ila %7 arasında bir artış ile 50 milyar TL’lik bir potansiyel fayda sağlanabilecektir.
- İmalat sanayinde yıllık olarak %3’lük bir büyüme gerçekleşmesi ve bunun sonucu olarak da gayrisafi yurt içi hasıla (GSYİH)’da yıllık olarak %1’lik bir büyüme meydana gelmesi tahmin edilmektedir.
- Düşük nitelikli işlerde istihdamın azalmasına karşın yüksek yetkinlik gerektiren işlerdeki sayının artması ile yetişmiş ve nitelikli personel sayısının artarak toplamda bir istihdam artışının meydana gelmesi planlanmaktadır.

TÜSİAD bu çalışmasına ek olarak yine The Boston Consulting Group ile birlikte “Türkiye’nin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği” adlı bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışma kapsamında ülkemizde gerçekleştirilen Ar-Ge harcamalarının GSYİH’ya oranı ile orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyindeki ürünlerin ihracat tutarları ele alındığında endüstri 4.0 konusunda imalat sektöründe öncülük eden ülkelere yetişmek için uzun bir yol kat etmemiz gerektiği vurgulanmıştır [92].

2017 yılında sanayi sektöründe endüstri 4.0 teknolojileri sayesinde meydana gelecek olan dijital dönüşüm kapsamında ülkemizin mevcut durumunun analiz edilmesi ve yetkinlik seviyelerinin ölçülebilmesi için 108 işletme ile bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma sonucunda aşağıda yer alan sonuçlara ulaşılmıştır.

- İşletmeler endüstri 4.0 konusunda bilgi ve ilgi seviyelerinin yüksek olduğunu belirtmekte ancak sanayideki dijital dönüşüme henüz hazır olmadıklarının altını çizmektedirler.
- 100 şirketten 44’ünün endüstri 4.0 teknolojileri kapsamındaki uygulamalar açısından pilot projesi olduğu belirtilmektedir.
- İşletmelerin yönetim, planlama ve stratejik hedefler belirleme konusunda yetkinliklerinin geliştirilmesi gerekliliği ortaya konmuştur.

- Endüstri 4.0 konusunda yetkinlik seviyelerinin sektöre göre farklılaşmadığı ancak büyük ölçekli işletmelerin KOBİ'lere nazaran sanayideki dönüşüme daha hakim olduğu vurgulanmaktadır.

Bu çalışmada ayrıca gelişmiş ülkelere nazaran ülkemizin yatırım öncesi planlama döneminde olduğu belirtilmiştir ve teknoloji üreten işletmeler ile teknoloji kullanan işletmeler arasında bir iletişim eksikliği veya kopukluk yaşandığının altı çizilmiştir [92].

BTYK kararının uygulanmaya alınmasının ardından TÜBİTAK tarafından “Yeni Sanayi Devrimi: Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası” adlı bir çalışma gerçekleştirilmiş ve ilgili çalışmadan elde edilen çıktılar doğrultusunda Haziran 2018’de Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından Dijital Türkiye Yol Haritası dokümanı yayınlanmıştır.

Bu doküman kapsamında (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 16.01.2020) imalat sektöründe dijital dönüşüm yol haritası kısa, orta ve uzun vadeli olmak üzere 3 aşamalı bir şekilde hazırlanmış olup 6 bileşeni içermektedir. Bu bileşenler ve bileşenlere ait eylem planları Tablo 3.2.’de belirtilmektedir.

Tablo 3.2. Dijital Türkiye yol haritası bileşen ve eylemleri [75]

Bileşen Simgesi	Bileşen Adı	Eylem İçerikleri
İnsan	Eğitim altyapısının geliştirilmesi ve nitelikli işgücünün yetiştirilmesi	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dijital teknoloji kullanıcısı ve geliştiricilerinin yetiştirilmesi ➤ Eğitimcilerin dijital yetkinlik kazanmaları ➤ Sanayide çalışan işgücünün dijital yetkinlik kazanması
Teknoloji	Teknoloji ve yenilik kapasitesinin geliştirilmesi	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dijital teknolojilere uygun olarak Ar-Ge altyapısının geliştirilmesi ➤ Teknoloji uygulamalarının geliştirilmesi
Altyapı	Veri iletişim altyapısının güçlendirilmesi	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Veri iletişim altyapısına yönelik hızın artırılması ➤ Veri transferi standartlarının geliştirilmesi ➤ İşletmelerde kullanılan endüstriyel internet ve siber güvenlik konularında çalışmalar yapılması ➤ İşletmelerin veri merkezleri ile çalışmalarının artırılması
Tedarikçiler	Ulusal teknoloji tedarikçilerinin desteklenmesi	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Yerli üretim yapan dijital teknoloji tedarikçilerine yönelik envanter çalışması ➤ Yerli üretimin kullanıcılara ulaşması konusunda desteklenmesi ➤ Teknoloji edinim ve geliştirmeye yönelik çalışmaların güçlendirilmesi ➤ Uzun vadeli olarak kaynaklara erişim sağlanması
Kullanıcılar	Kullanıcıların dijital dönüşümünün desteklenmesi	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sanayide dijital dönüşüm yatırımlarının desteklenmesi
Yönetişim	Kurumsal yönetişimin güçlendirilmesi	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sanayide dijital dönüşüm platformlarının kurumsal bir yapı haline getirilmesi

Tablo 3.2.’de belirtilen eylemler için kamudan ve meslek kuruluşlarından sorumlu ve ilgili kurum/kuruluşlar belirlenerek her bir eylem için belirlenmiş olan hedefler

doğrultusunda çalışmalar başlatılmıştır. Örneğin teknoloji bileşeni altında, 50 öncelikli teknolojilere odaklanmış uygulamalı araştırma merkezi açılması, belirlenmiş öncelikli sektörlerde uzmanlaşmış 60.000 Ar-Ge personelinin istihdam edilmesi, Ar-Ge merkezlerinde 2.500 adet dijital dönüşüm projesi gerçekleştirilmesi ve dijital teknolojiler alanında 250 adet patent alınması hedeflenmektedir. Diğer taraftan teknoloji firmalarının 1 Milyar Dolar sermaye yatırımı alması, 10 adet dijital teknoloji mükemmeliyet merkezi ve dijital dönüşüm merkezi açılması ve 2.500 işletmenin dijital olgunluğa erişmesinin sağlanması gibi hedefler de ilgili doküman kapsamında belirlenmiştir [75].

KOSGEB ve TÜBİTAK gibi kurum ve kuruluşlar tarafından endüstri 4.0 teknolojilerinin geliştirilmesi veya kullanılması amacıyla destek programları yürütülmektedir. KOSGEB, KOBİ-GEL Destek Programı kapsamında 2019 yılında imalat sanayi sektöründe milli imkanlar ağırlıklı olarak dijitalleşme için; yerli ve yetkin dijital teknoloji geliştiricisi KOBİ envanterini genişletmek ve imalat sanayi KOBİ'lerinin, yerli teknoloji geliştiricilerle işbirliği öncelikli olmak üzere dijitalleştirilmiş iş süreci sayısını arttırmayı amaçlayan bir çağrı yayınlamıştır. Buna göre imalat sektöründe büyük veri, nesnelerin interneti, otonom robot teknolojileri, akıllı sensör teknolojileri, yapay zekaya dayalı siber fiziksel akıllı fabrika sistem ve bileşenleri, siber güvenlik olmak üzere altı başlıkta KOBİ'lerin endüstri 4.0 teknolojilerini geliştirmesi veya kullanmasına yönelik destek verilmiştir. TÜBİTAK tarafından da çeşitli destek programları ile işletmelerin dördüncü sanayi devriminin unsurlarına yönelik araştırma geliştirme ve teknoloji geliştirme projeleri desteklenmektedir.

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından Dijital Türkiye Yol Haritası dokümanını destekleyen ve sanayi sektörü için gelecek vizyonda neler yapılacağına dair hedefler ortaya koyan bir makro politik doküman olarak 18 Eylül 2019 tarihinde 2023 Sanayi ve Teknoloji Stratejisi açıklanmıştır. Bu kapsamda (<https://www.sanayi.gov.tr/strateji2023/sts-ktp.pdf>) 2023 Sanayi ve Teknoloji Hedefleri belirlenmiş olup Tablo 3.3.'de ilgili hedefler özetlenmiştir.

Tablo 3.3. 2023 sanayi ve teknoloji stratejisi hedefleri [93]

No	Hedef Adı	No	Hedef Adı
1	İmalat Sanayi'nin GSYİH'daki oranının %21 olması	7	Sanayi sektöründe işçi başına düşen sanayinin ürettiği katma değerın 35.000 Dolar olması
2	210 Milyar Dolar imalat sanayi ihracatı gerçekleştirilmesi	8	İhracat tutarları dağılımında orta-yüksek teknoloji düzeyindeki ürünlerin payının %44,2, yüksek teknoloji düzeyindeki ürünlerinin payının ise %5,8'e çıkarılması
3	Ar-Ge harcamalarının GSYİH'ya oranının %1,8 olması	9	Ar-Ge'de çalışan insan kaynağı sayısının 300 bine, araştırmacı sayısının ise 200 bine yükseltilmesi
4	AB Ar-Ge liderlik tablosunda ilk 2.500 firma içerisinde 23 firmanın yer alması	10	Ülke genelinde en az 500 bin yazılım geliştiricinin istihdam edilmesi
5	Teknoloji tabanlı girişim yatırımlarına yapılan yıllık yatırım tutarının 5 milyar TL'ye ulaşması	11	En az 23 akıllı ürün için dünya lideri konumuna gelinmesi
6	10 adet Turcorn (1 Milyar Dolarlık değerlemeye sahip Türk teknoloji girişimi) çıkarılmasını sağlamak	12	Sanayi ve teknoloji ile ilgili olarak kamu ilişkilerinde tek noktadan hizmet sunulması

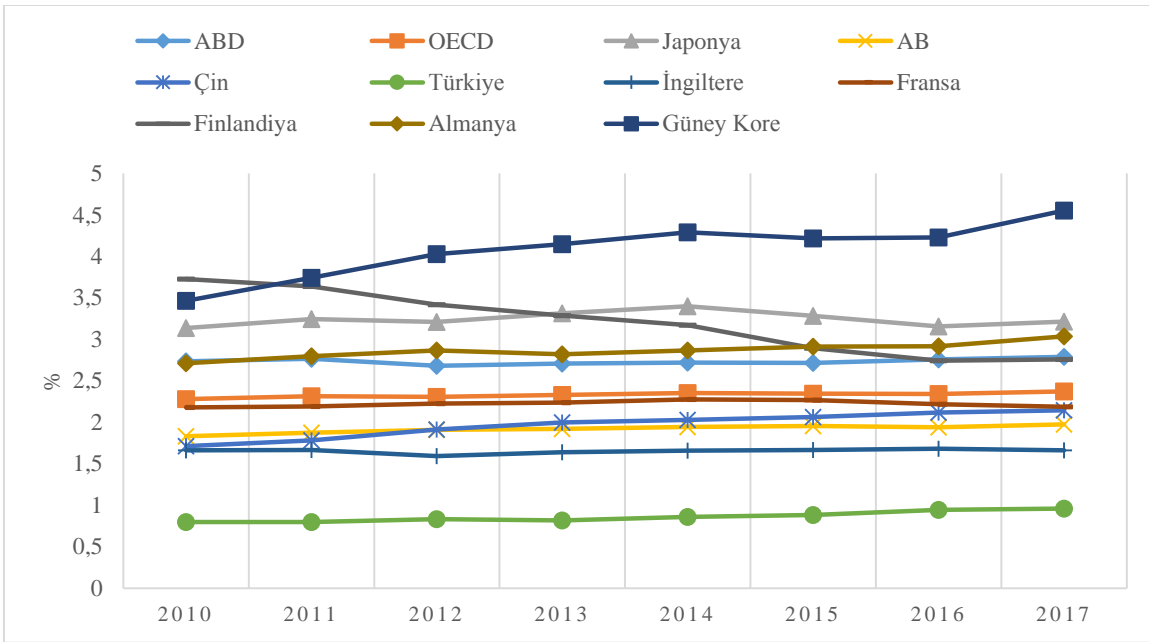
Hedefler doğrultusunda özellikle yeni uygulamaya alınacak olan mekanizmalar için pilot uygulamalar gerçekleştirileceği daha sonradan test edilen eylemlerin yaygınlaştırılması konusunda çalışmalar yürütüleceği belirtilmiştir.

Ayrıca strateji belgesi kapsamında (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 17.01.2020) yüksek teknoloji ve inovasyon, dijital dönüşüm ve sanayi hamlesi, girişimcilik, beşeri sermaye ve altyapı olarak 5 adet bileşen tanımlanmıştır. Bu bileşenlere yönelik farklı ihtiyaçlara sahip paydaşlar için saha çalışmaları yapılacağı ve bu çalışmalar sonucunda detaylı olarak hazırlanmış eylem planlarının yürürlüğe alınacağı belirtilmiştir. Ayrıca paydaşlardan daha aktif bir şekilde yararlanılacağı ve yönlendirme toplantılarıyla bileşenlerde belirlenen eylemler takip edilerek karşılaşılabilecek problemlere birlikte çözüm önerileri getirilebilmesinin sağlanacağı ifade edilmiştir. Bu kapsamda kamunun çalışma prensiplerinden biri olan şeffaflık ilkesi çerçevesinde ilgili paydaşlar ve özel sektör sürekli bir şekilde bilgilendirecektir [93].

Ülkemizde 200'ün üzerinde üniversite, 1000'den fazla Ar-Ge merkezi, 280'den fazla tasarım merkezi ve 81 Teknoloji Geliştirme Bölgesi (TGB) bulunmakta olup çalışmalarına devam etmektedirler. Bu tür yapıların bilimsel ve teknolojik araştırma, geliştirme ve yenilik çalışmaları için güçlü bir alt yapı ve kapasite oluşturduğu görülmektedir [94]. Bunun yanı sıra araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin inovasyon ortaya çıkarmak için en gelişmiş ve kabul görmüş göstergelerden olduğu kabul edilmektedir. Bu sayede uluslararası boyutta karşılaştırma yapılması sağlanabilmektedir [95]. Ar-Ge çalışmaları ile işletme yeni ürün veya süreç geliştirebilmekte, ürünlerinin kalitesini arttırabilmekte, maliyet avantajı

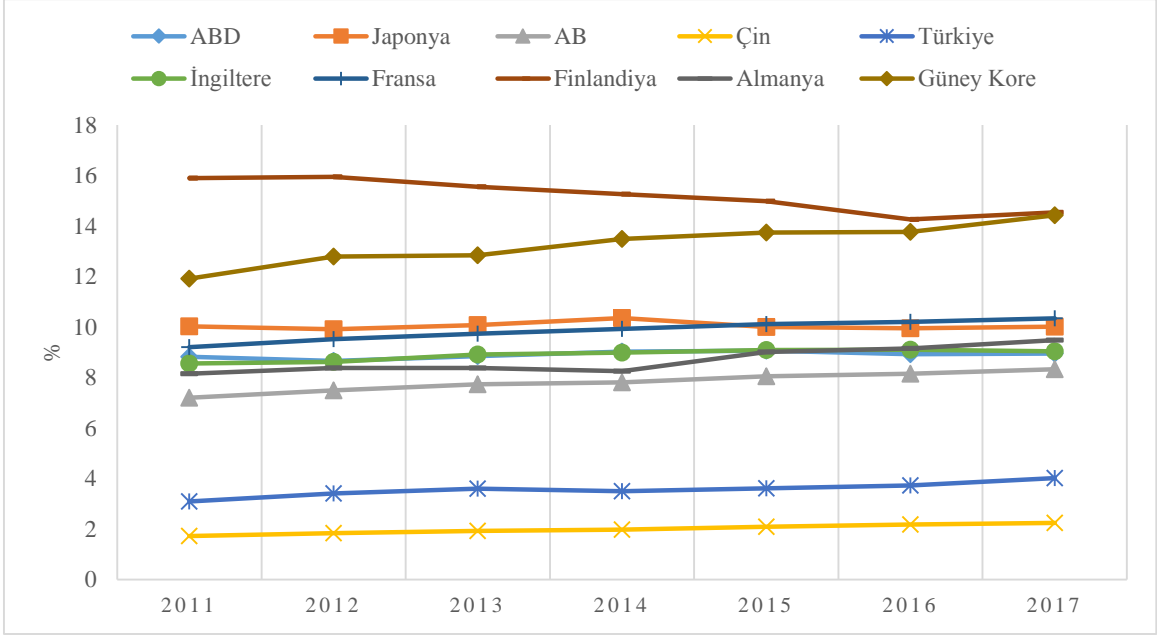
sağlayabilmekte veya süreç verimliliklerini arttırarak katma değerli ürünler üretebilmekte ve rekabet üstünlüğü sağlayabilmektedir.

Ülkemizdeki araştırma ve geliştirmeye harcanan tutar günden güne artış göstermektedir. Örneğin; 2017 yılına göre 2018 yılında 8 milyar 678 milyon TL artarak 38 milyar 534 milyon TL ar-ge harcamalarına ayrılmıştır. Bu tutarın %60,4'ü özel sektör tarafından gerçekleştirilmiş olup bir önceki yıla göre harcanan tutar açısından özel sektör yaklaşık olarak %3'lük bir artış sergilemiştir. Ülkemizdeki toplam Ar-Ge harcamalarının GSYİH'ya oranı ise 2018 yılında %1,03 olarak gerçekleşmiştir [96]. Seçilmiş olan gelişmiş ülkeler arasındaki yerimiz ise Şekil 3.5.'de görülmektedir.



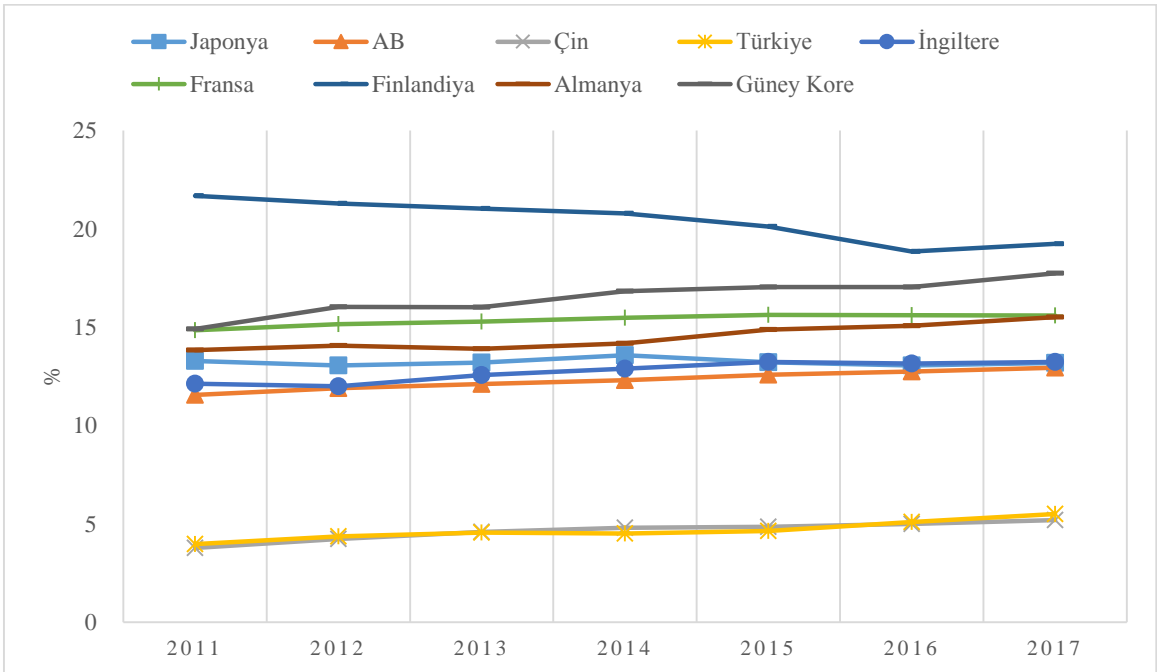
Şekil 3.5. Ülkelerin yıllık ar-ge harcamalarının GSYİH'a oranları [97]

Bir ülkenin araştırma geliştirmeye harcadığı tutar kadar bu alanda çalışan araştırmacı sayısı da ülkeler arasındaki farklılıkları ortaya koyabilmek için önemli bir ayırt edici gösterge niteliğindedir. Araştırmacı sayısının fazla olması hem endüstri 4.0 teknolojilerinin ülke içerisinde kendi kaynaklarımızla geliştirilmesi için hem de sanayi ile akademik dünyanın daha fazla bir araya gelmesi açısından önemli bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Ülkemizde 2016 yılında 100.158 araştırmacı varken 2017 yılında bu rakam 111.893'e yükselmiştir. Diğer ülkelerle karşılaştırıldığında ise her 1000 çalışan başına düşen araştırmacı sayısının oranı Şekil 3.6.'da belirtilmiştir [98].



Şekil 3.6. Ülkelerin bin çalışan başına düşen araştırmacı sayısı [98]

Araştırmacı sayılarının yanı sıra ar-ge personeli de ülkelerin teknoloji geliştirme kapasitesini ortaya koyan bir diğer ayırt edici gösterge olarak kabul görmüştür. Bu kapsamda ülkemizdeki Ar-Ge personeli sayısı 2018 yılı verileri ele alındığında 2017 yılında 153.552 kişi iken 2018 yılında %12,1 artış ile 172.119'a yükselmiştir [98]. Diğer seçilmiş ülkelerin her 1000 çalışan başına düşen ar-ge personeli sayısının oranı Şekil 3.7.'de belirtilmiştir.



Şekil 3.7. Ülkelerin bin çalışan başına düşen ar-ge personeli sayısı [98]

Birinci sanayi devriminden itibaren günümüze kadar teknolojik gelişmelerin artmasıyla beraber ilgili buluşların korunması için fikri ve sınai mülkiyet haklarının önemi

günden güne artmıştır. Bu kapsamda ülkelerin patent başvuruları ve tescil rakamları teknoloji geliştirmeleri konusunda belirleyici göstergeler arasında yer almaktadır. Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü'nün 2019 yılında yayınlamış olduğu rapor kapsamında (https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_941_2019.pdf) 2004 yılından günümüze kadar dünyada toplamda 3,3 milyon patent başvurusu yapıldığı bildirilmiştir [99]. Tablo 3.4.'de seçilmiş ülkeler arasında 2018 yılında gerçekleştirilen patent başvuru ve tescil sayıları belirtilmiştir.

Tablo 3.4. Seçilmiş ülkelerdeki 2018 yılına ait patent sayıları [99]

Ülke Adı	Patent Başvuru sayısı	Tescil Sayısı
ABD	597.141	307.759
Japonya	313.567	194.525
Çin	1.542.002	432.147
İngiltere	20.941	5.982
Fransa	16.222	12.249
Finlandiya	1.487	533
Almanya	67.898	16.367
Türkiye	7.466	2.882
Güney Kore	209.992	119.012

Dördüncü sanayi devrimi ile hem insanların hem de işletmelerin dönüşümü bir arada gerçekleşmektedir. Bu değişim sırasında beşeri sermayeden eğitime, çalışma modellerinden pazar yapılarına kadar çeşitli alanlarda değişiklik gözlenmekte olup bu değişim sürekli bir hal almaktadır. Zaman içerisinde gerçek kişilerden sistemlere, işletmelerin ve tüm kurum/kuruluşların bu değişime ayak uydurması zorunluluk arz etmektedir. Bu çerçevede ülkelerin Küresel İnovasyon Endeksi içerisinde değerlendirmeleri, karşılaştırma yaparak hazırlık durumları için yol gösterici bir gösterge olması açısından fikir vermektedir. Bu endekste Türkiye 2017 yılında 127 ülke arasında 43., 2018 yılında 126 ülke arasında 50. ve 2019 yılında 129 ülke arasında 49. sırada yer almıştır (Tablo 3.5.). Ülkemizin en düşük puan aldığı bileşen düzenleyici çerçeveleri, politika çerçevelerini ve iş ortamını kapsayan altyapı bileşenidir. 2019 yılında 129 ülke için yapılan endeks çalışması kapsamında; bu bileşendeki ülke sıralamamız 85'tir. Ülkemiz, üniversite-sanayi iş birliği konusunda da diğer ülkelere göre kıyaslama yapıldığında 88. sırada yer almaktadır [100].

Tablo 3.5. Seçilmiş ülkelerin 2019 yılı küresel inovasyon endeks sıralamaları [100]

Ülke Adı	Sıralama	Puan
ABD	3	61,73
Japonya	15	54,68
Çin	14	54,82
İngiltere	5	61,30
Fransa	16	54,25
Finlandiya	6	59,83
Almanya	9	58,19
Türkiye	49	36,95
Güney Kore	11	56,55

Endüstri 4.0 teknolojilerinin alt yapısını oluşturan ana bileşen internetin varlığıdır. Bu sayede siber fiziksel sistemler meydana gelebilmiş ve etkileşim teknolojileri çığır açıcı bir boyutta gelişme göstermiştir. Bu kapsamda internet kullanımı bir ülkenin kapasitesi açısından önemlidir. Uluslararası Telekomünikasyon Birliği tarafından her ülke için internet kullanıcı sayıları yıllık olarak belirlenmektedir. Ancak nüfusu diğer ülkelere nazaran çok fazla olan ülkelerin internet kullanıcı sayılarının nüfusa oranı daha gerçekçi bir gösterge olarak ele alınmaktadır. Bu gösterge çerçevesinde (International Telecommunication Union, 17.01.2020) ülkemizin 2017 yılında nüfusa bağlı internet kullanıcı oranı %64,68 iken 2018 yılında %71,04 olarak açıklanmıştır. Bu oran ilk bakışta yüksek bir oran gibi görünse de diğer ülkelerle karşılaştırıldığında ülkemiz 49. sırada yer almaktadır [101].

Eklemeli imalat teknolojisi sayesinde işletmeler ile kullanıcılar arasında mesafelerin önemi ortadan kalmaktadır. Üretilen bir ürünün benzeri aynı zamanda paylaşılan bir çizim dokümanı sayesinde dünyanın farklı bir yerinde aynı anda üretilmektedir. İlgili teknolojinin mevcut durumu incelendiğinde sadece bireysel tüketim ürünleri amaçlı küçük nesnelere değil aynı zamanda uçak motorlarının üretilmesine kadar çok büyük bir yelpazede üretim yapıldığı tespit edilmiştir. Bu kapsamda ülkelerin kullanmış olduğu üç boyutlu yazıcı teknolojilerinin kıyaslanması açısından beşeri sermaye, endüstriyel yetenekler, yönetim metodolojisi ve ekonomik birimlerin eklemeli imalatı destekleme derecesi karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma için A.T. Kearney tarafından düzenlenen 3D Baskı Endeksi geliştirilmiştir. Buna göre endeks 6 bileşenden oluşmaktadır. Bunlar: 3B yazıcı üretimi, ticari faaliyette bulunma durumu, eklemeli imalat talebi, ilgili teknolojiler ve bu teknoloji çerçevesinde çalışanların durumudur. 2017 yılında gerçekleştirilen çalışma kapsamında (HP and AT Kearney, 17.01.2020) 28 ülke arasında Türkiye 18. sırada yer almıştır. İlk üç ülke ise sırasıyla ABD, Almanya ve Güney Kore olarak belirlenmiştir. Birinci olan ABD 7,5 puan alırken Türkiye'nin ülke puanı 2,7 olarak belirlenmiştir [102].

Endüstri 4.0 teknolojileriyle birlikte siber fiziksel sistemler gelişmekte ve bu sistemler sayesinde makineler, çalışanlar, nesnelere gibi üretim sürecinde yer alan bileşenlerin hepsi siber dünyaya tanımlanarak bu platformlar içerisinde iş ve işlemler gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda Uluslararası Telekomünikasyon Birliği tarafından işletmeler dahil olmak üzere ülkelerin kötü amaçlı saldırılara karşında ne kadar hazır oldukları ve savunma kapasitelerinin ölçülmesi amacıyla bir endeks geliştirilmiştir. Küresel Siber Güvenlik Endeksi çalışması adı verilen bu araştırma ile 2018 yılındaki son verilere göre (Uluslararası Telekomünikasyon Birliği, 17.01.2020) Birleşik Krallık 0,931 puan ile dünya sıralamasında siber güvenlik açısından en güvenli ülke olarak belirlenmiştir. Birleşik Krallık ABD takip ederek ikinci sırayı almış Fransa ise üçüncü olarak seçilmiştir. Ülkemiz endeks çalışmasında 0,853 puan alarak 20. sırada yer almıştır [103].

Günümüzde teknolojik gelişmelerin çok hızlı bir şekilde gerçekleşmesi, işletmelerin buna ayak uydurması için güncel kalmalarını gerektirmektedir. İşletmeler bu gelişmelerin yanı sıra kendi sektörlerinde meydana gelen gelişmeler, pazar yapısının değişmesi, maliyetlerin farklılık göstermesi gibi çok değişkenli parametreler ile her gün karşılaşmaktadırlar. Bu parametrelere hızlı ve güvenli bir şekilde ulaşılması ve işletme çalışanları tarafından kullanılması, analiz edilmesi, yorumlanması için bulut bilişim teknolojileri kullanılmaktadır. Dördüncü sanayi devriminin en önemli konularından olan veri yönetiminin günden güne önem kazanması beraberinde bulut bilişim teknolojilerinin de önemini arttırmıştır. Global yazılım endüstrisinin önde gelen firmalarından olan Business Software Alliance işletmesi bu kapsamda bir endeks çalışması yaparak ülkeleri karşılaştırmaktadır. Endeks kapsamında; veri gizliliği, güvenlik, siber suçlar, sınai ve fikri mülkiyet hakları, uluslararası standartlara uyum, serbest ticaretin desteklenmesi, bilgi teknolojileri farkındalığı ve geniş bant dağıtımı gibi göstergelere ait ülkelerin bulut bilişim puanı belirlenmektedir. 2018 yılında yapılan değerlendirme ile (Business Software Alliance, 17.01.2020) ülkemiz 24 ülke arasında 16. sırada yer almıştır. Birinci ülke Almanya, ikinci ülke Japonya ve üçüncü ülke ise ABD olarak belirlenmiştir [104].

4. ORTA-YÜKSEK VE YÜKSEK TEKNOLOJİ DÜZEYİNDE FAALİYET GÖSTEREN KOBİ'LERE YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA

Türkiye’de faaliyet gösteren orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyinde imalatçı KOBİ’lerin endüstri 4.0 konusundaki farkındalık, hazırlık ve olgunluk düzeylerinin ölçülmesi ve endüstri 4.0 unsurlarından hangilerini kullandıklarının araştırılması amacıyla bu araştırma gerçekleştirilmiştir.

4.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi

Ülkemizdeki toplam girişimlerin %99’unun KOBİ olduğu ve istihdamın %74’ünü bu işletmelerin meydana getirdiği düşünüldüğünde KOBİ’lerin ekonomimiz için ne kadar etkili ve önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Aynı zamanda katma değer %54’ünü ve yatırım ile ihracatın yarısından fazlasını yine KOBİ’ler gerçekleştirmektedir [105]. Bu kapsamda özellikle üretim alanında faaliyet gösteren KOBİ’lerin üretim ve yönetim yapılarının değiştirilmesi ve küresel alanda pazar paylarını kaybetmeden paylarını arttırmaları önem arz etmektedir.

Çalışmanın önceki bölümlerinde de belirtildiği üzere ülkemizi dünya ekonomileri arasına sokacak olan sektörün imalat sanayi olduğu aşikardır. Diğer sektörlerin geçmiş deneyimlere dayanarak hem kırılabilir olduğu hem de sürdürülebilir olmadığı zaman içerisinde anlaşılmıştır. Ancak imalat sektörü hem çok geniş hem de içerisinde çok fazla çeşitlilikte ürün bulunan bir sektördür.

Bir araştırmanın bilimsel açıdan uygulanabilir olması için ele alınacak konunun çok geniş olmaması gerektiği göz önüne alındığında konunun daraltılması gerekmektedir. Bu amaçla ülkemiz ithalat oranları ele alınmış ve neredeyse ithalatın yarısını oluşturan orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyindeki işletmelerin önemi bir kez daha anlaşılmıştır. Buna ilave olarak teknolojinin durmadan geliştiği ve kilogram başına katma değer verisi olarak her geçen gün ihracat tutarının arttığı bu teknoloji düzeylerinde imalat rakamlarının arttırılarak yeni pazarlar bulunması günden güne önem kazanmaktadır.

Fiziksel mekanik sistemlerle elektronik dijital sistemleri bir araya getiren bir dönüşüm olarak karşımıza çıkan endüstri 4.0, teknolojileri ve uygulamalarıyla hem günlük yaşamı hem de iş dünyasını değiştirmektedir. Buna uygun olarak popüler bir kavram haline gelen ve kurum, kuruluş, işletmeler, akademik camia ve çalışanların artan bir şekilde kullanmaya

başladığı “Endüstri 4.0” kavramının içeriği ve gelecekte ne gibi etkilere yol açacağı konusunda çalışmalar giderek artmaktadır. Ancak ülkemizde yapılan çalışmalara bakıldığında iki husus üzerinde araştırma eksikliği göze çarpmaktadır. Birincisi endüstri 4.0 konusunda tüm Türkiye’yi içerisine alan bir araştırma çalışması yapılmamış olması ikincisi ise sanayideki bu dönüşüm konusunda KOBİ’ler özelinde çok az çalışma gerçekleştirilmiş olmasıdır.

Bu kapsamda çalışma ile, ülkemizde orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyinde faaliyet gösteren KOBİ’lerimizin endüstri 4.0 kavramı ile ilgili farkındalık düzeylerinin tespit edilmesi ve sanayideki bu dönüşüm çerçevesinde mevcut durumlarını ortaya koyarak dünya ekonomileriyle rekabet içerisinde olabilmeleri için endüstri 4.0 teknolojilerine ne kadar hazırlıklı olduklarının ölçülmesi amaçlanmıştır.

4.2. Araştırma Kapsamı ve Sınırları

Küresel ölçekte imalat sektörünün ne kadar önemli bir yerde olduğu ve sektörde öncü ülkelerin diğer ülkelere nazaran ekonomilerinin aynı doğrultuda güçlü olduğu kabul edilmektedir. Ayrıca teknolojinin gelişmesi ve bu teknolojinin kullanılan ürünlere yansımaları sonucunda savunma sanayi ürünlerinden sağlık teçhizatlarına, ev tüketim mallarından sanayide kullanılan makinelere kadar ürünlerin önemli ölçüde değiştiği görülmektedir. Orta-yüksek ve yüksek teknoloji sınıflandırmasına giren ürünlerin diğer ürün sınıflandırmalarına göre 10 ila 100 kat arasında daha fazla birim satış fiyatına sahip olduğu bilinmektedir.

Bu iki bilgi doğrultusunda iki kriter belirlenmiştir. Birincisi orta-yüksek ve yüksek teknolojide imalat sektöründe faaliyet gösteren işletmeler, ikincisi ise işletmeler içerisinde ülke ekonomisinin işletme sayısı olarak neredeyse tamamını oluşturan KOBİ’lerdir. Büyük işletmelere nazaran daha kırılgan olan KOBİ’lerin endüstri 4.0 konusundaki farkındalıkları ve olgunluk dereceleri diğer ülkelerle rekabet edebilmemiz açısından önem kazanmaktadır.

Bu çerçevede çalışma kapsamında, orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyinde ülkemizde imalat sektöründe faaliyet gösteren KOBİ’lerin endüstri 4.0 kapsamındaki farkındalık düzeyleri ile olgunluk durumlarının ölçülmesi planlanmıştır. Ayrıca ülkemizdeki iktisadi teşebbüslerin endüstri 4.0’a bakış açıları, bu yeni teknolojik gelişmelere karşı alacakları strateji ve tutumlar, gerçekleştirmeyi planladıkları yatırımlar ve iş birlikleri ile yeni teknolojik gelişmeler çerçevesinde karşılaşmış oldukları zorluklar ve gelecek planları da bu çalışma kapsamında değerlendirilmiştir.

4.3. Araştırmanın Yöntemi

Çalışma kapsamında belirlenen teknoloji düzeyleri ve işletme sayısı göz önüne alındığında daha fazla işletmeye ulaşılması ve tüm Türkiye'yi kapsayıcı bir çalışma olması amacıyla nicel veri toplama araçlarından anket yöntemi benimsenmiştir.

İlgili teknoloji düzeylerindeki imalat sektöründe faaliyet gösteren KOBİ'lerde yönetici pozisyonunda görev alan kişilerin anketi doldurması talep edilmiş ve buna önem gösterilmiştir. Bu talebin sebebi yöneticilerin tüm işletmeye ait süreçlere hakim olmalarıdır. Aynı zamanda işletme yönetimin endüstri 4.0 konularındaki yaklaşımı bu sayede ölçülmüştür.

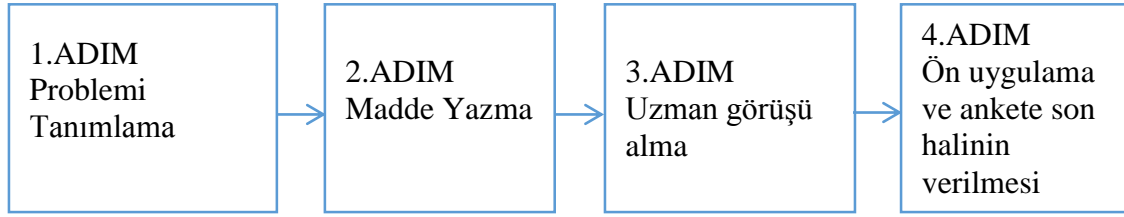
Anket ilgili işletmelerle e-posta aracılığıyla paylaşılmış olup Google Forms alt yapısı kullanılarak çevrimiçi bir şekilde işletmelerin doldurması talep edilmiştir. Bu sayede hedef kitle kolay bir şekilde internet üzerinden ankete erişim sağlayabilmiştir. İnternet tarayıcılarına erişim imkanı sunan bir bilgisayar, mobil cihaz veya tablet tarafından ankete giriş yapılarak her an ve her yerden anketin doldurulması mümkün kılınmıştır.

4.4. Anket Uygulaması

Anket, bireylerin davranışlarını, tutumlarını veya inançlarını belirlemek amacıyla daha önceden belirlenmiş sorulardan oluşan araştırma materyali olarak tanımlanmaktadır [106]. Veri toplama teknikleri arasında yer alan anket uygulaması haricinde mülakat gerçekleştirilmesi ve gözlem yapılması gibi başka türlü yöntemler de bulunmaktadır. Anket yönteminin diğerlerine göre avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. En önemli avantajı, çok farklı ve büyük bir kitleye zaman sınırlı bir şekilde uygulanabilmesidir. Bu çalışma kapsamında tercih edilme nedeni ise bu avantajıdır. Ayrıca, uygulama maliyetinin diğer yöntemlere göre daha düşük olması ve yönetilmesindeki kolaylık diğer avantajları arasında yer alır.

Dezavantajları ise anket uygulaması sonucunda sorulan sorulara yüzeysel cevap verilebilme tehlikesidir. Diğer taraftan daha önceden hazırlanmış sorular karşı tarafa sorulduğu için cevaplayanın esnek görüş verme durumu olamamaktadır. Son olarak cevaplayanın din, siyasi parti, doğum kontrolü vb. gibi hassas olduğu konularda kendisinden cevap alınabilmesi çok zor olabilmektedir [106].

Bir anketin geliştirilmesi aşamasında literatürde Şekil 4.1.'de belirtilen adımların uygulanması tavsiye edilmektedir:



Şekil 4.1. Anket geliştirme süreci [106]

Bu çalışma kapsamında da anket geliştirme sürecine ilişkin adımlar sırasıyla gerçekleştirilmiştir.

4.4.1. Anket probleminin tanımlanması

Anket problemi; ülkemizde orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyinde faaliyet gösteren KOBİ'lerin dünyada kendi sektörlerinde rekabet edebilmeleri amacıyla endüstri 4.0 konusunda farkındalıklarının tespit edilmesi ve teknolojik alt yapılarının endüstri 4.0 teknolojileri kapsamında değerlendirilerek olgunluk derecelerinin ortaya konmasıdır.

4.4.2. Ankete ait madde (soru) yazma

Araştırma kapsamında kullanılacak olan anket için ulusal ve uluslararası literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Bu tarama sonrasında anket soruları için uygun olduğu düşünülen sorular sınıflandırılmış ve bir soru havuzu oluşturulmuştur. Daha sonra bu soru havuzundan birbirini kapsayan sorular tek bir soru haline getirilmiş ve tez danışmanı ile görüşülerek taslak bir anket metni ortaya konmuştur.

43 sorudan oluşan anket taslak formu içerisinde genellikle kapalı uçlu sorular tercih edilmiş ve sınıflama sorularının yanı sıra dereceleme sorularına da yer verilmiştir. Ayrıca anket taslak formu içerisinde bir tane de açık uçlu soru yer almıştır.

Taslak anket formu kapsamında soru 1, soru 3, soru 4, soru 5, soru 6, soru 7, soru 8, soru 9, soru 11, soru 12 ve soru 40 özgün olarak hazırlanmıştır. Her ne kadar diğer sorular kapsamında özgün alanlar yer alsada literatürdeki kaynaklardan ve daha önceki çalışmalardan esinlenilmiştir. Bu minvalde anket formu kapsamında ortaya çıkarılan sorulara ilişkin literatürdeki kaynakların ve daha önceki çalışmaların listesi aşağıda belirtilmiştir. Buna göre;

➤ Soru 9, soru 16 ve soru 27 kapsamında Yüksel [107]'den,

- Soru 10, soru 23, soru 26 ve soru 30 kapsamında VDMA [108] 'dan,
- Soru 10, soru 17, soru 23, soru 36, soru 38 ve soru 39 kapsamında Türkeş et al. [109]'den,
- Soru 9, soru 10, soru 11, soru 29 ve soru 41 için Bibby and Dehe [110]'den,
- Soru 10, soru 22, soru 23, soru 29, soru 30, soru 38 ve soru 42 kapsamında Hamada [111]'dan,
- Soru 11, soru 23, soru 26, soru 29, soru 38 ve soru 41 kapsamında Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı [75]'ndan,
- Soru 13 için Aksu [19]'dan,
- Soru 17, soru 18 ve soru 38 çerçevesinde Ersoz et al.[112]'dan,
- Soru 18 ve soru 36 için Benesova et al. [113]'dan,
- Soru 23 kapsamında Kamble et al.[114]'dan,
- Soru 41 ve soru 42 için Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı [115]'ndan,
- Soru 24 ve soru 25 kapsamında VDMA [116]'dan,
- Soru 24 ve soru 25 kapsamında Banger [117]'den,
- Soru 29, soru 30, soru 31, soru 36, soru 37 ve soru 38 için Trotta and Garengo [118]'dan,
- Soru 39 ve soru 41 kapsamında TÜBİTAK [91]'dan,
- Soru 42 için My Executive [119]'den yararlanılmıştır.

İşletmelerin endüstri 4.0 olgunluk seviyelerinin ölçülmesi amacıyla Trotta ve Garengo [118], literatürde mevcut durumda karmaşık ve daha komplike hazırlık ve olgunluk ölçme modellerinin olduğunu ancak KOBİ'lerin büyük kuruluşlar için tasarlanmış olan bu araçların kullanılması konusunda zorluklarla karşılaştıklarını belirtmişlerdir. Bu nedenle Tablo 4.1.'de belirtilen strateji, teknoloji, üretim, ürün ve insan olmak üzere toplamda 5 boyut ve 11 sorudan oluşan bir endüstri 4.0 olgunluk seviyesi ölçme metodolojisini geliştirmişlerdir. Bu çalışma kapsamında Trotta ve Garengo [118] tarafından önerilen sorular ve metodoloji kullanılarak KOBİ'lerin endüstri 4.0 olgunluk düzeylerinin ölçülmesi hedeflenmiştir.

Tablo 4.1. Endüstri 4.0 olgunluk boyutları ve ilgili sorular

Boyut	Amaç	Anket Kapsamındaki İlgili Sorular
Strateji	Endüstri 4.0 uygulaması ile ilgili KOBİ'lerin benimsemiş olduğu güncel stratejii belirlemek	Soru 29 Soru 30
Teknoloji	KOBİ'lerin firma içerisinde endüstri 4.0 teknolojilerinin uygulanma seviyesini belirlemek	Soru 41 Soru 31
Üretim	Teknolojilerin hangi şekilde üretimin endüstri 4.0'a doğru yönlendirilmesine olanak tanıdığını belirlemek	Soru 32 Soru 33
Ürün	Ürünlerin işlevselliğini ve bilgileri özerk bir şekilde işleme ve değiştirme yeteneklerini belirlemek	Soru 34 Soru 35
İnsan	Endüstri 4.0 uygulamalarını desteklemeye yönelik gerçekleştirilen insan kaynağı yönetimi uygulamalarını belirlemek	Soru 36 Soru 37 Soru 17

4.4.3. Uzman görüşü alma

Hazırlanan anket taslak formunun araştırmanın amacı ve kapsamı çerçevesinde değerlendirilmesi açısından bu konuda çalışmalarda bulunan tecrübeli ve uzman kişilerden görüş alınmıştır. Uzman kişiler;

- Akademik çalışmalarda bulunmuş olan öğretim elemanlarından,
- Tez danışmanı olarak görev alan öğretim elemanlarından,
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Dördüncü Sanayi Devrimi Daire Başkanlığından,
- Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı (KOSGEB) bünyesindeki yöneticilerden,
- TÜBİTAK bünyesindeki uzman personelden,
- Araştırma-geliştirme projeleri geliştiren ve teknoloji üreten KOBİ'lerden oluşmaktadır.

Bu aşamada hazırlanan soruların araştırmada hedeflenen olgulara ulaşılmasını sağlayıp sağlamayacağı ve bu kapsamda veri toplamada geçerli olup olmayacağı uzmanlara sorulmuştur. Uzmanlar ile birebir telefon veya e-posta yoluyla ya da yüz yüze olarak görüşmeler gerçekleştirilmiştir.

KOSGEB yöneticileriyle yapılan görüşmelerde üretim süreçlerindeki şartlarda meydana gelebilecek değişikliklere dinamik bir şekilde cevap verilip verilmediğine dair hazırlanmış olan sorunun net bir şekilde sorulması ve açıklama yapılması gerektiği dile getirilmiştir. Açıklama yapılmasına karşın diğer sorularla birlikte değerlendirildiğinde analiz edilmesi mümkün olmayan bir soru ortaya çıkacaksa anketten silinmesi tavsiye edilmiştir. Ayrıca nihai anket formunda da yer alan ve hem aralıklı hem de sınıflandırılmalı olarak hazırlanan sorunun anketi dolduran kişi tarafından net anlaşılmayacağı bundan dolayı düzeltme gerektiği bildirilmiştir. Bunlara ek olarak anket formu sonunda katkı sağlayan

işletmelerin ilgili araştırma sonuçlarından haberdar olmak isteyip istemediklerine dair bir soru eklenmesi önerilmiştir.

Taslak anket formu üzerinden yukarıda bahsedildiği gibi KOBİ'lerden de randevu alınarak yüz yüze görüşme ile öneri getirmeleri istenmiştir. Bu kapsamda ilk öneri demografik bilgiler bölümünde işletme yöneticisinin mesleğinin sorulması yönünde gelmiştir. Değişik meslek gruplarının endüstri 4.0 farkındalık düzeylerinin farklı çıkabileceği konusunda analiz yapılabileceği önerilmiştir. İkinci olarak endüstri 4.0 konusunda yönetimin yaklaşımı sorusu yerine endüstri 4.0 konusunda işletme politikasının ne yönde olduğunun sorulması tavsiye edilmiştir. Literatürdeki diğer çalışmalardan alınan dördüncü sanayi devrimi sonucunda yeni bir ürün veya süreç geliştirilip geliştirilmediği ile ilgili soru için ise bu çalışma konusunda ülkemiz için bu sorunun henüz erken olduğu ve mevcutta verimlilik öncelikli olarak ilgili teknolojilere bakıldığını bundan dolayı da bu sorunun çıkarılması gerektiği önerilmiştir.

Veri güvenliğinin çok önemli bir konu olarak günümüzde ele alındığını bu nedenle bu alanla ilgili bir soru eklenmesi gerektiği dile getirilen bir başka husustur. Web sitesi veya mobil uygulama üzerinden pazarlama stratejilerinin sorgulandığı bir soru için özellikle orta-yüksek ve yüksek teknoloji sektöründe faaliyet gösteren imalatçı bir firma için genellikle kullanılmayan içeriklerin sorgulandığı belirtilerek çıkartılması talep edilmiştir. Olgunluk bölümünde yer alan ürünlere ait sensör sorgulama sorularıyla ilgili çekinceler hasıl olmuş ancak teknoloji düzeyleri içerisinde bazı sektörler çıkarılarak bu konuda analizler yapılabileceği belirtilmiştir. Her ne kadar anketin teknoloji düzeyi yüksek işletmelere uygulanacak olsa da işletme ölçeği ile ilgili soruda parantez içerisinde ölçek sınıflandırmalarına ilişkin kısa bir tanım yazılması tavsiye edilmiştir. Son olarak genel anlamda anket formunda yer alan cevap şıklarının alfabetik sıralama ile olmasının cevaplayan açısından rahatlık getireceği ve daha hızlı cevaplmasına neden olacağı dile getirilmiştir.

Profesör, doçent ve doktor öğretim üyesi olmak üzere akademisyenlerden de uzman görüşü alınmıştır. Bu çerçevede işletmelerin mevcut ve gelecek performansının sorgulandığı bir soruda objektif bir şekilde cevapların gelmeyeceği belirtilerek ilgili sorunun kaldırılması önerilmiştir. Evet veya hayırlı bir şekilde sorgulama yapılan bazı soruların likert ölçeği kullanılarak sorgulanmasının daha sağlıklı ve istatistiksel analiz için daha yatkın bir soru tarzı olacağı belirtilmiştir. Dördüncü sanayi devrimi kapsamında üniversite ile iş birliği yapılıp yapılmadığı ve yapılıyorsa hangi konularda olduğuna dair sorular eklenmesi tavsiye edilmiştir. Bazı soruların taslak anket formundaki yerleri ile ilgili önerilerde bulunulmuş ve

anlam bütünlüğü açısından yer değişikliği yapılması gerektiği vurgulanmıştır. Teknik ifadelerden kaçınılması, kullanılan terimlerde sadeliğe önem verilmesi ve birbirini kapsayan ifadeler kullanılmaması yönünde öneriler getirilmiştir.

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Ar-Ge Teşvikleri Genel Müdürlüğü Dördüncü Sanayi Devrimi Daire Başkanlığı tarafından yapılan değerlendirmelerde ise taslak anket formunun amaca uygun olarak hazırlandığı belirtilmiştir. Bunu yanı sıra işletmenin teknoloji geliştirme bölgelerindeki dijital dönüşüm tedarikçisi firmalarının yeteneklerinden ya da hizmetlerinden haberdar olup olmadığının sorgulanabileceği ifade edilmiştir. Ayrıca işletme ile tedarikçi firmanın birlikte çalışma gerçekleştirip gerçekleştirmediklerinin de sorgulanmasının önemi üzerinde durulmuştur.

Son olarak TÜBİTAK'ta çalışan kıdemli uzmanlar tarafından taslak anket formuna öneriler getirilmiştir. Üretimde bilgi ve iletişim teknolojileri alt yapısının araştırıldığı ve çalışan-makine arası bağlantı teknolojisi ile ilgili sorular kapsamında ifadelerin daha net ve açıklayıcı olması gerektiği belirtilmiştir. Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanılma durumunun sorgulandığı soru kapsamında teknolojilere yönelik olarak birbiri içerisinde yer alabileceği belirtilen teknolojilerin tek bir isim altında yazılması önerilmiştir. Endüstri 4.0 teknolojilerinin uygulanması ile ilgili sonuçların araştırıldığı soru kurgusunda değişiklik yapılması hususunda tavsiyede bulunulmuştur. Son olarak anketi dolduracak işletme yetkilisinin açıklama kısmına eklenmesi ve kendilerine iletilecek yöntem içerisinde de ayrıca belirtilmesinin istenilen unvanda doldurulması için önem arz ettiği vurgulanmıştır.

Tüm bu öneriler raporlandırılmış ve tez danışmanının gelen görüşlere ilişkin yönlendirmeleriyle birlikte ankete son hali verilmiştir. Bu çerçevede anket dört kısımdan oluşmakta olup birinci kısımda işletmeye ve yöneticisine ait genel bilgileri içeren sorular, ikinci kısımda endüstri 4.0 farkındalık derecesinin ölçülmesi amacıyla oluşturulmuş sorular, üçüncü kısımda endüstri 4.0 konusunda işletmenin olgunluk derecesini ölçmeye yönelik hazırlanmış sorular ve son bölümde ise endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanılmasına yönelik hazırlanmış sorular yer almaktadır.

4.4.4. Ön uygulama ve ankete son halinin verilmesi

Bazı kaynaklarda pilot uygulama olarak da geçen ön uygulama aşaması, hazırlanan anketin örneklem çerçevesinde istenilen sayıda uygulanmasından önce test edilme sürecine verilen addır. Bu aşamada araştırmaya konu olan hedef kitleden seçilen 50 adet işletmeye anket formu gönderilerek hazırlanmış olan anket taslak formunun geçerlilik ve güvenilirliği

test edilmiştir. Bu sayede büyük miktarda veri elde etmek için kaynak ayrılmadan önce küçük bir uygulama yapılarak araştırmaya ait seçilen anket yönteminin güvenilirliği ortaya konmuştur.

Bu çerçevede araştırmada kullanılan ankete ait ön uygulama yapılmış olup anket araştırmasına ait geçerlilik ve güvenilirlik analizleri istatistiksel analiz programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan analiz sonucunda anket taslak formunun Cronbach's Alpha güvenilirlik değeri 0,785 çıkmış olup 0,60 değerinin üzerinde olmasıyla anket taslak formunun uygulanmasında uygunluk sağlanmıştır. Güvenilir çıkan anket taslak formu için tez danışmanı ile görüşülerek anket formunun son hali verilmiş olup, ilgili form EK-1'de yer almaktadır.

Anket;

- Yöneticinin tecrübesi ve mesleğinin, işletmenin adresi, faaliyet alanı ve süresinin, endüstri 3.0 programları ve yalın üretim yaklaşımlarının, üniversite, girişim ekosistemi ve teknoloji geliştirme bölgeleri firmalarıyla etkileşiminin ele alındığı genel bilgiler bölümü,
- Endüstri 4.0'a ait bilgi ve farkındalık düzeyinin, üniversiteyle birlikte çalışmasının, destek ve teşvik bilgilerinin, işletme alt yapısı ve politikasının ve karşılaşılan zorluklarının sorgulandığı farkındalık bölümü,
- Endüstri 4.0 kapsamında strateji, teknoloji, üretim, ürün ve insan boyutlarında işletmelerdeki hazırlık düzeyinin belirlenmesine yönelik olgunluk bölümü,
- Endüstri 4.0 teknolojilerini ve uygulamalarını kullanmaya yönlendiren etkenler, bu teknolojilerin kullanım düzeyinin ve uygulama sonuçlarından elde edilen faydaların ele alındığı kullanım bölümü

olmak üzere dört bölümden oluşmaktadır.

Anket içerisinde ilk üç bölüm içerisindeki sorular tüm katılımcılara yöneltilmiştir ancak soru 38'de "henüz düşünülmemiştir" seçeneğini belirtenler için "Endüstri 4.0 Teknolojilerini Kullanma" bölümü açılmadan anketin sonlandırılacağı soru 43'e yönlendirme sağlanmıştır. Bunun nedeni henüz düşünme aşamasına dahi geçmeyen işletmelere endüstri 4.0 teknoloji ve uygulamalarının sorgulanmasına gerek olmamasıdır. Ancak diğer dört seçeneği işaretleyenler katılımcılar için ilgili bölüm açılmış olup uygulama yapılmamış dahi olsa planlamalar ve çalışmaların başlatılmasından dolayı bazı sorgulamaların yapılabileceğine karar verilmiştir.

4.5. Evren ve Örneklem Büyüklüğünün Belirlenmesi

Araştırmanın evrenini, Türkiye’de orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyinde imalat sektöründe faaliyet gösteren KOBİ’ler oluşturmaktadır. İlgili evreni simgeleyebilecek nitelikte bir kitlenin oluşturduğu alt grup ise araştırmanın örneklemini oluşturmaktadır. Evreni temsil edebilecek ideal örneklem büyüklüğünü belirlemek amacıyla;

$$n = \frac{N \cdot t^2 pq}{(N - 1) \cdot d^2 + t^2 pq} \quad (4.1)$$

eşitliği kullanılmıştır. Bu eşitlikte;

n : örneklem miktarını,

N : evren büyüklüğünü,

p : olayın gerçekleşme olasılığını,

q : olayın gerçekleşmeme olasılığını,

t : güven düzeyinin t tablosundaki karşılık gelen değeri ve

d : olayın görülüş sıklığına göre kabul edilen örneklem hatasını göstermektedir [120].

Çalışma kapsamında EUROSTAT’ın yayınlamış olduğu ve ülkemizde de kurum/kuruluşların baz aldığı imalat sektöründeki teknoloji sınıflandırması kullanılmıştır. Buna göre ülkemizde faaliyet gösteren imalatçı KOBİ’lerden orta-yüksek teknoloji düzeyinde 45.879 işletme, yüksek teknoloji düzeyinde ise 2.666 işletme olmak üzere toplamda 48.545 işletme çalışmanın evrenini oluşturmaktadır [121].

Bu kapsamda örneklem büyüklüğü belirlemek amacıyla (4.1)’den yararlanılmış olup N değerine 48.545, p ve q değerlerine olayın gerçekleşme ve gerçekleşmeme olasılıkları bilinmediğinden teorik olarak 0,5, t değerine %95 güven düzeyinin t tablosunda karşılık gelen değeri 1,96 ve d değerine 0,05 atanarak (4.2)’deki sonuç elde edilmiştir.

$$n = \frac{48545 \cdot (1,96)^2 \cdot (0,5)(0,5)}{(48545 - 1) \cdot (0,05)^2 + (1,96)^2 \cdot (0,5)(0,5)} \cong 381 \quad (4.2)$$

Buna göre örneklem büyüklüğü 381 işletme olarak hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında ise 391 KOBİ’ye anket uygulanmıştır.

4.6. Anket Sonuçlarının İncelenmesi

Bu bölümde anket çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar detaylı bir şekilde incelenmiş olup güvenilirlik analizi ile çalışmanın geçerliliği ve güvenilirliği, betimleyici analizler ile sorulara verilen cevapların detayları, karşılaştırmalı analizler ile birbirini

etkileyen hususlar ile anlamlı farklılık ortaya çıkan sonuçlar ve işletmelerin endüstri 4.0 alanındaki olgunluk düzeyleri ortaya konmuştur.

4.6.1. Ankete ait güvenilirlik analizi

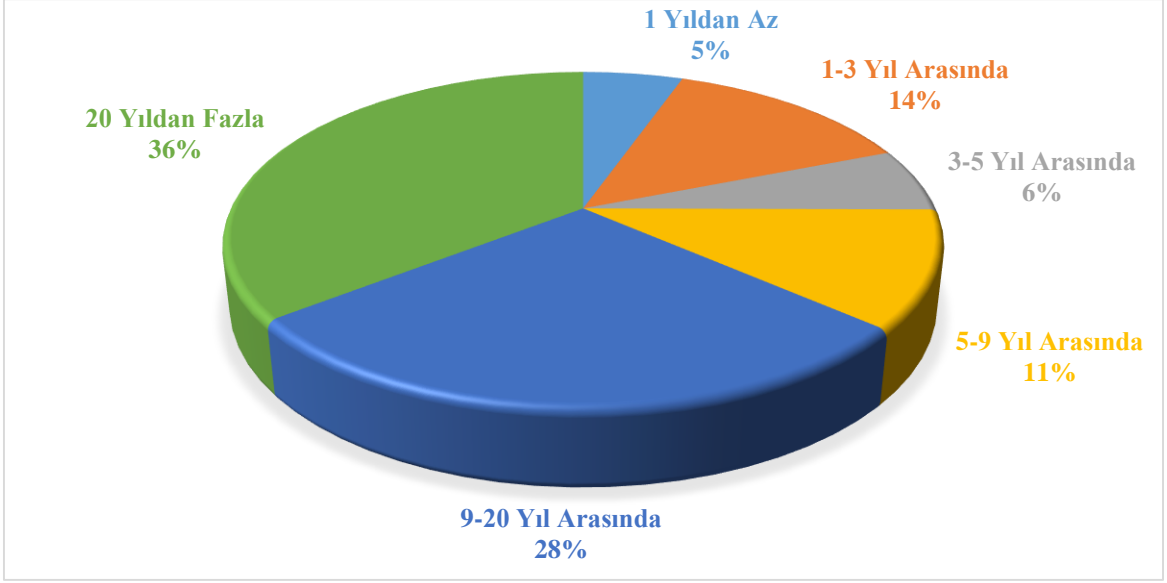
Araştırmanın geçerlilik ve güvenilirliğinin test edilmesi amacıyla orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyinde faaliyet gösteren 391 KOBİ'den toplanan anket sonuçları istatistiksel analiz programı kullanılarak geçerlilik ve güvenilirlik analizine tabi tutulmuştur. Yapılan analiz sonucunda anket çalışmasının Cronbach's Alpha güvenilirlik değeri 0,859 çıkmış olup 0,60 değerinin üzerinde olduğundan dolayı gerçekleştirilen araştırmanın güvenilir olduğu tespit edilmiştir.

4.6.2. Ankete ait betimleyici analizlerinin incelenmesi

Araştırmaya katılan yöneticilere ilk soru olarak toplam iş tecrübeleri sorulmuştur. Bu kapsamda ankete katılanlar arasında 25 yıldan fazla tecrübesi olan yöneticiler %33,2'sini, 16 ila 24 yıl arasında tecrübesi olanlar %25,6'sını, 11 ila 15 yıl arasında tecrübesi olanlar %18,9'unu, 6 ila 10 yıl arasında tecrübesi olanlar %15,1'ini, 2 ila 5 yıl arasında tecrübesi olanlar %5,6'sını ve son olarak 2 yıldan az tecrübesi olanlar ise %1,5'ini oluşturmuştur. Bu açıdan bakıldığında ülkemizdeki orta-yüksek ve yüksek teknolojide faaliyet gösteren işletmelerin neredeyse %60'ının yöneticisini 16 yıl ve üstünde bir iş tecrübesine sahip tecrübeli kişilerin oluşturduğu görülmektedir.

Anket formu içerisinde yöneticilerin mesleki bilgileri sorulmuştur. Bu soruya cevap verenlerin oranları incelendiğinde %24,6 ile iktisadi ve idari bilimler mezunu olanlar ilk sırada yer almıştır. Ardından %24,3 ile makine mühendisleri, %10,7 ile elektrik veya elektronik mühendisleri gelmektedir. Bu meslekler haricinde sonuçlar arasında %4,3 endüstri mühendisi, %3,6 kimya mühendisi, %2 bilgisayar mühendisi, %1'in altında olmak üzere inşaat mühendisi ve çevre mühendisi bulunmaktadır.

Araştırma kapsamında işletmelerin faaliyet süreleri sorgulanmıştır. Verilen cevaplara bakıldığında Şekil 4.2.'de görüldüğü gibi işletmelerin %35,5'i 20 yıldan fazla, %28,1'i 9 ila 20 yıl arasında, %13,6'sı 1 ila 3 yıl arasında, %11,3'ü 5 ila 9 yıl arasında, %6,1'i 3 ila 5 yıl arasında ve %5,4'ü 1 yıldan az bir süredir ticari hayatını sürdürdüğü belirtilmiştir.



Şekil 4.2. Soru 3 kapsamında ankete verilen cevaplar

İşletmelerin adresini sorgulayan dördüncü soru kapsamında KOBİ'ler, %35,3 organize sanayi bölgesinde, %33,2 küçük sanayi sitesinde, %6,6 teknoloji geliştirme bölgesinde, %4,1 serbest bölgede %1 kuluçka merkezinde yer aldıklarını beyan etmişlerdir. Bu seçeneklerin dışında %19,7'lik bir kesim herhangi bir sanayi sitesi veya buna benzer bir yapının içerisinde yer almadığını ifade etmiştir.

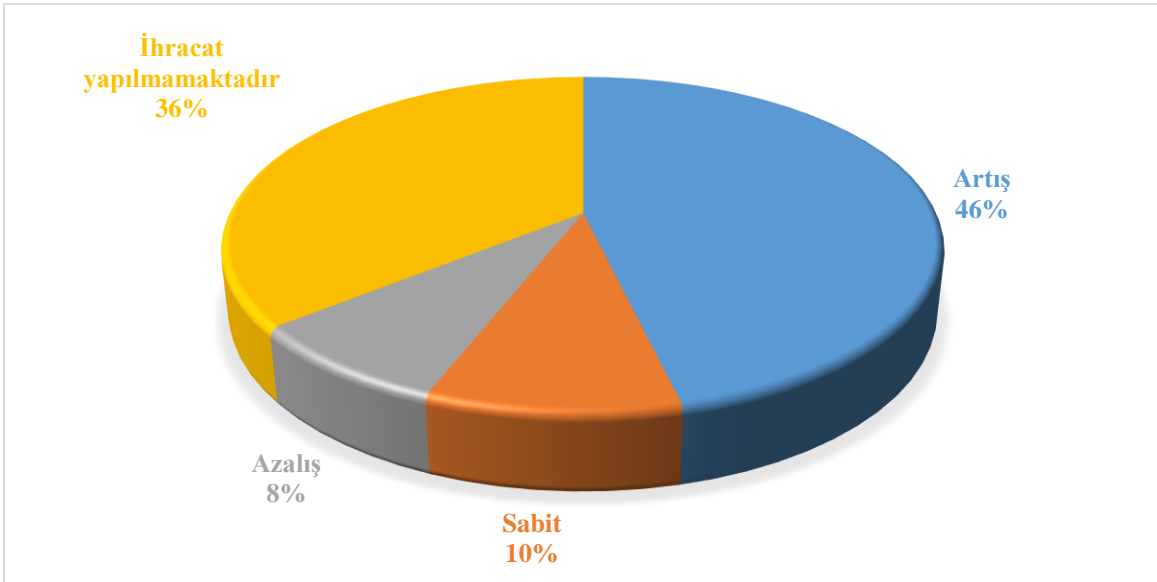
Araştırmanın kapsamı açısından herhangi bir şehir ele alınmadığı için tüm Türkiye'den çeşitli illere ulaşılması hedeflenmiştir. Bu açıdan KOBİ'lerin hangi illerde faaliyet gösterdikleri anket formuna beşinci soru olarak eklenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde %25,1'i İstanbul'dan, %13,6'sı Ankara'dan, %9,5'i İzmir'den, %8,2'si Konya'dan ve %7,4'ü Bursa'dan olmak üzere toplamda 44 ilden araştırmaya katılım sağlanmıştır. Birden fazla il belirtilen yanıtlarda üretim yapılan tesis faaliyet gösterdiği il olarak belirlenmiştir.

Çalışmanın konusu gereği orta-yüksek ve yüksek teknolojide faaliyet gösteren KOBİ'lere ulaşılması gerekmektedir. Bu nedenle işletmelerin NACE kodları sorgulanmıştır. Soruya diğer seçeneği eklenerek başka bir sektörde faaliyet gösteren bir işletmeye ulaşılması durumunda analiz dışında bırakılması sağlanmıştır. Nitekim ankete 499 işletmeden cevap gelmiş olup ilgili 391 işletme analize dahil edilmiştir. Buna ek olarak bazı durumlarda seçeneklerden birini işaretlemeyen ancak orta-yüksek ve yüksek teknolojide faaliyet gösteren işletmeler belirtmiş oldukları NACE kodu sayesinde doğru sınıflandırma içerisinde alınabilmiştir. Verilen cevaplar ele alındığında %36,6 ile en fazla "28. Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve ekipman imalatı" sektörünün ankette yer aldığı görülmüştür. İkinci olarak %16,6 ile "27. Elektrikli teçhizat imalatı" ve üçüncü olarak da %11 ile "26. Bilgisayarların, elektronik ve optik ürünlerin imalatı" sektörleri gelmektedir. Alınan

cevaplar arasında tüm sektörlerden veri toplanmıştır. Ankete cevap veren sektörler ile kitlede sektör sayıları arasında uyum bulunmaktadır.

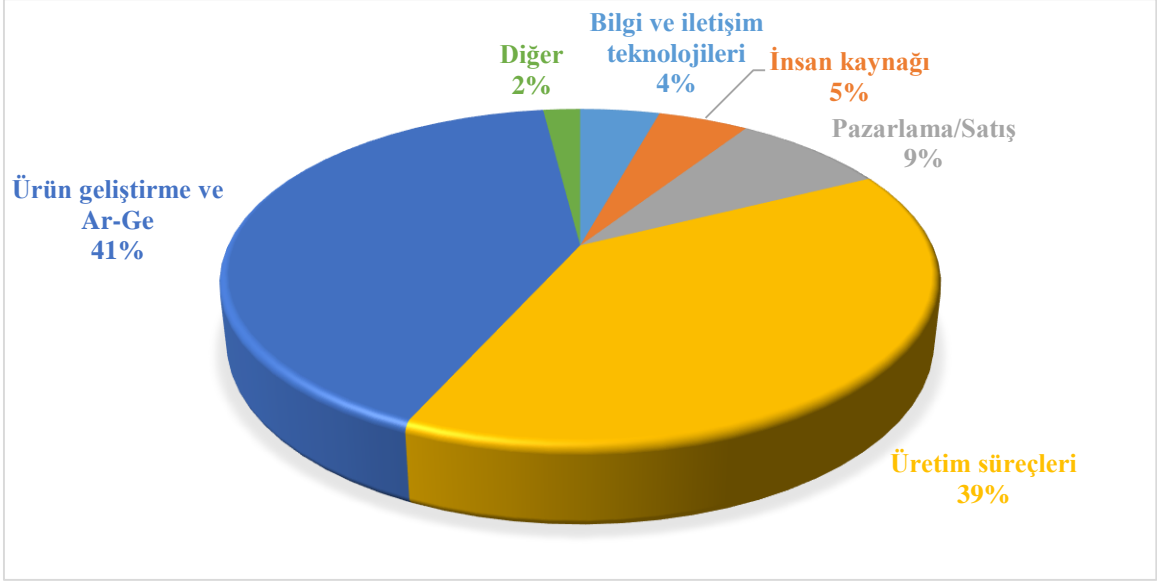
Çalışmanın ikinci bölümünde değinildiği üzere KOBİ sınıflandırması; mikro, küçük ve orta olmak üzere 3 adet ölçek içermektedir. Bu kapsamda ölçek farklılıklarıyla ilgili karşılaştırmalar yapabilmek amacıyla araştırmaya katılan işletmelere hangi ölçekte yer aldıkları sorulmuştur. Anket çalışmasına katılan işletmelerin %42,7'sine tekabül eden 167 işletme mikro ölçekte olduğunu, %32'sine tekabül eden 125 işletme küçük ölçekte olduğunu ve %25,3'üne tekabül eden 99 işletme de orta ölçekte olduğunu beyan etmiştir.

Şekil 4.3. anketi cevaplayan işletmelerin son 3 yıl baz alındığında ihracat tutarlarındaki trendi göstermektedir. Buna göre 391 işletmeden 181'i (KOBİ'lerin %46'sı) ihracat rakamlarının artış trendinde olduğunu, %10'u sabit bir trend izlediğini, %8'i azalış trendinde olduğunu ve %36'sı ise ihracat yapılmamakta olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 4.3. Soru 8 kapsamında ankete verilen cevaplar

KOBİ'lere yöneltilen dokuzuncu soru kapsamında en çok hangi alana yatırım yaptıkları sorulmuştur. Bu kapsamda Şekil 4.4.'de görüldüğü üzere ilk sırada %41,2 ile ürün geliştirme ve Ar-Ge belirtilmiştir. Ardından %39 ile üretim süreçleri konularında işletmeler yatırım yaptıklarını ifade etmişlerdir. Üçüncü sırada %9 ile pazarlama ve satış gelmekte olup insan kaynağı ve bilgi ve iletişim teknolojileri de az bir oranda yatırım yapılan alan olarak seçilmiştir.



Şekil 4.4. Soru 9 kapsamında ankete verilen cevaplar

Araştırmaya katılan işletmelerin %86,4'ü firma içerisinde inovatif bir kültüre veya yenilikçi bir bakış açısına sahip olduklarını belirtmişlerdir. Buna ek olarak işletmelerin %11'i kararsız olduğunu, %2,6'sı ise yenilikçi olmadığını ifade etmiştir.

Literatürde endüstri 3.0 teknolojileri olarak belirtilen ve otomasyon sistemlerinin birer bileşeni olarak çalışmakta olan CRM veya ERP gibi programların kullanılmasına yönelik araştırmacılara sorulan soru kapsamında sadece %7,4'ü tüm işletme fonksiyonlarını içerecek şekilde kullandığını belirtmiş %14,1'i de buna yakın bir derecede kullandığını ifade etmiştir. Buna karşın 191 işletme, ki bu toplam katılımcıların %48,8'ine tekabül etmektedir, bu programların kullanılmadığını belirtmiştir. Ankete katılanların %13,6'sı az bir şekilde kullandığını, %16,1'i ise orta derecede kullanım gerçekleştirdiğini ifade etmiştir.

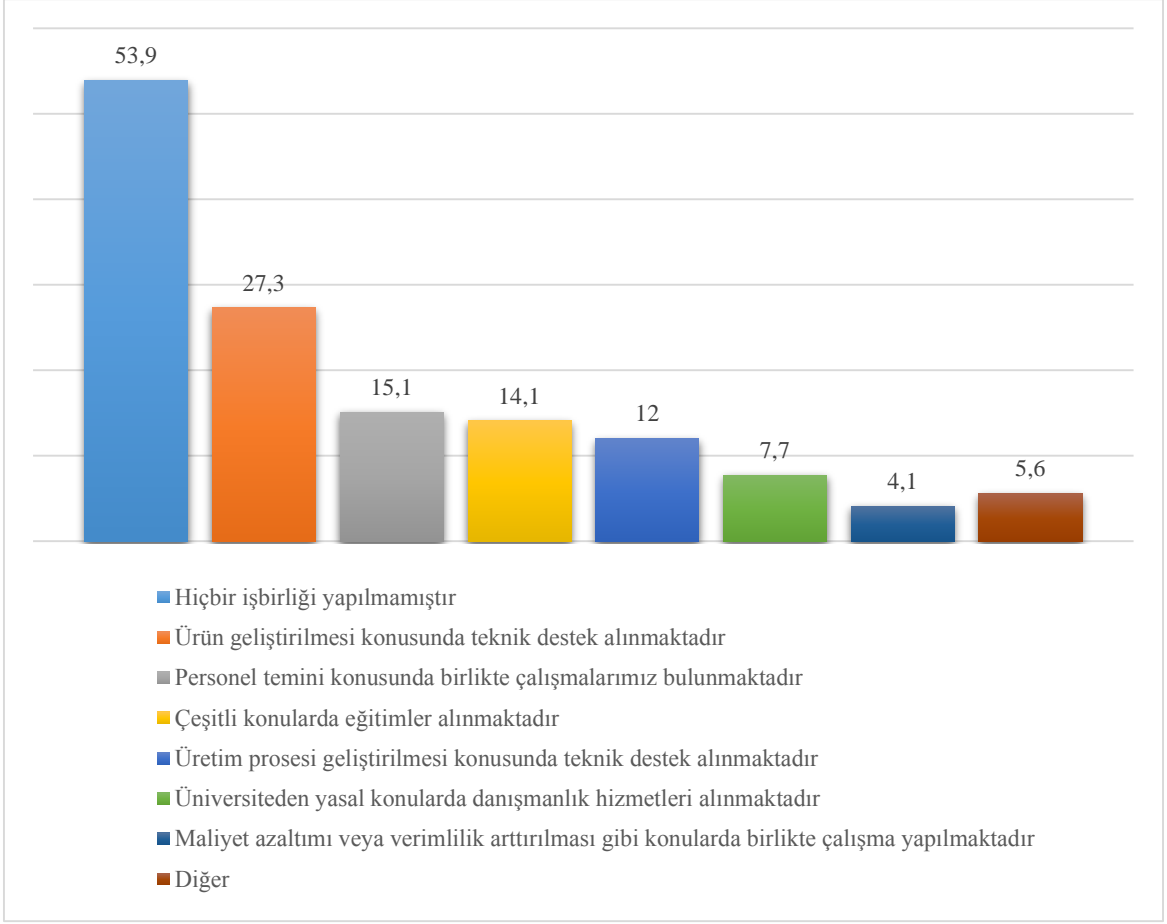
Bu sonuç kapsamında orta-yüksek ve yüksek teknoloji seviyesinde imalatçı olarak faaliyet gösteren KOBİ'lerin neredeyse yarısının henüz bilgi teknolojileri olarak adlandırılan işletme içerisindeki programları dahi kullanmadıkları tespit edilmiştir. Bu sistemlerin üzerine inşa edilmesi planlanan endüstri 4.0 teknolojileri için uygun zeminin ilgili firmalar için hazır olmadığı görülmektedir.

Ülkemizde dijitalleşme yolunda gerçekleştirilen çalışmalardan bir tanesi de Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından proje olarak yürütülen model fabrika uygulamalarıdır. İlgili fabrika kapsamında ilk önce yalın üretim süreçleri ve yalın üretimin işletmeye kattıkları hakkında eğitimler verilmektedir. Japonya'da gündeme gelen ve tam zamanlı üretimin ardından ortaya çıkan bu üretim tekniğinin meyvesini Japon teknoloji ve otomotiv firmaları yıllardır almaktadır. Yıllar önce ortaya çıkan bu yaklaşım kapsamında araştırmacılara yalın üretim hakkındaki bilgi sahipliği ve benimseme düzeyleri sorulmuştur. İlgili soruya verilen

cevaplara bakıldığında ise işletmelerin %34'ünün bu konuda bilgi sahibi olmadığı görülmektedir. Ankete katılanların %17,9'unun az bir bilgiye sahip olduğu, %29,2'sinin orta derecede bilgiye sahip olduğu ve yalın üretim konusunda uygulamalar gerçekleştirdiği, %12,3'ünün ise yeterli bir bilginin yanı sıra yalın üretimin benimsenmeye başladığı ve kültür haline getirmek için çaba sarf edildiği görülmektedir. Bunun yanı sıra sadece 26 işletmenin (katılımcıların %6,6'sının) başarılı bir şekilde yalın üretimi benimsendiğini ve kültür haline getirdiği tespit edilmiştir.

Girişimciler ve start-up olarak adlandırılan ve teknoloji odaklı fikir geliştirerek hızlı bir şekilde büyümek için çabalayan işletmelerin önemi dünyamızda günden güne artış göstermektedir. Bunun en büyük örneklerinin başında *whatsapp*, *twitter*, *uber*, *airbnb* gibi işletmeler gelmektedir. Bilgi ve iletişim teknolojileri konularında genellikle çözümler geliştiren bu firmaların etkileşimi ve birlikte iş yapma kültürleri hem KOBİ ölçeğindeki işletmelere hem de büyük işletmelere çok büyük faydalar sağlamakta ve bu sayede ilgili işletmeler firmaların tedarikçileri olarak hizmetler sunabilmektedirler. Bu nedenle diğer işletmeler bu işletmelerden araştırmalarını istedikleri konuları ve çalışmalarını rahatlıkla talep edebilmektedirler. Endüstri 4.0 teknolojileri ve uygulamaları da bu konular arasında sıralanabilmektedir. Bu kapsamda KOBİ'lere bu yapılarla etkileşimleri sorulmuştur. Ankete cevap veren işletmelerin %35,3'ü girişimcilerle veya bunlara ilişkin merkezlerle neredeyse hiç etkileşimlerinin olmadığını, %22'si az bir şekilde, 21,5'i ara sıra ve %21,2'sinin ise fazla veya çok fazla derecede etkileşim halinde olduğunu belirtmişlerdir.

Soru 14 kapsamında KOBİ'lere üniversite ile iş birliği yapıp yapmadıkları eğer yapıyorlarsa hangi alanlarda yapıldığı sorulmuştur. Şekil 4.5.'te görüldüğü gibi işletmelerin %53,9'u üniversitelerle iş birliği yapılmadığını belirtmiştir. %27,3'ü ürün geliştirilmesi konusunda teknik destek alındığını, %15,1'i personel temini konusunda çalışmalarının olduğunu, %14,1'i çeşitli konularda eğitimler alındığını, %12'si üretim prosesi geliştirilmesi konusunda teknik destek alındığını, %7,7'si yasal konularda danışmanlık hizmetler alındığını, %4,1'i ise maliyet azaltımı veya verimlilik artırılması gibi konularda birlikte çalışmalar yapıldığını ifade etmiştir.



Şekil 4.5. Soru 14 kapsamında ankete verilen cevaplar

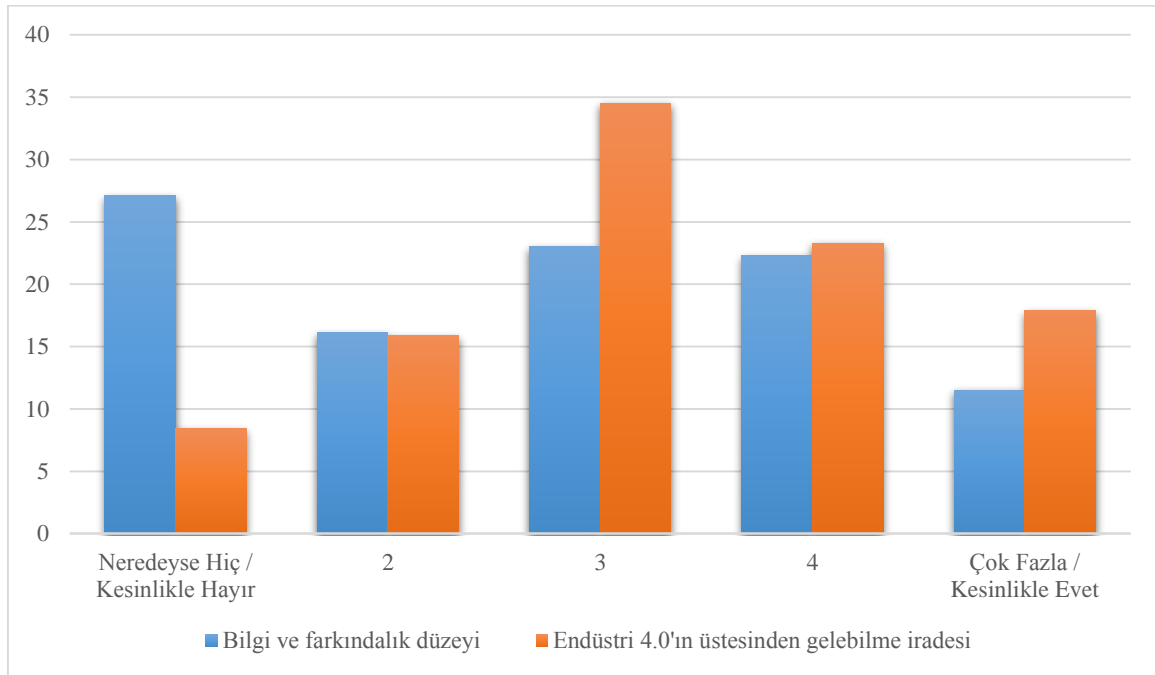
Bilindiği üzere ülkelerin gelişmişlik seviyeleri, sanayi sektörlerinin gelişmişlik seviyeleri ve cari dengeleri ile bağdaştırılmaktadır. Bu kapsamda ülkeler her türlü teknolojik ürünleri açısından başka bir ülkeye bağlı kalmaktansa kendi teknolojilerini üretmeye başlamışlardır. Ülkemizde de son dönemde ciddi anlamda önem verilmeye başlayan konuların başında yerli ve milli teknoloji geliştirilmesi yer almaktadır. Her sektör özelinde dışa bağımlılığın azaltılması kapsamında teknoloji tedarikçilerimizin sayısının artırılması önem arz etmektedir. Bu amaçla araştırma içerisinde KOBİ'lerin TGB'lerde yer alan teknoloji tedarikçisi firmaların yeteneklerinden ve hizmetlerinden haberdar olmaları ve birlikte çalışmalarının olup olmadığına dair sorgulama yapılmak istenmiştir. Soru 15'e verilen cevapların %39,4'ü bilgilerinin olmadığını ve birlikte çalışma yapılmadığını, %48,3'ü bilgilerinin olduğunu ancak çalışma yapılmadığını ve %12,3'ü ise bilgilerinin olduğunu ve birlikte çalışma yapıldığını ifade etmiştir.

Günümüzde işletmeler Ar-Ge ve yenilik konusunda çalışmalar aracılığıyla devamlı olarak ürünlerini ve süreçlerini geliştirerek rekabet gücünü koruması gerekmektedir. Özellikle orta-yüksek ve yüksek teknoloji konusunda faaliyet gösteren araştırmaya konu işletmeler için araştırma geliştirme ve yenilik çalışmaları daha da çok önem arz etmektedir.

Faaliyet gösterdikleri sektörde dünyadaki güncel gelişmeleri takip etmek ve onlara ayak uydurma zorunlulukları bulunmaktadır. Bu açıdan işletmelere bugüne kadar herhangi bir ar-ge ve yenilik projeleri geliştirip geliştirmedikleri sorulmuştur. Ankete cevap veren katılımcıların %58,6'sını oluşturan 229 KOBİ ar-ge ve yenilik projesi gerçekleştirdiğini, %14,1'i çalışmalarını devam eden bir projelerinin olduğunu, %14,1'i gerçekleştirilmesinin planlandığını ve %13,3'ü ise bugüne kadar herhangi bir ar-ge ve yenilik projesi gerçekleştirmediklerini ifade etmişlerdir.

Bu sorudan elde edilen sonuç kapsamında katılımcıların %60'ına yakını ar-ge ve yenilik projesi gerçekleştirdiğini ifade etmiş, geriye kalan katılımcıların da %30'a yakını gerçekleştirmeye yönelik çalışmalar ve planlamalar yapıldığını belirtmiştir. Bu çerçevede KOBİ'lerin ar-ge ve yenilik projesi gerçekleştirmek konusunda hem istekli oldukları hem de bu isteklerini hayata geçirmek için gerekli iradeyi ortaya koyarak yüksek oranda başarıya ulaştıkları düşünülmektedir.

İşletme yönetiminin Endüstri 4.0 hakkındaki farkındalık ve bilgi seviyesinin ölçülmesinin amaçlandığı soru 17 kapsamında verilen cevaplara bakıldığında %11,5'lik bir bölümün endüstri 4.0 konusunda farkındalık derecesi ve bilgi seviyesinin çok fazla olduğu görülmüştür. Şekil 4.6. katılımcıların %22,3'ünün fazla miktarda bilgi sahibi olduğunu, %23'ünün ortalama farkındalığa sahip olduğunu, %16,1'inin çok az bilgi sahibi olduğunu ve %27,1'inin ise endüstri 4.0 alanında farkındalık veya bilgi seviyesinin nerdeyse hiç olmadığını göstermektedir.



Şekil 4.6. Soru 17 ve Soru 18 kapsamında ankete verilen cevaplar

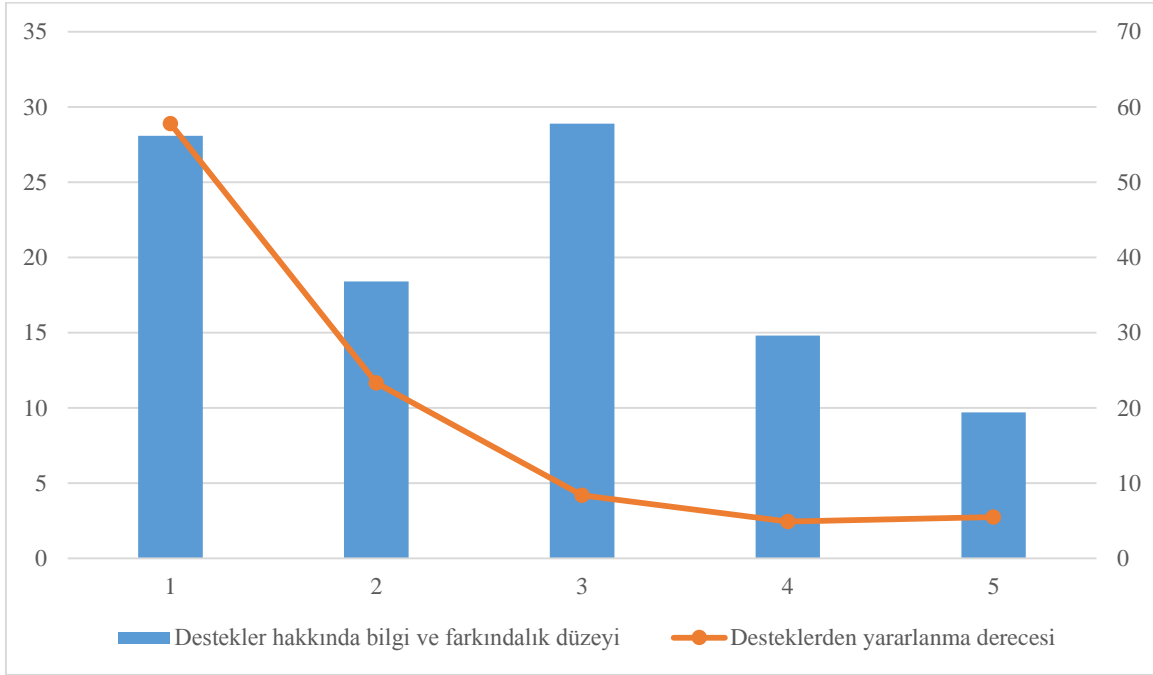
Dördüncü sanayi devrimi kavramının 2011 yılında ilk kez kullanılmasının ardından çok çeşitli alanlarda uygulamaları görülmeye başlamış ve buna ilişkin teknolojiler hem özel hayatı hem de çalışma hayatını ciddi anlamda etkilemeye başlamıştır. Bunun için yapılan araştırmalar, tartışmalar, konferanslar, zirveler gibi etkinlik ve bilimsel çalışmalarda bu süreçten kaçış olmadığı ve bu teknolojileri görmezden gelerek iş ve işlemlerin yapılmasının gelecekte mümkün olmayacağı hususunu vurgulamaktadır. Bu kapsamda KOBİ yöneticilerine kendi firmaları için bu devrimin üstesinden gelip gelemeyeceği sorulmuştur. Alınan sonuçlar çerçevesinde Şekil 4.6.'da görüldüğü gibi KOBİ'lerin %24,3'ü bu devrimin üstesinden gelemeyeceğine inanmaktadır. %34,5'inin bu konuda kararsızlığı söz konusu olup %41'lik bir oranda işletme ise dijital devrimin üstesinden geleceğini belirtmektedir. Şekil 4.6.'dan soru 18 kapsamındaki sonuçlara tekrar bakıldığında, kararsız olduğunu ifade edenler ile endüstri 4.0'ın üstesinden gelemeyeceğini belirtenlerin toplamı yaklaşık %60'ı bulmaktadır.

Endüstri 4.0 teknolojileri ve uygulamalarının tamamının işletme kaynaklarıyla yapılması mümkün olmayabilmektedir. Özellikle büyük işletmeler kadar hem beşeri hem de fiziki sermaye sahibi olmayan KOBİ'ler için bu durum daha fazla söz konusu olmaktadır. Bu sebeple tam da bu noktada üniversiteler ve öğretim elemanları KOBİ'lere bilhassa eğitim ve danışmanlık konularında destek olabilmektedirler. Bu amaçla hazırlanan ve katılımcılara yöneltilen soru 19 kapsamında üniversitelerle iş birliği yapılma derecesi ölçülmeye çalışılmıştır. Ankete cevap veren işletme yöneticilerinin %26,9'u birlikte çalışma konusunun düşünülmediğini, %27,6'sı bu konuda önlerinde engeller olduğunu, %35'i birlikte çalışılması konusunda planlamalar yapıldığını, %5,1'i üniversite ile gerekli görüşmelerin başlatıldığını ve %5,4'ü de birlikte çalışma yürütüldüğünü belirtmişlerdir.

Çalışma kapsamında uluslararası örneklerine de yer verildiği gibi ülkemizde de endüstri 4.0 konusunda TÜBİTAK ve KOSGEB gibi çeşitli kurum kuruluşların destekleri mevcuttur. Bu desteklerin bilinirliğinin sorgulandığı soru 20 kapsamında işletmelerin %46,5'i neredeyse hiç bilgi sahibi olmadıklarını veya az bilgi sahibi olduklarını belirtmişlerdir. Şekil 4.7.'de görüldüğü gibi katılımcıların %28,9'u orta derecede bilgi sahibi olduğunu, %14,8'i fazla ve %9,7'sinin ise çok fazla bilgi sahibi olduğunu ifade etmiştir.

Bir önceki soruya verilen cevaplar çerçevesinde ar-ge, yenilik, teknoloji geliştirme ve endüstri 4.0 konularında kamunun verdiği desteklerin KOBİ'ler tarafından bilinirliğinin az olduğu anlaşılmıştır. Soru 21'de işletmelerin kamu kaynaklarından yararlanma durumları araştırılmıştır. Şekil 4.7.'de, araştırmaya katılan katılımcıların toplamda %57,8'ine tekabül eden 226'sının bugüne kadar hiç kamu desteğinden yararlanmadığı, %23,3'ünün bir adet

destekten yararlandığı, %8,4'ünün 2, %4,9'unun 3 ve %5,6'sının ise 4 ve üzerinde kamu desteğinden yararlandığı görülmektedir.



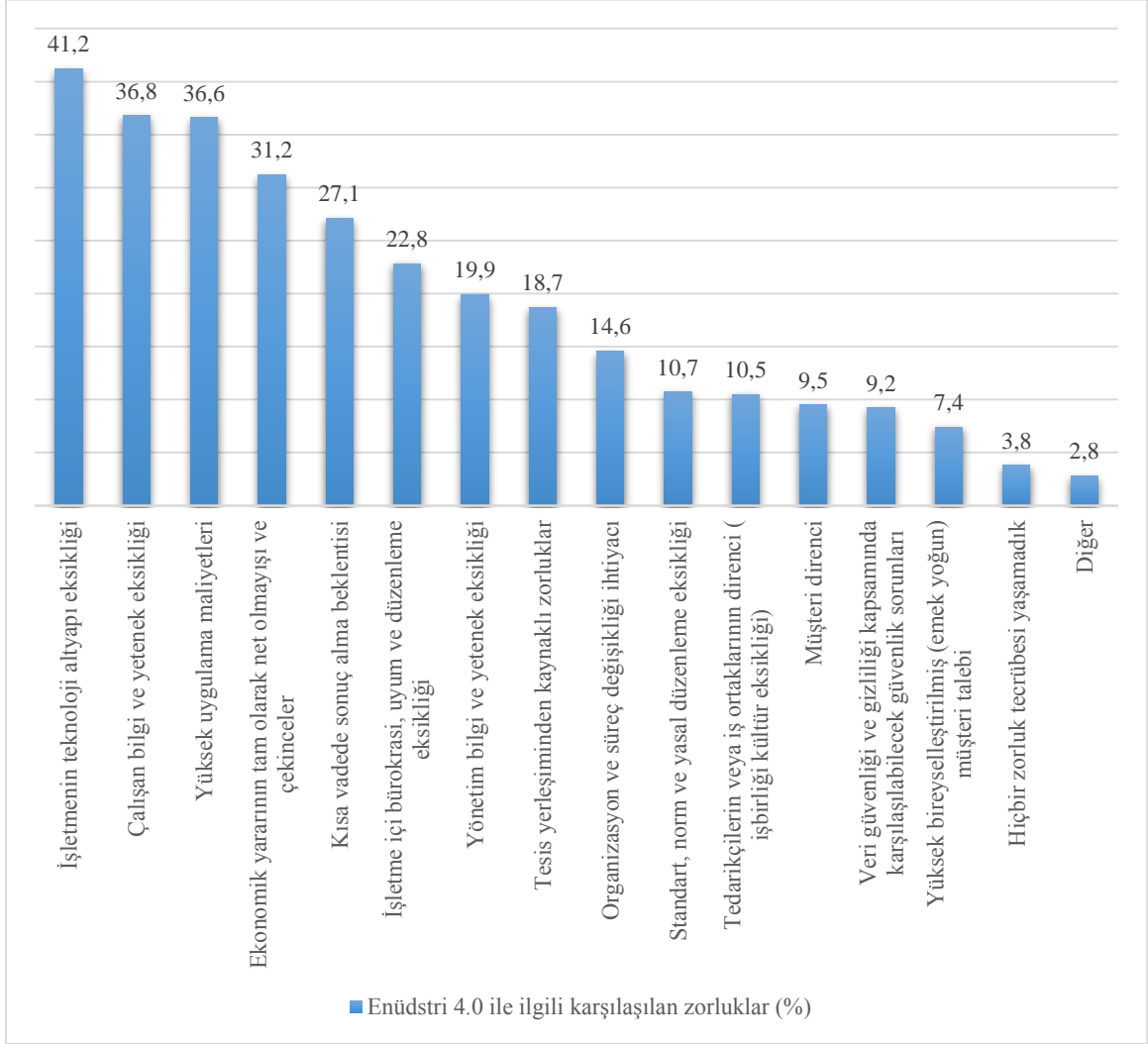
Şekil 4.7. Soru 20 ve soru 21 kapsamında ankete verilen cevaplar

Soru 22 ile işletmenin endüstri 4.0 konusundaki politikasına yönelik iradesinin ortaya konması planlanmıştır. Dördüncü sanayi devrimi kapsamındaki işletme politikasının sorgulandığı soruya KOBİ'lerin sadece %18,1'i tamamen karşıyız veya karşıyız şeklinde cevap vermişlerdir. %26,9'u ne tamamen karşı ne de tamamen destekleyici olduklarını bir başka deyişle kararsız olduklarını belirtmişlerdir. %22,8'i destekleyici, %32,2'si ise tamamen destekleyici olduğunu belirtmektedir.

Genel anlamda soru 22'ye verilen cevaplara bakıldığında yöneticilerin %25'inin endüstri 4.0 konusunda kararsızlığının olduğu %50'sinden fazlasının ise destekleyici bir tavır takındığını söylemek yanlış olmayacaktır.

Endüstri 4.0 teknolojilerinin işletme içi süreçlerde kullanılması için uygulamalar yapılması gerekmektedir. Bu çerçevede firmalar çeşitli zorluklarla karşılaşabilmektedirler. Soru 23 ile KOBİ'lere endüstri 4.0 ile ilgili hem hazırlık hem de uygulama süreçlerinde karşılaştıkları zorluklar sorulmuştur. Sorunun cevapları çoktan seçmeli olarak belirlenmemiş olup katılımcılara birden fazla seçenek işaretleme imkanı tanınmıştır. Ayrıca en fazla işaretleme kısıdı da getirilmemiştir. Bu sayede katılımcıların karşılaştıkları tüm zorluklara ulaşılacak istenmiştir. Verilen cevapların yoğunluğuna bakılacak olursa en sık karşılaşılan zorluk %41,2 ile işletmenin teknolojik alt yapısının eksikliği olarak ifade edilmiştir. Şekil 4.8.'de görüldüğü gibi ardından sırasıyla %36,8 ile çalışan bilgi ve yetenek eksikliği, %36

ile yüksek uygulama maliyetleri, %31,2 ile ekonomik faydanın tam olarak net olmayışı ve çekinceler ve %27,1 ile kısa vadede sonuç alma beklentisi zorlukları belirtilmiştir.



Şekil 4.8. Soru 23 kapsamında ankete verilen cevaplar

İşletme içerisinde dijital dönüşümün hayata geçirilmesi açısından bilgi ve iletişim teknolojileri çok büyük önem arz etmektedir. Bu amaçla üretimde kullanılan bilgi ve iletişim alt yapısı soru 24 kapsamında incelenmiştir. Sorunun cevapları çoktan seçmeli olarak belirlenmemiş olup katılımcılara birden fazla seçenek işaretleme imkanı tanınmıştır. Ayrıca işaretleme sayısı kısıdı da getirilmemiştir. Bu sayede katılımcıların bilgi ve iletişim teknolojileri alt yapılarına ilişkin doğru ve gerçekçi cevaplara ulaşılmak istenmiştir. Verilen cevapların yoğunluğuna göre ankete katılan işletmelerin %73,1'i bilgi değişiminin e-posta veya telefonla yapıldığını ifade etmiştir. Katılımcıların %27,4'ü işletme içerisinde merkezi sunucu kullanılarak veri değişimi için kurallar bulunduğunu ve %39,6'sı internet tabanlı portalların veri paylaşımı için kullanıldığını ifade etmişlerdir. Ayrıca %19,7'si işletme

içerisindeki birimler arasında otomatik bilgi akışı olduğunu, %17,1'i ise işletme dışında da otomatik bilgi akışının sağlandığını belirtmişlerdir.

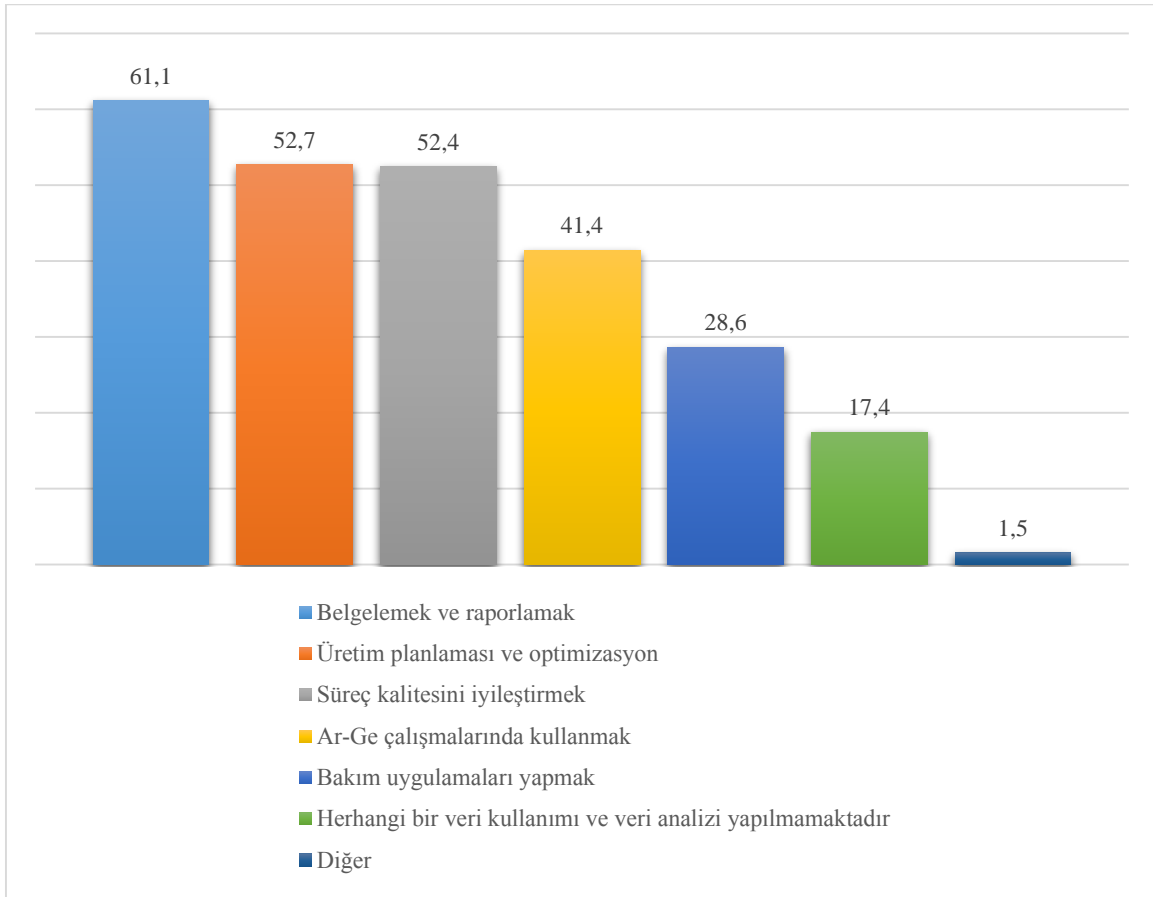
Endüstri 4.0 unsurlarının kullanılmasına yönelik alt yapıda bulut tabanlı üretim yer almaktadır ki bu sayede üretilmesi planlanan ürünler bulutta saklanmakta ve buna uygun olarak üretim yapacak birime yönlendirilerek üretim gerçekleştirilmektedir. Genel anlamda soru 24'e verilen cevaplar bir arada ele alındığında KOBİ'lerin üretim içerisindeki bileşenlerin birbirine bir sunucu veya internet üzerinden bağlı olmadıkları sonucu çıkarılmaktadır. Sadece işletme içerisinde değil artık günümüzde tedarikçiler veya müşteriler de her an üretim gerçekleştiren işletmeye ait bilgilere erişmek ve buna göre sipariş vermek veya tedarikçi konumundaysa üretime kendini daha erken hazırlamak istemektedir. Bu çerçevede düşünüldüğünde üretimin bir bütün olarak ele alınması ve buna uygun olarak bilgi ve iletişim teknolojileri alt yapısının geliştirilmesi önem arz etmektedir.

Günümüzde daha verimli ve etkin üretim yapılabilmesi için üretimin izlenmesi ve buna uygun olarak üretim süreçlerinde, makinelerde veya değişik bileşenlerde geliştirmeler yapılması gerekmektedir. Bu kapsamda çalışanlar ile makinelerin bir arada etkin bir şekilde ve uyumlu çalışması önem arz etmektedir. Bu amaçla çalışanlar ile makineler arasındaki bağlantı teknolojileri 25. soruda sorgulanmıştır. Sorunun cevapları çoktan seçmeli olarak belirlenmemiş olup katılımcılara birden fazla seçenek işaretleme imkanı tanınmıştır. Bu sayede katılımcıların çalışan ile makine arası bağlantı teknolojisine ilişkin doğru ve gerçekçi cevaplara ulaşılacak istenmiştir. Verilen cevapların yoğunluğuna göre %47,6'sında çalışan ile makine arasında karşılıklı bilgi değişiminin olmadığı belirtilmiştir. %34'ü her bir makine özelinde ara yüzler olduğunu, %31,7'si üretimde izleme ve denetleme yapabildiklerini ifade etmiştir. Sadece %9'u mobil olarak kullanıcı ara yüzlerine sahip olduklarını belirtmiş ve %2,6'sı endüstri 4.0 teknolojilerden olan artırılmış gerçeklik teknolojileriyle makine ve çalışan arasında bağlantı olduğunu belirtmiştir.

Çalışma içerisinde endüstri 4.0 teknolojileri bölümünde bahsedildiği üzere veri, ticari faaliyet gösteren her türlü birim için çok kıymetli bir hal almıştır. Müşteriler, tedarikçiler, üretim süreçleri, yeni ürün geliştirilmesi için yapılan ar-ge çalışmaları ve kalite kontrol süreçleri gibi çok çeşitli alanlarda veriler işletmeler için anlamlı olabilmekte ve bu verilere göre işletmeler reaksiyon olarak iş ve işlemlerini gerçekleştirebilmektedir. Bu vizyon ışığında soru 26 hazırlanmıştır. Sorunun cevapları çoktan seçmeli olarak belirlenmemiş olup katılımcılara birden fazla seçenek işaretleme imkanı tanınmıştır. Bu sayede katılımcıların verilerin hangi amaçla kullanıldığına ilişkin doğru ve gerçekçi cevaplara ulaşılacak istenmiştir. Verilen cevapların yoğunluğuna göre ankete katılan işletmelerin %61,1'i veriyi

belgelemek ve sorgulamak için kullandığını belirtmiştir (Şekil 4.9.). %52'si süreç kalitesini iyileştirmek ve yine aynı oranda işletme üretim planlaması ve optimizasyon için veri kullanıldığını belirtmiştir. %41,4'ü ise ar-ge çalışmalarında verilerden faydalandığını ifade etmiştir. Son olarak %28,6'sı bakım uygulamalarında veriden yararlandığını belirtmesine karşın %17,4'ü herhangi bir veri kullanımı ve veri analizi yapılmadığını belirtmiştir.

Soru 26 çerçevesindeki sonuçlar toplu olarak ele alındığında orta-yüksek ve yüksek teknolojide faaliyet gösteren KOBİ'lerin verilerden yararlanma oranı yaklaşık %50' olarak karşımıza çıkmaktadır. Dünyadaki diğer teknolojik firmalar veriye verdikleri önemi o kadar arttırmışlardır ki bu konuda çalışma yapan start-up'ları satın alma veya bu alanda uzman kişileri transfer etme yarışına girmişlerdir. Genellikle bu örnekler içerisinde büyük işletmeler bulunmasına karşın KOBİ'lerde bu atılan adımlara uygun olarak kendi alt yapılarını geliştirmeye ve veriye daha fazla önem vermeye başlamalıdır. Bu kapsamda ülkemizdeki KOBİ'lerin veriden yararlanma oranının daha fazla olması gerektiği düşünülmektedir.



Şekil 4.9. Soru 26 kapsamında ankete verilen cevaplar

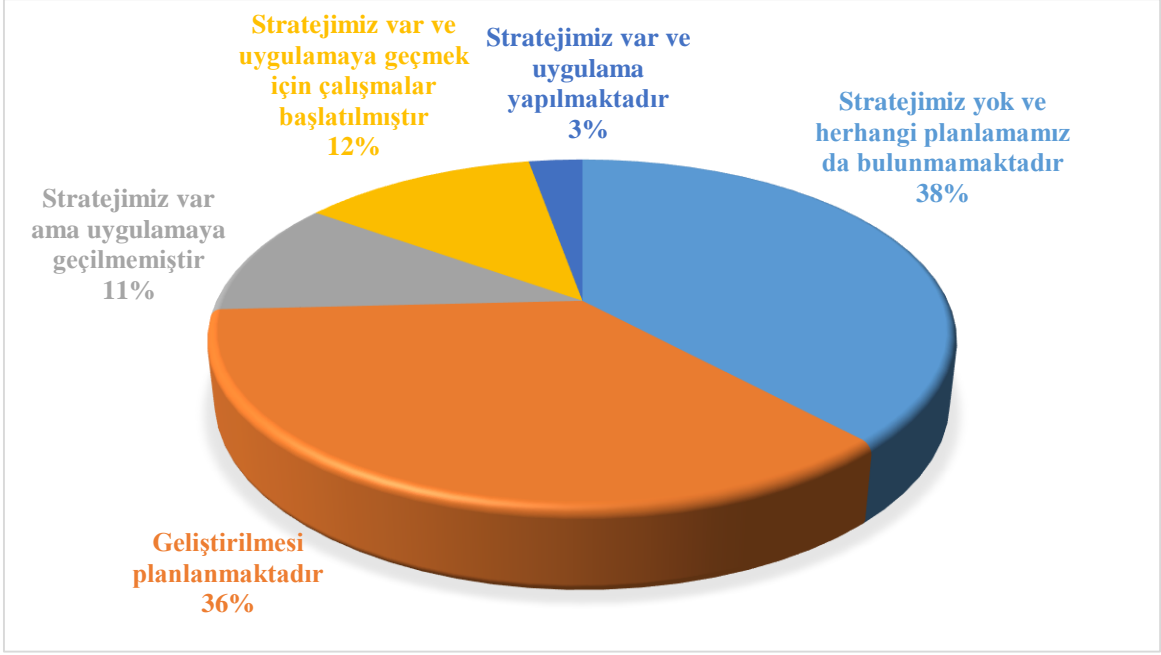
Günümüzde endüstri 4.0 teknolojileri sayesinde üretim içerisinde kullanılan her türlü bileşenin anlık durum bilgisini alarak buna uygun olarak karar vericilerin aksiyon alması

için çalışmalar yapılmaktadır. Endüstri 4.0 uygulamalarının asıl amacı üretimde kullanılan hammadde veya makinelerin otonom bir şekilde bir araya gelerek üretimin gerçekleştirilmesidir. Bu kapsamda anlık olarak hangi hammaddeden ne kadar kalmış, makinenin bakım zamanı geçmiş mi, herhangi bir duraklama veya riskli bir durum oluşma durumu var mıdır gibi sorulara yanıt alınabilmektedir. Sonuç olarak karar vericilerin daha sağlıklı ve net bilgilerle etkin bir şekilde üretime ait kararlar verebilmeleri sağlanmaktadır. Bu kapsamda soru 27 çerçevesinde katılımcılara işletmeleri uhdesinde gerçek zamanlı veri takibi yapılma düzeyi sorulmuştur. KOBİ'lerin %23,8'si neredeyse hiç veri takibi yapılmadığını, %23'ü az bir şekilde veri takibinin yapıldığını, %30,9'u orta düzeyde veri takibi yapıldığını belirtmişlerdir. Gerçek zamanlı olarak veri takibinin yapıldığını ve üst seviyede anlık veri alındığını belirtenlerin birlikte oranı %22,3 olarak ortaya çıkmıştır.

Dijital dünyanın gelişmesiyle birlikte kişisel veriler veya ticari veriler siber alemde tutulmaktadır ve bu nedenle bu verilerin güvenliğini sağlamak çok önemlidir. İşletmeler kendi içlerinde geliştirdikleri güvenlik önlemleri veya işletme dışından aldıkları hizmetler ile gelebilecek saldırılara karşı önlemler alabilmektedirler. KOBİ'lere veri güvenliği ile ilgili sorulan soru 28 kapsamında %57'si veri güvenliği ile ilgili çalışmalarının olduğunu belirtmiş %43'ü ise herhangi bir çalışmanın olmadığını ifade etmiştir.

İşletmelerin içerisinde yer alan her türlü teknolojik alet, teçhizat veya makine dahilinde kötü amaçlı yapılabilecek her türlü saldırının sonucunda çok büyük zararlarla karşılaşılmasında için geç kalınmadan %43'lük kesim için de veri güvenliğine ilişkin çalışmalar yapılarak önlemlerin alınmasının gerektiği düşünülmektedir.

Literatürde endüstri 4.0 teknoloji ve uygulamaları kapsamında işletmelerin üretim süreçlerini dönüştürmeden önce kendilerine özgün olarak bir strateji belirlemeleri ve bu strateji doğrultusunda geçiş çalışmalarına başlamaları önerilmektedir. Bu amaçla 29. soru ile işletmelerin endüstri 4.0 sürecine ilişkin hazırlamış oldukları stratejik plan veya yol haritası olup olmadığı sorulmuştur. Şekil 4.10.'dan görüldüğü üzere katılımcıların %38,1'i herhangi bir stratejisinin veya yol haritasının olmadığını ve planları arasında yer almadığını belirtmiştir. %36,1'i endüstri 4.0 kapsamında bir strateji veya yol haritası geliştirmeyi planlandığını ifade etmiştir. Geriye kalan %25,8'lik kısım dijital dönüşüm çerçevesinde bir stratejilerinin olduğunu belirtmiştir. Bunlardan %12,3'ü çalışmaların başlatıldığını, %2,8'i ise planlara sadık bir şekilde uygulama yapılmakta olduğunu ifade etmiştir.



Şekil 4.10. Soru 29 kapsamında ankete verilen cevaplar

Soru 30 çerçevesinde katılımcıların Endüstri 4.0 ile ilgili olarak işletmelerinde istihdam ettikleri bilişim teknolojileri alanında yetenekli teknik personel çalıştırma düzeyi sorgulanmıştır. %37,1 oranında KOBİ'ler bu alanda neredeyse hiç yetenekli personel istihdam etmedikleri, %24,6 oranında zayıf düzeyde, %21 oranında orta, %11,8 oranında fazla ve %5,6 oranında ise çok fazla düzeyde yetenekli personel istihdamı gerçekleştirildiği belirtilmiştir.

31. soru kapsamında KOBİ'lerin üretim süreçlerinde bulut bilişim teknolojilerinden ve hizmetlerinden yararlanma düzeyleri sorgulanmıştır. Bu çerçevede gelen cevaplara bakıldığında %46'sı neredeyse hiç, %19,2'si az miktarda, %16,1'i orta derecede, %12,8'i fazla ve %5,9'u çok fazla düzeyde bulut bilişim teknolojileri ve hizmetlerini kullandığını belirtmiştir.

32. soru kapsamında endüstri 4.0'ın temel bileşenlerden biri olan nesnelerin interneti teknolojisi kapsamında makineler arasında otomatik veri değişimi olup olmadığı sorulmuştur. Araştırmaya katılan işletmelerin %61,1'i neredeyse hiç bulunmadığını, %17,9'u ise az bir şekilde otomatik veri değişimi olduğunu belirtmiştir. Ayrıca %11,8'i orta derecede değişim olduğunu, %9,2'si ise fazla veya çok fazla miktarda makineler arasında otomatik veri değişimi yapıldığını ifade etmişlerdir.

Dördüncü sanayi devrimi çerçevesinde değişikliğe uğrayan bir diğer konu ise üretim hatlarındaki çeşitliliştir. Müşterilerin talepleri doğrultusunda ürünlerin kişiselleşmesi ve buna uygun olarak da hatların daha esnek bir şekilde konumlanması gerekmektedir. Bu

amaçla modüler üretim hatları ortaya çıkmıştır. Soru 33 ile, ilgili teknolojide faaliyet gösteren KOBİ'lerin bu duruma yaklaşımları belirlenmeye çalışılmıştır. Ankete cevap veren KOBİ'lerin %50,4'ü işletmeleri bünyesinde neredeyse hiç veya çok az düzeyde modüler üretim yapıldığını ifade etmişlerdir. %21,2'si orta düzeyde, %28,3'ü ise yüksek veya çok yüksek düzeyde modüler üretim yapıldığını belirtmişlerdir.

Dijital devrim çerçevesinde işletmeler artık ürünlerine yerleştirdikleri sensörler aracılığıyla satış sonrası süreçlerde hem müşterilerine çeşitli hizmetler sunmakta hem de kendi ürünlerini geliştirmek için bu sensörlerden gelen verilerden yararlanabilmektedir. Buna ek olarak ürünün yerine getirmesi gereken fonksiyonlarından kaynaklı olarak da ürüne sensörler entegre edilebilmektedir. Bu amaçla ürüne sensör entegre edilip edilmediğinin sorulduğu 34. soru kapsamında işletmelerin %35,5'i sensörlerin entegre edildiğini, %33,2'si edilmediğini ve %31,2'si ürünlerinin sensör entegre etmek için uygun olmadığını belirtmişlerdir. 35. soru kapsamında ise işletmelerin ürünlerinden veri toplayıp toplayamadığı sorulmuştur. Bu kapsamda %43,7'si ürünlerinden veri toplayabildiğini, %36,3'ü toplayamadığını ve %19,9'u ise ürünlerinden veri toplamanın mümkün olmadığını belirtmişlerdir.

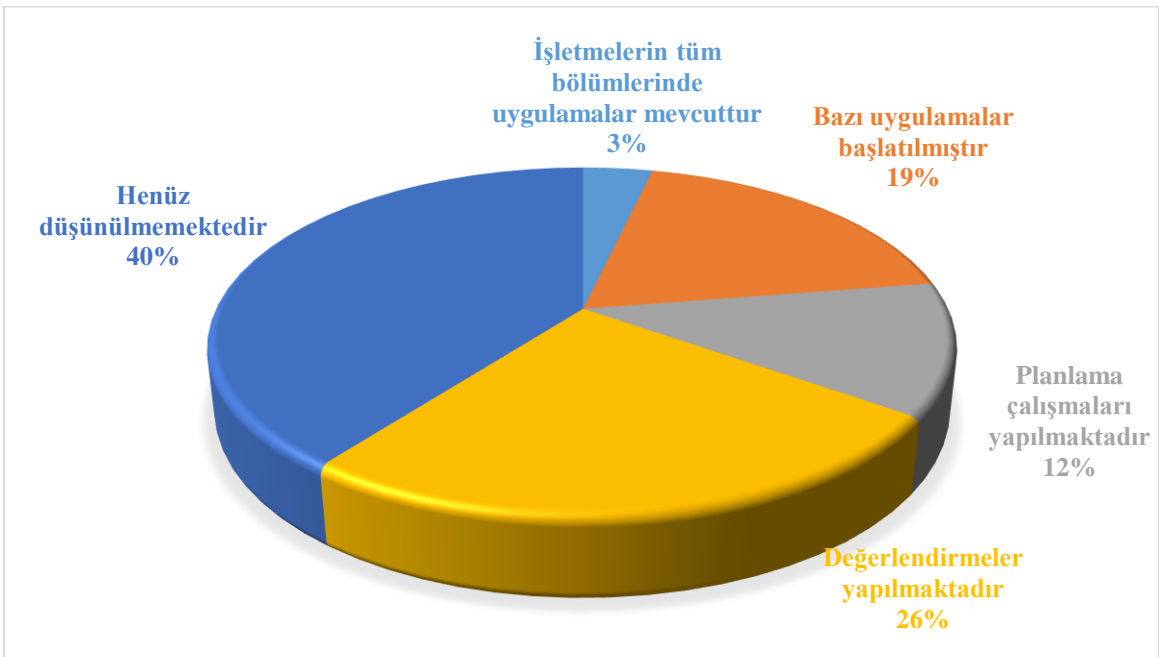
36. soru kapsamında işletmelerdeki Endüstri 4.0 ve bilgi ve iletişim konusunda çalışanlara eğitim ve bilgilendirme gibi etkinliklerin düzenlenme sıklığı sorulmuştur. Katılımcıların %78,8'i neredeyse hiç veya az bir miktarda etkinlik düzenlendiğini belirtmişlerdir. Geriye kalan %12,5'i orta düzeyde, %8,7'si ise fazla veya çok fazla miktarda etkinlik düzenlendiğini ifade etmişlerdir.

Çalışanlar ile yeni teknolojik uygulamaların bir arada olması devamlı tartışılan ve üzerinde çalışmalar yapılan konular arasında gelmektedir. Bu çalışma kapsamında da işletmelere bu durumun sorulması amacıyla 37. soru ile çalışanların yeni teknolojilere bakış açısı araştırılmaya çalışılmıştır. Sonuç olarak katılımcıların %20,7'si çalışanların yeni teknolojilere çok meraklı olduğunu, %21,7'si meraklı olduklarını ifade etmişlerdir. %32,2'si kararsız kaldıklarını, %25,4'ü ise çalışanların hiç memnun olmadığını veya az miktarda meraklı olduklarını belirtmişlerdir.

36. soruya verilen cevaplara bakıldığında hedef kitlenin teknoloji düzeyi yüksek firmalardan oluşmasına rağmen kendi personeli için bilgilendirici ve eğitici etkinlikler düzenleme konusunda zayıf kaldıkları tespit edilmiştir. Ancak 37. soru ile birlikte ele alındığında işletme çalışanlarının yeni teknolojilere açık ve meraklı oldukları ortaya çıkmaktadır. Bu çerçevede işletmelerin çalışanların bilgi birikimini arttırmak amacıyla eğitici ve bilgilendirici faaliyetler düzenlemeleri ile ilgili olanlar için motivasyonu artırıcı

ilgili olmayanlar için ise merak uyandırıcı bir pozisyonda görev almaları sağlanabilir. Gelecek teknolojiler konusunda küresel piyasalardan geride kalınması durumunda işletmelerin ticari yaşamlarının sona ereceği bilinen bir gerçektir.

Çalışma kapsamında farkındalık ve hazırlık araştırmasının yanı sıra endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanılma durumu da sorgulanmıştır. Bu amaçla hazırlanan 38. soru kapsamında Şekil 4.11.'de görüldüğü gibi KOBİ'lerin %39,6'sı henüz endüstri 4.0 teknolojilerini veya uygulamalarını kullanmayı düşünmediğini belirtmişlerdir. %37,9'u değerlendirme yapıldığını veya planlama çalışmalarının başlatıldığını ifade etmişlerdir. %18,9'u bazı uygulamaların başlatıldığını ve %3,6'sı ise işletme içinde tüm bölümlerde bu teknoloji veya uygulamaların mevcut olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 4.11. Soru 38 kapsamında ankete verilen cevaplar

Soru 39 kapsamında endüstri 4.0 uygulamaları için KOBİ'lerin çözüm üretme yaklaşımları merak edilmiştir. Bu çerçevede kendi bünyelerinde mi dijital dönüşüm süreçlerine çözüm üretmekte yoksa dışarıdan mı yardım almaktadırlar diye sorgulama yapılmıştır. Uygulama yapıldığını veya yapılmaya yönelik adımlar atıldığını belirten katılımcıların %44,1'i dışarıdan eğitim/danışmanlık gibi destek almaya ihtiyaç duyduklarını ifade etmişlerdir. Bunun yanı sıra %34,7'si işletme içerisinde çözümlerin belirlendiğini ancak uygulama aşamasına geçmek için dışarıdan yardım alındığını belirtmiştir. Son olarak ilgili katılımcıların %21,2'si ise şirket içerisinde hem çözümlerin hem de uygulamaların belirlenerek hayata geçirildiğini ifade etmişlerdir.

Dördüncü sanayi devrimine ilişkin teknoloji ve uygulamaların işletmeye vereceği katma değerın analiz edilmesi ve ortaya konması için iyi bir şekilde anlaşılması gerekmektedir. Önceki sorularda bilgi ve farkındalık düzeylerinin yanı sıra hazırlık ve olgunluk düzeyleri de sorgulanmıştır. 40. soru ile de uygulama yapmaya başlayan veya bunun için adımlar atan işletmelerin bu sürece girmelerindeki yönlendirici etkenler araştırılmak istenmiştir. Sorunun cevapları çoktan seçmeli olarak belirlenmemiş olup katılımcılara birden fazla seçenek işaretleme imkanı tanınmıştır. Bu sayede katılımcıları endüstri 4.0 teknolojileri ve uygulamalarına yönlendiren tüm etkenlere ilişkin doğru ve gerçekçi cevaplara ulaşılması istenmiştir. Verilen cevapların yoğunluğuna göre en fazla seçilen cevap %50,4 ile verimliliği artırma ihtiyacı olmuştur. Arından %44,8 ile maliyetleri azaltma ve %42,2 ile çalışan hatalarını en aza indirme ihtiyacı gelmektedir. Devamında %34,8 ile kapasiteyi artırma ihtiyacı gelirken %26,5 ile iş sağlığı ve güvenliğinin artırılması ve gerçek zamanlı veriye erişim ihtiyacı da en fazla işaretlenen seçenekler arasındadır. Dikkat çeken bir diğer cevap ise KOBİ'lerin %20,7'sinin bu tür teknolojileri veya uygulamaları kullanmaya iten neden olarak prestiji belirtmeleridir.

Araştırma kapsamında endüstri 4.0 kapsamında farkındalık ve olgunluk dereceleri ölçülen KOBİ'lerin dijital dönüşüm teknolojilerini ne kadar kullandıkları veya geleceğe dair planlamaları da ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu çerçevede 41. soru hazırlanmış ve her bir teknolojiye ilişkin uygulamaya başlayan veya uygulamak için adımlar atan orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyinde faaliyet gösteren KOBİ'lerin endüstri 4.0 teknolojilerini kullanım durumları sorgulanmıştır. Ayrıca bu soru kapsamında ikinci ve üçüncü sanayi devrimlerinin sistemleri olarak literatürde belirtilen endüstriyel robotlar ve otonom sistemler de seçenekler arasına eklenmiş olup işletmelerin basit bir şekilde hangi endüstri seviyesindeki teknolojileri kullanmakta olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır. Endüstriyel robotlardan kasıt, sensör barındırmayan ve belirli bir ağa bağlı olmadan çalışan mekanik robotlardır.

Şekil 4.12.'de arttırılmış ve sanal gerçeklik uygulamalarının %30 oranında KOBİ'lerimiz tarafından gelecek 2 yıl içerisinde imalat sanayinde kullanılmasının planlandığı görülmektedir. Nitekim dünyada da genellikle tüketim ve eğlence sektöründe daha fazla karşımıza çıkan bu teknoloji imalat sektöründe yeni bir teknoloji olarak büyük ve uluslararası firmalar tarafından kullanılmaktadır.

İlgili soruya cevap verenlerin yaklaşık %40'ı bulut bilişim teknolojilerini kullandığını belirtmektedir. Ayrıca Şekil 4.12.'den de görüldüğü gibi yaklaşık %30'u 2 yıl içerisinde

kullanmayı planladığını belirtmiştir. Diğer taraftan %30'dan daha az bir kısım ise kullanmayı planlamadığını ifade etmiştir.

Bu kapsamda bulut bilişim hizmetlerinin ücretsiz tedarikçiler tarafından sağlanıyor olması ve yerli üretici firmalarının da hizmet verdikleri göz önüne alındığında bulut bilişim teknolojileri için araştırmaya katılan tüm KOBİ'lerin sadece %24'ü gibi çok düşük bir oranın ülke potansiyelimizin ciddi anlamda altında kaldığı düşünülmektedir.

İşletmeler için verinin önemi ve veriden yararlanarak neler yapılabileceği konusunda çalışma kapsamında belirtilenler doğrultusunda bu bölüme cevap veren işletmelerin %30'u büyük veri teknolojilerini kullandığını belirtmişlerdir. Şekil 4.12.'de yaklaşık %30'unun 2 yıl içerisinde büyük veriden yararlanacağı ve yaklaşık %40'ının da büyük veri hakkında çalışma yapmayacağı görülmektedir.

Şekil 4.12.'de işletmelerin eklemeli imalat teknolojilerine yaklaşımının da arttırılmış ve sanal gerçeklik teknolojileriyle aynı yönde olduğu görülmektedir. Büyük ölçekli işletmelere göre daha esnek bir üretim yapısına sahip KOBİ'lerin eklemeli imalat teknolojisinden daha fazla yararlanması gerektiği düşünülmektedir. 1.000 veya 10.000 adet gibi küçük parti tiplerinde ürün veya yarı mamul ürünlerin üretilmesi için eklemeli imalat çok büyük maliyet avantajı sağlamaktadır. Bunun için işletmelerin bu tip sayılarda üretim yapmaları durumunda eklemeli imalat teknolojilerini muhakkak değerlendirmeleri önerilmektedir.

Nesnelerin interneti ve yenilikçi sensörler endüstri 4.0 alalında yapılan uygulamaların belki de olmazsa olmazları arasında yer almaktadır. Bu nedenle makinelerin, cihazların, çalışanların birbiriyle iletişimi ve etkileşimi endüstri 4.0 teknoloji ve bileşenleri sayesinde ortaya çıkmaktadır. Bu çerçevede bu bölüme cevap veren işletmelerin yaklaşık %30'u nesnelerin interneti ve yenilikçi sensörler alanında teknoloji kullandığını belirtmiştir. Ayrıca %34,7'si 2 yıl içerisinde kullanmayı planladığını %36'sı ise planları arasında nesnelerin interneti veya yenilikçi sensörler teknolojilerinin yer almadığını belirtmişlerdir.

Endüstriyel robotlar, otomasyon sistemleri ve otonom robotlar teknolojilerini birlikte yorumlamak işletmelerin endüstri derecelerini belirleme açısından daha belirleyici olmaktadır. İkinci sanayi devriminin ana bileşeni olan ve üretimde insan ile makinen ilk defa birlikte çalışmasını sağlayan endüstriyel robotların ilgili teknolojisi seviyesinde faaliyet gösteren imalatçı işletmelerdeki kullanımı, üçüncü sanayi devriminin konusu olan otomasyon sistemlerine göre azalmıştır. Şekil 4.12.'den görüldüğü üzere bu bölüme cevap verenlerin %50'den fazlası bilgisayar ve yazılımlardan faydalanarak programlar vasıtasıyla üretimde otomasyon sistemlerini kullanmaktadırlar. Ancak endüstri 4.0'ın konusu olan ve

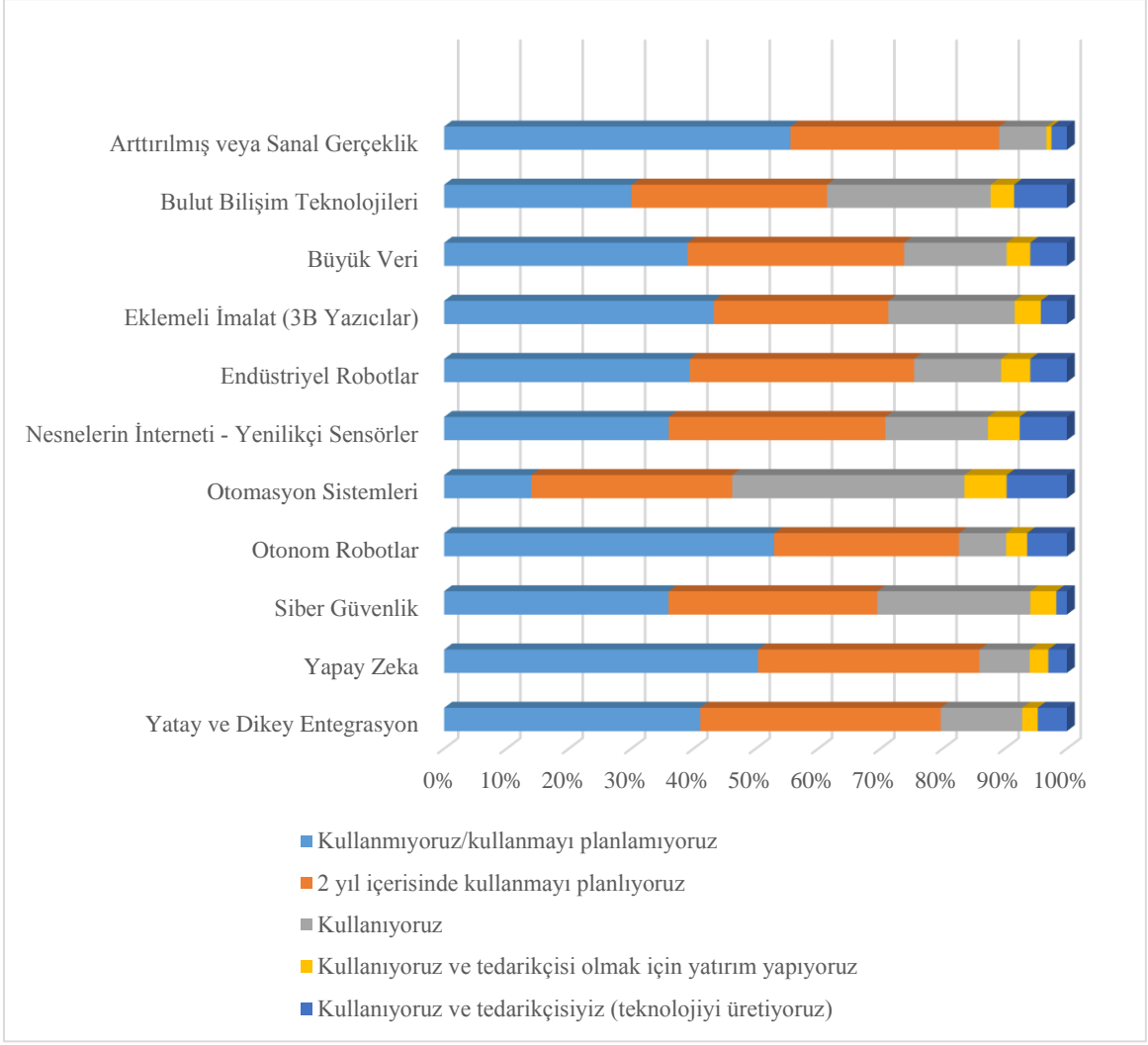
makinelere veya üretimdeki bileşenlerin kendi başına karar vererek veya makine öğrenmesi yeteneğiyle kendini geliştiren ve kısmen veya tamamen insandan bağımsız çalışan otonom robotların %20 oranında kullanıldığı belirlenmiştir. Bu sonuçlara ek olarak işletmelerin %30'u, üretim süreçlerinde hem otomasyon sistemlerini hem de otonom robotları önümüzdeki 2 yıl içerisinde yer vereceğini ifade etmişlerdir.

Verinin öneminin giderek arttığı ve bununla beraber güvenliğinin sağlanması için de çalışmaların artırıldığı günümüzde siber güvenlik alanındaki teknolojilerin kullanılma oranı işletmeler tarafından %30 düzeyinde olduğu görülmüştür. Buna mukabil soruya cevap verenlerin %30'u iki yıl içerisinde bu alanda çalışmalarının olacağını ifade etmişlerdir.

Yapay zeka çoğunlukla yazılım firmaları tarafından geliştirilen bir teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışma kapsamında ele alınan sektör imalat sanayii olduğundan ve üretim süreçleri içerisinde bu teknolojiyi kullanmaları dikey teknolojilere nazaran daha zor ve karmaşık olduğundan yapay zeka teknolojisini kullananların az olması beklenen bir sonuçtur. Şekil 4.12.'den endüstri 4.0 teknolojilerini kullanmaya başlayan veya kullanmak için adım atan KOBİ'lerin %20'sinden daha azının bu alanda uygulamalar yaptığı görülmektedir.

Bunun yanı sıra yatay ve dikey entegrasyon süreçlerinin %20 düzeyinde işletmeler tarafından kullanıldığı ancak %40 oranında gelecek iki yıl içerisinde bu süreçler kapsamında adımlar atılacağı belirtilmiştir. Yatay ve dikey entegrasyon uygulamalarının KOBİ'ler tarafından çok az bir düzeyde uygulandığı belirlenmiştir. İşletme içerisinde ve dışında entegrasyonu ifade eden bu önemli entegrasyon türünün bu derece az bir düzeyde uygulanması KOBİ'lerin hem kendi içlerinde hem de dış dünya ile etkileşimi açısından zayıf olduklarını göstermektedir.

Örneğin, yetki devri sayesinde yöneticiler hem zamandan kazanabilmekte hem de işletme kaynakları daha verimli bir şekilde kullanılabilir. Bu sayede işletme performansının da arttığı gözlenmektedir. Ancak ülkemizdeki KOBİ'lerdeki yöneticiler tarafından yetki devrinin ne kadar uygulandığı düşünüldüğünde, yatay ve dikey entegrasyon süreçleri konusunda geliştirilmesi gereken yönetim anlayışının olduğu görülmektedir.



Şekil 4.12. Soru 41 kapsamında ankete verilen cevaplar

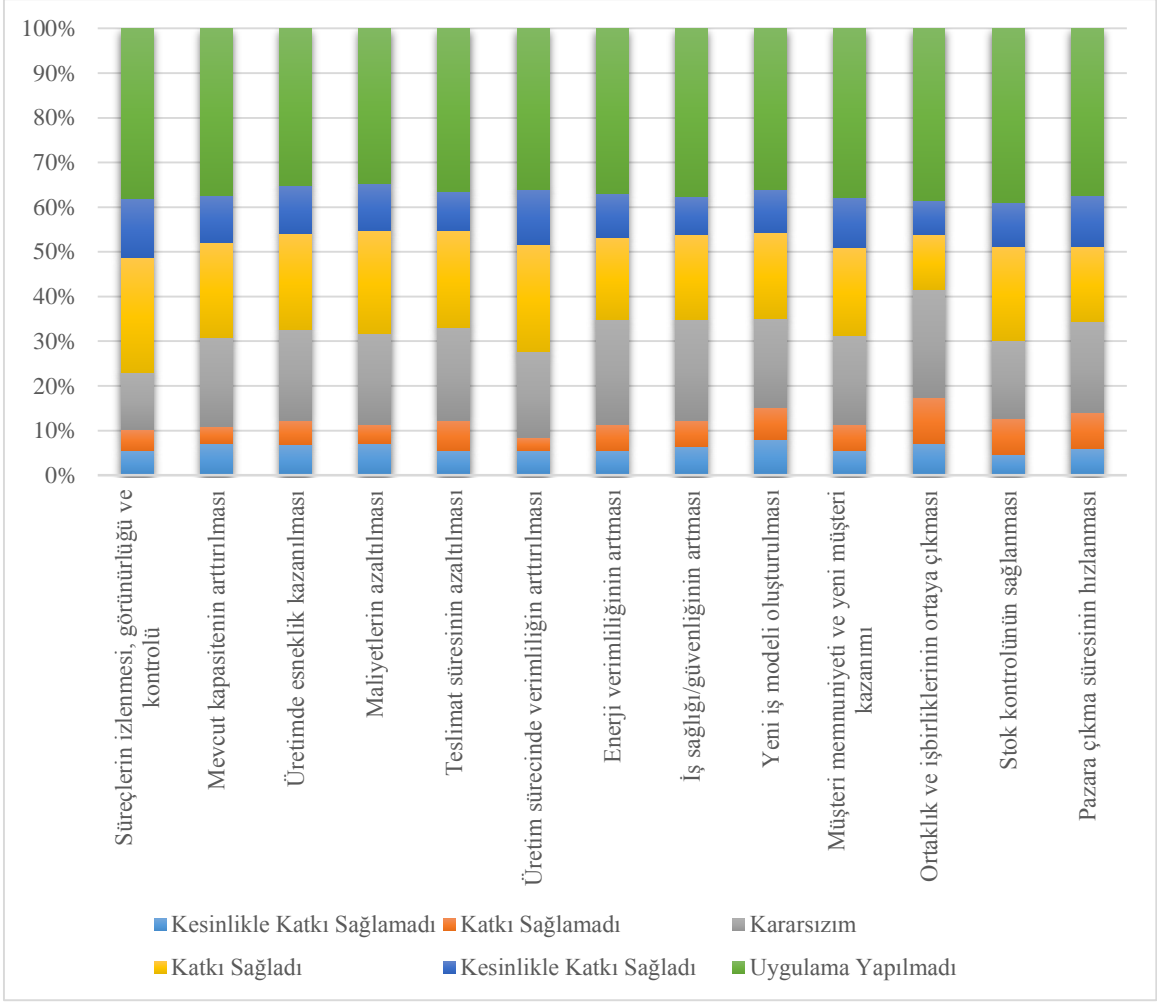
Endüstri 4.0 teknolojilerini kendi işletmesi bünyesinde uygulamaya başlayan işletmelere sorulan 42. soru çerçevesinde bu teknolojilerin ne tür faydalar sağladığı konusuna cevap aranmıştır. Şekil 4.13.'de ilgili sorunun yanıtları sunulmaktadır. Buna göre yaklaşık olarak %40'ı henüz uygulama yapılmaması sebebiyle sonuçlara ilişkin herhangi bir yorum yapmamıştır.

Ankete katılan KOBİ'ler tarafından dördüncü sanayi devrimi kapsamında gerçekleştirilen uygulamaların en fazla "süreçlerin izlenmesi, görünürlüğü ve kontrolüne katkı sağladığı" belirtilmiştir. İkinci sırada ise %36,5'lik bir oran ile üretim sürecinde verimliliğin arttırılmasına katkı sağladığı ifade edilmiştir. Bunlara ek olarak Şekil 4.13.'den görüldüğü üzere ilgili soruya cevap veren katılımcıların yaklaşık olarak 1/3'ü mevcut kapasitenin arttırılmasına, üretimde esneklik kazanılmasına, maliyetlerin azaltılmasına, teslimat süresinin azaltılmasına, müşteri memnuniyeti ve yeni müşteri kazanımına ve son olarak da stok kontrolünün sağlanmasına katkı sağladığını belirtmişlerdir.

Şekil 4.13.'den görüldüğü gibi katkı sağlamadı olarak belirtilen seçenekler arasında en fazla oranda işaretlenen cevaplar; ortaklık ve iş birliklerinin ortaya çıkması, yeni iş modellerinin oluşturulması ve pazara çıkma süresinin hızlanması olarak tespit edilmiştir. Bir başka deyişle ortaklık ve iş birliklerinin ortaya çıkması, yeni iş modellerinin oluşturulması ve pazara çıkma süresinin hızlanması konularında endüstri 4.0 teknolojilerinin veya uygulamalarının işletmedeki üretim süreçlerinde kullanılması diğer katkılara görece daha az etki yaratmaktadır. Diğer taraftan birkaç seçenek haricinde neredeyse tüm fayda seçenekleri için kararsız olduğunu belirten işletme sayısı yaklaşık %20 oranında olarak karşımıza çıkmıştır. Bu sonucun dijital dönüşüm sürecindeki uygulamaların yakın tarihlerde başlatılmış olduğundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Henüz ilgili süreçte katkı sağlayıp sağlamadığı konusunda tam olarak bir yargıya varılamamış olması muhtemeldir.

Diğer taraftan bu faydalar için katkı sağladı veya kesinlikle katkı sağladı olarak belirten katılımcıların sayısı katkı sağlamadı veya kesinlikle katkı sağlamadı olarak belirtenlerden daha fazladır. Sonuçların tümü analiz edildiğinde hiçbir fayda için kesinlikle katkı sağlamadı veya katkı sağlamadı olarak belirtilen cevaplar katkı sağladı veya kesinlikle katkı sağladı olarak belirtilen cevaplardan fazla değildir.

Araştırmaya katılım sağlayan işletmelere anketin sonunda çalışmaya katılım gösterdikleri için bir teşekkür mesajı paylaşılmıştır. Ardından araştırma sonucunda elde edilen çıktıların ve çalışma sonuçlarının kendileriyle paylaşılması konusunda istekli olup olmadıkları sorulmuştur. Bu kapsamda anket çalışmasına katılım sağlayan KOBİ'lerin %71,6'sı araştırma sonuçlarını talep ettiklerini belirtmişlerdir.



Şekil 4.13. Soru 42 kapsamında ankete verilen cevaplar

4.6.3. Ankete ait ilişki analizlerinin incelenmesi

Kategorik (ordinal ya da nominal) özellik taşıyan ve iki veya daha fazla bağımsız gruptan oluşan değişkenlerin arasındaki ilişkinin varlığının tespit edilmesinde Ki-kare testi kullanılmaktadır. Ki-kare Testinin gerçekleştirilebilmesi için iki varsayımın yerine getirilmesi gerekmektedir. İlki her bir değişken için verilerin bağımsızlığının sağlanması; ikincisi ise değişkenler için oluşturulan çapraz tabloda 5'ten küçük gözlem değerine sahip hücre sayısının toplam hücre sayısının %20'sinden az olması şartıdır [122;123;124].

Bu kapsamda anketi oluşturan kategorik değişkenler üzerinden gerçekleştirilen Ki-kare testinde tüm değişkenler için bağımsızlık sağlanmıştır. Ayrıca analizler kapsamında minimum gözlem değeri şartının sağlanmasına yönelik azami önem gösterilmiş olup ilişki analizlerinde en kapsamlı sonuca ulaşılması için bazı analizlerde gruplar arasında birleştirme yapılmıştır.

Ki-kare testi uygulanarak yapılan ilişki analizleri istatistiksel analiz programı aracılığıyla %95 güven düzeyinde gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda ilişki analizlerinde test edilen hipotez genel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir.

$H_0 = x_i$ ve y_j sorularına verilen cevaplar arasında ilişki yoktur.

$H_1 = x_i$ ve y_j sorularına verilen cevaplar arasında ilişki vardır.

$x = 1, 2, 3, \dots, 42$, $y = 1, 2, 3, \dots, 42$, $i = 0, 1, 2, 3, \dots, 16$, $j = 0, 1, 2, 3, \dots, 16$ ve $i \neq j$

(i ve j için 0 değeri sorunun alt sorusunun olmaması durumunu ifade etmektedir.)

Örnek hipotez testi:

$x = 23$, $y = 30$, $i = 7$, $j = 0$

$H_0 =$ Soru 23.7'ye verilen cevaplar ile Soru 30'a verilen cevaplar arasında ilişki yoktur.

$H_1 =$ Soru 23.7'ye verilen cevaplar ile Soru 30'a verilen cevaplar arasında ilişki vardır.

4.6.3.1. Endüstri 4.0 farkındalık ve bilgi düzeyine yönelik ilişki analizleri

Kurumsal kaynak planlaması, ürün yönetimi, malzeme ihtiyaç planlaması ve müşteri ilişkileri yönetimi gibi üçüncü sanayi devrimine konu olan bilgisayar programlarının işletme içerisinde kullanılmasının endüstri 4.0 farkındalık ve bilgi seviyesi üzerindeki etkisi araştırılmak istenmiştir. Bu amaçla soru 11 ve soru 17 arasında ilişki analizi ile karşılaştırma yapılmıştır. Tablo 4.2.'de görüldüğü üzere yapılan analiz sonucunda elde edilen sig. değeri 0 olup hata oranı 0,05'in altında olduğundan H_0 hipotezi reddedilmiştir. Bu çerçevede üçüncü sanayi devrimine ait bilgisayar programlarını kullanmayan veya az bir düzeyde kullanan işletmelerdeki yöneticilerin endüstri 4.0 bilgi ve farkındalık seviyesi düşük çıkmıştır (Tablo 4.2.). Bu programları kullanma seviyesi veya tüm işletme fonksiyonlarını içerecek şekilde kullanma eğilimi arttıkça dördüncü sanayi devrimi hakkında bilgi ve farkındalık düzeyi artmaktadır.

Tablo 4.2. Soru 11 ve soru 17 arasındaki ilişki analizi sonuçları

		Soru 11					Toplam
		Kullanılmamaktadır	2	3	4	Tüm işletme fonksiyonlarını içerecek şekilde kullanılmaktadır	
Soru 17	Neredeyse hiç	82	12	8	2	2	106
	2	30	15	12	5	1	63
	3	38	13	13	18	8	90
	4	28	10	19	21	9	87
	Çok fazla	13	3	11	9	9	45
Toplam		191	53	63	55	29	391
Ki-kare Değeri		83.935		Sig. Değeri		.000	

Yalın üretim yaklaşımı kapsamında KOBİ'lerin bilgi seviyesi ve işletmeler tarafından benimsenme seviyelerinin, endüstri 4.0 farkındalık ve bilgi sahibi olma dereceleri üzerindeki etkisi araştırılmak istenmiştir. Bu amaçla soru 12 ve soru 17 arasında ilişki analizi ile karşılaştırma yapılmıştır. Tablo 4.3.'de görüldüğü üzere yapılan analiz sonucunda elde edilen sig. değeri 0 olup hata oranı 0,05'in altında olduğundan H_0 hipotezi reddedilmiştir. Yalın üretim hakkında bilgi seviyesi az olan işletmelerin endüstri 4.0 hakkında bilgi ve farkındalık seviyesi düşük çıkmıştır. Buna ek olarak Tablo 4.3.'de, yalın üretim hakkında bilgi sahibi olarak işletmesinde başarılı bir şekilde benimseyen ve kültür haline getiren işletmelere doğru gidildikçe dördüncü sanayi devrimi hakkında bilgi ve farkındalık düzeyinin arttığı görülmektedir.

Tablo 4.3. Soru 12 ve soru 17 arasındaki ilişki analizi sonuçları

		Soru 12					Toplam
		Yalın üretim hakkında bilgimiz yok	2	3	4	Başarılı bir şekilde benimsendi ve kültür haline getirildi	
Soru 17	Neredeyse hiç	71	12	17	3	3	106
	2	19	22	13	7	2	63
	3	23	19	32	13	3	90
	4	16	12	34	17	8	87
	Çok fazla	4	5	18	8	10	45
Toplam		133	70	114	48	26	391
Ki-kare Değeri		141.913		Sig. Değeri		.000	

KOBİ'lerin girişimciler, yeni mezunlar, start-up'lar ve kuluçka merkezleri ile etkileşim seviyelerinin endüstri 4.0 hakkında farkındalık ve bilgi sahibi olma düzeyi üzerindeki etkisi araştırılmak istenmiştir. Bu amaçla soru 13 ve soru 17 arasında ilişki analizi ile karşılaştırma yapılmıştır. Tablo 4.4.'de görüldüğü üzere yapılan analiz sonucunda elde edilen sig. değeri 0 olup hata oranı 0,05'in altında olduğundan H_0 hipotezi reddedilmiştir. Girişimciler, yeni mezunlar, kuluçka merkezleri ve start-up'larla etkileşim seviyesi az olan KOBİ'lerin, endüstri 4.0 hakkında da bilgi ve farkındalık seviyesi düşük çıkmıştır (Tablo 4.4.). Buna karşın etkileşimi fazla olan işletmelerin ise endüstri 4.0 hakkındaki bilgi ve farkındalık düzeylerinin fazla olduğu görülmektedir.

Tablo 4.4. Soru 13 ve soru 17 arasındaki ilişki analizi sonuçları

		Soru 13					Toplam
		Neredeyse hiç	2	3	4	Çok fazla	
Soru 17	Neredeyse hiç	65	14	21	3	3	106
	2	25	26	7	3	2	63
	3	23	24	25	12	6	90
	4	20	17	25	17	8	87
	Çok fazla	5	5	6	10	19	45
Toplam		138	86	84	45	38	391

Ki-kare Değeri	137.497	Sig. Değeri	.000
----------------	---------	-------------	------

Üniversitelerle hiç iş birliği yapmadığını ifade eden KOBİ'lerin endüstri 4.0 hakkındaki farkındalık ve bilgi seviyesini ölçmek amacıyla soru 14.1 ile soru 17 arasında ilişki analizi ile karşılaştırma yapılmıştır. Tablo 4.5.'te görüldüğü üzere yapılan analiz sonucunda elde edilen sig. değeri 0 olup hata oranı 0,05'in altında olduğundan H_0 hipotezi reddedilmiştir. Tablo 4.5.'te üniversitelerle iş birliği yapmadığını ifade eden KOBİ'lerin farkındalık düzeyi de alt seviyelerde iken iş birliği yapanlarda farkındalık düzeyi orta ve üzerindedir.

Tablo 4.5. Soru 14.1 ve soru 17 arasındaki ilişki analizi sonuçları

		Soru 17					Toplam
		Neredeyse hiç	2	3	4	Çok fazla	
Soru 14.1	“Üniversitelerle hiçbir işbirliği çalışması yapılmamıştır.” seçeneğini işaretleyenler	85	35	46	32	13	211
	“Üniversitelerle hiçbir işbirliği çalışması yapılmamıştır.” seçeneğini işaretlemeyenler	21	28	44	55	32	180
Toplam		106	63	90	87	45	391

Ki-kare Değeri	51.432	Sig. Değeri	.000
----------------	--------	-------------	------

Orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyinde faaliyet gösteren işletmelerin teknoloji geliştirme bölgelerindeki dijital dönüşüm tedarikçilerinden ve hizmetlerinden haberdar olma ve birlikte çalışma durumlarının, endüstri 4.0 hakkında farkındalık ve bilgi seviyesi üzerindeki etkisi araştırılmak istenmiştir. Bu amaçla soru 15 ve soru 17 arasında ilişki analizi ile karşılaştırma yapılmıştır. Tablo 4.6.'da görüldüğü üzere yapılan analiz sonucunda elde edilen sig. değeri 0 olup hata oranı 0,05'in altında olduğundan H_0 hipotezi reddedilmiştir. TGB'lerde yer alan dijital dönüşüm tedarikçileri hakkında bilgi sahibi olan işletmelerin endüstri 4.0 hakkında bilgi ve farkındalık seviyesinin de yüksek olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.6.).

Tablo 4.6. Soru 15 ve soru 17 arasındaki ilişki analizi sonuçları

		Soru 15			Toplam
		Bilgimiz yok ve birlikte çalışmamız olmadı	Bilgimiz var ancak çalışmamız olmadı	Bilgimiz var ve birlikte çalışmamız oldu	
Soru 17	Neredeyse hiç	68	29	9	106
	2	26	35	2	63
	3	30	52	8	90
	4	24	42	21	87
	Çok fazla	6	31	8	45
Toplam		154	189	48	391
Ki-kare Değeri		61.562	Sig. Değeri		.000

4.6.3.2. Endüstri 4.0 kapsamında üniversiteyle birlikte çalışma yapılmasına yönelik ilişki analizleri

Orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyinde faaliyet gösteren işletmelerin ölçek büyüklüklerinin endüstri 4.0 konusunda üniversite ile birlikte çalışma yapılması üzerindeki etkisi araştırılmak istenmiştir. Bu amaçla soru 7 ve soru 19 arasında ilişki analizi ile karşılaştırma yapılmıştır. Tablo 4.7.'de görüldüğü üzere yapılan analiz sonucunda elde edilen sig. değeri 0,005 olup hata oranı 0,05'in altında olduğundan H_0 hipotezi reddedilmiştir. Buna göre mikro ölçekli işletmelerin endüstri 4.0 konusunda üniversitelerle birlikte çalışma seviyeleri oldukça düşükken orta ve küçük ölçekli işletmeler üniversitelerle iş birliği yapma konusunda planlamalar yapmakta ve girişimde bulunmaktadır (Tablo 4.7.).

Tablo 4.7. Soru 7 ve soru 19 arasındaki ilişki analizi sonuçları

		Soru 7			Toplam
		Mikro	Küçük	Orta	
Soru 19	Birlikte çalışılması düşünülmemektedir	53	33	19	105
	Birlikte çalışma konusunda engeller bulunmaktadır	54	36	18	108
	Planlamalar yapılmaktadır	49	43	45	137
	Gerekli görüşmeler başlatılmıştır	3	7	10	20
	Birlikte çalışma yürütülmektedir	8	6	7	21
Toplam		167	125	99	391
Ki-kare Değeri		22.061	Sig. Değeri		.005

KOBİ'lerin üniversite ile iş birliği çalışması yapmamış olmasının, endüstri 4.0 konusunda da üniversite ile birlikte çalışma yapılması üzerindeki etkisi araştırılmak istenmiştir. Bu amaçla soru 14.1 ile soru 19 arasında ilişki analizi ile karşılaştırma yapılmıştır. Tablo 4.8.'de görüldüğü üzere yapılan analiz sonucunda elde edilen sig. değeri

0 olup hata oranı 0,05'in altında olduğundan H_0 hipotezi reddedilmiştir. Üniversiteyle hiçbir iş birliği çalışması yapılmadığını belirten KOBİ'lerin büyük bir kısmı, endüstri 4.0 kapsamında da üniversiteyle birlikte çalışma yapılmasının düşünülmediğini veya birlikte çalışma konusunda engeller olduğunu belirtilmiştir. Buna rağmen üniversiteyle hiçbir iş birliği yapmayan KOBİ'lerin %25'i dördüncü sanayi devrimi unsurları hakkında üniversite ile çalışma konusunda planlamalar içerisinde olduğunu ifade etmiştir (Tablo 4.8.).

Bu sonuç kapsamında her ne kadar ilgili işletme ile üniversiteler yıllardır bir arada iş birliği içerisinde çalışma yürütmemiş olsa da dördüncü sanayi devrimi kapsamında KOBİ'lerin bir araya gelme konusunda istekli oldukları düşünülmektedir.

Tablo 4.8. Soru 14.1 ve soru 19 arasındaki ilişki analizi sonuçları

		Soru 19					Toplam
		Birlikte çalışılması düşünülmemektedir	Birlikte çalışma konusunda engeller bulunmaktadır	Planlamalar yapılmaktadır	Gerekli görüşmeler başlatılmıştır	Birlikte çalışma yürütülmektedir	
Soru 14.1	“Hiçbir işbirliği çalışması yapılmamaktadır.” seçeneğini işaretleyenler	78	73	56	2	2	211
	“Hiçbir işbirliği çalışması yapılmamaktadır.” seçeneğini işaretlemeyenler	27	35	81	18	19	180
Toplam		105	108	137	20	21	391
Ki-kare Değeri		67.231		Sig. Değeri		.000	

KOBİ'lerin ürün geliştirme konusunda üniversiteler ile iş birliği yaparak teknik destek almasının, endüstri 4.0 konusunda da üniversite ile birlikte çalışılması üzerindeki etkisi araştırılmak istenmiştir. Bu amaçla soru 14.3 ile soru 19 arasında ilişki analizi ile karşılaştırma yapılmıştır. Tablo 4.9.'da görüldüğü üzere yapılan analiz sonucunda elde edilen sig. değeri 0 olup hata oranı 0,05'in altında olduğundan H_0 hipotezi reddedilmiştir. Üniversiteyle ürün geliştirilmesi konusunda teknik destek alan KOBİ'lerin büyük bir kısmı endüstri 4.0 kapsamında da üniversiteyle iş birliği yapılması konusunda planlamalar ile görüşmeler yapmakta ve çalışmalar yürütmektedirler (Tablo 4.9.).

Bu çerçevede üniversitelerle iş yapan orta-yüksek ve yüksek teknolojide faaliyet gösteren imalatçı KOBİ'lerin üniversitelerle yaptıkları çalışmalardan memnun oldukları ve endüstri 4.0 kapsamında da onlarla çalışmayı planladıkları sonucu çıkarılabilmektedir.

Tablo 4.9. Soru 14.3 ve soru 19 arasındaki ilişki analizi sonuçları

		Soru 19					Toplam
		Birlikte çalışması düşünülmektedir	Birlikte çalışma konusunda engeller bulunmaktadır	Planlamalar yapılmaktadır	Gerekli görüşmeler başlatılmıştır	Birlikte çalışma yürütülmektedir	
Soru 14.3	“Ürün geliştirilmesi konusunda teknik destek alınmaktadır.” seçeneğini işaretleyenler	16	10	53	15	13	107
	“Ürün geliştirilmesi konusunda teknik destek alınmaktadır.” seçeneğini işaretlemeyenler	89	98	84	5	8	284
Toplam		105	108	137	20	21	391
Ki-kare Değeri		69.850		Sig. Değeri		.000	

4.6.3.3. Desteklere ait bilgi ve farkındalık düzeyine yönelik ilişki analizleri

KOBİ’lerin üniversite ile iş birliği çalışması yapmamış olmasının ar-ge, yenilik, teknoloji geliştirme veya endüstri 4.0 konularında sağlanan destekler hakkında bilgi veya farkındalık seviyesi üzerindeki etkisi araştırılmak istenmiştir. Bu amaçla soru 14.1 ile soru 20 arasında ilişki analizi ile karşılaştırma yapılmıştır. Tablo 4.10.’da görüldüğü üzere yapılan analiz sonucunda elde edilen sig. değeri 0 olup hata oranı 0,05’in altında olduğundan H_0 hipotezi reddedilmiştir. Tablo 4.10.’dan üniversiteyle hiçbir iş birliği çalışması yapmayan KOBİ’lerin büyük bir kısmının ar-ge, yenilik, teknoloji geliştirme ve endüstri 4.0 konularında sağlanan destekler hakkında bilgi veya farkındalık seviyelerinin zayıf olduğu görülmektedir.

Tablo 4.10. Soru 14.1 ve soru 20 arasındaki ilişki analizi sonuçları

		Soru 20					Toplam
		Neredeyse hiç	2	3	4	Çok fazla	
Soru 14.1	“Hiçbir işbirliği çalışması yapılmamaktadır.” seçeneğini işaretleyenler	85	43	52	18	13	211
	“Hiçbir işbirliği çalışması yapılmamaktadır.” seçeneğini işaretlemeyenler	25	29	61	40	25	180
Toplam		110	72	113	58	38	391
Ki-kare Değeri		46.133		Sig. Değeri		.000	

KOBİ'lerin ürün geliştirme konusunda üniversiteler ile iş birliği yaparak teknik destek almasının, ar-ge, yenilik, teknoloji geliştirme veya endüstri 4.0 konularında sağlanan destekler hakkında bilgi veya farkındalık düzeyi üzerindeki etkisi araştırılmak istenmiştir. Bu amaçla soru 14.3 ile soru 20 arasında ilişki analizi ile karşılaştırma yapılmıştır. Tablo 4.11.'de görüldüğü üzere yapılan analiz sonucunda elde edilen sig. değeri 0 olup hata oranı 0,05'in altında olduğundan H_0 hipotezi reddedilmiştir. Tablo 4.11.'de kapsamında üniversiteyle ürün geliştirilmesi konusunda teknik destek alındığını belirten KOBİ'lerin %70'inin ar-ge, yenilik, teknoloji geliştirme veya endüstri 4.0 konularında sağlanan destekler hakkında orta derece ve üzerinde bilgi sahibi olduğu görülmektedir.

Tablo 4.11. Soru 14.3 ve soru 20 arasındaki ilişki analizi sonuçları

		Soru 20					Toplam
		Neredeyse hiç	2	3	4	Çok fazla	
Soru 14.3	“Ürün geliştirilmesi konusunda teknik destek alınmaktadır.” seçeneğini işaretleyenler	15	15	31	25	21	107
	“Ürün geliştirilmesi konusunda teknik destek alınmaktadır.” seçeneğini işaretlemeyenler	95	57	82	33	17	284
Toplam		110	72	113	58	38	391
Ki-kare Değeri		34.083		Sig. Değeri		.000	

İşletmelerin personel temini konusunda üniversitelerle birlikte çalışmalarının ar-ge, yenilik, teknoloji geliştirme veya endüstri 4.0 konularında sağlanan destekler hakkında bilgi veya farkındalık düzeyi üzerindeki etkisi araştırılmak istenmiştir. Bu amaçla soru 14.5 ile soru 20 arasında ilişki analizi ile karşılaştırma yapılmıştır. Tablo 4.12.'de görüldüğü üzere yapılan analiz sonucunda elde edilen sig. değeri 0 olup hata oranı 0,05'in altında olduğundan H_0 hipotezi reddedilmiştir. Üniversiteyle personel temini konusunda birlikte çalışması bulunmadığını ifade eden KOBİ'lerin ar-ge, yenilik, teknoloji geliştirme veya endüstri 4.0 konularında sağlanan destekler hakkında orta derece ve alt seviyede farkındalığa sahip olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.12.).

Tablo 4.12. Soru 14.5 ve soru 20 arasındaki ilişki analizi sonuçları

		Soru 20					Toplam
		Neredeyse hiç	2	3	4	Çok Fazla	
Soru 14.5	“Personel temini konusunda birlikte çalışmamız bulunmaktadır.” seçeneğini işaretleyenler	6	6	16	15	16	59
	“Personel temini konusunda birlikte çalışmamız bulunmaktadır.” seçeneğini işaretlemeyenler	104	66	97	43	22	332
Toplam		110	72	113	58	38	391
Ki-kare Değeri		37.511		Sig. Değeri		.000	

İşletmelerin endüstri 4.0 hakkındaki bilgi ve farkındalık seviyelerinin ar-ge, yenilik, teknoloji geliştirme veya endüstri 4.0 konularında sağlanan destekler hakkında bilgi veya farkındalık düzeyi üzerindeki etkisi araştırılmak istenmiştir. Bu amaçla soru 17 ile soru 20 arasında ilişki analizi ile karşılaştırma yapılmıştır. Tablo 4.13.’de görüldüğü üzere yapılan analiz sonucunda elde edilen sig. değeri 0 olup hata oranı 0,05’in altında olduğundan H_0 hipotezi reddedilmiştir. KOBİ’lerin endüstri 4.0 hakkında bilgi ve farkındalık düzeyleri azaldıkça ar-ge, yenilik, teknoloji geliştirme veya endüstri 4.0 konularında sağlanan destekler hakkında bilgi veya farkındalık derecesi de azalmaktadır (Tablo 4.13.).

Tablo 4.13. Soru 17 ve soru 20 arasındaki ilişki analizi sonuçları

		Soru 17					Toplam
		Neredeyse hiç	2	3	4	Çok fazla	
Soru 20	Nerdeyse hiç	70	16	13	8	3	110
	2	20	29	17	5	1	72
	3	10	16	44	31	12	113
	4	3	2	12	34	7	58
	Çok fazla	3	0	4	9	22	38
Toplam		106	63	90	87	45	391
Ki-kare Değeri		282.568		Sig. Değeri		.000	

4.6.3.4. Üretimde çalışan ile makine arası bağlantı teknolojilerine yönelik ilişki analizleri

KOBİ’lerin ölçek büyüklüğünün, işletmenin üretim süreçlerindeki personel ile makine arasındaki bağlantı teknolojileri üzerindeki etkisi araştırılmak istenmiştir. Bu amaçla soru 7 ve soru 25.1 arasında ilişki analizi ile karşılaştırma yapılmıştır. Tablo 4.14.’de görüldüğü üzere yapılan analiz sonucunda elde edilen sig. değeri 0 olup hata oranı 0,05’in altında

olduğundan H_0 hipotezi reddedilmiştir. Buna göre işletme ölçeği küçüldükçe çalışan-makine arasında karşılıklı bilgi değişiminin varlığı azalmaktadır (Tablo 4.14.).

Tablo 4.14. Soru 7 ve soru 25.1 arasındaki ilişki analizi sonuçları

		Soru 7			Toplam	
		Mikro	Küçük	Orta		
Soru 25.1	“Çalışan-makine arasında karşılıklı bilgi değişimi yoktur.” seçeneğini işaretleyenler	99	62	25	186	
	“Çalışan-makine arasında karşılıklı bilgi değişimi yoktur.” seçeneğini işaretlemeyenler	68	63	74	205	
Toplam		167	125	99	391	
Ki-kare Değeri		29.161		Sig. Değeri		.000

KOBİ’lerin yalın üretim yaklaşımı kapsamında bilgi ve benimseme seviyelerinin işletmenin üretim süreçlerindeki personel ile makine arasındaki bağlantı teknolojileri üzerindeki etkisi araştırılmak istenmiştir. Bu amaçla soru 12 ve soru 25.1 arasında ilişki analizi ile karşılaştırma yapılmıştır. Tablo 4.15.’te görüldüğü üzere yapılan analiz sonucunda elde edilen sig. değeri 0 olup hata oranı 0,05’in altında olduğundan H_0 hipotezi reddedilmiştir. Tablo 4.15.’te, işletmelerin yalın üretim konusunda bilgileri ve benimseme düzeyi arttıkça oransal olarak çalışan ile makine arasında bilgi değişimi olmadığını belirtenlerin sayısının azaldığı görülmektedir.

Tablo 4.15. Soru 12 ve soru 25.1 arasındaki ilişki analizi sonuçları

		Soru 12					Toplam
		Yalın üretim hakkında bilgilerimiz yok	2	3	4	Başarılı bir şekilde benimsendi ve kültür haline getirdi	
Soru 25.1	“Çalışan-makine arasında karşılıklı bilgi değişimi yoktur.” seçeneğini işaretleyenler	80	43	44	13	6	186
	“Çalışan-makine arasında karşılıklı bilgi değişimi yoktur.” seçeneğini işaretlemeyenler	53	27	70	35	20	205
Toplam		133	70	114	48	26	391
Ki-kare Değeri		31.842		Sig. Değeri		.000	

İşletmelerin endüstri 4.0 hakkındaki bilgi ve farkındalık seviyelerinin üretim süreçlerindeki personel ile makine arasındaki bağlantı teknolojileri üzerindeki etkisi araştırılmak istenmiştir. Bu amaçla soru 17 ve soru 25.4 arasında ilişki analizi ile karşılaştırma yapılmıştır. Tablo 4.16.’da görüldüğü üzere yapılan analiz sonucunda elde edilen sig. değeri 0 olup hata oranı 0,05’in altında olduğundan H_0 hipotezi reddedilmiştir. Tablo 4.16.’dan, KOBİ’lerin endüstri 4.0 hakkında bilgi ve farkındalık düzeyleri azaldıkça

çalışan ile makine arasında bağlantı teknolojisi olarak mobil kullanıcı ara yüzlerinin daha kullanılma durumuna ilişkin oranında düştüğü gözlenmektedir.

Tablo 4.16. Soru 17 ve soru 25.4 arasındaki ilişki analizi sonuçları

		Soru 17					Toplam
		Neredeyse hiç	2	3	4	Çok fazla	
Soru 25.4	“Mobil olarak kullanıcı arayüzleri kullanılmaktadır.” seçeneğini işaretleyenler	1	4	4	12	15	36
	“Mobil olarak kullanıcı arayüzleri kullanılmaktadır.” seçeneğini işaretlemeyenler	105	59	86	75	30	355
Toplam		106	63	90	87	45	391
Ki-kare Değeri		45.240		Sig. Değeri		.000	

4.6.3.5. Verinin kullanım amacına yönelik ilişki analizleri

KOBİ’lerin ölçek büyüklüğünün işletme içerisindeki verinin kullanım amacı üzerine etkisi araştırılmak istenmiştir. Bu amaçla soru 7 ve soru 26.1 arasında ilişki analizi ile karşılaştırma yapılmıştır. Tablo 4.17.’de görüldüğü üzere yapılan analiz sonucunda elde edilen sig. değeri 0,002 olup hata oranı 0,05’in altında olduğundan H_0 hipotezi reddedilmiştir. Herhangi bir veri kullanımı ve veri analizi yapılmaması durumunun orta ölçekli işletmelerde mikro ve küçük ölçekli işletmelerde göre daha az olduğu görülmüştür (Tablo 4.17.). Buna karşın orta ölçekli işletmelerin %90’ının, verinin kullanım amacına yönelik olarak 26. soru ait diğer seçenekleri işaretledikleri belirlenmiştir.

Tablo 4.17. Soru 7 ve soru 26.1 arasındaki ilişki analizi sonuçları

		Soru 7			Toplam		
		Mikro	Küçük	Orta			
Soru 26.1	“Herhangi bir veri kullanımı ve veri analizi yapılmamaktadır.” seçeneğini işaretleyenler	42	17	9	68		
	“Herhangi bir veri kullanımı ve veri analizi yapılmamaktadır.” seçeneğini işaretlemeyenler	125	108	90	323		
Toplam		167	125	99	391		
Ki-kare Değeri		12.995		Sig. Değeri		.002	

KOBİ’lerin üniversitelerden üretim prosesi geliştirilmesi konusunda teknik destek almasının işletme içerisindeki verinin kullanım amacı üzerine etkisi araştırılmak istenmiştir. Bu amaçla soru 14.4 ve soru 26.1 arasında ilişki analizi ile karşılaştırma yapılmıştır. Tablo 4.18.’de görüldüğü üzere yapılan analiz sonucunda elde edilen sig. değeri 0,003 olup hata oranı 0,05’in altında olduğundan H_0 hipotezi reddedilmiştir. Üniversitelerden üretim prosesi

geliştirilmesi konusunda teknik destek alanların neredeyse tamamı, işletme içerisinde verileri kullandığını ve veri analizi çalışmaları yaptığını belirtmiştir (Tablo 4.18.).

Tablo 4.18. Soru 14.4 ve soru 26.1 arasındaki ilişki analizi sonuçları

		Soru 14.4		
		“Üretim projesi geliştirilmesi konusunda teknik destek alınmaktadır.” seçeneğini işaretlemeyenler	“Üretim projesi geliştirilmesi konusunda teknik destek alınmaktadır.” seçeneğini işaretleyenler	Toplam
Soru 26.1	“Herhangi bir veri kullanımı ve veri analizi yapılmamaktadır.” seçeneğini işaretleyenler	67	1	68
	“Herhangi bir veri kullanımı ve veri analizi yapılmamaktadır.” seçeneğini işaretlemeyenler	277	46	323
Toplam		344	47	391
Ki-kare Değeri		8.663	Sig. Değeri	.003

KOBİ’lerin endüstri 4.0 konusunda üniversite ile birlikte çalışılma durumunun işletme içerisindeki verinin kullanım amacı üzerine etkisi araştırılmak istenmiştir. Bu amaçla soru 19 ve soru 26.1 arasında ilişki analizi ile karşılaştırma yapılmıştır. Tablo 4.19.’da görüldüğü üzere yapılan analiz sonucunda elde edilen sig. değeri 0,001 olup hata oranı 0,05’in altında olduğundan H_0 hipotezi reddedilmiştir. İşletmelerin endüstri 4.0 konusunda üniversite ile birlikte çalışılma yapma konusunu düşünmeyenler veya engeller olduğun belirtenlerin dörtte biri herhangi bir veri kullanımı veya veri analizi yapılmadığını belirtmişlerdir. Oysaki Tablo 4.19.’da, dijital devrim konusunda üniversitelerle çalışılması için somut adım atarak gerekli görüşmelere başlayan ve çalışma yürütenlerin neredeyse tamamında, işletme içerisinde verilerin kullanıldığı ve veri analizine yönelik uygulamaların yapıldığı görülmektedir.

Tablo 4.19. Soru 19 ve soru 26.1 arasındaki ilişki analizi sonuçları

		Soru 19					Toplam
		Birlikte çalışılması düşünülmemektedir	Birlikte çalışma konusunda engeller bulunmaktadır	Planlamalar yapılmaktadır	Gerekli görüşmeler başlatılmıştır	Birlikte çalışma yürütülmektedir	
Soru 26.1	“Herhangi bir veri kullanımı ve veri analizi yapılmamaktadır.” seçeneğini işaretleyenler	22	30	14	1	1	68
	“Herhangi bir veri kullanımı ve veri analizi yapılmamaktadır.” seçeneğini işaretlemeyenler	83	78	123	19	20	323
Toplam		105	108	137	20	21	391
Ki-kare Değeri		18.411	Sig. Değeri				.001

Soru 14.4 ve soru 19 ile soru 26.1'a verilen cevaplar birlikte ele alındığında üniversitelerin teknolojik gelişmeler ve sanayideki dijital dönüşümle birlikte işletmeler için en kıymetli varlıklar arasına giren veri kapsamında KOBİ'ler için çok önemli bir paydaş görevi üstlendiği görülmektedir. Bu sebeple işletmelerin hem veri toplama, analiz etme ve yorumlayarak pazarda pozisyon alma konusunda hem de endüstri 4.0'a geçiş sürecinde üniversitelerden daha fazla yararlanması gerektiği düşünülmektedir.

4.6.3.6. Gerçek zamanlı veri takibine yönelik ilişki analizleri

Kurumsal kaynak planlaması, ürün yönetimi, malzeme ihtiyaç planlaması ve müşteri ilişkileri yönetimi gibi üçüncü sanayi devrimine konu olan bilgisayar programlarının işletme içerisinde kullanılma düzeyinin, firmadaki gerçek zamanlı veri takibi yapılma düzeyi üzerine etkisi araştırılmak istenmiştir. Bu amaçla soru 11 ve soru 27 arasında ilişki analizi ile karşılaştırma yapılmıştır. Tablo 4.20.'de görüldüğü üzere yapılan analiz sonucunda elde edilen sig. değeri 0 olup hata oranı 0,05'in altında olduğundan H_0 hipotezi reddedilmiştir. Endüstri 3.0 kapsamında program ve yazılımların kullanılma düzeyi düştükçe gerçek zamanlı veri takibinin yapılma düzeyinin azaldığı tespit edilmiştir (Tablo 4.20.).

Tablo 4.20. Soru 11 ve soru 27 arasındaki ilişki analizi sonuçları

		Soru 11					Toplam
		Kullanılmamaktadır	2	3	4	Tüm işletme fonksiyonlarını içerecek şekilde kullanılmaktadır	
Soru 27	Neredeyse hiç	73	15	4	1	0	93
	2	53	17	11	7	2	90
	3	44	15	36	21	5	121
	4	10	4	8	21	12	55
	Çok fazla	11	2	4	5	10	32
Toplam		191	53	63	55	29	391
Ki-kare Değeri		152.180		Sig. Değeri		.000	

KOBİ'lerin endüstri 4.0 konusunda üniversite ile birlikte çalışılma durumunun firmadaki gerçek zamanlı veri takibi yapılma düzeyi üzerine etkisi araştırılmak istenmiştir. Bu amaçla soru 27'nin seçeneklerine verilen cevaplar gruplandırılmış ardından soru 19 ve soru 27 arasında ilişki analizi ile karşılaştırma yapılmıştır. Tablo 4.21.'de görüldüğü üzere yapılan analiz sonucunda elde edilen sig. değeri 0 olup hata oranı 0,05'in altında olduğundan H_0 hipotezi reddedilmiştir. Endüstri 4.0 konusunda üniversitelerle çalışılması için somut adım atarak gerekli görüşmelere başlayan ve çalışma yürüten KOBİ'lerin yaklaşık %90'ı

orta veya fazla düzeyde işletmelerinde gerçek zamanlı veri takibi gerçekleştirebilmektedir (Tablo 4.21.). Diğer taraftan üniversite ile birlikte çalışma yapmayı düşünmeyenler veya engeller olduğunu belirtenlerin %60'ndan fazlası ise az düzeyde gerçek zamanlı veri takibi yapabilmektedir.

Tablo 4.21. Soru 19 ve soru 27 arasındaki ilişki analizi sonuçları

		Soru 19					Toplam
		Birlikte çalışılması düşünülmemektedir	Birlikte çalışma konusunda engeller bulunmaktadır	Planlamalar yapılmaktadır	Gerekli görüşmeler başlatılmıştır	Birlikte çalışma yürütülmektedir	
Soru 27	Az	62	62	53	1	5	183
	Orta	28	33	44	8	8	121
	Çok	15	13	40	11	8	87
Toplam		105	108	137	20	21	391
Ki-kare Değeri		42.328		Sig. Değeri		.000	

4.6.3.7. Veri güvenliğine yönelik ilişki analizleri

KOBİ'lerin ölçek büyüklüğünün, işletmelerdeki veri güvenliği kapsamındaki çalışmalar üzerindeki etkisi araştırılmak istenmiştir. Bu amaçla soru 7 ve soru 28 arasında ilişki analizi ile karşılaştırma yapılmıştır. Tablo 4.22.'de görüldüğü üzere yapılan analiz sonucunda elde edilen sig. değeri 0,002 olup hata oranı 0,05'in altında olduğundan H_0 hipotezi reddedilmiştir. Orta ölçekli işletmelerde mikro ve küçük işletmelere göre, küçük işletmelerde ise mikro işletmelere göre daha fazla oranda veri güvenliğine ilişkin çalışma yapıldığı görülmektedir (Tablo 4.22.).

Tablo 4.22. Soru 7 ve soru 28 arasındaki ilişki analizi sonuçları

		Soru 7			Toplam		
		Mikro	Küçük	Orta			
Soru 28	“Veri güvenliğine ilişkin çalışma vardır.” seçeneğini işaretleyenler	71	75	77	223		
	“Veri güvenliğine ilişkin çalışma vardır.” seçeneğini işaretlemeyenler	96	50	22	168		
Toplam		167	125	99	391		
Ki-kare Değeri		32.199		Sig. Değeri		.002	

Kurumsal kaynak planlaması, ürün yönetimi, malzeme ihtiyaç planlaması ve müşteri ilişkileri yönetimi gibi üçüncü sanayi devrimine konu olan bilgisayar programlarının işletme içerisinde kullanılma düzeyinin işletmelerdeki veri güvenliği kapsamındaki çalışmalar

üzerindeki etkisi araştırılmak istenmiştir. Bu amaçla soru 11 ve soru 28 arasında ilişki analizi ile karşılaştırma yapılmıştır. Tablo 4.23.'de görüldüğü üzere yapılan analiz sonucunda elde edilen sig. değeri 0 olup hata oranı 0,05'in altında olduğundan H_0 hipotezi reddedilmiştir. Endüstri 3.0 kapsamında program ve yazılımlarını kullanma düzeyi arttıkça veri güvenliği üzerine çalışma yapılma oranı artmaktadır (Tablo 4.23.)

Tablo 4.23. Soru 11 ve soru 28 arasındaki ilişki analizi sonuçları

		Soru 11					Toplam
		Kullanılmamaktadır	2	3	4	Tüm işletme fonksiyonlarını içerecek şekilde kullanılmaktadır	
Soru 28	“Veri güvenliğine ilişkin çalışma vardır.” seçeneğini işaretleyenler	71	32	44	49	27	223
	“Veri güvenliğine ilişkin çalışma vardır.” seçeneğini işaretlemeyenler	120	21	19	6	2	168
Toplam		191	53	63	55	29	391

Ki-kare Değeri 73.665 Sig. Değeri .000

KOBİ'lerin yalın üretim yaklaşımı kapsamında bilgi ve benimsenme seviyelerinin işletme içerisinde kullanılma düzeyinin işletmelerdeki veri güvenliği kapsamındaki çalışmalar üzerindeki etkisi araştırılmak istenmiştir. Bu amaçla soru 12 ve soru 28 arasında ilişki analizi ile karşılaştırma yapılmıştır. Tablo 4.24.'de görüldüğü üzere yapılan analiz sonucunda elde edilen sig. değeri 0 olup hata oranı 0,05'in altında olduğundan H_0 hipotezi reddedilmiştir. İşletmelerin yalın üretim konusunda bilgileri ve benimseme düzeyi arttıkça veri güvenliği üzerine çalışma yapılma oranı artmaktadır (Tablo 4.24.).

Tablo 4.24. Soru 12 ve soru 28 arasındaki ilişki analizi sonuçları

		Soru 12				Toplam	
		Yalın üretim hakkında bilgimiz yok	2	3	4		Başarılı bir şekilde benimsendi ve kültür haline getirildi
Soru 28	“Veri güvenliğine ilişkin çalışma vardır.” seçeneğini işaretleyenler	50	35	77	40	21	223
	“Veri güvenliğine ilişkin çalışma vardır.” seçeneğini işaretlemeyenler	83	35	37	8	5	168
Toplam		133	70	114	48	26	391

Ki-kare Değeri 46.588 Sig. Değeri .000

İşletmelerin endüstri 4.0 hakkındaki bilgi ve farkındalık seviyelerinin işletme içerisinde kullanılma düzeyinin işletmelerdeki veri güvenliği kapsamındaki çalışmalar

üzerindeki etkisi araştırılmak istenmiştir. Bu amaçla soru 17 ve soru 28 arasında ilişki analizi ile karşılaştırma yapılmıştır. Tablo 4.25.'te görüldüğü üzere yapılan analiz sonucunda elde edilen sig. değeri 0 olup hata oranı 0,05'in altında olduğundan H_0 hipotezi reddedilmiştir. Tablo 4.25.'te KOBİ'lerin endüstri 4.0 hakkında bilgi ve farkındalık düzeyleri arttıkça veri güvenliği üzerine çalışma yapılma oranının da arttığı görülmektedir.

Bilgi ve farkındalık düzeyi fazla olan işletmeler veri güvenliği ile ilgili daha fazla çalışma yapmaktadırlar. Ancak diğer taraftan farkındalığı yüksek olmayanlar bununla ilgili adımlar atmamaktadır. Bu analiz sonucunda endüstri 4.0 bilgi ve farkındalık düzeyinin artırılması gerekliliğin önemli olduğu ortaya çıkmaktadır ki bu sayede işletmeler veri güvenliğine yönelik adımlar atabilsinler.

Tablo 4.25. Soru 17 ve soru 28 arasındaki ilişki analizi sonuçları

		Soru 17					Toplam
		Neredeyse hiç	2	3	4	Çok fazla	
Soru 28	“Veri güvenliğine ilişkin çalışma vardır.” seçeneğini işaretleyenler	37	36	52	62	36	223
	“Veri güvenliğine ilişkin çalışma vardır.” seçeneğini işaretlemeyenler	69	27	38	25	9	168
Toplam		106	63	90	87	45	391
Ki-kare Değeri		38.076		Sig. Değeri		.000	

4.6.3.8. Endüstri 4.0 kapsamında stratejik plan veya yol haritasına yönelik ilişki analizleri

İşletmelerin endüstri 4.0 hakkındaki bilgi ve farkındalık seviyelerinin, dördüncü sanayi devrimine ilişkin stratejik plan veya yol haritasının hazırlanma durumu üzerindeki etkisi araştırılmak istenmiştir. Bu amaçla soru 17'nin seçeneklerine verilen cevaplar gruplandırılmış ardından soru 17 ve soru 29 arasında ilişki analizi ile karşılaştırma yapılmıştır. Tablo 4.26.'da görüldüğü üzere yapılan analiz sonucunda elde edilen sig. değeri 0 olup hata oranı 0,05'in altında olduğundan H_0 hipotezi reddedilmiştir. Endüstri 4.0 kapsamında stratejisi olanların %60'ının dördüncü sanayi devrimi konusunda bilgi ve farkındalık düzeyinin yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 4.26.). Diğer taraftan endüstri 4.0 konusunda bilgi seviyesi az olanların yaklaşık %60'ının ise strateji belirlemediği ve bu konuda planlamasının dahi olmadığı tespit edilmiştir.

Bu analiz sonucunda bilgi ve farkındalık seviyesi arttıkça endüstri 4.0'a yönelik adımların atıldığı, sektörde rekabet avantajını kaybetmemek için stratejilerin belirlendiği ve bu stratejilere uygun olarak da aksiyonlar alındığı düşünülmektedir.

Tablo 4.26. Soru 17 ve soru 29 arasındaki ilişki analizi sonuçları

		Soru 17			Toplam
		Az	Orta	Fazla	
Soru 29	Yok ve planlarımız arasında yer almamaktadır	100	26	23	149
	Geliştirilmesi planlanmaktadır	53	41	47	141
	Strateji var ama uygulamaya geçilmemiştir	11	10	21	42
	Stratejimiz var ve uygulamaya geçirmek için çalışmalar başlamıştır	3	12	33	48
	Var ve tamamen ona sadık bir şekilde uygulama yapılmaktadır	2	1	8	11
Toplam		169	90	132	391
Ki-kare Değeri		86.048		Sig. Değeri	.000

4.6.3.9. Çalışanların yeni teknolojilere bakış açılarına yönelik ilişki analizleri

Endüstri 4.0 konusundaki işletme politikalarının çalışanların yeni teknolojilerine bakış açısı üzerine etkisi araştırılmak istenmiştir. Bu amaçla soru 22 ve soru 37 arasında ilişki analizi ile karşılaştırma yapılmıştır. Tablo 4.27.'de görüldüğü üzere yapılan analiz sonucunda elde edilen sig. değeri 0 olup hata oranı 0,05'in altında olduğundan H_0 hipotezi reddedilmiştir. İşletme içerisinde endüstri 4.0 konusundaki politikalar ne kadar destekleyici olursa çalışanların yeni teknolojilere merakı ve ilgisi artmaktadır (Tablo 4.27.).

Tablo 4.27. Soru 22 ve soru 37 arasındaki ilişki analizi sonuçları

		Soru 22					Toplam
		Tamamen karşı	2	3	4	Tamamen destekleyici	
Soru 37	Hiç memnun olmazlar	5	7	13	3	7	35
	2	5	17	23	7	12	64
	3	6	12	40	35	33	126
	4	0	7	17	27	34	85
	Yeni teknolojilere meraklıdırlar	6	6	12	17	40	81
Toplam		22	49	105	89	126	391
Ki-kare Değeri		63.619		Sig. Değeri	.000		

4.6.4. Ankete ait olgunluk seviyesi analizlerinin incelenmesi

Orta-yüksek ve yüksek teknoloji seviyesinde faaliyet gösteren imalatçı KOBİ'lere uygulanan anket kapsamında bölüm 4.4.2'de belirtildiği üzere işletmelerin endüstri 4.0 olgunluk düzeylerini ölçmek amacıyla Trotta ve Garengo [118]'nin çalışmasından yararlanılmıştır. Buna göre 5 boyutta ele alınan sorular çerçevesinde işletmelerin endüstri 4.0 olgunluk seviyeleri ölçülmüştür.

Trotta ve Garengo [118]'nin çalışmasında her bir boyut için hazırlanan sorular kendi içerisinde 5'li likert ölçeği kullanılarak katılımcılara yöneltilmiştir. Ardından her bir boyut için bileşenlerin ortalaması alınarak boyutların ortalama puanları hesaplanmıştır. Bu sayede radar grafik yöntemi için her bir boyuta ait puan ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmada ise gerek uzman görüşü alma aşamasında gerekse tez danışmanı ile yapılan görüşmeler sonucunda işletmede üretilen ürünlere ait sensör entegre etme ve ürünlerden veri toplayabilmenin araştırıldığı 34. ve 35. soru kapsamında 5'li likert ölçeği yerine evet, hayır ve ürünler sensör entegre etmek veya veri toplamak için uygun değildir seçeneklerine yer verilmiştir.

Bu nedenle Trotta ve Garengo [118]'nin çalışmasında her bir sorunun genel ortalaması alınarak oluşturulan radar grafikler için bu çalışma kapsamında 34. ve 35. soruyu içeren ürün boyutu çerçevesinde aşağıdaki metodoloji izlenmiştir:

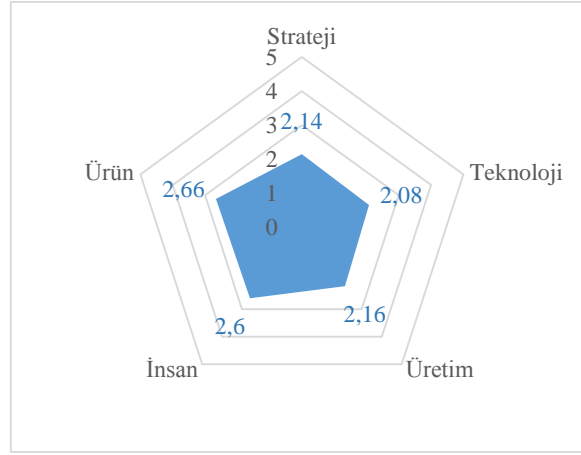
- i) Soru 34 kapsamında “Evet”, “Hayır” ve “Ürünümüz sensör entegre etmek için uygun değil” yanıtı verenlerin frekans değeri alınmıştır,
- ii) Soru 35 kapsamında “Evet”, “Hayır” ve “Ürünümüzden veri toplamak mümkün değil” yanıtı verenlerin frekans değeri alınmıştır,
- iii) Her iki soru kapsamında da “Evet” yanıtı verenler ile “Evet” ve “Hayır” yanıtı verenlerin sayısı oranlanmıştır,
- iv) Her iki soru kapsamında da “Hayır” yanıtı verenler ile “Evet” ve “Hayır” yanıtı verenlerin sayısı oranlanmıştır,
- v) Üçüncü aşamada oranlanan sonuçların ortalaması alınarak ürün boyutunun ortalaması elde edilmiştir.

Bu bölüm kapsamında belirtilen her bir analiz çerçevesinde ürün boyutu için ilgili adımlar veri setine göre tekrarlanarak uygulanmıştır.

Radar grafik yöntemi ile işletmelerin belirlenen bileşenlere dayanan hazırlık ve olgunluk düzeylerinin görselleştirilmesi ve olgunluk seviyelerini arttırmaya yönelik gerekli aktivitelerini planlamalarını yapabilmesi amaçlanmaktadır. Bu kapsamda bölüm içerisinde ülkemizdeki orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyinde faaliyet gösteren imalatçı

KOBİ'lerin tamamına ait genel ortalama ile birlikte çeşitli gruplandırmalara ait farklı sonuçlara yer verilmiştir.

Araştırma kapsamında orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyinde faaliyet gösteren KOBİ'lerin endüstri 4.0 konusundaki olgunluk seviyesi Şekil 4.14.'te radar grafik olarak ortaya konmuştur. Genel anlamda KOBİ'lerin endüstri 4.0 olgunluk seviyesinin ortalama düzeyde olduğu görülmektedir. Üretilen ürünlerin sensörlerle etkileşimini içeren ürün boyutu ile çalışanların kapasitesini içeren insan boyutu ortalamayı geçmektedir. Buna karşın işletmelerin endüstri 4.0 kapsamında herhangi bir strateji geliştirme durumlarını ve dijital konularda çalışan teknik çalışanların kapasitesini ölçen strateji boyutu, büyük veri uygulamalarını ve bulut üretime imkan veren endüstri 4.0 teknolojilerini kullanma durumunu içeren teknoloji boyutu ve üretimde endüstri 4.0 kapasitesini sorgulayan üretim boyutu ortalamanın altında kalmaktadır.



Şekil 4.14. Araştırmaya katılan tüm KOBİ'lerin endüstri 4.0 olgunluk seviyesi

Toplam iş tecrübesi 5 yıldan az olan yöneticilerin liderliğindeki işletmelerin ülke ortalamasındaki bir KOBİ'ye göre teknoloji ve üretim boyutunda daha zayıf kaldığı tespit edilmiştir. Zayıf kalınan boyut bileşenleri incelendiğinde büyük veri ve bulut üretim teknolojileri ile birlikte otomatik veri değişikliğini sağlayan makineler ve küçük parti tipi modüler üretim alanında eksiklikler olduğu karşımıza çıkmaktadır.

Buna göre 5 yıldan az tecrübeye sahip yöneticilerin endüstri 4.0 olgunluk seviyesi konusunda kendilerini ve işletmelerini teknoloji ve üretim boyutunun alt bileşenlerinde yer alan sorulardaki unsurlar kapsamında geliştirmeleri önerilmektedir.

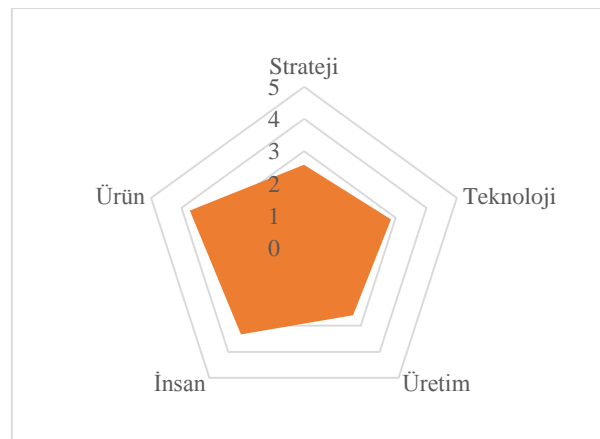
Küçük sanayi sitelerinde faaliyet gösteren orta-yüksek ve yüksek teknoloji işletmelerinin strateji, teknoloji ve üretim boyutunda ortalamanın altında kaldığı belirlenmiştir. Bu kapsamda ilgili firmaların her alanda olduğu gibi endüstri 4.0 alanında da kendilerine uygun bir strateji belirlemesi gerekliliği göze çarpmaktadır. Ayrıca bu işletmeler

uhdesinde ortalamanın yakalanması için teknolojik altyapı ve üretimde kullanılan makinelerin ve modüler üretimin geliştirilmesi gerekmektedir.

Bu kapsamda söz konusu KOBİ'lerin endüstri 4.0 alanında da kendilerine uygun bir strateji belirlemesi gerekmektedir. Buna uygun olarak teknolojik altyapı ve üretimde kullanılan makinelerin ve modüler üretimin geliştirilmesi sağlanabilecektir. Küçük sanayi sitelerinde endüstri 4.0 çerçevesinde birer komite oluşturulması ve bu komitelerin diğer küçük sanayi siteleriyle ortaklaşa olarak hareket etmesi sağlanabilir. Bu sayede ilgili teknolojileri geliştirenlerle özel kampanyalar veya kredi kuruluşlardan özel şartlarda finansman sağlanarak endüstri 4.0 süreçlerinde avantaj elde edebilecekleri düşünülmektedir.

TGB'de faaliyet gösteren KOBİ'lerin olgunluk derecesi için oluşturulan Şekil 4.15.'teki radar grafiğine baktığımızda insan ve ürün boyutlarının değerinin Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu görülmektedir. Teknoloji geliştirme bölgelerinin içerisinde yer alınmasının bir getirisi olarak çalışanların etkinlikler kapsamında eğitilmeleri, yeni teknolojilere daha fazla açık olmaları ve ürünler hakkında daha fazla sensör teknolojilerinin kullanılmasından ötürü bu sonucun ortaya çıktığı görülmektedir.

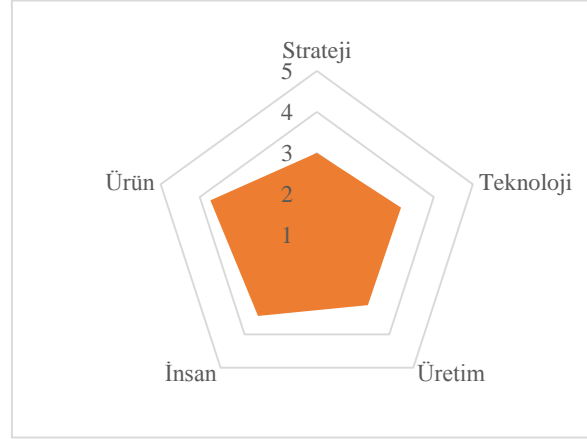
Bu analiz sonucunda TGB'lerin, KOBİ'lere dijital dönüşüm konusunda önemli katkılar sağladığını söylemek yanlış olmayacaktır. Bunun için belirli bir ekosistem vaat eden bu yapıların içerisinde olan KOBİ'ler düzenli olarak teknoloji geliştiren veya ar-ge çalışmaları yapan işletmelerle bir arada çalışma fırsatı bulmaktadırlar. Bu kapsamda olgunluk seviyesinin yüksek çıkmasının nedeni; teknoloji tabanlı firmaların birbirleriyle olan etkileşiminin yüksek olması ve düzenli etkinliklerle yeni gelişmelerden haberdar olarak bu teknolojik gelişmeleri kendi firmalarına entegre etmeye çalışmalarıdır.



Şekil 4.15. TGB'de faaliyet gösteren KOBİ'lerin endüstri 4.0 olgunluk seviyesi

Sektörel olarak olgunluk radar grafikleri incelendiğinde Bilgisayarların, elektronik ve optik ürünlerin imalatlarını gerçekleştiren KOBİ'lerin tüm boyutlarda 3 ve üzerinde puan

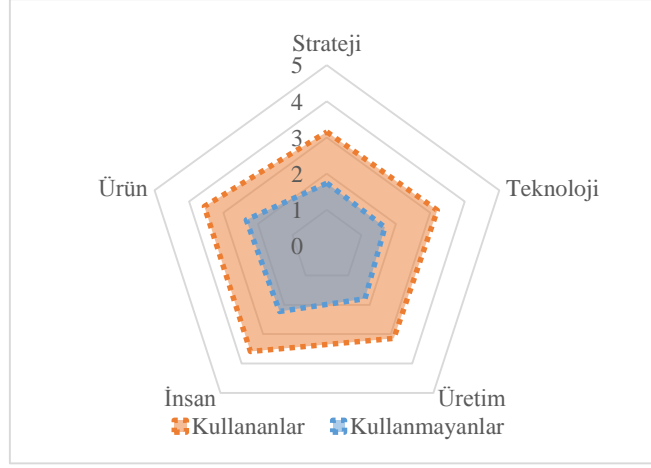
aldıkları ve ortalamaya göre daha üst düzeyde bir görünüm sergiledikleri belirlenmiştir (Şekil 4.16.). Bu başlık altındaki faaliyet alanlarına ait NACE kodlarının kırılımlarına bakıldığında alıcı ve verici, sinematografik kameralar, mikrofilmler, objektif mercek imalatı gibi kategorilerin yer aldığı görülmektedir. KOBİ'lerin bu sektördeki işletmeleri takip etmeleri ve etkileşim içerisinde kalarak onlardan kendi süreçleri için yardım almaları önerilmektedir.



Şekil 4.16. Bilgisayarların, elektronik ve optik ürünlerin imalatını gerçekleştiren KOBİ'lerin endüstri 4.0 olgunluk seviyesi

İşletmelerinde ERP, CRM, üretim yürütme sistemi (MES-Manufacturing Execution Systems) gibi programların tüm işletme fonksiyonlarını içerecek şekilde kullananlar ile bu tür programları kullanmayan KOBİ'lerin endüstri 4.0 kapsamındaki hazırlık ve olgunluk seviyelerinde ciddi farklılık olduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.17.'de, endüstri 3.0 programları kullanan KOBİ'lerin tüm boyutlarda 3 ve üzeri puan aldığı buna karşın kullanmayanların tüm boyutlarda ortalamasının altında kaldıkları görülmektedir.

Bu çerçevede ERP, CRM, MES gibi programları kullanan işletmelerin dördüncü sanayi devrimi kapsamında meydana gelecek dönüşümlere daha çabuk adapte olacakları düşünülmektedir. Nitekim araştırmalar ve sanayi devrimlerinin sıralaması incelendiğinde bu tür uygulamaları işletmesine entegre etmiş firmaların endüstri 3.0 kapsamında gelişimlerini tamamladığı ve endüstri 4.0'a yönelik daha çabuk geçiş yapabileceği öngörülmektedir.



Şekil 4.17. ERP, CRM ve MES benzeri program ve yazılımlarının kullanımına yönelik endüstri 4.0 olgunluk seviyesi

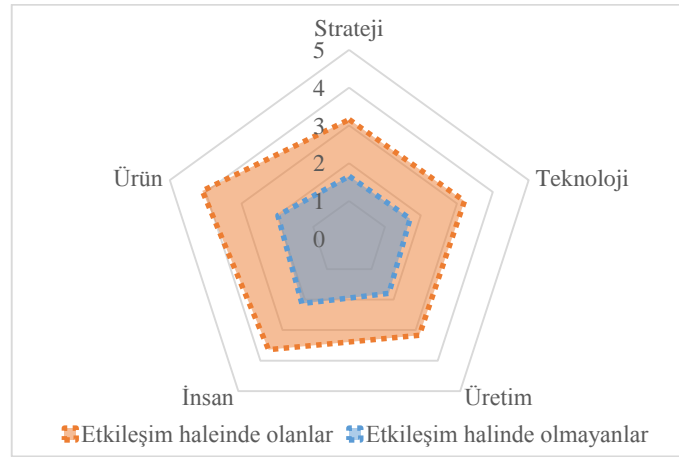
KOBİ'lerin yalın üretim konusundaki yaklaşımları ve yalın üretime ait bileşenleri bir kültür olarak benimsemelerinin hazırlık ve olgunluk dereceleri üzerine etki ettiği tespit edilmiştir. Bu kapsamda yalın üretimi başarılı bir şekilde gerçekleştiren ve firma içerisinde bir kültür haline getiren işletmeler, olgunluk düzeylerinde strateji, üretim ve insan boyutlarında 3 puanı geçmişlerdir. Diğer boyutlarda ise ortalama değerler almışlardır.

Bunun altında yatan neden ise yalın düşünme biçiminin kritik unsurunun insan faktörü olmasıdır. Her bir bireyin değerinin anlaşılması ve firma ihtiyaçları, hedefleri ve müşterilerinin taleplerini dikkate alarak çalışanın ilgi alanına ve yeteneklerine göre uygun atamalar yapılması yalın felsefenin ilkelerindedir. Ayrıca takım çalışması da yalın kültürün olmazsa olmazlarından. Daha önceden yalın kültür için strateji belirlemiş ve buna ulaşmış işletmeler için endüstri 4.0 konusunda strateji geliştirilmesi de daha kolay olduğu düşünülmektedir. Çünkü işletme içerisinde bir konuda bir strateji veya proje geliştirildiğinde görülmektedir ki çok karmaşık ve zor görülen planlamalar daha kolay bir şekilde hayata geçirilebilmektedir. Son olarak üretim boyutunda yalın üretimin etkisi nedir diye bakıldığında yalın üretimin bileşenlerinden olan ve çekme sistemi üzerine kurulan "Heijunka" uygulamasının modüler üretim planlaması için zemin hazırladığı görülmektedir. Buna göre üretim hem hacim hem de ürün karmasıyla düzleştirilmektedir. Müşteri siparişlerinin gerçek akışına göre değil bir dönem içerisindeki toplam hacim alınarak ve buna uygun her gün aynı miktar ve aynı ürün karmasının yapılacağı şekilde düzleştirme işlemi gerçekleştirilmektedir. Tüm bu belirtilen hususlar yalın üretimi benimseyen KOBİ'lerin endüstri 4.0'a geçiş sürecinde ne kadar hazırlıklı olduğunu kanıtlamaktadır.

KOBİ'lerin yeni mezunlar, girişimciler, gençler, startuplar, fikir sahibi olanlar ve teknoloji tabanlı yeni doğmuş işletmelerin yer aldığı kuluçka merkezleri gibi yapılarla olan

etkileşimlerinin dördüncü sanayi devrimi olgunluk seviyesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu kapsamda Şekil 4.18.'de görüldüğü üzere etkileşim içerisinde olanlar ile olmayanlar arasında ciddi anlamda farklılık ortaya çıkmıştır. Etkileşim içerisinde olmayan işletmeler tüm boyutlarda ortalamanın altında kalırken etkileşim içerisinde olan KOBİ'ler tüm boyutlarda ortalamanın üstünde yer almıştır. Ayrıca etkileşim içerisinde olan KOBİ'ler strateji, teknoloji, üretim ve insan boyutlarında 3'ün üzerinde, ürün boyutunda ise 4'ün üzerinde puan elde etmişlerdir.

Yeni mezunların, fikir sahiplerinin veya startup'ların teknoloji tabanlı ve güncel konularda çalışmaya istekli oldukları bilinen bir gerçektir. Bu nedenle bu tür kişi, işletme veya bunların yer aldığı yapılarla düzenli görüşmeler gerçekleştirilmesi, onlarla iletişimi ve etkileşimi koparmamak güncel konulardan ve teknoloji ile uygulamalardan uzaklaşmamasına sebep olmaktadır. Etkileşim halindeki olgunluk seviyesinin yüksek çıkması tam da bunu kanıtlar niteliktedir. Bu nedenle KOBİ'lerin üretim yaptıkları teknoloji seviyesine aldırış etmeden bu tür yapılarla etkileşimi sürdürmeleri ve onlardan bir şeyler öğrenme yoluna gitmeleri hatta bazı durumlarda birlikte iş birliği veya proje geliştirilmesi önerilmektedir.

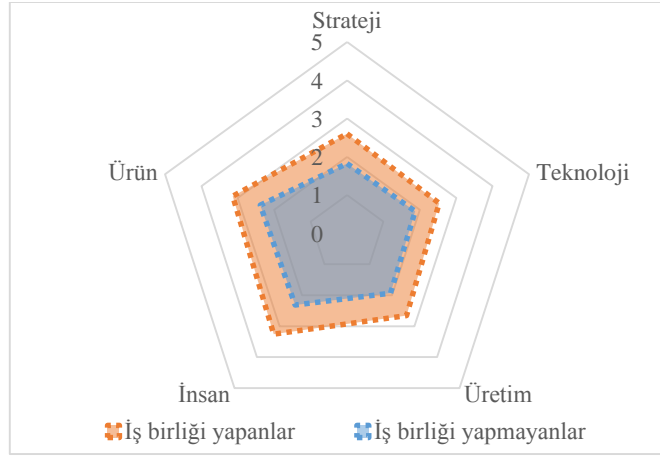


Şekil 4.18. KOBİ'lerin girişimcilik ekosistemi ile etkileşimine yönelik endüstri 4.0 olgunluk seviyesi

KOBİ'lerin üniversitelerle iş birliği yapmasının veya iş birliği yapılan alanların konularına göre endüstri 4.0 olgunluk düzeyine etkisi araştırılmıştır. Üniversiteyle hiçbir iş birliği çalışması olmayan işletmelerin beş boyutta da ortalamanın altında kaldığı tespit edilmiştir. Ancak Şekil 4.19.'da görüldüğü üzere ürün geliştirilmesi konusunda teknik danışmanlık alanlar ile personel temini konusunda birlikte çalışmalarda bulunan işletmelerin insan ve ürün boyutlarında 3 puanı aşmış oldukları belirlenmiştir.

Ürün geliştirilmesi konusunda bu sonuçlar dahilinde üniversitenin etkisi direkt görülmekte olup personel temini konusunda ise üniversite öğretim görevlilerinin gerek yeni mezunlarından işletme özelinde seçtiği öğrencilerin faydalı olması gerekse bu kişilerin ürünler üzerine etki etmesi sonuçları etkilemiştir. Sadece yeni mezunlar değil akademisyenlerin portföylerinde işletmelerin talep ettiği pozisyonlarda kişileri önermeleri de insan boyutunda ilgili işletmelerin daha yüksek puan almalarını sağlamıştır.

Tüm bu sonuçlar ele alındığında işletmelerin endüstri 4.0 stratejilerini belirleme aşamasından başlayarak üniversitelerle mutlaka iş birliği yapması ve onlardan her türlü eğitim, danışmanlık, personel talebi konusunda destek almaları önerilmektedir.



Şekil 4.19. Üniversite ile iş birliği yapılma durumuna yönelik endüstri 4.0 olgunluk seviyesi

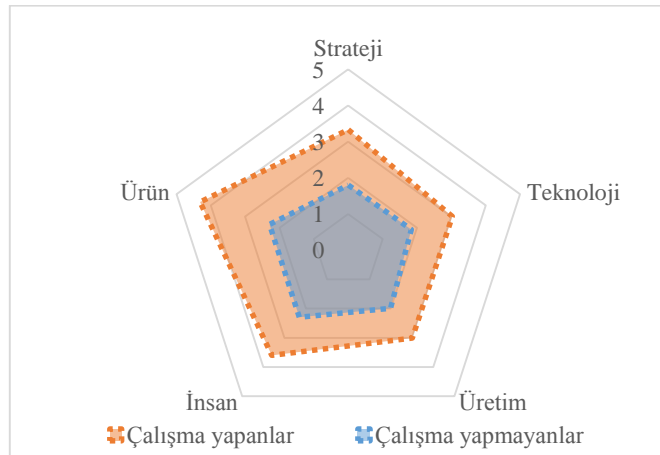
Teknoloji geliştirme bölgelerinde dijital dönüşüm tedarikçisi olarak faaliyet gösteren firmalar ile iş birliği yapılmasının işletmeler için endüstri 4.0 hakkında olgunluk seviyesinde fark yaratıp yaratmadığı araştırılmıştır. Bu kapsamda teknoparklardaki ilgili işletmelerle birlikte çalışma gerçekleştirenler strateji, insan ve ürün boyutlarında sadece ortalamanın değil aynı zamanda 3 puanın üzerinde değer almışlardır. TGB'lerdeki firmalarla birlikte çalışma gerçekleştirilmesi ilgili firmalarla etkileşime geçilmesini ve bu etkileşim sayesinde gerek bilgi birikimi gerekse teknolojilerin kullanılması yoluyla boyutlarda artışa neden olduğu düşünülmektedir.

İşletmelerin herhangi bir ar-ge ve yenilik projesi gerçekleştirmemelerinin endüstri 4.0 kapsamında hazırlık ve olgunluk derecesine etkisi incelenmiştir. Bu kapsamda ar-ge ve yenilik projesine dair herhangi bir girişimde bulunmayanların beş boyut kapsamında tüm değerleri Türkiye ortalamasının altında kalmıştır. Daha da ötesinde insan boyutu haricindeki diğer boyutların hepsi 2 puanın da altında olduğu belirlenmiştir.

Bu çerçevede ar-ge ve yenilik projesi için yapılan çalışmaların; işletmenin proje kültürüne, strateji geliştirme yönüne, teknoloji kapasitesine ve nihai amaç olarak ürünlerine etkisi yadsınamaz bir şekilde ortaya çıkmıştır.

Bu sonuç dahilinde her işletmenin kendi içerisinde ar-ge ve yenilik projeleri yürütmek için adımlar atması, en azından uluslararası literatürde geçen yenilik kavramları üzerine odaklanılarak işletme içerisinde küçük adımlar atması önerilmektedir. Bu sayede yenilik projelerini daha katma değerli hale getirerek gelir elde edebileceği boyutlara çıkarabilecektir. Bu süreçlerde yaşadığı her bir tecrübe ve ilerleme hem çalışanlarına hem işletmeye büyük katkılar sağlayacak ve teknolojik gelişmeler doğrultusunda yeni sanayi devriminin teknoloji ve uygulamalarıyla iç içe çalışılabilecektir.

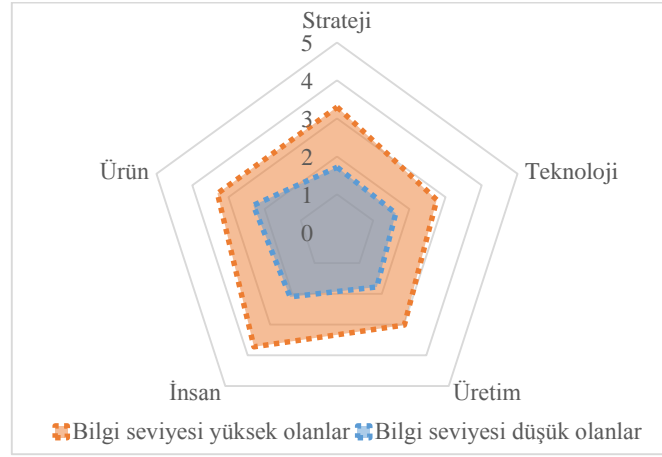
Endüstri 4.0 kapsamında üniversitelerle somut adımlar atarak görüşmelere başlayanlar ve çalışma yürütenler ile herhangi bir görüşme yapmayan, engeller olduğunu belirten ve çalışma yürütmeyenlerin dördüncü sanayi devrimi kapsamındaki olgunluk seviyeleri araştırılmak istenmiştir. Şekil 4.20.'de görüldüğü gibi üniversitelerle endüstri 4.0 kapsamında herhangi bir çalışma yürütmeyen veya engeller olduğunu belirtenlerin dijital dönüşüm konusunda önlerinde çok uzun bir yol bulunmaktadır. Ancak diğer taraftan yüksek öğretim kurumlarından yeni teknolojiler ve uygulamalar için destek alan, görüşmelere başlayan ve çalışma yürütenlerin beş boyutta da ortalama üstü iyi değerler aldıkları görülmektedir. Buna ek olarak çalışma yürüten KOBİ'ler ürün boyutunda 4 puanın üzerinde bir değer almışlardır.



Şekil 4.20. Üniversite ile endüstri 4.0 kapsamında çalışma yapılma durumuna yönelik endüstri 4.0 olgunluk seviyesi

İşletmelerin ar-ge, yenilik, teknoloji geliştirme ve endüstri 4.0 konularında sağlanan destekler hakkında bilgi ve farkındalık düzeylerinin dördüncü sanayi devrimi hazırlık ve olgunluk seviyeleri üzerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla yapılan analizlerde destekler

hakkında bilgi ve farkındalık düzeyleri düşük olanlar ile yüksek olanlar arasında ciddi farklılık olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.21.'den destekler hakkında bilgi sahibi olmayanların olgunluk seviyesi Türkiye ortalamasının altında kaldığı görülmektedir. Diğer taraftan destekler hakkında farkındalığı yüksek olan işletmelerin endüstri 4.0 olgunluk seviyeleri hem ülke ortalamasının üstüne çıkmış hem de teknoloji boyutu hariç diğer boyutlarda 3 puanı aşmıştır.



Şekil 4.21. Destekler hakkında bilgi ve farkındalık sahibi olma derecesine göre endüstri 4.0 olgunluk seviyesi

KOBİ'lerin kamu kaynaklı desteklerden yararlanma durumuna göre endüstri 4.0 alanındaki olgunluk seviyesinin değişiklik gösterip göstermediği araştırılmak istenmiştir. Bu kapsamda yapılan değerlendirme sonucunda 4 ve üzerinde destek programından yararlanan işletmelerin beş boyutta da ülke ortalamasının üzerinde olduğu, üretim, insan ve ürün boyutlarında ise 3 puanı geçmiş oldukları tespit edilmiştir.

Kamu tarafından sağlanan desteklerin işletmeleri endüstri 4.0 konusunda daha olgun bir seviyeye ulaştırdığı düşünülmektedir. Buna ek olarak boyutların alt bileşenlerinden olan; strateji geliştirilmesi, teknolojilerin kullanılması, üretim süreçlerindeki makinelerin iletişimi, ürünlerin sensörlerle donatılması ve çalışanların kapasite ve bilgi birikiminin artırılması gibi hususlarda desteklerin etkili olduğu söylenebilir.

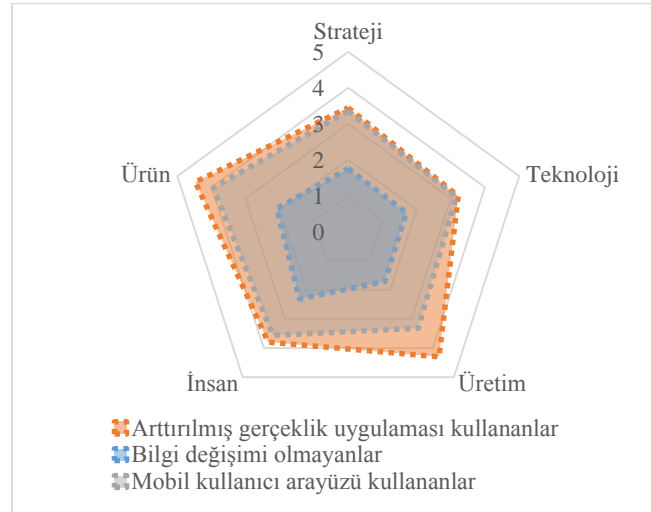
Üretimde bilgi ve iletişim teknolojileri alt yapısı hakkında işletme içerisinde birimler arası otomatik bilgi akışı sağlanması ve tedarikçiler, müşteriler gibi işletme dışında da otomatik bilgi akışının sağlanması endüstri 4.0 konusunda hazırlık ve olgunluk seviyesini etkilemektedir. Araştırma sonuçlarına göre bu iki durumda da ülke ortalamasının üzerinde olgunluk puanları elde edilmiş olup insan ve ürün boyutlarında 3 puan aşılmıştır.

Bu sonucun altında, otomatik bilgi akışı sayesinde ürünlerden veri toplamanın standart bir hale getirilmiş olması yatmaktadır. Bir başka deyişle işletme tarafından üretilen

ürünlerden, satış sonrası süreçte müşterilerden sağlanan entegre otomatik bilgi akışı sayesinde veri toplanmakta ve bakım süreleri, arıza durumları gibi hususlar önceden tespit edilebilmektedir.

Diğer taraftan işletme içerisinde otomatik bilgi akışı sağlayan teknolojik alt yapının oluşturulması yöneticilerin bu alandaki bilgi birikimi ve farkındalığının yüksek olması sayesinde olabilmektedir ki bu da insan boyutunun bir alt bileşenini oluşturmaktadır. Ayrıca ileri derece bilgi ve iletişim alt yapısı olan bu işletmeler içerisinde çalışanların yeni teknolojilere açık olması ve devamlı etkinliklerle eğitilmesi gerekmektedir.

Üretimde çalışan personel ile makine arasındaki bağlantı teknolojilerinin endüstri 4.0 olgunluk seviyesini ne derece etkilediği araştırılmıştır. Anket sorularına verilen cevaplardan üretimde çalışan ile makine arasında herhangi bir bilgi değişimi olmadığını belirtenlerin olgunluk seviyeleri incelendiğinde ülke ortalamasının altında kaldığı hatta strateji, teknoloji ve üretim boyutlarında 2 puanı bile aşamadıkları belirlenmiştir. Buna karşın Şekil 4.22.'de görüldüğü gibi personel ile makine arasında mobil olarak kullanıcı ara yüzlerin kullanılmasını veya arttırılmış gerçeklik teknolojisi ile personele makine hakkında bilgiler sunulmasını sağlayan işletmelerin endüstri 4.0 olgunluk seviyesi 3 puanı aşarak ciddi anlamda yüksek çıkmıştır. Hatta endüstri 4.0 teknolojilerinden olan arttırılmış gerçeklik teknolojisini kullananların olgunluk seviyesindeki üretim ve ürün boyutlarının değeri 4 puanı aşmıştır.



Şekil 4.22. İşletmelerdeki çalışan ile makine arasındaki bağlantı teknolojilerine yönelik endüstri 4.0 olgunluk seviyesi

İşletmelerdeki veri kullanımı ve gerçek zamanlı veri takibi yapılmasının endüstri 4.0 olgunluk seviyesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Birinci olarak herhangi bir veri kullanımı veya veri analizi yapmayan işletmelerin endüstri 4.0 olgunluk seviyesi beş boyutta da

ortalamanın altında kalmış hatta insan boyutu hariç diğer dört boyutta 2 puanın altına düşmüştür. İkinci olarak işletme içerisinde neredeyse hiç veya az bir şekilde gerçek zamanlı veri takibi yapıldığını belirtenlerin sonucu da veri kullanımı veya veri analizi yapmayan işletmelere benzer şekilde çıkmıştır. Ancak üçüncü olarak gerçek zamanlı olarak veri takibi yapıldığını belirtenlerin endüstri 4.0 olgunluk düzeyi beş boyutta da 3 puanın üzerinde çıkmış olup ürün boyutunda yaklaşık 4 puana ulaşmıştır.

Bu sonuçlar dahilinde işletme içerisinde elde edilen iş ve işlemlerden başlayarak işletme dışındaki verileri anlamlı hale getirdikçe ve bunlara yönelik yeni politikalar geliştirip anlık olarak reaksiyonlar alındıkça firmanın endüstri 4.0 alanında yetkinlik ve olgunluk seviyesi aynı ölçüde artmaktadır.

Son olarak veriler ele alındığında verinin güvenliği konusunda da işletmelerin tutumu ve bu konu özelinde çalışma yapıp yapmadıklarının dijital dönüşüm üzerindeki etkisi merak edilmiştir. Bu amaçla sorulan veri güvenliği ile ilgili soruya hayır diyenlerin olgunluk seviyesi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar kapsamında veri güvenliği ile ilgili çalışması olmayanların endüstri 4.0 olgunluk seviyesi çok düşük çıkmıştır. Şöyle ki bu grup için beş boyut düzeyinde ülke ortalamasının altında kalmış olup sadece insan boyutunda 2'nin üzerine çıkılabilmektedir.

4.6.5. Ankete ilişkin bulgular ve tartışma

Bu bölüm içerisinde çalışma kapsamında ulaşılan veriler ile endüstri 4.0 özelinde gerçekleştirilmiş araştırmalardan elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda ülkemizde orta yüksek ve yüksek teknoloji düzeyinde faaliyet gösteren imalatçı KOBİ'lerin endüstri 4.0 kapsamındaki mevcut durumu ile geçmişten günümüze kadarki süreçteki ilerleme durumu ortaya konulmuştur.

4.6.5.1. İşletme içerisindeki yatırım alanlarının karşılaştırılması

Binder Dijker Otte (BDO) ve Mekanik Mühendisliği Enstitüsü tarafından Birleşik Krallıkta 318 işletme temsilcisini kapsayan bir araştırma gerçekleştirilmiştir. 2016 yılında yapılan bu araştırmaya göre (<https://www.imeche.org/docs/default-source/1-oscar/reports-policy-statements-and-documents/bdo-industry-4-0-report.pdf?sfvrsn=4>) işletmelerin %43'ü otomasyon sistemleri için yatırım yaptıklarını belirtmiştir. Diğer taraftan endüstri 4.0

kapsamında en fazla %64'lük bir oran ile üretim süreçlerine, %45 ile Ar-Ge'ye ve %25'lik bir oranla da lojistik alanda yatırım yaptıklarını ifade etmişlerdir [125].

Deloitte tarafından İsviçre'de yapılan bir araştırmada dördüncü sanayi devrimi kapsamında işletme birimlerinden en fazla hangisinin etkileneceği sorgulanmıştır. Bu çerçevede alınan cevaplar arasında birinci sırada Ar-Ge birimi, ikinci sırada satın alma, üçüncü sırada satış birimi ve dördüncü sırada ise üretim biriminin yeni sanayi devriminden en çok etkileneceği belirtilmiştir [126].

Pricewaterhouse Coopers (PwC) tarafından 2016 yılında Orta Doğu'da yürütülen bir çalışma sonucunda (PwC, 17.01.2020) işletmelerin %90'ına yakını otomasyon sistemleri için gelirlerinden %4'ünü ve daha fazlasını ayıracağını ifade etmişlerdir. Bu sistemler içerisinde sensörler, birbirleriyle bağlantılı cihaz teknolojileri, ERP ve MES gibi yazılımlar olduğu belirtilmiştir [127].

Business Development Bank of Canada (BDC) tarafından Kanada'daki işletmeler için yapılan bir araştırmada 1000 firmaya ulaşılmıştır. 2017 yılında gerçekleştirilen çalışma çerçevesinde (BDC, 12.01.2020) işletmelerden kendilerini endüstri 4.0 uygulamaları ve teknolojilerini adapte etmeye yönelik 0 ile 10 arasında bir değerlendirme yapmaları istenmiştir. Buna göre çeşitli gruplara ayrılan işletmeler endüstri 4.0 kapsamında geçmiş 2 yıl içerisinde 72.000 \$'dan başlayarak 420.000 \$'a kadar yatırım yaptıklarını belirtmişlerdir. Bu kapsamda ortalama olarak bir işletme yeni sanayi devrimi kapsamında üretim süreçleri için 261.000 \$ yatırım yapmıştır [128].

Bu çalışma kapsamında da KOBİ'lere hangi alanlara yatırım yaptıkları sorulmuştur. Araştırmaya katılan işletmelerin %41,2'si ilk sırada ürün geliştirme ve Ar-Ge'yi seçmişlerdir. Daha sonra ikinci sırada %39 ile üretim süreçleri ve üçüncü sırada ise pazarlama ve satış süreçleri gelmiştir.

Uluslararası araştırmalarla bu çalışma kapsamındaki sonuçlar karşılaştırıldığında orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyinde faaliyet gösteren KOBİ'lerimizin yatırım yaptığı alanların dünya trendleriyle uyumlu olduğu görülmektedir. Ancak uluslararası çalışmalarda araştırıldığı üzere bir sonraki çalışmalarda yatırım tutarlarının da sorgulanabileceği düşünülmektedir.

4.6.5.2. İşletme içerisindeki ERP, CRM ve MES gibi program kullanımlarının karşılaştırılması

Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD-Organisation for Economic Co-operation and Development)'nin yapmış olduğu araştırmalara göre, ERP benzeri yazılımların kullanım oranı dünya genelindeki ortalaması açısından KOBİ'ler boyutunda 2010 yılında %16 iken, 2015 yılında %33'e yükselmiştir. Türkiye ERP ve benzeri yazılımları kullanma açısından ülkeler arasında sondan beşinci sırada yer almıştır. 2010 ila 2015 yılları arasında KOBİ'lerin ilgili yazılımları kullanma oranında bir değişiklik olmamış ve oran %20 oranında sabit kalmıştır [129].

EUROSTAT'a göre Avrupa Birliği üyesi ülkelerin ERP kullanım oranı ortalaması %30'un üzerindedir. Birinci sırada %57'lik oran ile Almanya yer almaktadır. Türkiye'de ERP kullanım oranı ortalaması tüm işletmelerim açısından bakıldığında %20'dir. Diğer taraftan AB ülkelerinde CRM yazılımı kullanılma oranı ortalaması ERP ile benzer şekilde %30'lardadır. Türkiye'de ise CRM kullanan işletmelerin oranı yaklaşık %10'dur [130].

Bu çalışma kapsamında da KOBİ'lere ERP ve CRM gibi yazılımları kullanma durumları sorulmuştur. Katılımcıların %48,8'i bu tür programları kullanmadıklarını ifade etmişlerdir. %13,6'sı da nispeten az bir şekilde kullandığını belirtmiştir. Ancak geriye kalan %37,6'lık kesim ERP, MES ve CRM benzeri yazılımları işletmelerinde kullandıklarını ifade etmişlerdir. Yukarıda bahse konu araştırmaların 2015 yılında yapıldığı ve ilgili KOBİ'lerin teknoloji seviyesi göz önüne alındığında ülkemizdeki işletmelerin bu yazılımları daha çok kullanmaya başladığı söylenebilir. Buna ek olarak gelecek çalışmalarda yazılımların detaylandırılarak bunlara ilişkin daha sağlıklı istatistikler ve karşılaştırmalar yapılması tavsiye edilmektedir.

4.6.5.3. İşletmelerin üniversitelerle iş birliği yapma durumlarının karşılaştırılması

2017 yılı içerisinde Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Ar-Ge merkezine sahip veya TGB'lerde faaliyet gösteren işletmeleri kapsayan bir araştırma gerçekleştirmiştir. Bu araştırmanın amacı dijital dönüşüme öncü olabilecek işletmelerin dijitalleşme seviyelerinin belirlenmesi ve sorun ve beklentilerinin ortaya çıkarılması olarak planlanmıştır. Dijitalleşme anketi olarak anılan bu çalışmada 250 işletmeye uygulanmıştır. Araştırma kapsamında (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 10.01.2020) katılımcılara yöneltilen sorulardan bir tanesi de teknoloji edinim yöntemlerinin neler olduğudur. İlgili soruya üniversite ile iş birliği yaparak teknoloji edindiğini belirtenlerin oranı %24'tür. Ayrıca aynı araştırma kapsamında

dijitalleşme sürecinde öncelikli görülen konuların neler olduğu katılımcılara sorulmuştur. Bu soru çerçevesinde de katılımcıların sadece %16,8'si akademiyle iş birliği yapılmasının gerekliliğini vurgulamıştır [75].

Bu çalışma kapsamında da önceki bölümlerde bahsedildiği üzere üniversiteyle iş birliği yapılmasına yönelik KOBİ'lerin tutumları incelenmiştir. Buna göre %27,3'ü ürün geliştirilmesi konusunda teknik destek aldığını, %12'si üretim prosesi geliştirilmesi konusunda danışmanlık aldığını ifade etmiştir. Ayrıca araştırmaya katılan KOBİ'lerin %45,5'i endüstri 4.0 konusunda üniversite ile iş birliği yapılması konusunda planlamalar yapıldığını, gerekli görüşmelerin başlatıldığını veya birlikte mevcutta çalışıldığını ifade etmişlerdir.

Ülkemizde geçmişte gerçekleştirilen çalışmalar kapsamındaki sonuçlar ile bu çalışma kapsamındaki sonuçlar karşılaştırıldığında orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyinde faaliyet gösteren KOBİ'lerin yeni sanayi devrimi kapsamında üniversitelerle daha fazla iş birliği yapmaya hevesli oldukları ve bunun için gerekli adımları atmaya başladıkları tespit edilmiştir.

4.6.5.4. İşletmelerin endüstri 4.0 bilgi ve farkındalık seviyelerinin karşılaştırılması

2016 yılında TÜBİTAK, işletme ölçeği gözetmeksizin ar-ge desteği verilen 1000 özel sektör kuruluşu üzerinde detaylı bir araştırma gerçekleştirmiştir. Bu araştırmaya (TÜBİTAK, 14.01.2020) katılan işletmelerin %22'sinin endüstri 4.0 konusunda kapsamlı bilgisi olduğu sonucuna varılmıştır. Diğer taraftan %19'unun bilgisinin olmadığı ve %59'unun ise genel bilgi sahibi olduğu belirtilmiştir [91].

BDO ve Mekanik Mühendisliği Enstitüsü tarafından 2016 yılında 318 işletme üzerinde gerçekleştirilen araştırmanın sonuçlarına bakıldığında (BDO, 18.01.2020), Birleşmiş Krallıktaki işletmelerin %56'sının endüstri 4.0 hakkında bilgi seviyesinin çok az olduğu veya hiç olmadığı ortaya çıkmıştır. Buna ek olarak %36'sının orta derecede, %8'inin ise çok fazla düzeyde bilgi sahibi olduğu belirtilmiştir [125].

Özel sektördeki işletmelerin neredeyse %99'unun KOBİ olduğu ve ar-ge desteği alanların çoğunun orta-yüksek ve yüksek teknolojide faaliyet gösterdiği varsayımı altında bu çalışma ile TÜBİTAK araştırmasının sonuçları karşılaştırıldığında, işletmelerin endüstri 4.0 alanındaki farkındalık ve bilgi seviyelerinin 2016 yılından 2019 yılına gelindiğinde %22'den %33,8'e çıkmış olduğu söylenebilir.

Bu sonuç her ne kadar Birleşik Krallıktaki sonuçlardan daha iyi gibi görünse de Birleşik Krallıktaki araştırmaya konu işletmelerin herhangi bir teknoloji seviyesi gözetmeksizin ele alındığı düşünüldüğünde, dünya ekonomileriyle rekabet eden ülkemiz ekonomisi için büyük öneme sahip orta yüksek ve yüksek teknoloji düzeyinde faaliyet gösteren KOBİ'lerin sadece üçte birinin bu konuda detaylı bir bilgi birikimine sahip olmasının yeterli olmadığı düşünülmektedir.

4.6.5.5. İşletmelerin endüstri 4.0 kapsamında yaşadığı zorlukların karşılaştırılması

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın 2017 yılında Ar-Ge merkezine sahip veya TGB'lerde faaliyet gösteren 250 işletmeye yönelik gerçekleştirilen çalışma kapsamında teknoloji tedarikçisi olarak faaliyet gösteren şirketlere endüstri 4.0 kapsamında en büyük sorunları sorulmuştur. Bu kapsamda (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 10.01.2020) 5 üzerinden 4,1 ortalamayla en fazla müşterilerin dijital teknolojiler konusunda fayda maliyet analizinin doğru yapılamadığı belirtilmiştir. İkinci sırada dijital teknolojilerinin yeterince bilinmediği ifade edilmiş olup ardından sırasıyla müşteriler tarafından ilgili teknolojilerin öncelikli bir konu olarak belirlenmemesi ve finansman bulunamaması sorunları gelmiştir. Ayrıca araştırma kapsamında nitelikli işgücünü imalat sektörüne yönlendirme konusunda zorluklar yaşandığı da belirtilmiştir [75].

TÜSİAD ve Boston Consulting Group iş birliğinde 2017 yılında ülkemizdeki işletmeler baz alınarak bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Bu araştırmaya 108 işletme katılım sağlamış olup çalışma kapsamında işletmelerden dijital dönüşüm çerçevesinde önlerinde yer alan engellerin belirtilmesi istenmiştir. Katılımcıların %27'si teknolojik yatırım maliyetlerinin yüksek olduğunu, %18'si yatırımın geri dönüş süresinin belirsizliği ve %16'sı da nitelikli personel yetersizliğini karşılaşılan zorluklar olarak ifade etmiştir [92].

Vanson Bourne ve Dell Technologies 2016 yılında 16 ülkeden ve 12 farklı sektörden yaklaşık 4000 işletmenin katılımıyla dijital teknolojilere yönelik bir araştırma gerçekleştirmiştir. Bu araştırmaya göre (Dell Technologies and Vanson Bourne, 14.01.2020) dijital dönüşüm süreçlerinin önündeki en büyük engel olarak katılımcılar %33 oranında yetersiz bütçe ve kaynakları belirtmişlerdir. İkinci sırada %31 ile yetersiz uzmanlık ve beceriler üçüncü sırada ise %29 ile yönetim desteğinin yetersizliği ifade edilmiştir. Dördüncü olarak ise %29 oranı ile veri gizliliği ve güvenliği konuları belirlenmiştir [131].

IDC tarafından Almanya'daki 200 işletmenin katılımıyla gerçekleştirilen çalışma kapsamında endüstri 4.0 mühendislik, bilgi teknolojileri ve üretim açısından olmak üzere 3

farklı grupta yaşanan zorluklar araştırılmıştır. 2016 yılında yapılan çalışmada mühendislik açısından işletmede yer alan tüm birimler için standart veri tabanının geliştirilmesi, üretim alanında artan ürün çeşitliliğiyle ilgilenmek ve buna uygun üretim yapmak ve bilgi teknolojileri açısından ise veri miktarında yaşanan artış ve çeşitlilik ile ortaya çıkan karmaşık yapıya uygun çalışmak belirtilmiştir [132].

Stanton Chase, dünya çapında 550 işletme üzerinden endüstri 4.0 teknolojileri ve uygulamaları konusunda karşılaşılan problemleri araştırmıştır. 2017 yılında gerçekleştirilen çalışma kapsamında (Stanton Chase, 11.01.2020) en büyük güçlükler ortaya çıkan karmaşıklığın anlaşılabilmesi ve yeni sanayi devrimine ilişkin bilgi eksikliği yaşanmasıdır. Ayrıca bu çalışma kapsamında, genellikle araştırmalarda ilk sıralarda karşımıza çıkan finansal ve teknolojik alt yapı yetersizliğinden önce kurumdaki yönetici, lider ve çalışanların bilgi ve yetenek eksikliği daha önemli bir problem olarak belirtilmiştir [133].

PwC tarafından 26 ülkeden 2000'den fazla işletmenin katılımıyla endüstri 4.0 kapsamında bir araştırma gerçekleştirilmiştir. 2016 yılında çalışmalarını tamamlanan araştırmanın sonuçlarına göre (PwC, 11.01.2020) dijital dönüşüme yönelik yaşanan işletme içi kültür eksikliği ve endüstri 4.0 kapsamında eğitim alınmaması en büyük eksiklikler olarak ifade edilmiştir. Bu araştırma sonucunda işletme dışı faktörlerden ziyade işletme içerisindeki kültürün geliştirilmesi ve eğitimlerle işletme içerisindeki ekosistemin geliştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır [134].

Horses for Sources tarafından 500'den fazla müşteriyi kapsayan bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Bu müşterileri araştırmaya dahil edebilmek için 12 adet hizmet sağlayıcı ile görüşülmüştür. 2017 yılında analizleri biten çalışma kapsamında (Horses for Sources, 11.01.2020) en çok yaşanan zorluklar sırasıyla; endüstri 4.0 bilgi, farkındalık ve hazırlık seviyesinin düşük olması, dijital olgunluk seviyesinin zayıf olması, işletmelerde kullanılan veri kalitesinin çok kötü olması ve veri analizi konusunda bilgi ve yetenek eksiklikleri olmasıdır. Bunların ardından da yüksek yatırım maliyetleri gelmektedir. Çalışma kapsamında ayrıca özellikle KOBİ'lerin endüstri 4.0 uygulamaları sonucunda ortaya çıkacak olan büyük veri konusunda analiz ve yararlanma aşamalarında çekincelerinin olduğu, bu çekincelerinin temel kaynağının da yeterli bilgiye sahip olmamalarından kaynaklandığı ifade edilmiştir [135].

Capgemini Digital Transformation Institute tarafından dünya çapında 1000'den fazla yönetici üzerinde gerçekleştirilen araştırma kapsamında katılımcılara akıllı fabrika stratejilerini uygulama sürecinde yaşanan zorluklar sorulmuştur. 2017 yılında yapılan çalışmada (Capgemini, 12.01.2020) katılımcıların %29'u finansal sıkıntıları, %22'si yalnız

üretim kapsamında otomasyon süreçlerindeki yetkinlik eksikliğini, %21'i faydaların belirlenmesi ve öncelik sıralamasına konulmasındaki problemleri ve %20'si de yol haritasının olmayışını karşılaşılan zorluk olarak ifade etmiştir [56].

Deloitte ve Manufacturers Alliance for Productivity and Innovation, 200 işletme üzerinde dördüncü sanayi devriminin etkileri ile ilgili bir araştırma yapmıştır. 2018 yılında tamamlanan araştırmaya katılan teknoloji tedarikçilerine karşılaştıkları en önemli sorunları belirtmeleri istenmiştir. Bu kapsamda (Deloitte and Manufacturers Alliance for Productivity and Innovation, 12.01.2020) ilk sırada %30'luk oran ile çalışandan kaynaklı bilgi ve yetenek eksikliği sonucunda yetenekli personel bulunamaması gelmiştir. İkinci sırada katılımcıların %30'u bu becerileri kazanmaları için çalışan eğitimindeki güçlükleri ifade etmiş ve üçüncü sırada da %30'luk oran ile yetersiz veri yönetimi ve alt yapısı belirtilmiştir. Dördüncü olarak da firmalar %27 oranında bu dönüşüm sürecine nereden başlayacaklarını, önceliklendirme işlemini nasıl yapacaklarını ve ne tür ihtiyaçlarının olduklarını kestirememeleri sebebiyle bilgi karmaşası yaşadıklarını ifade etmişlerdir [136].

BDC tarafından Kanada'daki işletmeler için yapılan bir araştırma 1000 adet firma ile gerçekleştirilmiştir. 2017 yılında gerçekleştirilen çalışma çerçevesinde (BDC, 12.01.2020) yeni sanayi devrimi kapsamında katılımcılara yaşadıkları problemler nelerdir diye sorulmuştur. Katılımcılar listenin başında kalifiyeli çalışan eksikliğini, ikinci sırada yüksek maliyetleri ve üçüncü sırada da yapılacak yatırımların geri dönüş süresindeki belirsizliği belirtmişlerdir. Dördüncü olarak da çalışanların bu yeni dönüşüm sürecine direnci önemli bir engel olarak ifade edilmiştir [128].

BCG tarafından (BCG, 13.01.2020) Birleşik Krallık, Fransa, Çin, Amerika ve Almanya'da 1500 işletmenin katılımıyla gerçekleştirilen çalışma kapsamında katılımcılar, endüstri 4.0 çerçevesinde karşılaştıkları zorlukların başında veri güvenliği ile ilgili konuları belirtmişlerdir. Devamında ikinci olarak endüstri 4.0 unsurlarının birbirine bağlanması için gerekli olan standartların eksikliği, üçüncü olarak ise kalifiyeli çalışan eksikliği ifade edilmiştir [137].

Bu çalışma kapsamında da KOBİ'lere endüstri 4.0 ile ilgili hem hazırlık hem de uygulama süreçlerinde karşılaştıkları zorluklar sorulmuştur. Verilen cevaplar arasında ilk sırada %41,2 ile işletmenin teknolojik alt yapısının eksikliği, ikinci sırada çalışan bilgi ve yetenek eksikliği ve üçüncü sırada da yüksek uygulama maliyetleri belirtilmiştir. Dördüncü olarak da ekonomik faydanın tam ve net olmayışı ve çekinceler ifade edilmiştir.

Hem yurt içi hem de yurt dışı çalışmalar ile bu çalışma bir arada ele alındığında bilgi eksikliğinden kaynaklı olarak ekonomik faydanın tam olarak anlaşılabilmesi ve yatırım

yapılması durumunda ne kadar sürede geri dönüş alınacağıının öngörülememesi önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çerçevede işletmelerin bir yandan doğru diğer yandan da basit bir şekilde endüstri 4.0 unsuları hakkında bilgilendirilmeye ihtiyacı vardır. Bunun için de hem kamu hem de özel sektör kendi üstüne düşen görevleri yerine getirmek zorundadır. Bu iki sektörü bir arada içeren ve KOSGEB tarafından yürütülen KOBİ Rehberliği Ve Teknik Danışmanlık Hizmetleri Sistemi kapsamında işletmelere danışmanlık yapacak olan akredite firmalar için endüstri 4.0 ile ilgili eğitimler verilmesi ve bu eğitimler sayesinde firmaların işletmelere daha sağlıklı bilgiler sunarak etkin bir şekilde yönlendirmelerde bulunması sağlanabilir.

Nitelikli personel ihtiyacının karşılanamaması genel olarak belirtilen bir diğer problemdir. Bunun için üniversitelerimizin üzerine çok büyük sorumluluklar düşmektedir. Sanayinin ihtiyacı olan alanlarda müfredatlarını revize etmeleri gerekiyorsa yeni programlar oluşturmaları tavsiye edilmektedir. Ayrıca mezunlar için gerek üniversitelerde gerekse de özel sektörde açılacak hedefi ve çıktısı net olarak belirlenmiş yeni programlar ve sertifika eğitimleri ile işletmelerdeki kalifiyeli personel eksikliğinin giderilmesi sağlanabilir.

Uluslararası araştırmalar incelendiğinde sadece ülkemizde değil diğer ülkelerde de finansman bulma zorlukları ve yetersiz bütçe sıkıntılarının olduğu görülmektedir. Bu kapsamda ülkemizdeki her türlü destek programının analiz edilmesi için işletme yöneticilerinin birer personelini görevlendirmesi ve kendisinden destek programlarını analiz ederek işletme özelinde hangi programlardan, fonlardan ve yardım programlarından yararlanılması konusunda düzenli bilgilendirme alması önerilmektedir. Bu çalışmanın sonucunda elde edilen veriler kapsamında belki bir takım aracılığıyla veyahut ilgili personelin sadece belirlenen destekler ile işletmenin gerçekleştirdiği iş ve işlemleri karşılaştırarak destek sağlanmasına yönelik adımlar atması istenebilir.

Diğer taraftan nitelikli eleman destekleri kapsamında sadece bu iş için bir personel istihdam ederek ilgili personelin maaş ödemeleri için bile destek alınabilmesi sağlanabilir. Bu sayede hem yeni yatırımlar için kaynak bulunması hem de teknolojik alt yapısının dördüncü sanayi devrimi için uygun hale getirilmesi sağlanabilecektir.

Çalışmalardan çıkarılan bir diğer sonuç, bilgi karmaşası ve çekincelerden ötürü sektörel hatta firma özelinde yol haritası çalışmalarına ihtiyaç var olduğudur. Bu çerçevede Endüstri 4.0 kapsamında hangi adımların izleneceği, hangi sorulara hangi yanıtlar alınırsa ne tür faaliyetler yapılması gerektiği gibi yol gösterici çalışmalar yapılması önerilmektedir.

TÜSİAD'ın BCG ile yapmış olduğu Türkiye ülke araştırmasında belirtildiği üzere ülkemizdeki yatırım geri dönüş süreleri için işletmeler tarafından 2 yıllık bir zaman dilimi

belirlenmiştir. Bu süreden daha uzun vadede endüstri 4.0 kapsamında yapılan yatırımların geri dönüşü olacaksa maalesef bu tür bir yatırıma girilme olasılığı çok düşüğe kalmaktadır [28]. Bu nedenle bu çalışmada da dördüncü sırada en çok işaretlenen ve genellikle çekincelerin başında gelen yatırımın ne zaman geri döneceği ile ilgili uzun vadede de olsa aslında bu teknolojik yatırımın işletmenin faydasına olacağına hatta ileride ticari hayatta kalmasını doğrudan etkileyeceğinin net bir şekilde işletme sahiplerine anlatılması gerekmektedir.

4.6.5.6. Üretimde bilgi ve iletişim teknolojileri alt yapısı ile çalışan ve makine arasındaki bağlantı teknolojilerinin karşılaştırılması

Capgemini Consulting ve GT Nexus tarafından 20 ülkeden yöneticilerle bir araştırma yapılmıştır. 2016 yılında yapılan ve 337 işletme üzerinden gerçekleştirilen çalışmada (<http://mktforms.gtnexus.com/rs/979-MCL-531/images/GTNexus-Digital-Transformation-Report-US-FINAL.pdf>) katılımcıların %25'inden azı tedarik zinciri yönetimi kapsamında veriye ulaşabildiğini, %15'i ise tedarik zinciri yönetimindeki veriye otomatik bir şekilde ulaşım sağlandığını belirtmişlerdir. Buna ek olarak 5 yıl içerisinde %54'ünün yüksek düzeyde tedarik zincirinde veriye ulaşmaya yönelik çalışmalar yapacaklarını belirtmişlerdir. Aynı araştırma çerçevesinde işletmelerin yaklaşık olarak yarısı, tedarikçileriyle e-posta, telefon vb. gibi geleneksel yöntemler ile bilgi değişiminin gerçekleştirildiğini ifade etmiştir [138].

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın 2017 yılında dijital dönüşüm konusunda öncü 250 firma ile gerçekleştirmiş olduğu dijitalleşme anketi kapsamında (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 13.01.2020) tedarik yöntemleri ve müşteri sevkiyatı otomasyonu ile ilgili soruların sonuçları incelendiğinde işletmeler ortalama olarak 5 üzerinden 2,51 puan ile tedarikçilerle entegre sistemler kullandıklarını ve planlamada eşgüdüm olduğunu belirtmişler ayrıca 2,84 puan ile de müşterilerde sevkiyat konusunda takip ve otomasyon sağlandığını ifade etmişlerdir [75].

Bu çalışma kapsamında ise araştırmaya katılanların %17,1'i müşteriler ve tedarikçiler gibi işletmelerin dışında otomatik bilgi akışı olduğunu belirtmişlerdir. Bu iki araştırma ele alındığında orta-yüksek ve yüksek teknolojide faaliyet gösteren KOBİ'lerin öncü firmaların sonuçlarına göre çok aşağıda kaldıkları ve bu konularda müşteri ve tedarikçiler başta olmak üzere sistemlerin birbiriyle uyumlaştırılması ve bilgi akışının daha otomatik hale getirilmesi için çalışmalar yapılmasının gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığının araştırmasına göre (<https://www.sanayi.gov.tr/tsddtyh.pdf>) katılımcıların makine ve ekipman performanslarının üretim sürecindeki takibinin uzaktan yapılması ve gerçek zamanlı olarak yapılması konusunda 1 ile 5 arasında puanlandırılması istenmiştir. İşletmeler %69 oranında 3 veya 4, %12 oranında 1 veya 2 ve %20 oranında 5 puan vermişlerdir. Diğer taraftan üretim süreçlerinde tam otomatik izleme ve kontrol ile gerçek zamanlı geri besleme konularında verilen puanlara bakıldığında, %39 ile 1 veya 2, %58 ile 3 veya 4 ve %4 ile 5 puan verildiği görülmüştür [75].

Bu çalışma kapsamında da çalışanlar ile makineler arasındaki bağlantı teknolojileri soru 25 ile sorgulanmıştır. Verilen cevaplara bakıldığında %47,6'sında çalışan ile makine arasında karşılıklı bilgi değişiminin olmadığı belirtilmiştir. %34'ü her bir makine özelinde ara yüzler olduğunu, %31,7'si üretimde izleme ve denetleme yapabildiklerini ifade etmiştir.

2017 yılında yapılan Sanayi ve Teknoloji Bakanlığına ait çalışmanın TGB'de yer alan ve Ar-Ge merkezi olan işletmelere uygulandığı ve çalışmanın yapılmasından iki yıl geçtiği göz önüne alındığında bu çalışma çerçevesinde ortaya çıkan üretimde izleme ve denetleme süreçlerinin bulunması yönündeki cevabı işaretleyen işletmelerin %31 seviyesinde kalmasının düşündürücü olduğu tespit edilmiştir. İşletmelerin süreçlerini günümüz teknolojileriyle daha güncel bir şekilde takip etmeleri gerekmektedir.

4.6.5.7. İşletmelerdeki veri kullanımı, veri analizi ve gerçek zamanlı veri takibi seviyelerinin karşılaştırılması

2017 yılı içerisinde Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Ar-Ge merkezine sahip veya TGB'lerde faaliyet gösteren işletmeleri kapsayan bir araştırma gerçekleştirmiştir. Bu araştırmanın amacı dijital dönüşüme öncü olabilecek işletmelerin dijitalleşme seviyelerinin belirlenmesi ve sorun ve beklentilerinin ortaya çıkarılması olarak planlanmıştır. Dijitalleşme anketi olarak anılan bu çalışma 250 işletmeye uygulanmıştır. Buna göre (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 13.01.2020) verinin bakım ve onarım konularında kullanılması ve analiz edilmesiyle ilgili olarak katılımcıların %70'i orta derecede, %23'ü düşük ve %7'si yüksek seviyede çalışmalar yaptıklarını belirtmişlerdir [75]. Bu çalışma kapsamında bakım uygulamalarında veri kullanıldığını belirtenler işletmelerin oranı ise %28,6'dır.

Bakanlık araştırmasında veri kullanımı ve analiziyle ilgili olarak üretim planlaması ve optimizasyon çalışmaları gerçekleştirme seviyeleri incelendiğinde %68 oranında orta, %25 oranında düşük ve %7 oranında da yüksek seviye karşımıza çıkmıştır [75]. Bu çalışma kapsamında da verinin kullanılması ve veri analiziyle ilgili olarak hazırlanan sorunun

cevapları ele alındığında katılımcıların %52'si süreç kalitesini iyileştirmek ve yine %52'si üretim planlaması ve optimizasyon için veri kullanıldığını belirtmiştir. Bakanlık araştırmasına konu firmaların dijitalleşme çalışması içerisinde öncü firmalar olduğu düşünüldüğünde %52'lik bir oranla üretim planlaması ve optimizasyon çalışmalarının gerçekleştirilmesi umut verici bir sonuçtur.

Diğer taraftan gerçek zamanlı veri takibinin yapılması da üretim süreçlerinin takibi ve planlama ile optimizasyon açısından önemli bir unsurdur. Bakanlığın gerçekleştirmiş olduğu dijitalleşme anketindeki sonuçlarla bu çalışmadaki gerçek zamanlı veri takibi yapılması hakkındaki soruya verilen cevaplar karşılaştırıldığında; ortalama olarak bakanlıkta %68 oranında gerçek zamanlı planlama ve optimizasyon yapıldığını belirten işletmeler varken bu çalışma kapsamında %45'lik bir kesim gerçek zamanlı veri takibi yaptığını belirtmiştir. Bakanlık çalışmasında 1 veya 2 puan verenlerin oranı %25 iken bu çalışmada %46,8 olarak gerçekleşmiştir [75].

BCG tarafından Birleşik Krallık, Amerika, Çin, Almanya Fransa'daki 1500 işletmeye yapılan araştırmada (BCG, 13.01.2020) önleyici bakım için çalışmalar yapıldığını belirten işletmeler İngiltere'de %10, Fransa'da %20 ve Almanya'da %15 düzeyindedir. Buna karşın kısa vadede bu konuyla ilgili çalışmalar yapacağını ifade edenlerin oranı ise İngiltere'de %30, Almanya'da %35 ve Fransa'da %40 düzeyindedir [137].

4.6.5.8. İşletmelerdeki endüstri 4.0 stratejik plan ve yol haritası bulunma durumlarının karşılaştırılması

BDO ve Mekanik Mühendisliği Enstitüsü tarafından Birleşmiş Krallıkta 318 işletme temsilcisini kapsayan bir araştırma gerçekleştirilmiştir. 2016 yılında yapılan bu araştırmaya göre (BDO, 18.01.2020) işletmelerin %19'u herhangi bir stratejik plana ihtiyaç olmadığını, %20'i tamamen gereksiz olduğunu değil ancak belirli seviyede strateji belirlemenin faydalı olacağını ve %48'i de stratejik plan veya yol haritası geliştirmeyi planladıklarını ifade etmişlerdir [125].

2017 yılında yapılan Bakanlık dijitalleşme araştırması kapsamında (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 14.01.2020) işletmelerin %37'si dijitalleşme konusu ile ilgili bir stratejik planlarının olduğunu belirtmişlerdir. Ancak %40'ı teknolojik yatırımları içerisinde dijital dönüşüm süreçleri ile ilgili konuların yer aldığını ifade etmişlerdir. Diğer taraftan katılımcıların %16'sı stratejik planlama aşamasını tamamlayarak performans göstergelerini

tanımlamıştır. Son olarak da işletmelerin %25'i herhangi bir stratejik plan veya yol haritalarının olmadığını ifade etmiştir [75].

Bu çalışma kapsamında da işletmelere stratejik planlarının veya yol haritalarının olup olmadığı sorulmuştur. İlgili soruya cevap verenlerin %38,1'i herhangi bir stratejisinin veya yol haritasının olmadığını ve planları arasında yer almadığını belirtmiştir. %36,1'i endüstri 4.0 kapsamında bir strateji veya yol haritası geliştirmeyi planlandığını ifade etmiştir. Geriye kalan %25,8'lik kısım dijital dönüşüm çerçevesinde bir stratejilerinin olduğunu belirtmiştir. Bunlardan %12,3'ü çalışmaların başlatıldığını, %2,8'i ise sadık bir şekilde uygulama yapılmakta olduğunu ifade etmiştir.

Bu üç çalışmanın sonucunda elde edilen veriler incelendiğinde; ülkemizdeki KOBİ'ler, endüstri 4.0 kapsamında geçmişe göre daha planlı bir şekilde adımlar atarak hem stratejik plan hem de yol haritası çalışmaları için girişimlerde bulunacaklarını ifade etmişlerdir. Ancak %38'lik bir oran ile KOBİ'lerin endüstri 4.0 kapsamında herhangi bir girişimde bulunmamaları politika yapıcılar için acilen ele alınması gereken konular arasında yer almalıdır. Diğer taraftan Birleşik Krallıkta işletmelere nazaran işletmelerimiz daha planlı ve bu konuda daha somut adımlar attığı görülmektedir.

4.6.5.9. Üretim süreçlerinde kullanılan teknolojilerin karşılaştırılması

EUROSTAT verilerine göre 2016 yılında AB'ye üye ülkelerdeki işletmelerin bulut bilişim teknolojilerini kullanma durumu %40'ın üzerindedir. Birinci sıradaki ülkenin Finlandiya olduğu belirtilmiştir. Ayrıca Türkiye'deki işletmelerin ilgili çalışmadaki bulut bilişim teknolojilerini kullanma oranı ise %10 olarak ifade edilmiştir. Bu oran ile Türkiye bulut bilişim teknolojilerine yönelik hazırlanan ülke listesinde sondan altıncı sırada yer almıştır [130].

Bu çalışma kapsamında bulut bilişim teknolojilerini KOBİ'ler %40 düzeyinde kullanım sağladığını belirtmişlerdir. Bu kapsamda 2016 EUROSTAT verilerine göre ciddi bir ilerleme sağlandığı yorumu yapılabilir.

Deloitte ve Manufacturers Alliance for Productivity and Innovation, 200 işletme üzerinde dördüncü sanayi devrimi ile ilgili bir araştırma yapmıştır. 2018 yılında tamamlanan araştırmaya katılan teknoloji tedarikçilerine hangi teknolojilere yatırım yaptıkları sorulduğunda; %40'ı ileri veri analitiğine, %37'si bulut bilişime, %34'ü modelleme ve simülasyona, %33'ü nesnelere internetine, %24'ü artırılmış gerçeklik araçlarına ve %24'ü de yapay zekaya yatırım yaptığını ifade etmiştir [136].

Vanson Bourne ve Dell Technologies 2016 yılında 16 ülkeden ve 12 farklı sektörden yaklaşık 4000 işletmenin katılımıyla dijital teknolojilere yönelik bir araştırma gerçekleştirmiştir. Bu araştırma kapsamında gelecek 3 yıllık planları arasında yatırım yapmayı planladıkları teknolojiler sorulmuştur. Buna göre (Dell Technologies and Vanson Bourne, 14.01.2020) ilk sırada %41 ile büyük veri ve veri analitiği, ikinci sırada %39 ile nesnelerin interneti, üçüncü olarak da %30 ile yapay zeka cevapları verilmiştir. Ayrıca %17 ile en düşük oranda ise eklemeli imalat teknolojisi katılımcılar tarafından belirtilmiştir [131].

TÜSİAD ve Boston Consulting Group iş birliğinde 2017 yılında ülkemizdeki işletmeler kapsamında gerçekleştirilen çalışmaya göre katılımcıların %53'ü siber güvenlikle ilgili uygulamaları kullandığını, %52'si sensörlerden yararlandığını, %45'i robot ve otomasyon sistemlerinin kullanıldığını, %32'si yatay ve dikey entegrasyon süreçlerini entegre ettiğini, %30'u büyük veri analizinden yararlandığını ve %20'si bulut teknolojilerinden faydalandıklarını belirtilmişlerdir. Bu teknolojilerin ardından eklemeli imalat %11, artırılmış gerçeklik %9 ve yapay zeka %5 ile katılımcılar tarafından tercih edilmiştir [92].

2016 yılında TÜBİTAK, işletme ölçeği gözetmeksizin kendisi tarafından ar-ge desteği verilen 1000 özel sektör kuruluşu üzerinde akıllı üretim sistemleri kapsamında detaylı bir araştırma gerçekleştirmiştir. Bu araştırmaya katılan işletmelerin (TÜBİTAK, 14.01.2020) %30'u akıllı otomasyon sistemleri ve siber fiziksel sistemlerini firmalarına entegre etmeyi planladıklarını belirtmişlerdir. Ortalama olarak %45 oranındaki işletmeler 3 ila 5 yıl arasında bu teknolojileri entegre etmeyi planladıklarını ve yaklaşık %20 oranındaki işletme ise 5 ila 10 yıl arasında firmalarına bu teknolojileri entegre etmeyi düşündüklerini dile getirmişlerdir [91].

KOBİ'lere yapılan bu çalışma kapsamında ise %38'inin endüstri 4.0 konularında bir stratejisinin henüz olmadığı tespit edilmiştir. Endüstri 4.0 teknolojileri veya uygulamaları için ise ortalama olarak tüm unsuları ele aldığımızda yaklaşık %30'luk bir kesim 2 yıl içerisinde üretim süreçlerine ilgili teknolojileri entegre edeceğini ifade etmiştir.

TÜBİTAK'ın 2016 yılında yaptığı araştırma ile birlikte bu çalışma bir arada ele alındığında, uzun vadeli planların kısa vadeye çekildiği ancak teknolojik rekabet edilebilirliği geciktirmemek ve verimlilik yarışında geri kalmamak için daha somut adımlar atılarak işletmelerimizin olabildiğince çabuk ve kendilerine en fazla katma değeri sağlayacak üretim sürecinde endüstri 4.0 unsurlarıyla tanışmalarının sağlanması gerekmektedir. 2016 yılında gerçekleştirilen çalışmanın üzerinden 3 yıl geçmiş olmasına rağmen planlara uygun bir ilerleme kaydedilemediği tespit edilmiştir. Bu nedenle dünyadaki

trendi kaçırmamak için hem kamu hem de özel sektör üzerine düşen görevleri yerine getirmek zorundadır.

TÜBİTAK'ın ilgili çalışması kapsamında (TÜBİTAK, 14.01.2020) endüstriyel robotların %30, otomasyon sistemlerinin %40, akıllı otomasyon sistemlerinin %20 ve siber fiziksel sistemlerin %20 civarında kullanıldığı belirlenmiştir. Buna ek olarak 2017 yılında yapılan Bakanlık dijitalleşme araştırması kapsamında işletmelerin %53'ü az düzeyde, %42'si orta düzeyde ve %5'i fazla düzeyde otonom ileri robotik sistem teknolojilerini kullandığını belirtmiştir [91].

Bu çalışma kapsamında KOBİ'lerin endüstri 4.0 teknolojilerini ve uygulamalarını kullanma durumlarına bakıldığında, %10 düzeyinde arttırılmış veya sanal gerçeklik, %40 düzeyinde bulut bilişim teknolojileri, %30 büyük veri, %30 eklemeli imalat, %30 nesnelere interneti, %50'den fazla otomasyon sistemleri, %20 otonom robotlar, %30'dan fazla siber güvenlik, %20'ye yakın yapay zeka ve %20 yatay ve dikey entegrasyon süreçleri karşımıza çıkmaktadır.

Çalışma kapsamında yapay zeka ve arttırılmış ile sanal gerçeklik teknoloji haricindeki endüstri 4.0 teknoloji veya uygulamalarının, TÜBİTAK'ın 2016 yılı haziran ayında gerçekleştirilen "Akıllı Üretim Sistemlerine Hizmet Eden Kilit ve Öncü Teknolojiler Anketi" ile karşılaştırıldığında 2016 ila 2019 yılları arasında çok büyük bir değişiklik olduğunu söylemek yanlış olacaktır. 2016 yılındaki araştırmada %30 dolaylarında çıkan akıllı otomasyon sistemleri ve siber fiziksel sistemlerin kullanımı çalışma kapsamında direkt sorgulanmamış olup ilgili teknolojileri kapsayıcı ifadeler sorulmuştur. Bu kapsamda otonom robotlar haricindeki siber fiziksel sistemlerin alt bileşenlerinden olan teknolojilerin çoğunda 2016 yılına göre herhangi bir artış gözlenmemiştir.

4.6.5.10. Endüstri 4.0'ın sağladığı veya sağlayacağı faydaların karşılaştırılması

TÜSİAD ve Boston Consulting Group iş birliğinde 2017 yılında ülkemizdeki işletmeler baz alınarak bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Bu araştırmaya 108 işletme katılım sağlamış olup çalışma kapsamında endüstri 4.0'ın işletmelerine sağlayacağı katkıları puanlandırmaları istenmiştir. Bu çerçevede birinci sırada üretimde verimlilik, ikinci sırada kaynak verimliliği, üçüncü sırada da ürün kalitesinde iyileşme kazandıracağı işletmeler tarafından belirtilmiştir. Üretim esnekliği ve üretimde hız faydaları da belirtilen seçenekler arasında yer almıştır [92].

Deloitte tarafından İsviçre’de yapılan bir araştırmada dördüncü sanayi devrimi kapsamında şletmelerin beklediği faydalara bakıldığında, birinci sırada yaklaşık %90 oranında küresel rekabet güçlerini arttıracakđı belirtilmiştir. Buna ek %50’ye yakın bir oranda üretimin ucuz iş gücü sağlayan ülkelerden gelişmiş ülkelere kaymasında etkisi olacağı belirtilmiştir [126].

2018 yılında AB Komisyonu tarafından gerçekteştirilen bir araştırmada Almanya, İtalya ve Slovenya’da faaliyet gösteren şletmeler, Endüstri 4.0 kapsamında kullandıkları teknoloji ve uygulamalar ile; üretimde verimliliğin arttırılmasını, müşteri taleplerine göre ürünlerin kişiselleştirilmesi konusunda üretim süreçlerinde esneklik kazanılmasını ve maliyetlerde düşüş yaşanmasını beklediklerini ifade etmişlerdir [139].

Deloitte ve Manufacturers Alliance for Productivity and Innovation, 200 şletme üzerinde gerçekteştirdiği araştırmada dijitalleşmiş tedarik ağlarına yönelik sorgulamalar yapmıştır. Bu kapsamda (https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/4181_embracing-a-digital-future/embracing-a-digital-future.pdf) şletmeler tedarik zinciri yönetiminde şletim maliyetlerinin düşeceğini, yeni iş geliştirme fırsatlarının artacağını, karar vericilerin daha hızlı karar verebileceklerini, bu sayede daha hızlı ve etkin faaliyetlerin sürdürülebileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca çok büyük bir oranda tedarik süreçlerinde şeffaflığın artacağı ve bu sebeple pazara ulaşım hızının artacağı ifade edilmiştir [136].

BDC tarafından 2017 yılında Kanada’daki şletmeler üzerine yapılan araştırmada (BDC, 12.01.2020) beklenen fayda olarak yüksek bir oranda yatırım yapan şletmelerin 2020 yılına kadar gelirlerinde %10’luk bir artış beklentisi olduğu belirtilmiştir. Buna ek olarak şletmelerin %60’ı endüstri 4.0 uygulamalarının verimliliklerini arttırdığını, %50’si maliyetlerini düşürdüğünü, %42’si de ürün kalitesinde artış olduğunu belirtmiştir [128].

Bu çalışma kapsamında yapılan araştırmada da KOBİ’lerden endüstri 4.0 uygulamalarından elde edilen faydaları belirtmeleri istenmiştir. Buna göre birinci sırada %38,9 ile süreçlerin izlenmesi, görünürlüğü ve kontrolüne katkı sağladığı ifade edilmiştir. İkinci sırada %36,5’lik bir oran ile üretim sürecinde verimliliğin arttırılmasına katkı sağladığı, üçüncü olarak da mevcut kapasitenin arttırılmasına katkı sağladığı belirtilmiştir. Çok yakın bir oranda ayrıca şletmeler üretimde esneklik kazanılmasına, maliyetlerin azaltılmasına, teslimat süresinin azaltılmasına, müşteri memnuniyeti ve yeni müşteri kazanımına ve son olarak da stok kontrolünün sağlanmasıya katkı sağladığını belirtmişlerdir.

Uluslararası araştırmalarla bu çalışma kapsamındaki sonuçlar karşılaştırıldığında yeni sanayi devriminin unsurlarının kullanılması ile ortaya çıkan etkilerin benzer olduğu ancak ilgili ülkelerdeki faydaların daha fazla oranda ortaya çıktığı görülmüştür. Bunun nedenin;

genellikle gelişmiş ülkelerdeki araştırmalar ele alındığından ilgili ülkelerdeki işletmelerin ülkemizdeki işletmelere göre daha erken aşamada bu teknolojileri kullanması ve sonuçlarını bizim ülkemizdeki işletmelere göre daha yakın tarihte görmüş olmalarıdır. Diğer taraftan TÜSİAD liderliğinde ülkemizde yapılan çalışma ile bu çalışmanın sonuçları kıyaslandığında endüstri 4.0 uygulama sonuçlarının beklentilerin de benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

2000’li yılların başından itibaren meydana gelen baş döndürücü teknolojik gelişmelerin üretim alanında yansımaları yavaş yavaş ortaya çıkmaktadır. 3 boyutlu yazıcılar, akıllı otonom robotlar, yenilikçi ve ileri teknoloji sensörler ve tamamen otonom bir şekilde gerçekleştirilen üretim süreçleri imalat sanayiye önemli bir şekilde etkilemektedir. Bu etkileşime genel bir kavram olarak dördüncü sanayi devrimi adı verilmekte olup gelecek dönemde küresel ekonomiyi şekillendirecek en ciddi faktörlerin başında yer alması beklenmektedir.

Dünyada yaşanan küresel krizler ve yeni teknolojik dönüşüm kapsamında Almanya gibi ekonomik alt yapısı sanayiye bağlı ülkelerin diğer ülkelere göre daha az yara alarak bu süreçleri atlatalmaları imalat sanayinin önemini bir kez daha vurgulamıştır. Ancak günümüzde; yeni sanayi devrimi kapsamında bütün imalat sektörü kabuk değiştirmektedir. Daha önceden çok büyük yatırımlar nedeniyle yılladır sektördeki üreticiler tarafından korunaklı sayılan bu alanda günümüzde yeni oyuncular, yeni teknolojiler ve görece daha küçük yatırımlarla ilgili alanın bir üreticisi konumuna gelebilmektedirler. Sektöre girmek kolaylaştığı için çok büyük firmaların yaptığı işlemleri 3 veya 5 kişilik start-up ekipleri, iş modelini değiştirerek daha az maliyetlisini veya daha modernini daha rekabetçi bir şekilde yapabilmektedirler.

Son on beş ila yirmi yıl içerisinde bankacılık, finans, eğlence sektöründe internet olayın içerisine girdikçe tepeden tırnağa nasıl bir değişim veya dönüşüm olduysa günümüzde de artık imalat sektöründe internetin kullanılması ve sektöre bu yeni teknolojilerin gelişerek girmesiyle bilinen her türlü gerçek alt üst olmaya başlamıştır. Bu nedenle değişime ayak uyduramayan işletmelerin hayatta kalmaları mümkün olmamaktadır.

Diğer taraftan orta gelir düzeyinden yüksek gelir düzeyine çıkabilmek için çalışmalar yürütülen ülke ekonomimiz için bu durum bir fırsat haline dönüştürülebilir. Bu nedenle imalat sanayi kapsamında özellikle katma değeri yüksek ve rekabet edilmesi zor sektörler arasında yer alan orta-yüksek ve yüksek teknoloji temelli politikalar geliştirilmeye ihtiyaç vardır. Türkiye’deki orta ve yüksek teknoloji seviyesinde üretimin toplam imalat sanayindeki oranının %30 düzeyinde olduğu göz önüne alındığında bu konunun ehemmiyeti daha da önem kazanmaktadır. Bu nedenle bu çalışma kapsamında ekonominin bel kemiği olan ve orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyinde faaliyet gösteren imalatçı KOBİ’ler ele alınmıştır.

Araştırma içerisinde ilk olarak KOBİ kavramının açılımı ve tanımlaması, ülkemizde KOBİ sınıflandırması, hangi nitelikteki işletmelerin KOBİ vasfı taşıdığı, AB ve diğer ülkelerdeki KOBİ tanımlamalarındaki farklılıklar, KOBİ'lerin ekonomik, sosyal ve toplumsal boyuttaki önemi, işletmelerin teknoloji düzeyine göre sınıflandırılması ve orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyinde faaliyet gösteren KOBİ'lerin önemi detaylı olarak ele alınmıştır.

Ardından tez çalışmasının üçüncü bölümünde dünyada bugüne kadar yaşanan endüstri devrimlerinden bahsedilmiştir. Buhar gücü ve motor kullanımının ortaya çıktığı birinci endüstri devrimi, elektriğin kullanılmaya başladığı ikinci endüstri devrimi, bilgisayarların her türlü alana etki ettiği ve bilgi çağı olarak adlandırılan üçüncü sanayi devrimi ve 2011 yılından itibaren endüstri 4.0 genel adı ile anılan ve fiziksel mekanik sistemlerle elektronik dijital sistemleri bir araya getiren bir dönüşüm olarak karşımıza çıkan dördüncü sanayi devrimi ve bu devrime ilişkin unsurlar, teknolojiler ve uygulamalar hakkında detaylı bilgiler sunulmuştur. Ayrıca bu bölüm içerisinde Çin, Almanya, Finlandiya, Fransa, Birleşik Krallık ve Japonya gibi ülkelerdeki endüstri 4.0 politikalarının ve uygulamalarının neler olduğu ile ülkemizde bugüne kadar bu alanda neler yapıldığı konularında kapsamlı bilgilere yer verilmiştir.

Dördüncü bölüm içerisinde ise orta-yüksek ve yüksek teknoloji alanında faaliyet gösteren imalatçı KOBİ'lerin;

- i) Endüstri 4.0 farkındalık ve bilgi seviyesinin ölçülmesi ve buna etki eden faktörlerin belirlenmesi,
- ii) Dördüncü sanayi devrimi kapsamında karşılaştığı zorlukların tespit edilmesi,
- iii) Endüstri 4.0 hazırlık ve olgunluk düzeylerinin ölçülmesi ve buna etki eden faktörlerin belirlenmesi,
- iv) Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanım düzeylerinin ölçülmesi,
- v) Endüstri 4.0 teknolojilerini kullanırmaya yönlendiren etkenlerin neler olduğunun tespit edilerek kullanımdan kaynaklanan faydaların ortaya çıkarılması

amacıyla bir anket araştırması gerçekleştirilmiştir. 42 sorudan oluşan ve çevrimiçi ortamda uygulanan bu anket kapsamında toplamda 499 işletmeye ulaşılmıştır ancak söz konusu işletmelerden araştırma çerçevesinde şartları sağlayan 391'i için analizler gerçekleştirilmiştir.

Tüm Türkiye'yi içeren bu çalışma kapsamında 44 ayrı ilden veri toplanmıştır. Ayrıca imalat sanayi sektöründeki orta-yüksek ve yüksek teknoloji sınıflandırması içerisinde yer alan 14 adet NACE kodu belirlenmiş sektörün tamamından işletmeye çalışma kapsamında

ulaşmıştır. Araştırmaya katılım sağlayan işletmelerin %42,7'si mikro, %32'si küçük ve %25,3'ü orta büyüklükte işletme özelliği taşımaktadır.

Araştırma kapsamında ele alınan hedef kitle her ne kadar orta-yüksek ve yüksek teknoloji seviyesinde faaliyet gösteren işletmeler olsa da neredeyse %25'lik bir oranla yöneticilerinin mühendislik veya teknik alanlarda eğitim görmüş kişiler değil beklenenin aksine iktisadi ve idari bilimler mezunları olduğu ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda teknik alanlar haricinde de mezuniyeti bulunan kişilerin kendisini ilgili alanlarda geliştirmesini müteakip bu teknolojilerde faaliyet gösteren bir işletmenin yöneticisi olabileceği görülmüştür. Bu nedenle üniversitelerin sadece teknik bölümlerinde değil diğer bölümlerinde de bilimsel ve teknolojik gelişmeleri (örneğin veri bilimi, yapay zeka gibi), teknoloji kullanımına ve geliştirilmesine imkan verecek, piyasaların aradığı beceri ve yetkinliklerin geliştirilmesini sağlayacak uygulamalı eğitimleri de içerecek şekilde bölüm dinamiklerini gözetenek öğrencilerin merakını uyandıracak konularda derslerin müfredatlara eklenmesinin öğrencilerin iş hayatına hazırlanmaları ve bu konularda çalışmaları açısından faydalı olacağı düşünülmektedir.

Orta-yüksek ve yüksek teknolojide faaliyet gösteren KOBİ'lere yapılan araştırma sonucunda 391 işletmeden %56'sı ihracat rakamlarında artış meydana geldiğini veya sabit bir şekilde ihracat yaptıklarını belirtmişlerdir. Bu sonuç küresel piyasalarda yaşanan ekonomik daralma ve durağan dönemleri yaşadığımız bu günlerde bile ilgili teknoloji düzeyindeki işletmelerin önemini bir kez daha ortaya koymaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında orta-yüksek ve yüksek teknoloji seviyesinde imalatçı olarak faaliyet gösteren KOBİ'lerin neredeyse yarısının henüz bilgi teknolojileri olarak adlandırılan işletme içerisindeki ERP, MES veya CRM gibi programları dahi kullanmadıkları tespit edilmiştir. Bu sistemlerin üzerine inşa edilmesi planlanan endüstri 4.0 teknolojileri için uygun zeminin ilgili firmalar içerisinde hazır olmadığı görülmektedir.

Çalışmanın ana amaçlarından biri olan işletmelerin endüstri 4.0 farkındalık ve bilgi seviyesi araştırıldığında orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyinde faaliyet gösteren imalat sektöründeki KOBİ'lerin yöneticilerinin yaklaşık %70'inin endüstri 4.0 konusunda ortalama veya zayıf farkındalık ve bilgi seviyesine sahip olduğu görülmekte olup bu oranın 2011 yılında dünyada konuşulmaya başlayan ve ülkemizde de 2016 yılında resmen gündeme alınan bir ekonomik kavram için çok düşük kaldığı düşünülmektedir. Bu nedenle özellikle ilgili teknoloji seviyesinde faaliyet gösteren işletmeler için ciddi anlamda farkındalık ve bilgilendirme çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Bu çalışmalar bire bir işletme

özelinde olabileceği gibi toplu etkinlikler veya özendirici çalışmaları içerecek şekilde de olabilir.

Bilgi ve farkındalık düzeyinin düşük olmasından dolayı, Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi ve Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından işletmelerin endüstri 4.0 hakkında daha sağlıklı bilgilendirilmeleri için TV programları ve sosyal medyanın kullanılması, TEKNOFEST benzeri etkinlikler, tanıtım günleri, konferans ve seminerlerin düzenlenmesinin sağlanarak bilinç seviyesinin artırılmasına katkı sağlamaları önerilmektedir. Doğru ve net bilgilerin uygulamalı örnekler üzerinden anlatılarak ekonomik faydasının neler olacağı etkin bir şekilde ortaya konmalıdır. Bunun için gerek özel sektör gerek kamu sektörü gerekse de üniversiteler içerisinde bilgi sahibi olan her gerçek ve tüzel kişinin üzerine düşeni yapması ve işletmelere bu konuda bilgilendirici faaliyetlerde bulunarak onları yönlendirmeleri gerekmektedir. Ayrıca işletmelerin güvenilir bulunduğu ve dikkate alabileceği meslek kuruluşları ve kişilerle iletişime geçerek faydalı bilgilendirme işlemlerinin yapılması için tanıtıcı yöntemler uygulanabilir.

Ayrıca STK'lar kendi bünyesinde yer alan üyeler için ücretsiz bir şekilde endüstri 4.0 farkındalık eğitimleri düzenleyebilir. Bu eğitimlerde ilgili teknolojilerin nasıl kullanılabileceğine dair somut örnekler, uygulama adımlarının neler olacağı, işletmeye ne tür katkılar sunacağı gibi net bilgiler verilebilir. Bunun yanı sıra yine kendi üyeleri arasından endüstri 4.0 alanında başarılı bir şekilde teknolojileri kendi süreçlerine entegre etmiş firmalar, ilgili eğitime çağrılarak süreç adımlarını anlatmaları talep edilebilir. Bu şekilde hem işletmeler bilgi sahibi olacak hem de örnek alabilecekleri süreçleri bire bir görme fırsatı yakalayacaklardır.

TÜSİAD'ın 3 yıldır yürütmüş olduğu SD² programının amacı, hedefleri ve çıktıları incelendiğinde başarı hikayelerinin tüm Türkiye'ye uyarlanabilecek şekilde genişletilmesi gerektiği düşünülmektedir. Bunun için diğer STK'lar ve Ticaret ve Sanayi Odalarının da kendi üyeleri için başta bilgilendirici ve farkındalık artırıcı ardından da bu şekilde problem ve çözüm sağlayıcı işletme eşleştirmeleri ile buna benzer programlar düzenlemeleri bu çalışma ile tavsiye edilmektedir.

Ülkemizde işletmelerin yeni sanayi devrimi kapsamında problemler ve bu problemlere ilişkin çözüm önerileri geliştirilmesi için start-up'larla iş birliği ve kendi süreçlerine uygun girişimcilere çözümler üretilmesi için TÜSİAD SD² uygulaması iyi bir süreçtir. Bu kapsamda daha büyük, kapsamlı ve buna benzer uygulamalar gerçekleştirilebilir.

Araştırma içerisinde işletmelerin bilgi ve farkındalık düzeyleri ile ilgili faktörler de analiz edilmek istenmiştir. Bu sebeple ilişki analizleri yapılarak farkındalık ve bilgi seviyesine etki eden faktörler araştırılmıştır. Buna göre KOBİ'lerin;

- i) Kurumsal kaynak planlaması, ürün yönetimi, malzeme ihtiyaç planlaması gibi üçüncü endüstri devrimine konu olan bilgisayar programı veya yazılımları kullanma durumu,
- ii) Yalın üretim yaklaşımı konusunda bilgi sahipliği ve benimseme seviyesi,
- iii) Yeni mezunlar, girişimciler, startuplar, fikir sahipleri ve kuluçka merkezleri ile etkileşim seviyesi,
- iv) Üniversitelerle iş birliği yapma durumu,
- v) TGB'lerde dijital dönüşüm tedarikçisi firmalardan haberdar olma durumu,
- vi) Endüstri 4.0 konularında sağlanan destekler hakkında bilgi veya farkındalık derecesi işletmelerin dördüncü sanayi devrimi konusunda bilgi ve farkındalık seviyelerini etkilemektedir.

İlgili teknoloji seviyesindeki KOBİ'lerin, TGB'lerde dijital dönüşüm tedarikçisi firmalarla etkileşimi incelendiğinde neredeyse her 10 KOBİ'den 4'ünün TGB'lerde yer alan işletmelerden ve bu işletmelerin ne tür teknolojiler geliştirdiğinden haberdar olmadığı tespit edilmiştir. Bu noktadan hareketle işletmenin ihtiyacı olan bir teknoloji için TGB'lerde yer alan bir veya birkaç firma tarafından ortaklaşa yerli bir proje veya ürün geliştirilebileceken yurt dışından yabancı bir şekilde tedarik etme yoluna gidilebileceği düşünülmektedir. Bu sebeple TGB'lerdeki yer alan işletmeler veyahut TGB yetkilileri ile KOBİ'lerin daha fazla bir araya gelmesi ve TGB'lerde ne tür projeler ve ürünler geliştirildiği konusunda bilgilendirme yapılabileceği düşünülmektedir. Her ne kadar Sanayi ve Teknoloji Bakanlığına ait lonca.gov.tr ve teknoag.sanayi.gov.tr internet adreslerinden hem TGB'lerde hem de ülkemizde hangi alanda ne tür firmaların ve projelerin yürütüldüğüne dair bilgilere erişilebilse de TGB'lerin KOBİ'lerle daha fazla bir araya gelebileceği etkinlikler düzenlemesi ve etkileşimin artırılması amacıyla 4691 sayılı TGB Kanunu kapsamında teşvik edici düzenlemeler yapılabileceği önerilmektedir.

KOBİ'lerin doldurduğu anket sonucunda işletme yöneticilerinin %41'i dördüncü sanayi devriminin üstesinden geleceğini belirtmiştir ancak %34,5'i gibi büyük bir oranda da kararsızlık söz konusudur. KOBİ'lerin endüstri 4.0 bilgi ve farkındalık düzeyi düşük olmasına karşın dördüncü sanayi devriminin üstesinden gelebileceklerini düşündükleri tespit edilmiştir. Bilgi seviyesi düşük olmasının kararsızlığa neden olduğu tahmin edilmektedir. Bu yeni devrim kapsamında işletmelerin hayatta kalmaları ve üstesinden gelmeleri istenen

bir durum olmasına karşın daha iyi bir bilgilendirme yapılarak neyle karşı karşıya kalacaklarının bilinmesi ve buna uygun adımlar atılmasının sağlanması gerekmektedir. Bundan dolayı KOBİ'lere dördüncü sanayi devriminin ne demek olduğu, unsurlarının nelerden oluştuğu, ne tür getirileri olacağı, ileride onlar için ne tür avantajlar sağlayacağı gibi konularda daha kapsamlı ve net bilgilendirme çalışmalarının yapılması gerektiği düşünülmektedir.

Ayrıca, araştırma kapsamında ortaya çıkan sonuçlarda ülkemizdeki üniversite-sanayi iş birliği çalışmalarının endüstri 4.0 kapsamında çok zayıf olduğu belirlenmiştir. Bunun için hem kamu sektöründeki kurumlar hem de kanun yapıcıların müdahaleleriyle üniversiteleri ve sanayi kuruluşlarını teşvik edici düzenlemeler yapılabileceği düşünülmektedir.

Üniversite ile sanayinin iş birliği içerisinde çalışması, ortak araştırma geliştirme projeleri geliştirilmesi, birlikte yenilik çalışmaları yapılması arttırılmalıdır. Bu kapsamda özel sektörün üniversitelere fon tahsis etmesi ve bunun karşılığında üniversitelerin de akademik kadrolarıyla sanayicinin istediği konularda araştırmalara odaklanarak yoğun proje çalışmalarıyla birlikte araştırma ve geliştirme yapmaları sağlanabilecektir. Sonuç olarak üniversitedeki çalışmaların kamu bütçesine bağıllığı yavaş yavaş ortadan kalkacak ve sistem müdahale olmadan işler hale gelebilecektir. Uygulama örneği olarak; Yüksek Öğretim Kurumu, meslek kuruluşları ile firmaların oluşturduğu standartlar çerçevesinde bir proje havuzu oluşturulması ve bu havuzdan doktora ve yüksek lisans tez konusu seçilmesi halinde öğrenci ve tez danışmanlarının, ilgili meslek kuruluşları ile firmaların finansal katkısıyla desteklenmesi önerilmektedir. Bu sayede endüstri 4.0 konularında üniversite-sanayi iş birliğinin daha fazla kullanılması sağlanabilecektir.

Üniversite ile sanayi iş birliğini arttırmak için buna ek olarak “Sanayi İrtibat Ofisi” adında bir yapı kurgulanabilir. Bu yapıların sanayi bölgelerinde kurulması ve üniversite bünyesinde yer alan yapılar ile etkileşim ile faaliyetlerini yürütmesi önerilmektedir. Burada istihdam edilecek personel veya çalışanlar yarı zamanlı akademik personel olabileceği gibi üniversiteler ile çalışma konusunda yetkin, iş birliğine açık ve girişimci kişiler olmalıdırlar. Bu yapılar sanayiye yönelik teknik, mali ve yasal konularda danışmanlık, eğitim ve bilgilendirme çalışmaları yapabileceği düşünülmektedir. Buna benzer olarak bu yapının üniversite-sanayi iş birliği çerçevesinde endüstri 4.0 kapsamındaki iş birliklerinin arttırılması ve bu işbirliğine ilişkin engellerin neler olduğu ile bu engellerin nasıl aşılacağına dair gelecekte çalışmalar yapılması tavsiye edilmektedir. Firma, sektörel ve teknoloji düzeylerinde çalışmalar yaparak stratejilerin oluşturulması ve buna uygun destek mekanizmalarına ulaşılması için çalışmalar yapılması da görevleri arasında yer alabilir.

Üniversitelerin ar-ge, yenilik, teknoloji geliştirme ve endüstri 4.0 konularındaki destekler konusunda bilgilendirici bir misyon üstlendiği ve işletmeler üzerinde farkındalık artırıcı çalışmaları olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca üniversitelerden teknik danışmanlık alan KOBİ'lerin üniversitelerle yaptıkları çalışmalardan memnun oldukları ve endüstri 4.0 kapsamında da onlarla çalışacaklarının sonucu çıkarılmıştır.

İşletmelerin ar-ge, yenilik, teknoloji geliştirme ve endüstri 4.0 konularında sağlanan destekler hakkında hem bilgi ve farkındalık seviyeleri hem de yararlanma seviyeleri düşüktür. Bu nedenle KOBİ yöneticilerinin; ar-ge, yenilik, teknoloji geliştirme ve endüstri 4.0 konularında sağlanan destekler hakkında bilgi ve farkındalık seviyesi düşük olması işletmelerin bu desteklerden daha az hatta hiç yararlanmamasına sebebiyet verdiği düşünülmektedir. Kurum ve kuruluşlar tarafından daha fazla tanıtıcı çalışmalarla KOBİ'lere ulaşım sağlanması ve desteklerin kısa ve anlaşılır bir şekilde anlatılması gerekmektedir. Yöneticilerin de bu konulara az da olsa zaman ayırarak belki bir personelini bu konuda istihdam etmesi ve kamu ve özel sektör fonlarından ne tür faydalanacağını tespit etmesi için gerekli çalışmaları yapması tavsiye edilmektedir.

Bunun yanı sıra teşvik ve kredi mekanizması araştırıldığında, bir yandan bu alanda yapılacak bilgilendirme faaliyetleri diğer yandan da endüstri 4.0 özelinde teknolojilerinin ve uygulamalarının işletme süreçlerine entegre edilmesi için destek mekanizmalarının artırılabilmesi düşünülmektedir.

KOSGEB, KOBİ-GEL Destek Programı kapsamında 2019 yılında yayınlanmış olduğu dijitalleşme çağruları ile KOBİ'lerin endüstri 4.0 teknolojilerini geliştirmelerini ve bu teknolojileri kullanmalarını teşvik etmek için destek mekanizması yürütmüştür. Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler dikkate alındığında ilgili program kapsamında bir kez daha aynı konu özelinde çağrıya çıkılması önerilmektedir. Ayrıca destek veren kurum ve kuruluşlar tarafından sadece bu konu özelinde bir destek mekanizmasının tasarlanmasının faydalı olacağı düşünülmektedir. Buna ek olarak kamu müdahalesi ile işletmelerin rekabetçiliğini arttırmak için endüstri 4.0 teknoloji yatırımlarına ekstra kredi avantajları getirilebileceği tavsiye edilmektedir.

Çalışmada araştırılan bir diğer husus, endüstri 4.0 ile ilgili teknolojilere ilişkin hazırlık süreçlerinde veya uygulamalarında KOBİ'lerin karşılaştığı zorlukların neler olduğunun belirlenmesidir. İşletmelerin en sık karşılaştığı zorluk teknolojik alt yapı eksikliği olarak ifade edilmiştir. Ayrıca ikinci sırada çalışan bilgi ve yetenek eksikliği üçüncü olarak da yüksek uygulama maliyetleri ve dördüncü sırada da ekonomik faydanın tam olarak net olmayışı ve çekinceler olduğu belirtilmiştir.

KOBİ'lerin endüstri 4.0'a geçiş sürecinde teknolojik alt yapının eksikliği ve endüstri 4.0 teknolojilerin yüksek uygulama maliyetlerini zorluk olarak belirtilmesine karşın devlet desteklerinin hem bilinmediği hem de kullanılmadığı tespit edilmiştir. Aynı zamanda ciddi anlamda ar-ge çalışması yürütüldüğü belirlenmiş olup bu çalışmalar için kamu kaynağı kullanılmaya başlanarak daha sonra endüstri 4.0 ile ilgili de kamudan destek alınabileceği önerilmektedir.

Bu konuda KOSGEB tarafından Ar-Ge ve İnovasyon Destek Programı kapsamında 750.000 TL'ye kadar, KOBİ TEKNOYATIRIM Destek Programı kapsamında 5 Milyon TL'ye kadar geri ödemeli ve ödemesiz destek verilmektedir. Ayrıca TÜBİTAK tarafından 1507 KOBİ Ar-Ge Başlangıç Destek Programı ve 1511 Öncelikli Alanlar Araştırma Teknoloji Geliştirme ve Yenilik Projeleri Destek Programları ile işletmelerin endüstri 4.0 teknolojileri ve uygulamaları için yapacakları yatırımlar ve teknoloji geliştirme süreçleri desteklenmektedir.

Yine aynı şekilde çalışan bilgi ve yetenek eksiklikleri için de çeşitli destek programlarıyla çalışanların bilgi düzeyi artırılabilen veyahut yetişmiş insan gücü istihdamı sağlanmasına olanak verilmektedir. Çalışan bilgi ve yetenek eksikliği konusunda bir diğer öneri ise üniversitelerin bu konuya daha fazla eğilmesidir. Şöyle ki uygulama tarafı gelişmemiş ve bazı programlardaki güncel trend konulardan uzak mezunlar verilmesi piyasanın talep ettiği işgücünü karşılamada yetersiz kalmaktadır. Üniversite müfredatlarının özellikle veri bilimi, yapay zeka, entegre sistem geliştiriciliği gibi dördüncü sanayi devriminin gereksinim duyduğu yeni meslek dallarına uygun olarak değiştirilmesi gerekmektedir.

Çalışan bilgi eksikliği ile ilgili olarak; personelin bilgi birikimini artırmak için KOBİ'lere yönelik eğitim desteklerinden yararlanılabilir. Meslek kuruluşları aracılığıyla üniversiteler veya bu konu özelinde çalışmaları olan firmalardan toplu eğitim alımları yapılabilmesi için teklifler alınarak indirimli eğitimler düzenlenebilir. Veyahut KOSGEB, TÜBİTAK vb. kurumlarla görüşülerek online eğitim veri tabanlarında bu tür eğitimlerin eklenmesi için girişimlerde bulunulabilir.

Bilgi ve iletişim teknolojileri ile ilgili istihdam verilerine bakıldığında ülkemiz OECD verileri arasında son sıralarda yer almaktadır. Ancak bu çalışmada daha önceden bahsedildiği gibi bilgi ve iletişim teknolojileri ile ilgili araştırmacı sayısına bakıldığında bunun tersi bir durum ortaya çıkmakta ve ülkemiz OECD ortalamasının üzerinde kendisine yer bulmaktadır. Bu sonuçlar kapsamında dijitalleşme sürecinde görev alacak yetenekli personelin üniversite veya akademik camianın dışına çıkarak özel sektöre kayması

gerektiğine dair ihtiyacın olduğu görülmüş olup buna uygun olarak politikalar geliştirilebileceği tavsiye edilmektedir.

Dünya Bankasının verilerine göre ülkemizdeki şirketler muadil ülkelere nazaran kendi çalışanlarına daha az mesleki eğitim verme eğilimindedirler. Örneğin; Meksika'daki işletmelerin %55,1'i, Brezilya'daki işletmelerin %42,2'si personeline mesleki gelişmelerine yönelik eğitim vermekteyken ülkemizde bu oran %28,4'tür. Ayrıca, Almanya ve Finlandiya'da sadece işletmelerin endüstri 4.0 konusunda eğitim alabilmeleri için 140 milyar Euro bütçe ayrılmış olduğu düşünüldüğünde ülkemizde de bu konuda ciddi adımlar atılması gerekliliği ön plana çıkmaktadır. [26].

Ülkemizdeki 3 milyona yakın genç işsiz için periyodik olarak planlanan ve ulaşım ve yemek masraflarının sponsorlar veya devlet kurumları tarafından karşılandığı endüstri 4.0 teknolojilerine yönelik atölye çalışmalarının gerçekleştirilebileceği düşünülmektedir. Bu sayede genç işsiz nüfusun atıl olarak kalmasının önüne geçilebileceği gibi teknolojik gelişmeler konusunda yeni fikirler ve projeler geliştirilmesine yönelik adımlar atılabilecektir.

Yüksek maliyetlerin karşılanması açısından endüstri 4.0 kapsamında ortaklık veya iş birliği modelleri geliştirilerek işletmelerin yatırım yapabilecekleri düşünülmektedir. Bu açıdan destek cenneti olan ülkemizde KOSGEB'in İş birliği Destek Programı kapsamında KOBİ'lerin birlikte yapacakları yatırımlar 10 Milyon TL'ye kadar destek sunulmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında, dördüncü sanayi devriminin saç ayaklarından birini oluşturan ancak aslında üçüncü sanayi devrimi olan otomasyonun konusu olan üretimde izleme ve denetleme konusunda işletmelerimizin henüz %31,7'sinin yetkinliğinin olduğu görülmüştür.

Buna ek olarak yalın üretim yaklaşımını işletmesinde benimseyenler ve endüstri 4.0 konusunda farkındalık ve bilgi sahibi olanlar ilgili hususlarda düşük seviyede olanlara göre çalışan ile makine arasındaki teknoloji alt yapısı olarak daha ileri bir aşamada yer almaktadırlar.

Anket çalışması kapsamında, üretim planlaması ve optimizasyon konusunda işletmelerimizin verilerden yararlanarak bir planlama ve optimizasyon çalışmalarının olduğu ancak gerçek zamanlı veri elde etme konusunda kendilerini geliştirmeleri gerektiği sonucu ortaya çıkmaktadır. Bunun için de teknolojik olarak alt yapı yatırımları yapılarak gerçek zamanlı veriye ulaşım sağlanması gerekmektedir. Diğer taraftan işletmelerimizin verinin önemi ve verilere dayanılarak planlama yapılması konusunda istekli oldukları söylenebilir.

Üretimde gerçek zamanlı veriler elde edilerek; üretim gruplarına ait tezgah veya istasyon bazındaki durum takipleri, ne kadar ürün üretildiği, ne kadar hammaddenin sistemde var olduğu, ürünün çıkış hızı veya süresi, çalışanların durumları, iş emri süreçlerinin hangileri hatta hangileri montajda hangileri hangi istasyonda gibi bilgiler anlık olarak elde edilebilmektedir. Bu nedenle işletmelerin rekabet edebilirlik yeteneklerinin artırılması amacıyla verilerin bir sistem üzerinden mobil tabanlı yazılımlar aracılığıyla karar vericiler tarafından takip edilebilerek planlamaların daha gerçekçi ve sağlıklı bir şekilde yapılabilmesinin sağlanması önerilmektedir.

KOBİ'ler, girişimcilik ekosisteminde yer alan paydaşlarla daha fazla etkileşim halinde oldukça verilerin kullanımı ve analizi konusunda daha çeşitli çalışmalar yaptıkları tespit edilmiştir. Ayrıca, üniversite ile iş birliği yapan KOBİ'lerin veri kullanımı, veri analizi ve gerçek zamanlı veri takibi konularında iş birliği yapmayanlara göre daha yetkin oldukları tespit edilmiştir. Buna göre üniversitelerle endüstri 4.0 konusunda çalışmaları olanlar ile üretim prosesi geliştirilmesi konusunda teknik danışmanlık alan işletmeler, ar-ge çalışmalarından üretim planlamasına süreç kalitesi iyileştirilmesi çalışmalarından bakım uygulamalarına kadar çeşitli alanlarda firma içerisindeki veriyi kullanmaktadırlar. Bu sebeple işletmelerin bir yandan veri toplama, veriyi analiz etme ve yorumlayarak pazarda pozisyon alma konusunda diğer yandan endüstri 4.0'a geçiş sürecinde üniversitelerden ve girişimcilik ekosisteminden daha fazla yararlanması gerektiği düşünülmektedir.

Buna ek olarak verinin güvenliği açısından işletmelerin yaklaşık yarısının çalışmasının olduğu belirlenmiş olup yalın üretim yaklaşımını benimseyenler ve endüstri 4.0 bilgi ve farkındalık düzeyi fazla olan işletmelerin veri güvenliği ile ilgili söz konusu hususlarda seviyesi düşük olanlara göre daha fazla çalışma yaptığı ortaya çıkmıştır. Siber güvenlik alanında önlem alınmaması durumunda üretimde manipülasyon, işçi yaralanmaları, üretimin durması, fikri mülkiyete konu olabilecek çalışmaların veya kurumsal kaynak planlaması yazılımı kapsamındaki bilgilerin çalınması söz konusu olabilmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında ülkemizdeki KOBİ'lerin çok büyük bir kesimin endüstri 4.0 konusunda herhangi bir stratejisi veya yol haritası bulunmadığı belirlenmiştir. Dördüncü sanayi devrimi kapsamında üretim süreçlerinin ve üretimde yer alan tüm bileşenlerin dönüşümü esnasında daha önceden artıları ve eksileri ortaya konmuş bir stratejik plan dahilinde işlem yapılmasının işletmeler için daha sağlıklı olacağı düşünülmektedir. Buna karşın araştırmada, bilgi ve farkındalık seviyesi arttıkça endüstri 4.0'a yönelik adımların atıldığı, sektörde rekabet avantajını kaybetmemek için stratejilerin belirlendiği ve bu stratejilere uygun olarak da aksiyonlar alındığı sonucuna ulaşılmıştır.

Yapılan literatür araştırmalarında ayrıca şletmelerin endüstri 4.0'ı amaç değil araç olarak yorumlamalarının gerekliliği vurgulanmaktadır. Bir şletme endüstri 4.0'a geçiş yapmayı planlıyorum diyerek stratejik plan veya yol haritası yaptığında tamamen teknoloji üreticilerin kurbanı olmaya mahkumdur. İlgili teknoloji üreticileri şletmeye ihtiyacı olan veya olmayan bir sürü teknolojik yatırım yaptırabilir. Ancak buradaki amaç baştan somut belirlenmeli ve bu amaç doğrultusunda endüstri 4.0 unsurlarından hangilerini kullanarak bu amaca daha çabuk varılır veya nasıl daha az maliyetle bu amaca varılır şeklinde sorularla stratejik plan oluşturulmalıdır.

Ayrıca, endüstri 4.0'ı nasıl araç olarak kullanabileceğini anlatan endüstri 4.0 eğitimleri bulunmaktadır. Bu ve benzeri eğitimler sayesinde ilgili unsurların şletmenin hangi alanında ve hangi amaç için kullanılabileceği ile şletme yatırım bütçesi dahilinde hangisi teknoloji veya bileşen ile başlanmasının daha yararlı olacağının analiz edilebileceği eğitimler alınabilir.

Dördüncü sanayi devrimi ile birlikte merkezi karar verme yapılarından merkezi olmayan yapılara geçiş olmaktadır. KOBİ'lerdeki aile şirketi mantalitesi kapsamında endüstri 4.0 teknolojilerinin uygulanma süreci düşünöldüğünde kültürel bir değişimin gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Günümüzde çok popüler kavramların başında geline yıkıcı teknolojiler genellikle sektör dışından gelmektedir. Bu nedenle endüstri 4.0 teknolojilerini veya uygulamalarını kullanmaya başlamadan önce stratejik plan veya yol haritası için sektör dışından kişilerden yardım alınabilir. Bu sayede şletme süreçlerinde gözden kaçırılan hususlar için çok farklı bakış açılarıyla etkin ve verimli çözümler bulunabilir.

Ayrıca belirlenecek sektör veya firma özelinde gelecekte daha detaylı bir şekilde endüstri 4.0 kapsamında bir strateji veya yol haritası hazırlanmasına yönelik çalışmalar yapılması önerilmektedir. Buna ek olarak sektör farkı gözetmeksizin bu çalışmaya benzer başka bir çalışma gerçekleştirilebilir ancak bu durumda konu çok geniş olacağından amaçlar daraltılabilir ve teknoloji düzeylerine ait sektör farkları arasındaki endüstri 4.0 farkındalık ve olgunluk seviyelerinin farkı daha net ortaya konabilir.

Bu tez çalışmasında KOBİ'lerin sadece %22,5'inin endüstri 4.0 teknolojilerini veya uygulamalarını kullandığı belirlenmiştir. Yaklaşık %40'ına yakın şletme ise henüz kullanılmasının düşünölmeyeceğini ifade etmiştir. Geriye kalanlar ise değerlendirmelerin yapıldığını veya planlama çalışmalarının başlatıldığını belirtmişlerdir.

İşletmelerin genel anlamda endüstri 4.0'dan beklentileri incelendiğinde uzmanlar tarafından araştırmalarda ortaya konan en önemli katkılarının başında gelen verimliliği

arttırma hedefi katılımcılar tarafından da en fazla işaretlenen seçenek olmuştur. Bu sonuç çerçevesinde uygulamaya başlayan veya bunun için adımlar atan KOBİ'lerin endüstri 4.0'ı iyi bir şekilde yorumladıkları ve beklentilerinin doğru bir yönde olduğu çıkarılabilmektedir.

Araştırma içerisinde Endüstri 4.0 teknolojilerinin KOBİ'ler tarafından kullanım düzeyine bakıldığında; arttırılmış ve sanal gerçeklik teknolojisinin %30, bulut teknolojilerinin %40, büyük veri ve analitik kapsamında çalışma yapanların %30, eklemeli imalat teknolojilerinin %30, nesnelerin internetini ve yenilikçi sensörler teknolojilerinin %30, otonom robotlar teknolojilerinin %20, siber güvenlik teknolojilerinin %30, yapay zeka uygulamalarının %10 ve yatay ve dikey entegrasyon süreçlerinin ise %20 oranında kullanıldığı belirlenmiştir.

İlgili sonuçlar, imalat sanayimizin dördüncü sanayi devrimi kapsamında teknoloji kullanımı ve uygulamalarından yararlanma açısından zayıf kaldıklarını göstermektedir. Ancak KOBİ'lerin araştırma çerçevesinde %25 ila %35 oranında ilgili teknolojileri 2 yıl gibi kısa bir süre içerisinde kullanacaklarını belirtmeleri gelecek için umut vericidir.

Diğer taraftan üçüncü sanayi devriminin konusu olan ve işletmedeki üretimin izlenmesi ve planlanması açısından büyük önem arz eden otomasyon sistemlerinin KOBİ'ler tarafından %50'den fazla bir oranda kullanıldığı belirlenmiştir.

Ayrıca, ülkemizdeki imalatçı KOBİ'lerin her ne kadar ar-ge ve yenilik projeleri gerçekleştirirler de kendi işletmeleri içerisinde yeni sanayi devriminin unsurlarından yararlanma oranları düşük kalmaktadır. Orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyinde faaliyet gösteren bu KOBİ'lerin ilgili teknolojilerden daha fazla yararlanmalarının gerektiği düşünülmektedir. Bunun için danışmanlık mekanizmalarının arttırılması ve işletmelerle birebir çalışacak mentör veya koç tarzında kişilerin istihdam edilmesi tavsiye edilmektedir. Bu kapsamda KOSGEB tarafından yürütülen KOBİ Rehberliği ve Teknik Danışmanlık Hizmetleri sistemine büyük görevler düşmektedir. İşletmelere danışmanlık yapacak olan akredite firmalar için endüstri 4.0 ile ilgili eğitimler verilmesi ve bu eğitimler sayesinde firmaların işletmelere daha sağlıklı bilgiler sunarak sağlıklı bir şekilde yönlendirmelerde bulunması sağlanmalıdır.

Otomasyon sistemlerinin henüz tam anlamıyla kullanılmaması, endüstri 3.0 program ve yazılımlarının tüm işletmeyi içerecek şekilde kullanılmayışı, üretimdeki bilgi ve iletişim alt yapısı, çalışan ile makine arasındaki bağlantı teknolojileri ve endüstri olgunluk analizlerindeki elde edilen verilerle birlikte düşünüldüğünde orta-yüksek ve yüksek teknolojideki düzeyindeki imalatçı KOBİ'lerin henüz endüstri 3.0 aşamasını tamamlayamadıklarını göstermektedir.

Bu araştırma sonucunda da ortaya konduğu gibi KOBİ'lerin endüstri olgunluk seviyesi henüz endüstri 3.0 düzeylerindedir. Bu nedenle işletmelerin hedef odaklı teknoloji edinimi ve üretimi sağlayabilmeleri için tasarlanacak politika ve destek mekanizmalarında endüstri 3.0 teknolojilerini veya yazılımlarını da kapsayıcı bir şekilde olması tavsiye edilmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında, KOBİ'lerin endüstri 4.0 teknolojilerini kullanırmaya yönlendiren en büyük etkenin verimliliğin artırılması olduğu belirlenmiştir. Buna paralel olarak işletmeler, endüstri 4.0 ile ilgili en fazla verimlilik artışına katkı sağladığını ifade etmişlerdir. Diğer taraftan maliyetlerin azaltılması ve kapasitenin artırılması gibi fayda beklentileri aynı şekilde ilk üç arasında endüstri 4.0'ın sağladığı katkılar arasında sıralanmıştır. Bu çerçevede endüstri 4.0 sürecinde adımlar atmış ve bazı uygulamalar yapmış firmalar tarafından dördüncü sanayi devrimine ait teknolojilerinden ve uygulamalarından beklenen faydaların karşılandığı söylenebilmektedir. Bu minvalde, farkındalık ve bilgi olarak zayıf olan işletmelerimize endüstri 4.0'ın daha etkin ve anlaşılır anlatılmasına katkı sağlayarak kısa vadede sonuç alınmasa bile bu dönüşüme girmenin gelecek yıllar için kaçınılmaz olduğunun ve ekonomik olarak ilerleyen zamanlarda çok ciddi fayda sağlayacağı anlatılması için bu sonuç çok büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışma kapsamında ayrıca orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyinde faaliyet gösteren imalatçı KOBİ'lerin strateji, teknoloji, üretim, ürün ve insan bileşenleri ele alınarak endüstri 4.0 olgunluk seviyeleri belirlenmiştir. İlk olarak bütün araştırmaya katılanlar için bir analiz yapılmış olup ülkemizdeki ilgili teknoloji seviyesindeki KOBİ'ler, tüm boyutlarda 5 üzerinden 2 ila 3 arasında ortalama değerler almışlardır. Daha sonra çeşitli sektör ve soru sınıflandırmalarıyla olgunluk seviyesi üzerinde etkili olan hususlar belirlenmiştir. Buna göre;

- TGB'lerde faaliyet gösteren KOBİ'ler insan ve ürün boyutunda,
- Bilgisayarların, elektronik ve optik ürünlerin imalarını gerçekleştiren KOBİ'ler tüm boyutlarda,
- ERP, CRM ve MES gibi yazılım ve programları tüm işletme fonksiyonlarını içerecek şekilde kullananlar tüm boyutlarda,
- Yalın üretim yaklaşımını benimseyen KOBİ'lerin strateji, üretim ve insan boyutlarında,
- Yeni mezunlar, girişimciler, startuplar, fikir sahipleri ve kuluçka merkezleri ile etkileşim halinde olanlar tüm boyutlarda,
- Üniversiteden ürün geliştirilmesi konusunda teknik danışmanlık alanlar insan ve ürün boyutunda,

- Üniversiteden personel temini konusunda birlikte çalışmaları bulunanlar insan ve ürün boyutunda,
- TGB'lerdeki dijital dönüşüm firmalarıyla birlikte çalışma gerçekleştirenler strateji, insan ve ürün boyutunda,
- Endüstri 4.0 kapsamında üniversitelerden destek alanlar, görüşmelere başlayanlar ve çalışma yürütenler tüm boyutlarda,
- Endüstri 4.0 hakkında bilgi ve farkındalık düzeyi yüksek olanlar tüm boyutlarda,
- Ar-ge, yenilik, teknoloji geliştirme ve endüstri 4.0 konularında 4 ve üzerinde destekten yararlananlar tüm boyutlarda,
- Üretimde bilgi ve iletişim teknolojileri alt yapısı kapsamında işletme içinde ve dışında otomatik bilgi akışını sağlayanlar tüm boyutlarda,
- Üretimde çalışan ile makine arasında mobil ara yüzler veya arttırılmış gerçeklik teknolojileri kullananlar tüm boyutlarda,
- Gerçek zamanlı veri takibi yapanlar tüm boyutlarda,

endüstri 4.0 olgunluk düzeyinde ülke ortalamasına göre yüksek çıkmışlardır. Diğer taraftan;

- Toplam iş tecrübesi 5 yıldan az yöneticisi olan KOBİ'ler teknoloji ve üretim boyutunda,
- Küçük sanayi sitesinde faaliyet gösterenler strateji, teknoloji ve üretim boyutlarında,
- ERP, CRM ve MES gibi yazılım ve programları kullanmayanlar tüm boyutlarda,
- Yeni mezunlar, girişimciler, startuplar, fikir sahipleri ve kuluçka merkezleri ile etkileşim halinde olmayanlar tüm boyutlarda,
- Üniversite ile hiçbir iş birliği yapmayanlar tüm boyutlarda,
- Herhangi bir ar-ge ve yenilik projesi gerçekleştirmemiş olanlar tüm boyutlarda,
- Endüstri 4.0 kapsamında üniversitelerle birlikte çalışmayanlar veya bu konuda engeller olduğunu belirtenler tüm boyutlarda,
- Endüstri 4.0 hakkında bilgi ve farkındalık düzeyi düşük olanlar tüm boyutlarda,
- Üretimde çalışan ile makine arasında herhangi bir bilgi değişiminin olmadığını belirtenler tüm boyutlarda,
- Herhangi bir veri kullanımı veya veri analizi yapmayanlar tüm boyutlarda,
- Gerçek zamanlı veri takibi yapmayanlar veya az miktarda yapanlar tüm boyutlarda,
- Veri güvenliği konusunda çalışması olmayanlar tüm boyutlarda

endüstri 4.0 olgunluk düzeyinde ülke ortalamasına göre düşük seviyede çıkmışlardır.

Ürünlerine sensör entegre etmenin uygun olmadığını belirten işletmelerin sektörleri incelendiğinde; kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatı, temel eczacılık ürünlerinin ve eczacılığa ilişkin malzemelerin imalatı, silah ve mühimmat (cephane) imalatı, bilgisayarların, elektronik ve optik ürünlerin imalatı, tıbbi ve dişçilik ile ilgili araç ve gereçlerin imalatı ile başka yerde sınıflandırılmamış makine ve ekipman imalatı karşımıza çıkmaktadır.

Son olarak bilgisayar programlama faaliyetleri imalat sektörü içerisinde sayılmadığı için bu çalışma kapsamına alınamamıştır. Ancak ilgili NACE kodu kapsamında çalışan işletmeler ülkelerin gelişmişlik düzeylerini belirlemede ve ülke ekonomilerinin güçlü kalmasını sağlamada çok önemli rol oynamaktadırlar. Bunun en bilinen örneği ABD'dir. Bu kapsamda bilgisayar programlama faaliyetlerini içerecek yeni çalışmalar yapılması ve bu çalışma içerisinde yapay zeka teknolojilerine ait daha detaylı araştırma yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] R. Iraz, A. B. ÇAKICI ve R. Yılmaz, “KOBİ’lerde organizasyonel becerilerin yenilikçilik performansına etkisi: Konya 2. organize sanayi bölgesinde bir uygulama,” *Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Dergisi*, cilt.1, sayı.2, pp.52-67, 2016.
- [2] “Küçük ve orta büyüklükteki işletmelerin tanımı, nitelikleri ve sınıflandırılması hakkında yönetmelik.” Resmi Gazete. <https://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=3.5.20059617&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=K%C3%BC%C3%A7%C3%BCk%20ve> (Accessed: 14 Aralık, 2019).
- [3] “What is an SME?.” Avrupa Komisyonu. https://ec.europa.eu/growth/smes/business-friendly-environment/sme-definition_en (Accessed: December 10, 2019).
- [4] “SME-definition of ifm bonn.” Institut für Mittelstandsforschung Bonn. <https://en.ifm-bonn.org/definitions/sme-definition-of-ifm-bonn> (Accessed: December 5, 2019).
- [5] “Table of size standards.” U. S. Small Business Administration. <https://www.sba.gov/document/support--table-size-standards> (Accessed: December 12, 2019).
- [6] “Girişim özelliklerine göre dış ticaret istatistikleri.” TÜİK. <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=27818> (Accessed: 4 Aralık, 2019).
- [7] “Glossary:high-tech classification of manufacturing industries statistics explained.” EUROSTAT. <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/pdfscache/6384.pdf>, (Accessed: October 12, 2019).
- [8] “Dış ticaret istatistikleri.” TÜİK. <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=30663> (Accessed: 14 Aralık, 2019).
- [9] “Industrial Development Report 2016 The Role of Technology and Innovation in Inclusive and Sustainable Industrial Development,” UNIDO, Vienna, Austria, UNIDO

ID/447, 2015. Accessed: December 12, 2019. [Online]. Available: https://www.unido.org/sites/default/files/2015-12/EBOOK_IDR2016_FULLREPORT_0.pdf

- [10] N. Gür, S. Ünay ve Ş. Dilek, *Sanayiye yeniden düşünmek küresel teknolojik dönüşümün dünya ve Türkiye ekonomisine yansımaları*. İstanbul, Türkiye:SETA, 2018.
- [11] S. Andaç, “The comparison of industry 4.0 implementations between Turkey and EU countries,” M.S. thesis, Dept. of Computer Engineering, Bahcesehir Univ., İstanbul, Turkey, 2019.
- [12] J. Rifkin, *Üçüncü sanayi devrimi yanal güç, enerjiyi, ekonomiyi ve dünyayı nasıl dönüştürüyor*. İstanbul, Türkiye:İletişim, 2019.
- [13] R. Drath and A. Horch, “Industrie 4.0: hit or hype?,” *IEEE Industrial Electronic Magazine*, vol.8, no.2, pp.56-58, 2014, doi: 10.1109/MIE.2014.2312079.
- [14] R. C. Allen, *The British industrial revolution in global perspective*, Cambridge, United Kingdom:Cambridge University Press, 2009.
- [15] G. Atak, “Impact factors and current issues on technology development for industry 4.0 transformation in technopark companies: the case of Turkey,” M.S. thesis, Dept. of Management, İstanbul Tech. Univ., İstanbul, Turkey, 2018.
- [16] K. Yılmaz, “Awareness analysis of industry 4.0,” M.S. thesis, Dept. Of Business Administration, Dokuz Eylül Univ., İzmir, Turkey, 2018.
- [17] P. Bairoch, “International industrialization levels from 1750 to 1980,” *Journal of European Economic History*, vol.11, pp.269-333, 1982.
- [18] R. Engelman. “The second industrial revolution 1870-1914, U. S. History Scene.” <https://ushistoryscene.com/article/second-industrial-revolution/> (Accessed: Oct. 17, 2019).

- [19] H. Aksu, *Dijitopya dijital dönüşüm yolculuk rehberi*. İstanbul, Türkiye:Pusula 20 Tekn. Yayın., 2018.
- [20] P. Hirst and G. Thompson, “Globalization in question: the international economy and the possibilities of governance,” *Political Science Quarterly*, vol.112, no.1, pp.169-170, 1997.
- [21] B. Türkcan ve U. Akseki, *Endüstri 4.0 ve Türkiye ekonomisi*. İstanbul, Türkiye:Orion Kitabevi, 2019.
- [22] R. Gordion, *The rise and fall of American growth: the U.S. standard of living since the civil war*. Princeton, NJ, USA:Princeton University Press, 2017.
- [23] S. Alçın, “Üretim için yeni bir izlek: sanayi 4.0,” *Journal of Life Economics*, cilt.3, sayı.2, pp.19-30, 2016.
- [24] M. Y. Santos, E. S. J. Oliviera, C. Andrade, F. V. Lima, E. Costa, C. Costa, B. Martinho and J. Galvao, “A big data system supporting bosch Braga industry 4.0 strategy,” *International Journal of Information Management*, vol.37, no.6, pp.750-760, 2017.
- [25] F. Gu, J. Guo, P. Hall and X. Gu, “An integrated architecture for implementing extended producer responsibility in the context of industry 4.0,” *International Journal of Production Research*, vol.57, no.5, pp.1458-1477, 2019.
- [26] E. Yazıcı ve H. Düzkaya “Endüstri devriminde dördüncü dalga ve eğitim: Türkiye dördüncü dalga endüstri devrimine hazır mı?,” *Eğitim ve İnsani Bilimler Dergisi: Teori ve Uygulama*, cilt.7, sayı.13, pp.49-88, 2016.
- [27] C. Fuchs, “Industry 4.0: The digital german ideology, triplec: communication, capitalism & critique,” *Open Access Journal for a Global Sustainable Information Society*, vol.16, no.1, pp.280-289, 2018.

- [28] “Türkiye’nin küresel rekabetçiliği için bir gereklilik olarak sanayi 4.0: gelişmekte olan ekonomi perspektifi,” TÜSİAD ve BCG, İstanbul, Türkiye, TÜSİAD-T/2016-03/576, 2016. Accessed: 5 Ekim, 2019. [Online]. Available: <http://www.tusiad.org/indir/2016/sanayi-40.pdf>
- [29] K. Scwab, *Dördüncü sanayi devrimi*. İstanbul, Türkiye:Optimist, 2018.
- [30] K. Schwab and D. Nicholas, *Dördüncü sanayi devrimini şekillendirmek*. İstanbul, Türkiye:Optimist, 2019.
- [31] P. Milgram and F. Kishino, “A taxonomy of mixed reality visual displays, IEICE Transactions on Information Systems,” vol.E77-D, no.12, pp.1321-1329, 1994.
- [32] “Boeing tests augmented reality in the factory.” Boeing. <https://www.boeing.com/features/2018/01/augmented-reality-01-18.page> (Accessed: October 2, 2019).
- [33] B. Karapınar, “Dijital dönüşüm sürecinde endüstride artırılmış gerçeklik/sanal gerçeklik (Ar/Vr) uygulamaları,” *Kalkınmada Anahtar Verimlilik Dergisi*, sayı. 353, pp. 22-24, Mayıs 2018. [Online]. Available: https://anahtar.sanayi.gov.tr/Files/Pdfs/anahtar_mayis_2018.pdf
- [34] “Augmented reality.” DHL. <https://www.logistics.dhl/global-en/home/insights-and-innovation/thought-leadership/trend-reports/augmented-reality.html> (Accessed: Nov. 12, 2019).
- [35] “Augmented and virtual reality in operations a guide for investment.” Capgemini Research Institute. <https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2018/09/AR-VR-in-Operations1.pdf> (Accessed: November 15, 2019).
- [36] Finances Online Reviews For Business. <https://financesonline.com/virtual-reality-statistics> (Accessed: November 17, 2019).
- [37] “Augmented reality (AR) - statistics & facts.” Statista. <https://www.statista.com/topics/3286/augmented-reality-ar> (Accessed: November 17, 2019).

- [38] T. Masood and J. Egger, “Augmented reality in support of industry 4.0 - implementation challenges and success factors,” *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, vol.58, pp.181-195, 2019.
- [39] E. Oztemel and S. Gursev, “Literature review of industry 4.0 and related technologies,” *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2018, doi: 10.1007/s10845-018-1433-8.
- [40] L. D. Xu, E. Xu and L. Li, “Industry 4.0: state of the art and future trends,” *International Journal of Production Research*, vol.56, no.8, pp.2941-2962, 2018.
- [41] F. Ünal, *Büyük veri ve semantik*. İstanbul, Türkiye:Abaküs, 2015.
- [42] D. Reinsel, J. Gantz and J. Rydning. “The digitization of the world from edge to core.” IDC. <https://www.seagate.com/files/www-content/our-story/trends/files/idc-seagate-dataage-whitepaper.pdf> (Accessed: January 10, 2020).
- [43] J. Desjardins. “What happens in an internet minute in 2018?.” Visual Capitalist. <https://www.visualcapitalist.com/internet-minute-2018> (Accessed: January 2, 2020).
- [44] P. Roehring and B. Pring. “The value of signal (and the cost of noise) the new economics of meaning-making.” Cognizant’s Center for the Future of Work. <https://www.cognizant.com/InsightsWhitepapers/The-Value-of-Signal-and-the-Cost-of-Noise-The-New-Economics-of-Meaning-Making.pdf> (Accessed: January 5, 2020).
- [45] G. Banger, *Endüstri 4.0 ekstra*. Ankara, Türkiye:Dorlion, 2018.
- [46] M. Barışkan, ve D. Gonca, “3 boyutlu (3d) yazıcılar,” *Kalkınmada Anahtar Verimlilik Dergisi*, s. 355, pp. 10-13, Temmuz, 2018. [Online]. Available: https://anahtar.sanayi.gov.tr/Files/Pdfs/anahtar_temmuz_2018.pdf
- [47] “Wohlers report 2016 3d printing and additive manufacturing state of the industry executive summary.” Wohler Associates. <https://repository.lboro.ac.uk/articles/Exec>

cutive_summary_of_the_Wohlers_Report_2016/9353654 (Accessed: January 5, 2020).

- [48] J. Bruner and B. Kisgergely. “The digital factory report.” Formlabs. <https://3d.formlabs.com/rs/060-UIG-504/images/The-Digital-Factory-Report.pdf> (Accessed: January 5, 2020).
- [49] B. Varol. “3 boyutlu yazıcı geliştirdi şimdi ürününü Çinliler satıyor.” Dünya Gazetesi. <https://www.dunya.com/sirketler/3-boyutlu-yazici-gelistirdi-simdi-urununu-cinliler-satiyor-haberi-238953> (Accessed: Ocak 5, 2020).
- [50] M. Hermann, T. Pentek, and B. Otto, “Design principles for industrie 4.0 scenarios: a literature review,” *In Proceedings of the 49th Hawaii International Conference on IEEE System Sciences (HICSS)*, Kauai, HI, USA, January 5-8, 2016, pp.3928-3937.
- [51] S. Kemp. “Digital 2019: global internet use accelerates.” We Are Social. <https://wearesocial.com/blog/2019/01/digital-2019-global-internet-use-accelerates> (Accessed: January 10, 2020).
- [52] J. Delcker. “Google vs. the German car engineer.” Politico. <https://www.politico.eu/article/google-vs-german-car-engineer-industry-american-competition> (Accessed: January 11, 2020).
- [53] “The internet of things: mapping the value beyond the hype.” Mckinsey Global Institute. <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Technology%20Media%20and%20Telecommunications/High%20Tech/Our%20Insights/The%20Internet%20of%20Things%20The%20value%20of%20digitizing%20the%20physical%20world/The-Internet-of-things-Mapping-the-value-beyond-the-hype.ashx> (Accessed: January 11, 2020).
- [54] C. Ziegler and N. Patel. “Meet the new ford, a silicon valley software company.” The Verge. <https://www.theverge.com/2016/4/7/11333288/ford-ceo-mark-fields-interviw-electric-self-driving-car-software> (Accessed: January 11, 2020).

- [55] “The internet of things: the opportunities and challenges of interconnectedness, an executive roundtable series of the center for digital strategies at the Tuck School of Business.” Tuck School Of Business. http://digitalstrategies.tuck.dartmouth.edu/wp-content/uploads/2014/05/FINAL-Overview_IoT-Americas.pdf (Accessed: January 8, 2020).
- [56] “Smart factories: how can manufacturers realize the potential of digital industrial revolution.” Capgemini. https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2017/07/smart_factorieshow_can_manufacturers_realize_the_potential_of_digital_industrial_revolution.pdf (Accessed: January 10, 2020).
- [57] “Winning in a business 4.0 world, a TCS study tracks business 4.0 adoption and impact.” Tata Consultancy Services. https://www.business4.tcs.com/content/dam/tcs_b4/pdf/winning-in-a-business-4-0-world.pdf (Accessed: January 12, 2020).
- [58] K. Kloberdanz. “GE’s got a ticket to ride: how the cloud will take trains into a new era.” GE Reports. <https://www.ge.com/reports/the-digital-railroad-how-the-cloud-will-take-trains-into-a-new-era> (Accessed: January 12, 2020).
- [59] “International federation of robotics world robotics industrial robots 2019.” IFR. https://ifr.org/downloads/press2018/IFR_World_Robotics_Outlook_2019_-_Chicago.pdf (Accessed: January 15, 2020).
- [60] J. Vanian. “The multi-billion dollar robotics market is about to boom.” Fortune. <https://fortune.com/2016/02/24/robotics-market-multi-billion-boom> (Accessed: Jan. 15, 2020).
- [61] A. Dalton. “Foxconn replaces 60,000 human workers with robots.” Engadget. <https://www.engadget.com/2016/05/25/foxconn-replaces-60000-humans-workers-with-robots> (Accessed: January 14, 2020).
- [62] “A future that works: automation, employment, and productivity.” Mckinsey Global Institute. <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/Digital>

%20Disruption/Harnessing%20automation%20for%20a%20future%20that%20works/MGI-A-future-that-works-Full-report.ashx (Accessed: January 4, 2020).

- [63] E. Byres, P. K. Eng, and J. Lowe “The Myths and Facts Behind Cyber Security Risks For Industrial Control Systems,” *In Proceedings of the VDE Kongress*, Berlin, Germany, May 25-27, 2004, pp.213-218.
- [64] M. Sergey, S. Nikolay, and E. Sergey, “Cyber Security Concept For Internet of Everything (IoE),” *SINKHROINFO*, Kazan, Republic of Tatarsta, Russian Federation, July 3-4, 2017, pp.301-304.
- [65] N. Benias, and A. P. Markopoulos, “A Review On The Readiness Level and Cyber-Security Challenges in Industry 4.0,” *2017 SEEDA-CECNSM*, Kastoria, Greece, September 23-25, 2017, pp.76-80.
- [66] H. Kagermann, W. Wahlster and J. Helbing, “Securing the future of German manufacturing industry recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0,” ACATECH - National Academy of Science and Engineering, Frankfurt, Germany, April 2013. Accessed: January 6, 2020. [Online]. Available: <https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf>
- [67] S. Smith. “Cybercrime will cost businesses over \$2 trillion by 2019.” Juniper Research. <https://www.juniperresearch.com/press/press-releases/cybercrime-cost-businesses-over-2trillion-by-2019> (Accessed: January 14, 2020).
- [68] “IBM X-Force Threat Intelligence Index 2018.” IBM. <https://www.ibm.com/downloads/cas/MKJOL3DG> (Accessed: January 7, 2020).
- [69] A. Bhutani and P. Wadhvani. “Cybersecurity market size by product type.” Global Market Insights. <https://www.gminsights.com/industry-analysis/cybersecurity-market> (Accessed: January 7, 2020).

- [70] “Türkiye yapay zeka inisiyatifi 2. çalıştay raporu.” https://turkiye.ai/trai-assets/uploads/2018/06/20180522_TRAI_C%CC%A7a1%C4%B1s%CC%A7tay%C4%B1_18_Raporu.pdf (Accessed: 4 Ocak, 2020).
- [71] M. Brettel, N. Friederichsen, M. Keller and M. Roseenberg, “How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: an industry 4.0 perspective,” *International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering*, vol.8, no.1, pp.37-44, 2014.
- [72] C. Burton-Hill. “What does a conductor actually do?.” BBC. <http://www.bbc.com/culture/story/20141029-what-do-conductors-actually-do> (Accessed: January 6, 2020).
- [73] S. Wang, J. Wan, D. Li and C. Zhang, “Chunhua, implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook,” *International Journal of Distributed Sensor Networks*, vol.12, no.1, 2016, doi: 10.1155/2016/3159805.
- [74] T. Stock and G. Seliger, “Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0,” *Procedia CIRP*, vol.40, pp.536-541, 2016, doi: 10.1016/j.procir.2016.01.129.
- [75] “Türkiye’nin sanayi devrimi “dijital Türkiye” yol haritası.” T.C. Bilim, Sanayi Ve Teknoloji Bakanlığı. <https://www.sanayi.gov.tr/tsddtyh.pdf> (Accessed: 10 Ocak, 2020).
- [76] “Industry 4.0 – the opportunities behind the challenge,” UNIDO, Vienna, Austria, Panel Discussion At 17th UNIDO General Conference, 2017. Accessed: January 5, 2020. [Online]. Available: https://www.unido.org/sites/default/files/files/2018-11/UNIDO_GC17_Industry40.pdf
- [77] “National artificial intelligence research and development strategic plan.” United States National Science And Technology Council. https://www.nitrd.gov/pubs/national_ai_rd_strategic_plan.pdf (Accessed: January 6, 2020).
- [78] A. Uyar. “Made in China 2025 stratejisi.” Harvard Business Review. <https://hbrturkiye.com/blog/made-in-china-2025-stratejisi> (Accessed: 7 Ocak, 2020).

- [79] M. Maginer. "How China is changing its manufacturing strategy." The Wall Street Journal. <https://www.wsj.com/articles/how-china-is-changing-its-manufacturing-strategy-1465351382?mod=searchresults&page=1&pos=1> (Accessed: January 12, 2020).
- [80] "Made in China 2025: global ambitions built on local protections." United States Chamber Of Commerce. https://www.uschamber.com/sites/default/files/final_made_in_china_2025_report_full.pdf (Accessed: January 12, 2020).
- [81] "Transformative Technologies and Jobs of the Future, OECD, Background Report for the Canadian G7 Innovation Ministers' Meeting." OECD. <https://www.oecd.org/innovation/transformative-technologies-and-jobs-of-the-future.pdf> (Accessed: January 13, 2020).
- [82] "Japan's science and technology basic policy report." Council For Science And Technology Policy. <https://www8.cao.go.jp/cstp/english/basic/4th-BasicPolicy.pdf> (Accessed: January 9, 2020).
- [83] K. Ridgway, C. W. Clegg and D. J. Williams, "The factory of the future," Foresight and Government Office for Science, Rotherham, United Kingdom, Future of Manufacturing Project No.19, 2013. Accessed: January 5, 2020. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/322788326_The_factory_of_the_future
- [84] R. Geissbauer, S. Schrauf, P. Berttram and F. Cheragi. "Digital factories 2020: shaping the future of manufacturing." PwC. <https://www.pwc.de/de/digitale-transformation/digital-factories-2020-shaping-the-future-of-manufacturing.pdf> (Accessed: January 7, 2020).
- [85] C. Şahin, "Ülkelerin endüstri 4.0 düzeylerinin copras yöntemi ile analizi: G-20 ülkeleri ve Türkiye," Yüksek Lisans Tezi, İşletme Anabilim Dalı, Bartın Üniversitesi, Bartın, Türkiye, 2019.
- [86] E. Bağcı, "Endüstri 4.0: yeni üretim tarzını anlama," *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, cilt.9, sayı.24, pp.122-146, 2018.

- [87] “Preparing for the future of artificial intelligence.” United States National Science and Technology Council. https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/whitehouse_files/microsites/ostp/NSTC/preparing_for_the_future_of_ai.pdf (Accessed: Jan. 8, 2020).
- [88] “Guidance innovation loans: what they are and how to apply.” United Kingdom Government. <https://www.gov.uk/guidance/innovation-loans-what-they-are-and-how-to-apply#contents> (Accessed: January 8, 2020).
- [89] “IV. Sanayi Devrimi Ülke İncelemeleri Fransa, Hindistan, Hollanda, İspanya,” *Kalkınmada Anahtar Verimlilik Dergisi*, s.348, pp.35-40, Aralık, 2017. [Online]. Available: https://anahtar.sanayi.gov.tr/Files/Pdfs/anahtar_aralik_2017.pdf
- [90] “Endüstri 4.0 konu başlığını arama.” Google Trends. <https://trends.google.com/trends/explore?date=2011-01-01%202019-12-12&q=%2Fm%2F0w33bsj> (Accessed: Aralık 28, 2020).
- [91] “Yeni sanayi devrimi akıllı üretim sistemleri teknoloji yol haritası.” TÜBİTAK. https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/akilli_uretim_sistemleri_tyh_v27aralik2016.pdf (Accessed: 13 Ocak, 2020).
- [92] “Türkiye’nin sanayide dijital dönüşüm yetkinliği Türkiye’nin 4. sanayi devrimi, TÜSİAD ve BCG, İstanbul, Türkiye, TÜSİAD-T/2017,12, 2017. Accessed: January 12, 2020. [Online]. Available: <https://cdnendustri40.4flyy.com/file/997b726707494962941dc353aae22fa1/turkiye-nin-sanayide-dijital-donusum-yetkinligi.pdf>
- [93] “2023 sanayi ve teknoloji stratejisi.” T.C. Sanayi Ve Teknoloji Bakanlığı. <https://www.sanayi.gov.tr/strateji2023/sts-ktp.pdf> (Accessed: 17 Ocak, 2020).
- [94] “2019 yılı bütçe sunuşu TBMM plan ve bütçe komisyonu.” T.C. Sanayi Ve Teknoloji Bakanlığı. <https://www.sanayi.gov.tr/butce2019.pdf> (Accessed: 17 Ocak, 2020).

- [95] E. Erdil, “Ar-Ge, İnovasyon ve Gelişmekte Olan Ülkelerin Rekabet Gücü Arasındaki İlişkiler,” *Elektrik Mühendisliği Dergisi*, s.455, pp.15-23, Ekim 2015. [Online]. Available: http://www.emo.org.tr/ekler/d1301591af0c21c_ek.pdf?dergi=1006
- [96] “Araştırma-geliştirme faaliyetleri araştırması 2018.” TÜİK. <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=30572> (Accessed: 18 Ocak, 2020).
- [97] “Main science and technology indicators.” OECD. <https://www.oecd.org/sti/msti.htm> (Accessed: January 18, 2020).
- [98] “Main science and technology indicators.” OECD. https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MSTI_PUB# (Accessed: January 18, 2020).
- [99] “World intellectual property indicators 2019.” World Intellectual Property Organization. https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_941_2019.pdf (Accessed: January 18, 2020).
- [100] “Global innovation index 2019 rankings.” World Intellectual Property Organization. https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2019-intro4.pdf (Accessed: January 18, 2020).
- [101] “Global internet users index.” International Telecommunication Union. <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx> (Accessed: Jan. 17, 2020).
- [102] “3D printing: ensuring manufacturing leadership in the 21st century.” HP & At Kearney. https://www8.hp.com/us/en/images/3D_Printing___Ensuring_Manufacturing_Leadership_in_the_21st_Century_tcm245_2547663_tcm245_2442804_tcm245-2547663.pdf (Accessed: January 17, 2020).
- [103] “Global Cybersecurity Index 2018.” International Telecommunication Union. https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/str/D-STR-GCI.01-2018-PDF-E.pdf (Accessed: January 17, 2020).

- [104] “2018 BSA global cloud computing scorecard powering a bright future.” BSA. https://cloudscorecard.bsa.org/2018/pdf/BSA_2018_Global_Cloud_Scorecard.pdf, (Accessed: January 17, 2020).
- [105] “2019 yılı performans programı.” KOSGEB. https://www.kosgeb.gov.tr/Content/Upload/Dosya/Mali%20Tablolar/Performans%20Program%C4%B1/KOSGEB_2019_Y%C4%B1%C4%B1_Performans_Program%C4%B1.pdf (Accessed: Jan. 18, 2020).
- [106] Ş. Büyüköztürk, E. K. Çakmak, E. Ö. Akgün, Ş. Karadeniz ve F. Demirel, *Bilimsel araştırma yöntemleri*. Ankara, Türkiye:Pegem Akademi, 2013.
- [107] H. Yüksel, *Endüstri 4.0 dönüşüm rehberi*. İstanbul, Türkiye:Aristo, 2019.
- [108] “Impuls Industrie 4.0 Readiness.” VDMA’s IMPULS-Stiftung. https://industrie40.vdma.org/documents/4214230/26342484/Industrie_40_Readiness_Study_1529498007918.pdf/0b5fd521-9ee2-2de0-f377-93bdd01ed1c8 (Accessed: January 15, 2020).
- [109] M. C. Türkeş, I. Oncioiu, D. H. Aslam, A. Marian-Pantelescu, I. D. Topor and S. Capuşneanu, “Drivers and barriers in using industry 4.0:a perspective of SMEs in Romania,” *Processes*, vol.7, no.3, pp.153-173, 2019.
- [110] L. Bee and B. Dehe, “Defining and assessing industry 4.0 maturity levels – case of the defence sector,” *Production Planning and Control*, vol.29, no.12, pp.1030-1043, 2018.
- [111] T. Hamada, “Determinants of Decision-Makers’ Attitudes toward Industry 4.0 adaptation,” *Social Sciences MDPI Open Access Journal*, vol.8, no.5, pp.140-158, 2019.
- [112] F. Ersoz, D. Merdin and T. Ersoz, “Research of industry 4.0 awareness: a case study of Turkey,” *Economics and Business*, vol.32, pp.247-263, 2018.
- [113] A. Benesova, M. Hirman, F. Steiner and J. Tupa, “Analysis of Education Requirements for Electronics Manufacturing within Concept Industry 4.0,” *2018 41st International*

Spring Seminar on Electronics Technology (ISSE), Zlatibor, Serbia, May 16 – 20, 2018, pp.462-467.

- [114] S. S. Kamble, A. Gunasekaran and R. Sharma, “Analysis of the driving and dependence power of barriers to adopt industry 4.0 in Indian manufacturing industry,” *Computers in Industry*, vol.101, pp.107-119, 2018.
- [115] “Türkiye verimlilik gelişim haritası,” T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Verimlilik Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, No:5, Mayıs 2018. [Online]. Accessed: 16 Ocak, 2020. Available: <https://vgm.sanayi.gov.tr/Handlers/DokumanGetHandler.ashx?dokumanId=3f94785c-fa9b-4ba3-aab7-c2cdc857090f>
- [116] “Guideline industrie 4.0 guiding principles for the implementation of industrie 4.0 in small and medium sized businesses.” VDMA. <https://industrie40.vdma.org/documents/4214230/0/Guideline%20Industrie%204.0.pdf/70abd403-cb04-418a-b20f-76d6d3490c05> (Accessed: January 15, 2020).
- [117] G. Banger, *Endüstri 4.0 uygulama ve dönüşüm rehberi*. Ankara, Türkiye:Dorlion, 2018.
- [118] D. Trotta and P. Garengo, “Assessing Industry 4.0 Maturity: An Essential Scale for SMEs,” *2019 8th ICITM*, Cambridge, United Kingdom, March 2-4, 2019, pp.69-74.
- [119] Ş. Bayıksel Öncel ve E. Fırat Tayman, *Dijital dönüşüm direktörleri zamanı geldi mi? ne söylüyorlar? ne düşünüyorlar?*. İstanbul, Türkiye:Karagön Ofset ve Matbaacılık, 2016.
- [120] H. Çıngı, *Örneklem kuramı*. Ankara, Türkiye:Bizim Büro Basımevi, 2009.
- [121] “Küçük ve orta büyüklükteki girişim istatistikleri.” TÜİK. <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=21540> (Accessed: January 10, 2020).

- [122] E. A. Yalçinkaya, “Kategorik veri analizinin istatistiksel veri analizi içerisindeki yeri ve önemi,” Yüksek Lisans Tezi, Ekonometri Anabilim Dalı, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye, 2008.
- [123] S. Kılıç, “Ki-kare testi,” *Journal of Mood Disorders*, cilt.6, no.3, pp.180-182, 2016.
- [124] M. Güngör, “Ki-kare testi üzerine,” *Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi*, cilt.7, no.1, pp.84-89, 2008.
- [125] “Industry 4.0 report.” BDO and Institution Of Mechanical Engineers. <https://www.imeche.org/docs/default-source/1-oscar/reports-policy-statements-and-documents/bdo-industry-4-0-report.pdf?sfvrsn=4> (Accessed: January 18, 2020).
- [126] “Industry 4.0: challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential Technologies.” Deloitte AG. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-024102014.pdf> (Accessed: January 18, 2020).
- [127] “2016 Middle east industry 4.0 survey, industry 4.0: building the digital industrial enterprise.” PwC. <https://www.pwc.com/m1/en/publications/documents/middle-east-industry-4-0-survey.pdf> (Accessed: January 17, 2020).
- [128] “Study industry 4.0: the new industrial revolution, are Canadian manufacturers ready.” BDC. <https://bridgr.co/wp-content/uploads/2017/06/bdc-etude-manufacturing-en.pdf> (Accessed: January 12, 2020).
- [129] “Key issues for digital transformation in the G20,” OECD, Berlin, Germany, Report Prepared for a Joint G20 German Presidency/OECD Conference, January 12, 2017. Accessed: January 14, 2020. [Online]. Available: <https://www.oecd.org/g20/key-issues-for-digital-transformation-in-the-g20.pdf>
- [130] “Türkiye’nin dijital ekonomiye dönüşümü Türkiye bilişim sektörü: yeri, önemi, evrimi ve yetenekleri,” Türkiye Bilişim Sanayicileri Derneği, İstanbul, Türkiye, Şubat 2018.

Accessed: January 15, 2020. [Online]. Available: http://www.tubisad.org.tr/tr/images/pdf/tubisad_turkiyenin_dijital_ekonomiye_donusumu_raporu_subat2018.pdf

- [131] “Embracing a digital future transforming to leap ahead.” Dell Technologies & Vanson Bourne. https://www.delltechnologies.com/content/dam/delltechnologies/assets/promotions/resources/Digital_Future_Executive_Summary.pdf (Accessed: January 14, 2020).
- [132] A. M. Schulte, “Digital transformation in the manufacturing industry industry 4.0: from vision to reality,” IDC, Frankfurt, Germany, White Paper, October 2016. Accessed: January 14, 2020. [Online]. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/63da/c23a2fcea48521a86c712b07d9b3404a3e34.pdf>
- [133] “2017 Global industrial survey leadership in the industrial landscape.” Stanton Chase. <https://www.stantonchase.com/wp-content/uploads/2017/04/2017-Global-Industrial-Survey.pdf> (Accessed: January 11, 2020).
- [134] “2016 Global industry 4.0 survey industry 4.0: building the digital enterprise.” PwC. <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf> (Accessed: January 11, 2020).
- [135] P. Jain and T. Mondal. “Horses for sources research horses for sources blueprint guide: industry 4.0 services excerpt for Accenture.” The Service Research Company. https://www.accenture.com/t20180625t094010z__w__/us-en/_acnmedia/pdf-52/accenture-industry-4-excerpt-for-accenture-report.pdf (Accessed: January 11, 2020).
- [136] S. Lapper, G. Yauch, P. Wellener and R. Robinson. “Embracing a digital future how manufacturers can unlock the transformative benefits of digital supply networks.” Deloitte Insights. https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/4181_embracing-a-digital-future/embracing-a-digital-future.pdf (Accessed: January 12, 2020).

- [137] F. Cordes and N. Stacey. “Is UK industry ready for the fourth industrial revolution?.” BCG. <https://media-publications.bcg.com/Is-UK-Industry-Ready-for-the-Fourth-Industrial-Revolution.pdf> (Accessed: January 13, 2020).
- [138] “The current and future state of digital supply chain transformation.” GT NEXUS & Capgemini Consulting. <http://mktforms.gtnexus.com/rs/979-MCL-531/images/GTNexus-Digital-Transformation-Report-US-FINAL.pdf> (Accessed: January 15, 2020).
- [139] J. Smith, S. Kreutzer, C. Moeller and M. Carlberg, “Directorate general for internal policies policy department a: economic and scientific policy industry 4.0,” European Parliament ITRE Committee, Brussels, Belgium, IP/A/ITRE/2015-02, February 2016. Accessed: January 15, 2020. [Online]. Available: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU\(2016\)570007_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf)

EKLER

EK 1: ANKET FORMU

KOBİ'ler İçin Endüstri 4.0 Farkındalık ve Hazırlık Seviyesi Ölçümü Anket Formu

Orta-yüksek ve yüksek teknoloji düzeyinde imalat sektöründe faaliyet gösteren bir KOBİ'nin yöneticisiyseniz çok değerli zamanınızdan 10 dakika ayırarak anketimizi cevaplamamız araştırmamıza ışık tutacaktır.

Anket formunda belirtmiş olacağınız bilgiler yüksek lisans tezi kapsamında kullanılacaktır. Lütfen her bir soru için size en uygun seçeneği işaretleyiniz.

Anketimize yeterli zaman ayırarak cevaplayacağınıza inanıyor, değerli katkılarınızdan dolayı şimdiden çok teşekkür ediyoruz.

Prof. Dr. Berna DENGİZ, Başkent Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dekanı

Kamil AKPINAR, Başkent Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi Yüksek Lisans Bölümü - KOSGEB KOBİ Uzmanı

İletişim: kamilakpinar.kosgeb@gmail.com

*Gerekli

1. Toplam iş tecrübeniz kaç yıldır? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- a) 2 Yıldan Az
- b) 2-5 Yıl Arası
- c) 6-10 Yıl Arası
- d) 11-15 Yıl Arası
- e) 16-24 Yıl Arası
- f) 25 Yıldan Fazla

2. Mesleğiniz nedir? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- a) Bilgisayar Mühendisi
- b) Çevre Mühendisi
- c) Endüstri Mühendisi
- d) Elektrik veya Elektronik Mühendisi
- e) Makine Mühendisi
- f) İnşaat Mühendisi
- g) Kimya Mühendisi
- h) İktisadi ve İdari Bilimler Mezunu
- i) Diğer:

3. İşletmenizin faaliyet süresi ne kadardır? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- a) 1 Yıldan Az
- b) 1-3 Yıl Arası
- c) 3-5 Yıl Arası
- d) 5-9 Yıl Arası
- e) 9-20 Yıl Arası
- f) 20 Yıldan Fazla

4. İşletmeniz nerede faaliyet göstermektedir? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- a) Küçük Sanayi Sitesi
- b) Teknoloji Geliştirme Bölgesi (Teknokent/Teknopark)
- c) Organize Sanayi Bölgesi
- d) Serbest Bölge
- e) Kuluçka Merkezi
- f) Diğer:

5. İşletmeniz hangi ilde faaliyet göstermektedir? *

.....

6. İşletmenizin NACE Kodu nedir? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- a) 20. Kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatı
- b) 21. Temel eczacılık ürünlerinin ve eczacılığa ilişkin malzemelerin imalatı
- c) 25.40.Silah ve mühimmat (cephane) imalatı
- d) 26.Bilgisayarların, elektronik ve optik ürünlerin imalatı
- e) 27.Elektrikli teçhizat imalatı
- f) 28. Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve ekipman imalatı
- g) 29. Motorlu kara taşıtı, treyler (römork) ve yarı treyler (yarı römork) imalatı
- h) 30.20.Demir yolu lokomotifleri ve vagonlarının imalatı
- i) 30.30.Hava taşıtları ve uzay araçları ile bunlarla ilgili makinelerin imalatı
- j) 30.40.Askerî savaş araçlarının imalatı
- k) 30.91.Motosiklet imalatı
- l) 30.92.Bisiklet ve engelli aracı imalatı
- m) 30.99.Başka yerde sınıflandırılmamış diğer ulaşım ekipmanlarının imalatı
- n) 32.50.Tıbbî ve dişçilik ile ilgili araç ve gereçlerin imalatı
- o) Diğer:

7. İşletmenizin ölçeği nedir? (Mikro:<10, Küçük:<50, Orta:<250 çalışan ve Mikro:<3, Orta:<25, Orta:<125 Milyon TL Yıllık Net Satış Hasılatı/Yıllık Mali Bilanço Toplamı) *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- a) Mikro
- b) Küçük
- c) Orta

8. Son 3 yıl baz alındığında ihracat tutarınızdaki trend ne yöndedir? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- a) Artış
- b) Sabit
- c) Azalış
- d) İhracat yapılmamaktadır

9. İşletmenizde aşağıdaki alanlardan en fazla hangisine yatırım yapılmaktadır? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- a) Bilgi ve iletişim teknolojileri
- b) İnsan kaynağı
- c) Pazarlama / satış
- d) Üretim süreçleri
- e) Ürün geliştirme ve Ar-Ge
- f) Diğer:

10. İşletmeniz inovatif bir kültüre veya yenilikçi bir bakış açısına sahip midir? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- a) Kesinlikle Hayır
- b) Hayır
- c) Kararsızım
- d) Evet
- e) Kesinlikle Evet

11. İşletmenizde CRM-müşteri ilişkileri yönetimi, MES-ürün yönetimi, MRP-Malzeme İhtiyaç Planlaması ve ERP-Kurumsal Kaynak Planlaması gibi programlar kullanılmakta mıdır? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5
Kullanılmamaktadır	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tüm işletme
fonksiyonlarını içerecek
şekilde kullanılmaktadır

12. İşletmenizin yalın üretim hakkında yaklaşımı nedir? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5
Yalın üretim hakkında bilginiz yok	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Başarılı bir şekilde
benimsendi ve kültür
haline getirildi

13. İşletmenizin yeni mezunlar, girişimciler, start-up'lar, fikir sahipleri ve kuluçka merkezleri ile etkileşim düzeyi nedir? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Neredeyse Hiç	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Çok Fazla

14. İşletmenizin üniversite ile iş birliği yaptığı alanlar var mıdır? *

Uygun olanların tümünü işaretleyin.

- Hiçbir iş birliği çalışması yapılmamıştır
- Üniversiteden yasal konularda danışmanlık hizmetleri alınmaktadır
- Ürün geliştirilmesi konusunda teknik destek alınmaktadır
- Üretim prosesi geliştirilmesi konusunda teknik destek alınmaktadır
- Personel temini konusunda birlikte çalışmalarımız bulunmaktadır
- Maliyet azaltımı/ verimlilik artırılması gibi konularda birlikte çalışılmaktadır
- Çeşitli konularda eğitimler alınmaktadır
- Diğer:

15. İşletmeniz teknoparklardaki dijital dönüşüm tedarikçisi firmaların yeteneklerinden ve hizmetlerinden haberdar mı veya birlikte çalışmanız oldu mu? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- Bilgimiz yok ve birlikte çalışmamız olmadı
- Bilgimiz var ancak çalışmamız olmadı
- Bilgimiz var ve birlikte çalışmamız oldu

16. İşletmenizde bugüne kadar herhangi bir Ar-Ge ve yenilik projesi gerçekleştirildi mi? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- Evet
- Çalışmaları devam eden bir projemiz bulunmaktadır
- Gerçekleştirilmesi planlanmaktadır
- Hayır

ENDÜSTRİ 4.0 FARKINDALIK

17. İşletme yönetiminin Endüstri 4.0 hakkındaki bilgi veya farkındalık düzeyi nedir? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Neredeyse Hiç	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Çok Fazla

23. İşletmenizin, Endüstri 4.0 ile ilgili yeni teknolojilere ilişkin hazırlık sürecinde veya uygulamalarında karşılaştığı zorluklar nelerdir? *

Uygun olanların tümünü işaretleyin.

- i. İşletme içi bürokrasi, uyum ve düzenleme eksikliği
- ii. Kısa vadede sonuç alma beklentisi
- iii. İşletmenin teknoloji altyapı eksikliği
- iv. Ekonomik yararının tam olarak net olmayışı ve çekinceler
- v. Veri güvenliği ve gizliliği kapsamında karşılaşılabilecek güvenlik sorunları
- vi. Standart, norm ve yasal düzenleme eksikliği
- vii. Çalışan bilgi ve yetenek eksikliği Yönetim bilgi ve yetenek eksikliği
- viii. Müşteri direnci
- ix. Tedarikçilerin veya iş ortaklarının direnci (iş birliği kültür eksikliği)
- x. Yüksek uygulama maliyetleri
- xi. Organizasyon ve süreç değişikliği ihtiyacı
- xii. Tesis yerleşiminden kaynaklı zorluklar
- xiii. Yüksek bireyselleştirilmiş (emek yoğun) müşteri talebi
- xiv. Hiçbir zorluk tecrübesi yaşamadık
- xv. Diğer:

24. Üretimde bilgi ve iletişim teknolojileri alt yapınız aşağıdakilerden hangisine uygundur? *

Uygun olanların tümünü işaretleyin.

- i. Bilgi değişimi telefon ve e-posta ile yapılmaktadır
- ii. Merkezi veri sunucusu kullanılmakta olup veri değişimi için kurallar bulunmaktadır.
- iii. İnternet tabanlı portallar veri paylaşımı için kullanılmaktadır
- iv. İşletme içerisinde birimler arası otomatik bilgi akışı sağlanmaktadır.
- v. İşletme dışında (tedarikçiler, müşteriler vb. ile) otomatik bilgi akışı sağlanmaktadır

25. Çalışan-makine arası bağlantı teknolojiniz aşağıdakilerden hangisine uygundur? *

Uygun olanların tümünü işaretleyin.

- i. Çalışan-makine arasında karşılıklı bilgi değişimi yoktur
- ii. Her bir makine özelinde ara yüzler vardır
- iii. Üretim izleme ve denetleme süreçleri bulunmaktadır
- iv. Mobil olarak kullanıcı ara yüzleri kullanılmaktadır
- v. Arttırılmış gerçeklik teknolojisi kullanılmaktadır

26. İşletmenizde veri hangi amaçla kullanılmaktadır? *

Uygun olanların tümünü işaretleyin.

- i. Herhangi bir veri kullanımı ve veri analizi yapılmamaktadır
- ii. Belgelemek ve raporlamak
- iii. Süreç kalitesini iyileştirmek
- iv. Bakım uygulamaları yapmak
- v. Üretim planlaması ve optimizasyon
- vi. Ar-Ge çalışmalarında kullanmak
- vii. Diğer:

27. İşletmenizde gerçek zamanlı veri takibi yapılma düzeyi nedir? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Neredeyse Hiç	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Çok fazla

28. İşletmenizde veri güvenliğine ilişkin çalışmanız var mıdır? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- a) Evet
- b) Hayır

ENDÜSTRİ 4.0 OLGUNLUK

29. Endüstri 4.0 sürecine ilişkin hazırlamış olduğunuz stratejik planınız veya yol haritanız var mıdır? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- a) Yok ve planlarımız arasında yer almamaktadır
- b) Geliştirilmesi planlanmaktadır
- c) Strateji var ama uygulamaya geçilmemiştir
- d) Stratejimiz var ve uygulamaya geçirmek için çalışmalar başlamıştır
- e) Var ve tamamen ona sadık bir şekilde uygulama yapılmaktadır

30. Endüstri 4.0 ile ilgili işletmenizde dijital ve bilişim teknolojileri konularında yetenekli teknik personel çalıştırma düzeyiniz nedir? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Neredeyse Hiç	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Çok fazla

31. İşletmenizdeki üretim süreçlerinde bulut bilişim teknolojileri (IT) ve hizmetlerinden yararlanma düzeyiniz nedir? Örneğin: İnternet tabanlı üretim portalı kullanımı *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Neredeyse Hiç	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Çok fazla

32. İşletmenizdeki makineler arasında otomatik olarak veri değişimi var mıdır? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Neredeyse Hiç	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Çok fazla

33. İşletmenizde küçük parti büyüklüğünde modüler üretim yapılmakta mıdır? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Neredeyse Hiç	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Çok fazla

34. İşletmenizde üretilen ürünlere sensör entegre edilmiş midir? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- a) Evet
- b) Hayır
- c) Ürünümüz sensör entegre etmek için uygun değil

35. İşletmenizde üretilen ürünlerin kullanımı sırasında veri toplayabiliyor musunuz? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- a) Evet
- b) Hayır
- c) Ürünümüzden veri toplamak mümkün değil

36. İşletmenizde Endüstri 4.0 ve bilişim teknolojileri (IT) hakkında çalışanlara eğitim ve bilgilendirme gibi etkinliklerin düzenlenme sıklığı nedir? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Neredeyse Hiç	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Çok fazla

37. Çalışanlarınız yeni teknolojileri nasıl karşılamaktadırlar? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Hiç memnum olmazlar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Yeni teknolojilere çok meraklıdırlar

38. İşletmenizde Endüstri 4.0 teknolojileri/uygulamaları kullanılmakta mıdır? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- a) İşletmenin tüm bölümlerinde uygulamalar mevcuttur
- b) Bazı uygulamalar başlatılmıştır
- c) Planlama çalışmaları yapılmaktadır
- d) Değerlendirmeler yapılmaktadır
- e) Henüz düşünülmemektedir

ENDÜSTRİ 4.0 TEKNOLOJİLERİNİ KULLANMA

39. Endüstri 4.0 ve dijitalleşme konularında çözümlerin belirlenmesi ve uygulanması için aşağıdakilerinden hangisi size daha çok uymaktadır? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- a) Dışarıdan eğitim/danışmanlık gibi destek almaya ihtiyaç duyulmaktadır
- b) Şirket içinde çözümler belirlenmekte ancak uygulama için dışarıdan destek alınmaktadır
- c) Şirket içinde hem çözümler hem de uygulamalar belirlenip hayata geçirilmektedir

40. İşletmenizi Endüstri 4.0 teknolojilerini kullanmaya yönlendiren etkenler nelerdir? *

Uygun olanların tümünü işaretleyin.

- i. Müşteri talebi/gereksinimi
- ii. Verimliliği artırma ihtiyacı
- iii. Kapasiteyi artırma ihtiyacı
- iv. Maliyetleri azaltma ihtiyacı
- v. Çalışan hatalarını en aza indirme ihtiyacı
- vi. İş sağlığı/güvenliğini artırma ihtiyacı
- vii. Pazara çıkma süresini hızlandırmak
- viii. Gerçek zamanlı veriye erişim ihtiyacı
- ix. Teslimat süresini azaltmak
- x. Rakiplerin endüstri 4.0 uygulamaları
- xi. Prestij
- xii. Diğer:

41. İşletmenizdeki üretim süreçlerinde aşağıdaki teknolojilerin hangileri kullanılmaktadır? *

Her satırda yalnızca bir şıkka işaretleyin.

	Kullanmıyoruz / Kullanmayı planlamıyoruz	2 yıl içerisinde kullanmayı planlıyoruz	Kullanıyoruz	Kullanıyoruz ve tedarikçisi olmak için yatırım yapıyoruz	Kullanıyoruz ve tedarikçisiyiz (teknolojiyi üretiyoruz)
Arttırılmış veya Sanal Gerçeklik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bulut Bilişim Teknolojileri	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Büyük Veri	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eklemeli İmalat (3B Yazıcılar)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Endüstriyel Robotlar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nesnelerin İnterneti – Yenilikçi Sensörler	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otomasyon Sistemleri	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Otonom Robotlar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Siber Güvenlik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Yapay Zeka	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Yatay ve Dikey Entegrasyon	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Çalışmamıza vermiş olduğunuz çok değerli zamanınız ve katkılarınızdan dolayı teşekkür ederiz.

E-posta adresiniz:

(İlgili tezin araştırma sonuçlarından haberdar olmak isterseniz)